

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA**

**INSERÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA QUÍMICA VERDE EM UMA DISCIPLINA
EXPERIMENTAL SOB O ENFOQUE CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE**

KAMILA MEDEIROS PEREIRA

Manaus – AM

2018

KAMILA MEDEIROS PEREIRA*

**INSERÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA QUÍMICA VERDE EM UMA DISCIPLINA
EXPERIMENTAL SOB O ENFOQUE CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Amazonas, para obtenção do título de Mestre em Química, da linha de pesquisa em Ensino de Química.

Orientador: Prof. Dr. Renato Henriques de Souza

*Bolsista CAPES

Manaus – AM

2018

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

P436i Pereira, Kamila Medeiros
Inserção dos Princípios da Química Verde em uma disciplina experimental sob o enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade / Kamila Medeiros Pereira. 2018
161 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Renato Henriques de Souza
Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Química Verde. 2. Cts. 3. Experimentação. 4. Ensino de Química. I. Souza, Renato Henriques de II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

DEDICATORIA

- ✓ *A Deus, por abrir e abençoar sempre os meus caminhos, minha vida profissional, pessoal e espiritual.*
- ✓ *Ao meu esposo Marco Antônio, por me motivar, por não me deixar desistir, por todo amor e zelo dedicados a mim.*
- ✓ *Ao meu filho amado Davi, razão do meu viver, minha alegria, minha certeza de que vale a pena viver cada desafio.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me ter dado a vida, minha família, por me permitir vivenciar tantos momentos especiais como esse, pelos dons recebidos, pelas responsabilidades a mim confiadas. A ele todo meu amor e gratidão.

Ao meu marido e companheiro de todas as horas, Marco Antônio, pela dedicação em dobro ao nosso filho, ao nosso lar, a toda paciência que teve pelas minhas ausências, mas sempre me motivando e torcendo pelas minhas vitórias.

Ao meu filhinho Davi, pelas vezes que acordava de madrugada sentindo minha falta, ia ao meu encontro e dizia: “mamãe já é muito tarde, é hora de dormir”.

Aos meus pais, Hamilton, Auxiliadora e Paulo, por tudo que fizeram e fazem por mim, por toda dedicação, amor e compreensão quando não podia ir visitá-los.

À minha querida Tia Raimunda Medeiros (in memoriam), onde quer que esteja, sei que está muito feliz por mim.

Aos meus irmãos Jardel, Giselle, meus sobrinhos, meus sogros, cunhados, tios, tias, primos, meus amigos mais íntimos, por torcerem e acreditarem em mim.

Ao meu orientador, professor Dr. Renato Henriques de Souza, pela orientação durante esses dois anos. Por ter me acolhido em seu grupo de pesquisa. Pelos conhecimentos partilhados, pela confiança, compreensão, e pelo grande ser humano e profissional que é.

À professora Dra. Leila Almeida, por ter sido o instrumento usado por Deus para a realização prática dessa pesquisa. Me encorajando a todo momento, por ter me aberto as portas de uma forma tão acolhedora e por ter confiado em mim a todo momento.

Ao professor Dr. Peter Rudolf Seidl (UFRJ), às professoras Dra. Katiuscia dos Santos de Dra. Sidilene Aquino de Farias, Souza, Dra. Tereza Cristina Souza de Oliveira, Claudia Cândida Silva (UEA) agradeço por todas as contribuições que diretamente influenciaram a realização dessa pesquisa.

Ao professor Dr. Walter Ricardo Brito, que no início do mestrado me aceitou como sua orientanda e por ter compreendido e incentivado minha opção de mudança de linha de pesquisa, e me apresentado ao meu orientador.

Aos amigos do mestrado Oneide, Kácia, Francisco Xavier, Daniele, Pâmela, Darling, pela amizade, pelos momentos de aflição e alegria que passamos

juntos, pelos conhecimentos compartilhados. E aos demais colegas que de alguma forma contribuíram direta ou indiretamente nessa caminhada.

Aos alunos do curso de licenciatura e bacharelado em química da UFAM do ano de 2017, que participaram e colaboraram, tornando possível esse estudo. A eles meus sinceros agradecimentos.

Ao grupo de colegas e professores do Núcleo Amazonense de Educação em Química – NAEQ, pela gama de conhecimentos compartilhados e troca de experiências.

A todos os professores e à coordenação do Programa de Pós-Graduação em Química da UFAM, por todo apoio e pelos valiosos conhecimentos partilhados.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida.

RESUMO

PEREIRA, K. M. **INSERÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA QUÍMICA VERDE EM UMA DISCIPLINA EXPERIMENTAL SOB O ENFOQUE CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Química. Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2018.

A proposta desse estudo surgiu da necessidade de popularização da Química Verde, por meio da inserção dos seus princípios nas atividades de experimentação em uma disciplina prática introdutória do curso de Química de uma Instituição de Ensino Superior pública de Manaus-AM. Além de visar também, investigar as possíveis contribuições dos experimentos adaptados a Química Verde, aplicados e abordados por meio do enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), ao processo de ensino-aprendizagem dos estudantes. Assim, foram selecionados quatro experimentos presentes no plano de ensino da disciplina de Química Geral Experimental, onde foram devidamente adaptados aos princípios da Química Verde, a partir da substituição de reagentes por outros menos nocivos, assim como diminuição de suas quantidades empregadas nas análises. De forma a garantir que os experimentos foram adaptados a Química Verde, foi utilizada uma ferramenta de avaliação do grau verde dos experimentos, as denominadas métricas da Química Verde, nesse caso em específico, a métrica da Estrela Verde. Anterior a execução dos experimentos pelos alunos, era realizada uma contextualização de problemáticas ambientais presentes no cotidiano, relacionadas a características do experimento. Ressaltasse que referido estudo foi pautado na abordagem qualitativa, e no método de pesquisa-ação. A análise dos dados obtidos por meio de questionários, anotações, entre outros, foram interpretados pela técnica de análise de conteúdo. Portanto, pelos resultados obtidos e analisados, constatou-se que o uso da temática da Química Verde aliada ao enfoque CTS nas atividades experimentais, contribuiu em muitos aspectos, tais como, pela promoção das atividades experimentais contextualizadas e dinâmicas, onde favoreceu a aprendizagem de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. E ainda pela viabilidade de desenvolvimento de experimentos didáticos nas disciplinas práticas dos cursos de química das Instituições de ensino superior do Estado do Amazonas, embasados nos princípios da Química Verde, de forma a direcionar e capacitar os futuros cidadãos e profissionais, a conceber e trabalhar com a química de uma forma mais consciente e sustentável.

Palavras-chave: Química Verde, CTS, Experimentação.

ABSTRACT

PEREIRA, K. M. **INSERTING THE PRINCIPLES OF GREEN CHEMISTRY INTO A EXPERIMENTAL DISCIPLINE UNDER THE SCIENCE-TECHNOLOGY-SOCIETY APPROACH.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Química. Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2018.

The proposal of this study came from the need to popularize Green Chemistry through the insertion of its principles in experimental activities into an introductory practical topic of the Chemistry course in a Public Higher Education Institution in Manaus- AM. Besides investigating the possible contributions of the experiments adapted to Green Chemistry, applied and approached through the Science-Technology-Society - STS approach to the teaching-learning process of the students. Thus, four experiments were selected in the teaching plan of the General Experimental Chemistry, where they were duly adapted to the principles of Green Chemistry, from the substitution of reagents for less harmful ones, as well as a reduction of the quantities used in the analyses. In order to guarantee that the experiments were adapted to Green Chemistry, a tool of evaluation of the green degree of the experiments was used, the called metrics of the Green Chemistry, in this specific case, the metric of the Green Star. Previous to the execution of the experiments by the students, a contextualization of environmental problems present in the daily life was carried out, related to the characteristics of the experiment. It should be stressed that this study was based on the qualitative approach, and on the action-research method. The analysis of the data obtained through questionnaires, annotations, among others, was interpreted by the technique of content analysis. Therefore, the results obtained and analyzed showed that the use of the theme of Green Chemistry allied to the Science-Technology-Society approach in experimental activities contributed in many aspects, such as the promotion of contextual and dynamic experimental activities, where it favoured the learning of conceptual contents, procedural and attitudinal. And also for the feasibility of developing didactic experiments in the practical disciplines of the chemistry courses of the Higher Education Institutions of the State of Amazonas, based on the principles of Green Chemistry in order to direct and empower future citizens and professionals, to design and work with the chemistry of a more conscious and sustainable way

Key Words: Green Chemistry, STS, Experimentation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Princípios da QV proposto por Anatas e Warner	25
Figura 2: Estrela de grau verde nulo	28
Figura 3: estrela de grau verde parcial	28
Figura 4: Estrela de grau verde total	29
Figura 5: Categorias taxonômicas do laboratório	48
Figura 6: Experimento 1 – Procedimento experimental	61
Figura 7: Materiais utilizados no experimento 2	63
Figura 8: Experimento 2 – Procedimento experimental	64
Figura 9: Experimento 3 – equilíbrio de ionização da amônia	66
Figura 10: Experimento 3 – preparo de sol. acetato de sódio	67
Figura 11: Experimento 3 – equilíbrio de ionização ác. acético	67
Figura 12: Tabela para análise em microescala	69
Figura 13: Material básico para análise em microescala	70
Figura 14: Tabela das reações químicas de análise em microescala	70
Figura 15: Experimento 4 – Procedimento experimental	71
Figura 16: Procedimento experimental do plano de ensino	74
Figura 17: EV do experimento 1 sem adaptação aos princípios da QV	80
Figura 18: EV do experimento 1 após adaptação aos princípios da QV	81
Figura 19: EV do experimento 2	83
Figura 20: Experimento 3 – Sem adaptação aos princípios QV	85
Figura 21: EV do experimento 3 sem adaptação aos princípios da QV	86
Figura 22: EV do experimento 3 após adaptação aos princípios da QV	88
Figura 23: EV do experimento 4 sem adaptação aos princípios da QV	90
Figura 24: EV do experimento 4 após adaptação aos princípios da QV	91
Figura 25: Resposta à primeira pergunta – equipe 1	110
Figura 26: Resultados obtidos no experimento 4 – equipe 3	110
Figura 27: Resultados obtidos no experimento 4 – equipe 3	110

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Diferença entre as duas tradições CTS	33
Quadro 2: Os nove aspectos da abordagem CTS	36
Quadro 3: Níveis de abertura de um experimento – Nível 0 a 5	50
Quadro 4: Níveis de abertura de um experimento – Nível 0 a 3	50
Quadro 5: Critérios para classificação das substâncias	75
Quadro 6: Geração e prevenção de resíduos	94
Quadro 7: Resultados teóricos – experimento 4	109
Quadro 8: Princípios da QV apontados nos experimentos	114
Quadro 9: Contribuições da contextualização e problematização	116
Quadro 10: Aquisição de aprendizagens pelos experimentos	120
Quadro 11: Relevância da inserção da QV nas atividades experimentais ...	125

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1: Pontuação de riscos dos reagentes do experimento 1 não adaptado à QV	76
Tabela 5.2: Pontuação de riscos dos reagentes do experimento 1 adaptado à QV	76
Tabela 5.3: Critérios de pontuação máxima para cada princípio da QV	76
Tabela 5.4: Pontuação obtida para construção da EV do experimento não adaptado à QV	78
Tabela 5.5: Pontuação obtida para construção da EV do experimento adaptado à QV	81
Tabela 5.6: Pontuação de riscos dos reagentes do experimento 2	83
Tabela 5.7: Pontuação obtida para construção da EV do experimento 2	83
Tabela 5.8: Pontuação de risco dos reagentes do experimento 3 não adaptado à QV	85
Tabela 5.9: Pontuação obtida para construção da EV do experimento 3 não adaptado à QV	86
Tabela 5.10: Pontuação de riscos dos reagentes do experimento adaptado à QV	87
Tabela 5.11: Pontuação obtida para construção da EV do experimento 3 adaptado à QV	87
Tabela 5.12: Pontuação de riscos dos reagentes do experimento 4 não adaptado à QV	89
Tabela 5.13: Pontuação obtida para construção da EV do experimento 4 não adaptado à QV	89
Tabela 5.14: Pontuação de riscos dos reagentes do experimento 4 adaptado à QV	90
Tabela 5.15: Pontuação obtida para construção da EV do experimento 4 adaptado à QV	91

LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

AAS: Ácido acetil salicílico

ACS: American Chemical Society

AM: Amazonas

AAS: Ácido acetil salicílico

CAPES: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CEP: Conselho de ética e pesquisa

CGEE: Centro de Estudos Estratégicos

CTS: Ciência, Tecnologia e Sociedade

CTSA: Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente

DCN – Diretrizes Curriculares Nacionais

EBQV – Escola Brasileira de Química Verde

ECTS: Educação em Ciência, Tecnologia e Sociedade

EPA: Agência de Proteção Ambiental

EUA: Estados Unidos da América

EV: Estrela Verde

GEPEQ: Grupo de estudo e pesquisa em Ensino de Química

GS: Green Star

IES: Instituição de ensino superior

IFAM: Instituto Federal do Amazonas

INCA: Interuniversity Consortium Chemistry for the Environment

IPE: Índice de preenchimento da estrela

IUPAC: União Internacional de Química Pura e Aplicada

LDB: Lei de Diretrizes e Bases da Educação

ONU: Organização das Nações Unidas

PGCC: Presidential Green Chemistry Challenge

QGE: Química geral experimental

QV: Química Verde

UFAM: Universidade Federal do Amazonas

UNIRIO – universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

USP: Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	14
QUÍMICA VERDE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	17
CAPÍTULO 1 – QUÍMICA VERDE	19
1.1 Breve histórico da Química Verde	19
1.2 Princípios da Química Verde	21
1.3 A Química Verde no contexto educacional	25
CAPÍTULO 2 – ENFOQUE CTS	31
2.1 Origem do movimento CTS	31
2.2 Movimento CTS e sua inserção na educação	33
2.3 Ensino de química sob o enfoque CTS	37
CAPÍTULO 3 – EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA	41
3.1 O papel da experimentação no ensino de química	41
3.2 Experimentação no ensino superior	44
3.3 Abordagens de ensino nas aulas experimentais	47
CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA	52
4.1 Problema de pesquisa e objetivos	52
4.2 Caracterização e sujeitos da pesquisa	54
4.3 Coleta de dados	55
4.4 Procedimento de análise de dados	71
CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	73
5.1 Validação do grau verde dos experimentos	73
5.1.1 Determinação da concentração de uma solução básica	73
5.1.2 Determinação do calor de dissolução do hidróxido de sódio	82
5.1.3 Princípio de Le Chatelier – O efeito do íon comum	84
5.1.4 Reações químicas – ensaio por via úmida em microescala	88
5.2 Divulgação da Química Verde	92
5.2.1 Questionário de ideias prévias	93
5.2.1.1 Métodos para minimizar ou eliminar resíduos	94
5.2.1.2 Tratamento de resíduos	95
5.2.1.3 Descarte apropriado dos resíduos	96

5.3 Questões pós-experimento	97
5.4 Análise dos questionários finais	113
CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS	128
REFERÊNCIAS	131
APÊNDICES	140
ANEXOS	154

APRESENTAÇÃO

Meus caminhos entrelaçaram-se à Química, quando no ensino médio, optei pelo curso de técnico em Química na antiga Escola Técnica Federal do Amazonas, no ano de 1996, atualmente denominado IFAM. Lembro que optei por esse curso em uma enorme fila para inscrição ao mini vestibular dessa instituição de ensino, com o objetivo de ter uma formação técnica, sem saber ou compreender muito o que seria a química de fato.

Dois anos após o término do curso, no ano de 2002 ingressei na Universidade Federal do Amazonas - UFAM, no curso de licenciatura em química, pois, senti necessidade de aprofundar meus conhecimentos nessa área, a qual, despertou meu interesse nos quatro anos em que cursei o ensino técnico. Por motivos prioritários, pude somente frequentar o curso de licenciatura em química por dois anos na referida Instituição de ensino superior – IES, porém, em um momento oportuno, concluí o período que faltava para o término do curso em outra IES.

Meu primeiro contato com a sala de aula se deu por meio das disciplinas de estágio supervisionado. Lá pude acompanhar as aulas dos professores de química do ensino médio, e perceber que a maioria dos alunos rejeitava ou não tinham interesse em aprender a química, assim como a indiferença dos professores quanto a isso. No entanto, eu não conseguia entender a fundo o porquê dessa rejeição em aprender e a indiferença quanto a ensinar.

Essa situação causou-me certo desestímulo em enveredar pela carreira docente. Todavia, alguns anos mais tarde, a chama reacendeu novamente, e decidi voltar ao meio acadêmico com intuito de me preparar para finalmente exercer a profissão na qual tinha me formado: Ser professora de química.

Assim, um ano e meio após o nascimento do meu filho, ingressei em um curso de especialização em docência para o ensino superior. Esse novo recomeço foi crucial, pois, lá conheci pessoas maravilhosas, colegas do curso e professores que por acreditarem no meu potencial para a carreira docente, me estimularam fortemente a cursar o mestrado e futuramente o doutorado, além de muitas lacunas que foram preenchidas pelos conhecimentos adquiridos, os quais, não obtive no período da graduação.

No ano de 2016, faltando seis meses para concluir o curso de especialização, ingressei no Programa de Pós-Graduação em Química da UFAM, para cursar o Mestrado. Em poucos meses do curso, fiz reopção da linha de pesquisa na qual adentrei inicialmente, para a linha de ensino de química. A partir daí, comecei a cursar disciplinas específicas, e a participar de um grupo de pesquisa em ensino de química do próprio programa. Além de participar de eventos específicos dessa área.

Nesse interim, me deparei com uma gama de conhecimentos que despertaram minha paixão pelo ensino de química, pois, comecei a entender e encontrar respostas sobre porque os alunos não querem aprender essa disciplina e o porque de muitos professores serem indiferentes a isso. Li muitos artigos, bibliografias, participei de eventos, recebi muitas informações dos professores, pude refletir sobre as novas e antigas tendências educativas.

Em um dos eventos no qual participei apenas como ouvinte, um tema tratado chamou minha atenção: Química Verde (QV) no ensino de química. Assim, prontamente busquei me inteirar sobre o tema, o que despertou ainda mais a curiosidade e vontade de pesquisar sobre este. Constatei que essa temática já estava em pauta a nível mundial a mais de três décadas e já bastante difundida no Brasil. Até que em uma conversa com colegas do mestrado, constatei ser um assunto desconhecido para eles, assim como para mim.

Destarte, essa proposta de estudo surgiu quando constatada a existência e relevância social dessa temática e o seu desconhecimento por estudantes de química já na pós-graduação da referida IES. A vista disso, suscitou-se o interesse de promover a inserção das concepções e aplicabilidade da QV em uma disciplina experimental, voltada a estudantes do curso de graduação em química da referida IES, dentro do contexto das novas tendências educativas, em que pesam ser bastante promissoras no ensino de química.

Como a QV é uma temática que está bastante presente nas atividades experimentais, e seu conceito educativo visa uma sensibilização para que os futuros cidadãos e profissionais da química concebam uma relação mais amigável entre a química e o meio ambiente, veio a ideia de inserção dos

princípios da QV nas atividades experimentais em uma disciplina prática da referida IES, aliado ao enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade – CTS.

Desse modo, buscou-se investigar as contribuições da inserção da QV nas atividades experimentais da referida disciplina prática, ao processo de ensino-aprendizagem da química. Visando, portanto, esclarecer quais benefícios essa temática aliada ao enfoque CTS poderia agregar aos estudantes, e à disciplina em questão.

QUÍMICA VERDE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

De modo geral, a QV, surgiu há quase três décadas, a partir das constatações sobre os inconvenientes emanados pelos produtos e processos químicos à natureza e à sociedade, ou seja, produtos e subprodutos altamente tóxicos e nocivos ao meio ambiente e à saúde humana. Sua filosofia baseia-se em doze princípios que se atendidos, atestam que os produtos e processos estão nos padrões ecologicamente corretos e comprometidos com a preservação dos recursos naturais e do meio ambiente (ANASTAS e WARNER, 1998).

Nesse sentido, os estudiosos e pesquisadores da QV, perceberam a necessidade de difundir-la no meio acadêmico, para preparar os futuros profissionais nesse contexto. Dessa forma, muitas pesquisas foram e têm sido efetuadas com o objetivo de implantação das premissas da QV em atividades experimentais tanto na educação básica quanto no ensino superior.

Vale ressaltar sobre a importância e relevância dessa temática para o ensino de Química, presente nesse estudo. Posto que a QV pode ser vista como uma concepção que evidencia o senso de responsabilidade ambiental e social dos cidadãos, visto que as questões ambientais são temas rotineiramente discutidos e motivo de preocupação relevantes à sociedade a nível mundial.

Nessa perspectiva, a abordagem CTS, na qual visa um ensino contextualizado à realidade do aluno, aliada ao ensino da QV, pode proporcionar a problematização das questões ambientais, permitindo associá-las com os experimentos habituais empregados nas aulas de laboratório, a fim de torná-los procedimentos mais “verdes” e seguros ao meio ambiente.

Assim, “O compromisso da educação química implica que a construção curricular inclua aspectos formativos para o desenvolvimento de uma cidadania planetária” (MALDANER e SANTOS, 2010, p. 231). Os mesmos autores defendem que a abordagem CTS tem dado resultados significativos para se atingir esse objetivo em conjunto com a educação ambiental. Santos (2007) reforça que o enfoque CTS em uma perspectiva crítica, a partir da

problematização de temas sociais, propicia o comprometimento dos educandos para com a sociedade.

Possivelmente a QV constitui-se em um tema social compatível com essas propostas educacionais, visando o desenvolvimento tanto de aprendizagens de conceitos, procedimentos, atitudes e valores dos educandos, para que possam exercer seu papel de profissionais e cidadãos de forma mais crítica e consciente.

A partir dessas constatações, surgiu a problemática da pesquisa, a qual, delineou o referido estudo. Dessa forma, a intenção foi de responder:

QUAIS CONTRIBUIÇÕES PROMOVIDAS PELA INCLUSÃO DA QV EM DISCIPLINAS EXPERIMENTAIS INICIAIS NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM?

De forma a encontrar respostas ao problema proposto, esse estudo foi planejado e organizado abordando-se nos capítulos 1, 2 e 3, a fundamentação teórica, iniciando o capítulo 1 com um breve histórico sobre a QV, e seu papel frente a sociedade. No capítulo 2, discorreu-se sobre o movimento CTS, sua perspectiva metodológica e relevância frente ao ensino de química. No capítulo 3, abordou-se sobre o papel da experimentação no ensino de química, assim como uma visão das abordagens de ensino utilizadas nas atividades experimentais.

Na sequência o capítulo 4 relata todos os procedimentos metodológicos delineados para corresponder aos objetivos dessa pesquisa, elencando desde os objetivos e problemática da pesquisa até os procedimentos efetuados durante a coleta dos dados. Já os resultados e discussões desses dados obtidos, foram tratados no capítulo 5. Para finalizar, são efetuadas considerações finais, sobre o que foi proposto nessa pesquisa e o que efetivamente foi obtido, a partir dos resultados apresentados e discutidos.

CAPÍTULO 1 – QUÍMICA VERDE

1.1 – Breve histórico da Química Verde

As questões ambientais tornaram-se pauta de muitas discussões acerca dos problemas ocasionados ao meio ambiente, os quais, impactam diretamente a saúde humana, a manutenção da vida e dos recursos naturais do planeta.

Um dos marcos que alavancaram essas discussões foi a publicação do livro “Primavera Silenciosa” de Rachel Carsons. Sua intenção foi alertar sobre as graves consequências ao homem e ao meio ambiente pelo uso inadequado dos agrotóxicos (AULER e BAZZO, 2001).

Em razão do fortalecimento dessas discussões, alguns eventos a nível mundial foram realizados com o intuito de unir esforços e tomar medidas objetivando minimizar ou reverter os danos acometidos ao meio ambiente, principalmente causados pela própria ação do homem.

Dentre esses eventos, destacam-se a Conferência de Estocolmo realizada no ano de 1972, sendo a primeira ação em âmbito mundial, tendo como objetivo principal promover a conscientização da sociedade para melhorar sua relação com o meio ambiente.

Em 1997, a Organização das Nações Unidas – ONU firmou o protocolo de Kyoto, estabelecendo metas para reduzir a emissão de gases na atmosfera. Em 2012, um outro evento promovido pela ONU, denominado Rio +20, ocorrido no Brasil, na cidade do Rio de Janeiro, com a intenção de reafirmar a participação dos líderes dos países sobre o desenvolvimento sustentável do planeta.

Diante desse cenário de “crise ambiental”, a Química tem ocupado lugar de destaque como uma das principais fontes causadoras de grande parte dos problemas ambientais. A partir dessa constatação, a ciência foi então desafiada a buscar soluções visando reverter esse quadro, sem afetar o desenvolvimento econômico, tecnológico e social, tendo como foco, alcançar a chamada “sustentabilidade ambiental” (MARQUES, et al, 2007).

Uma iniciativa a qual tem se destacado como solução para grande parte dos problemas ambientais emanados pelos processos químicos, surgiu por

volta dos anos noventa, sendo denominada como Química Verde (QV). Sua perspectiva centra-se na ideia de que devem ser desenvolvidas e aplicadas metodologias e processos para reduzir ou eliminar totalmente a produção de resíduos tóxicos gerados principalmente pelas indústrias (ANASTAS E WARNER, 1998).

De acordo com os apontamentos de Lenardão, (2003), em 1991 a Agência de Proteção Ambiental Norte Americana (EPA - Environmental Protection Agency), preocupada em desenvolver metodologias para prevenir a geração de produtos tóxicos e nocivos, gerados em suas rotas sintéticas, criou um projeto de pesquisa denominado “Rotas Sintéticas Alternativas para Prevenção de Poluição”. A partir daí, dando início ao surgimento da QV.

Nesse contexto em 1993 na Itália, foi estabelecido o Consórcio Universitário Química para o Ambiente (Interuniversity Consortium Chemistry for the Environment - NCA). Seu objetivo foi de reunir profissionais e pesquisadores envolvidos com essa vertente da química e suas relações com o meio ambiente. Assim, buscando divulgar e fortalecer as bases da QV.

Em 1995 foi criado um programa de premiação chamado “The Presidential Green Chemistry Challenge”, promovido governo dos EUA, visando fomentar a criação de tecnologias para reduzir a produção de resíduos na fonte. A partir daí a QV evoluiu para a comunidade mundial.

Pelos apontamentos de Correa e Zuin, 2012, em 1997, foi criado o Instituto de QV firmando parceria desde 2001 com a Sociedade Americana de Química (American Chemical Society - ACS). Em 1999 foi lançado pela Sociedade Britânica de Química (Royal Society of Chemistry), o periódico “Green Chemistry”, com alto índice de impacto. Em 2001, a União Internacional de Química Pura Aplicada – IUPAC, reconheceu a importância e relevância da QV, criando o Sub-comitê Interdivisional de Química verde, promovendo pelo mundo várias conferências internacionais de QV.

A QV foi também bastante difundida na Europa e um pouco mais tarde, por volta do ano de 2006, no Brasil, onde seus conceitos começaram a ser difundidos no meio acadêmico, governamental e industrial (CORRÊA e ZUIN,

2012). Em 2006 no Brasil, foi promovida pela Universidade Federal de São Carlos a sua 26ª Escola de Verão que teve a QV como tema.

Em 2007, a Universidade de São Paulo – USP realizou a primeira Escola de Verão em QV. Em Novembro desse mesmo ano, ocorreu o primeiro Workshop Brasileiro sobre QV na cidade de Fortaleza, sendo anunciado nesse evento, a instalação da Rede Brasileira de QV, visando apoiar a comunidade científica e servir de suporte para as agências governamentais (CORRÊA e ZUIN, 2012).

Outro acontecimento importante foi a criação da Escola Brasileira de Química Verde (EBQV), no ano de 2010, logo após a publicação do livro “Química Verde no Brasil 2010-2030”. Esse livro foi criado pelo Centro de Estudos Estratégicos – CGEE. De acordo com Carioca et al., (2010), o CGEE em parceria com a comunidade científica e tecnológica nacional, desenvolveu um amplo estudo para desenvolvimento da QV no Brasil, tanto nos setores da Indústria, da agroindústria, bem como, de sua inserção na comunidade científica.

1.2 - Princípios da Química Verde

A QV pode ser definida como a criação, o desenvolvimento e a aplicação de produtos e processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao meio ambiente (ANASTAS e WARNER, 1998, apud CORREA e ZUIN, 2012, p. 9). Baseando-se num conjunto de doze princípios (figura 1) propostos pelos autores referenciados anteriormente, cujo objetivo é a prevenção da poluição e, ajudar a alcançar atividades mais sustentáveis.

Paul Anastas e John Warner, em 1998, publicaram o livro “*Green Chemistry: Theory and Practice*” no qual anunciaram os Doze Princípios de QV:

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 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 tais como 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 energética. 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 Substâncias Renováveis. 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”.

Basicamente, para implementação da QV tanto na indústria quanto nas instituições de ensino/pesquisa na área de química, é necessário a utilização e incorporação desses doze princípios (ANASTAS E WARNER, 1998; LENARDÃO et al., 2003; CORRÊA E ZUIN, 2012), os quais são tidos como as principais diretrizes para o uso da química em prol da sustentabilidade.

O princípio 1 trata sobre prevenção no sentido de evitar a produção de resíduos, reforçando a ideia que “é melhor do que limpá-los depois”. É visto como uma das formas de diminuir ou eliminar os impactos ambientais ocasionados pela formação de subprodutos tóxicos gerados pelos processos industriais. Ainda leva em conta que isso trará economia à indústria, pois, os processos de tratamento de resíduos costumam ser de alto custo, já que seguindo esse princípio, não haverá produção de resíduos.

O princípio 2, economia de átomos e ou eficiência atômica, propõe que todos os reagentes de partida sejam incorporados do produto final, sem que haja desperdício de reagentes ou excesso de produtos. Esse princípio pode ser devidamente calculado por meio de equações estequiométricas. De acordo com Lenardão et al; (2003), esse princípio constitui um dos pilares da QV, o qual foi idealizado por Trost em 1991, onde recebeu um prêmio em 1998 pelo governo americano.

Os princípios 3 e 4, síntese de produtos menos perigosos e desenho de produtos seguros, podem ser considerados complementares (SAQUETO, 2015; LENARDÃO et al., 2003). Ambos versam sobre toxicidade dos reagentes e produtos envolvidos nas reações químicas, sendo o 3 em um processo de síntese e o 4 sobre o cuidado em se produzir um determinado produto que não impacte negativamente o meio ambiente.

O 5º princípio preconiza a não utilização de substâncias auxiliares (solventes, agentes de separação), ou que sejam utilizadas minimamente, sem oferecer perigo à saúde e ao meio ambiente. O 6º princípio alerta sobre os impactos ambientais e econômicos por conta da utilização de energia nos processos químicos. É preciso conhecê-los a fim de que possam ser minimizados, e ainda que estes sejam realizados preferencialmente a temperatura e pressão ambiente.

O 7º princípio estimula a utilização de matérias primas de fontes renováveis ao invés das fontes não renováveis, desde que sejam economicamente viáveis e praticáveis. Warner et al., 2004, inferem que é preciso sempre buscar e identificar essas alternativas sustentáveis. O oitavo princípio, infere que seja evitada ou reduzida a formação de derivados ocasionados devido ao uso de bloqueadores, agentes de proteção/modificação temporárias nas moléculas, pois, requerem reagentes adicionais que podem provocar a formação de resíduos (MACHADO, 2014).

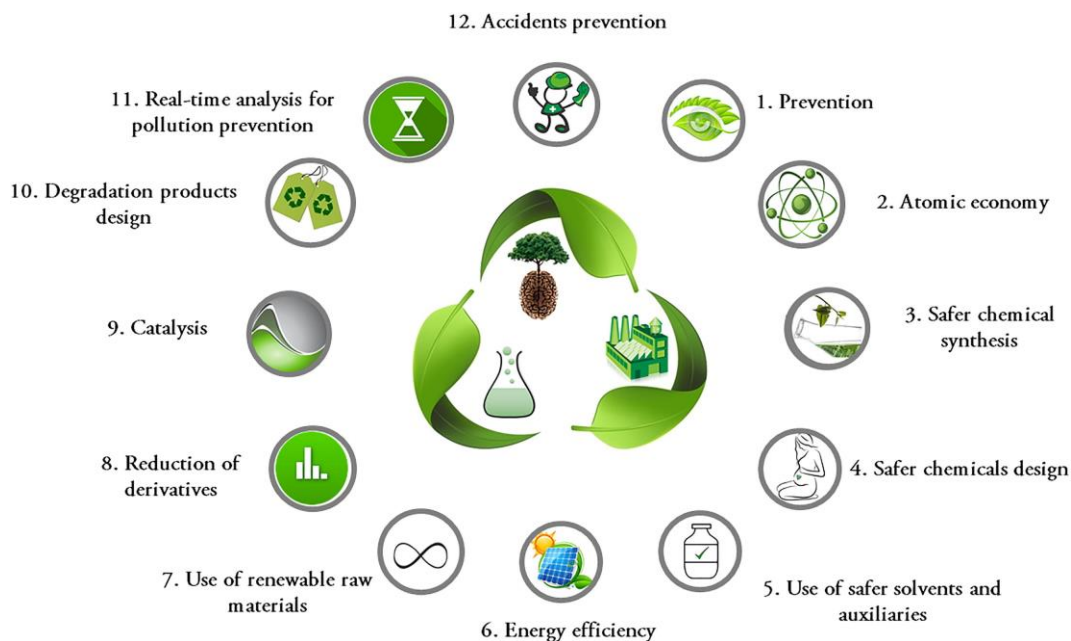
O nono princípio estimula o uso de reagentes catalíticos, afirmando que estes são superiores às reações com utilização de reagentes estequiométricos, dessa forma, evitando a geração de quantidades significativas de resíduos (LENARDÃO et al., 2003). O 10º princípio orienta que os produtos químicos sejam projetados de forma que ao final do seu uso não persistam no ambiente e se decomponham em produtos que não causem danos.

O 11º princípio infere que devem ser desenvolvidas metodologias que viabilizem o monitoramento de possível formação de substâncias tóxicas em tempo real durante o processo, a fim de evitar a sua formação. E por fim o 12º princípio, reforça a ideia de que os processos químicos devem ser realizados de forma segura para preventivamente evitar a ocorrência de acidentes diversos.

Com a utilização desses doze princípios da QV se pretende minimizar ou evitar a poluição; problemas ambientais; eliminar os processos químicos substituindo-os por outros menos tóxicos e mais sustentáveis; criar métodos sintéticos para obtenção de substâncias de alta eficiência e baixa ou nenhuma toxicidade para a saúde humana e o meio ambiente; minimizar o uso de energia e preferencialmente usar reagentes catalíticos. (FERREIRA et al., 2014; GARCÍA et al., 2016; MARCO et al., 2018).

Vale ressaltar que muitas pesquisas e estudos têm buscado a adaptação das proposições da QV principalmente ao ensino de química das instituições de ensino desde a educação básica ao ensino superior.

Figura 1 – Princípios da Química Verde



Fonte: Anastas e Warner (1998), apud Marco et al., (2018).

1.3– A Química Verde no contexto educacional

A utilização da QV visa agregar benefícios econômicos e sociais, haja vista pela sua aplicabilidade comprovada e atestada por alguns setores da indústria, do agronegócio, entre outros. Em vista disso, sua inserção no ambiente escolar e acadêmico tornou-se a porta de entrada para preparar os futuros profissionais da química dentro dessa nova cultura. Podendo também contribuir com o papel principal da educação que é o de formar cidadãos críticos e conscientes, capazes de interpretar e intervir na realidade em que vivem.

De acordo com García et al. (2016), é preciso preparar as novas gerações de químicos nos métodos e conceitos preconizados pela QV. Ressaltando que, além disso, a QV representa uma nova maneira de pensar sobre a química. Nesse sentido, “o crescimento da área de química verde no consciente acadêmico resulta na formação de profissionais que podem

desenvolver metodologias científicas e tecnológicas com aspectos positivos para o planeta” (PRADO, 2003, p. 743).

De maneira geral, a QV foi e tem sido introduzida nas instituições de ensino, especialmente as de nível superior, nas atividades de experimentação (ZANDONAI, 2013), visto que suas premissas traduzidas pelos seus doze princípios, estão balizadas em atividades de laboratório. Dessa forma, logo se percebeu que a educação escolar e acadêmica, seria o ponto de partida para efetivar a implantação da cultura da QV nos setores da economia e na sociedade.

“A peça-chave do sucesso da implementação de Química Verde na indústria e na nossa sociedade é a educação. Sustentabilidade como tema está sendo introduzido em todos os sistemas educacionais. No entanto, os nossos sistemas educacionais atuais carecem de treinamento em fundamentais conceitos ambientais e toxicológicos para químicos e cientistas” (WARNER e CANNON, 2011, p. 511).

Para Fernandez et al. (2013), seguindo a mesma linha de raciocínio apontam que:

“A importância da QV no atual cenário do desenvolvimento mundial não pode ser minimizada. A demanda por profissionais capacitados nas diversas áreas da química tende a crescer, e para que sejam protagonistas do processo de crescimento sustentável, sua capacitação deve incluir a incorporação da QV como parte indissociável de sua prática profissional. Isso somente será possível com a difusão da QV nas diversas instâncias da formação de químicos, professores de química e engenheiros químicos” (FERNANDEZ et al. 2013, p. 115).

Dado que os doze princípios da QV foram desenvolvidos para aplicação em atividades de laboratório, sua inclusão no ensino de química torna-se mais adequada, especialmente nas aulas de experimentação. Porém, mesmo com muitas propostas de inserção da educação em QV presentes na literatura e pesquisas diversas, para Cunha e Santana (2012), ainda são muito escassos

os relatos da QV no ensino de química experimental na graduação. Muitos graduandos nem sequer conhecem seu conceito ou significado, mesmo que em algum raro momento tenha sido comentada em aulas teóricas.

Marques et al. (2007), reforçam que os princípios da QV possuem características epistêmicas e pedagógicas, logo, deveriam estar presentes na formação dos químicos, licenciados e bacharéis, além de possibilitar a relação entre problemas ambientais e associá-los às atividades químicas.

De acordo com Seidl et al. (2017), as iniciativas de inserção da QV no ensino superior, se devem principalmente à Escola Brasileira de Química Verde - EBQV. Ainda os mesmos autores apontam as aulas práticas de laboratório, como uma das alternativas para inserir a QV no ensino superior, pois, dessa forma, os estudantes poderiam comparar e refletir sobre inovações tecnológicas mais sustentáveis.

São exemplos a serem trabalhados nos experimentos focados nas premissas da QV: a minimização do uso de insumos químicos, água e energia; a estequiometria com eficiência atômica; a substituição de produtos químicos perigosos por alternativas menos nocivas; a transformação de matérias-primas renováveis (animal ou vegetal) em energia térmica ou elétrica, combustíveis ou produtos químicos; a substituição de substâncias tóxicas e/ou inflamáveis; o tratamento, a reciclagem, ou reutilização de materiais; síntese de materiais biodegradáveis; não geração ou minimização de resíduos e efluentes, redução de etapas de separação; tratamento, reciclagem, reutilização ou descarte.

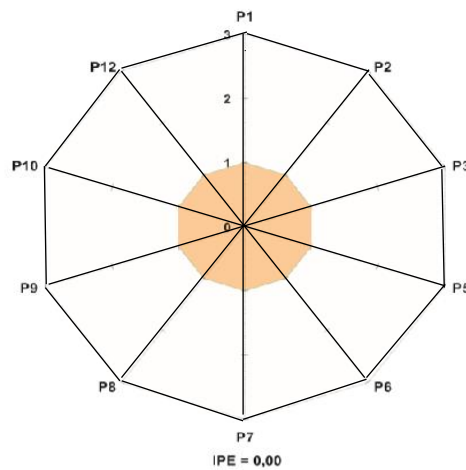
De modo geral, para que os experimentos estejam alinhados com a QV, seus doze princípios devem servir de base para alcançar tal objetivo. No entanto, “[...] se queremos saber quão verde é um processo, precisamos de métricas para medir a verdura [...]” (SHELDON, 2017, p. 19). Assim, para garantir que os experimentos estejam de fato “esverdeados”, alguns autores e ou pesquisadores desenvolveram as denominadas métricas de avaliação do grau verde dos experimentos, as quais mensuram esse grau verde de forma quantitativa e qualitativa.

Uma das métricas propostas e atualmente mais utilizadas para avaliação do grau verde dos experimentos, especialmente no ensino de QV, é a métrica da estrela verde (EV) ou green star (GS). Trata-se de uma métrica holística de

natureza qualitativa, idealizada por Ribeiro et al. (2010), onde se propõe uma análise do grau verde do experimento, englobando-se os doze princípios da QV, projetados em uma estrela de doze pontas. Cada ponta corresponde a um princípio, e quanto mais verde estiver a área da estrela correspondente a cada um desses princípios, significa que maior o seu cumprimento e, portanto, maior o grau verde do experimento.

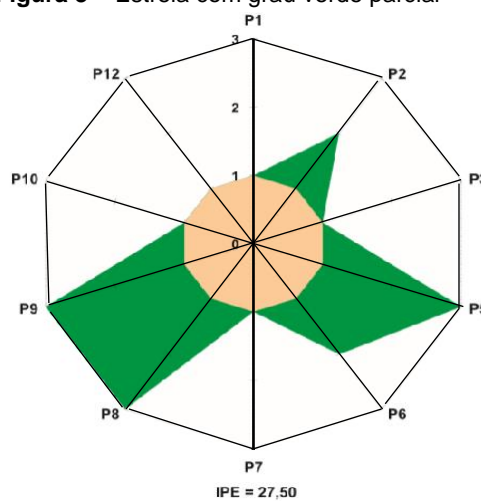
Pelas figuras 2, 3 e 4, é possível avaliar o grau verde de experimentos sendo um de grau nulo, outro de grau parcial com percentual de grau verde de 27,5% e outro de grau total, ou seja, significando que o experimento cumpriu os doze princípios da QV em 100%.

Figura 2 – Estrela de grau verde nulo



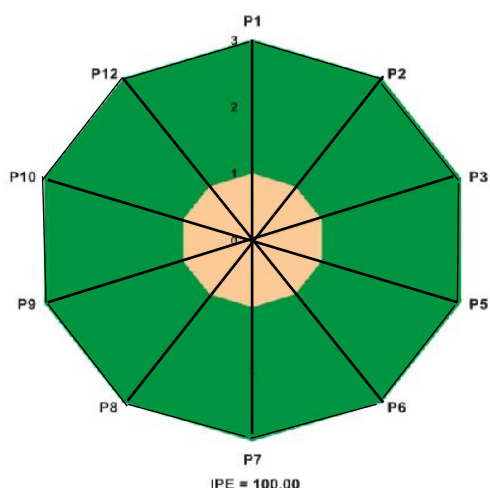
Fonte: Ribeiro et al. (2010)

Figura 3 – Estrela com grau verde parcial



Fonte: Ribeiro et al. (2010)

Figura 4 – Estrela com grau verde total



Fonte: Ribeiro et al. (2010).

Para construção da EV, é necessário avaliar algumas informações inerentes aos reagentes, produtos, solventes entre outros, envolvidos no processo, em relação aos riscos para saúde e ambiente, inflamabilidade, reatividade. Esses dados possuem uma pontuação que são organizados em uma tabela. Assim como cada princípio da QV possui uma pontuação específica. Dessa forma, é possível identificar quais princípios foram contemplados no experimento. Essas informações são plotadas em um gráfico representado por uma estrela de 12 pontas.

Para Ribeiro et al. (2010), a utilização da métrica da EV no ensino de QV, é uma ferramenta bastante adequada, pois, possibilita ao aluno enxergar a QV na realização dos experimentos no laboratório. Ainda destacam que a inserção da QV no ensino de química por meio da experimentação, pode promover nos alunos “um novo olhar mais otimista sobre a possibilidade de fazer evoluir a Química no sentido do desenvolvimento sustentável”, no entanto, preservando-se os objetivos de aprendizagem dos conteúdos químicos.

Além disso, é possível a inclusão de algumas abordagens de ensino nas atividades experimentais, com vistas a otimizar a didática do ensino e ainda relacionar questões ambientais em seu contexto. Zuin et al (2014), demonstraram em uma pesquisa sobre a QV na formação inicial de docentes de química, a utilização da abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade – CTS

como instrumento didático. Concluíram que a adoção dessa estratégia, possibilitou aos sujeitos da pesquisa, “a apropriação de outros sentidos aos conteúdos, o posicionamento com relação à problemática apresentada, bem como às formas de tratamento da mesma”.

O ensino CTS cujos objetivos didáticos são de se trabalhar essa inter-relação, também possibilita englobar a vertente ambiental. Portanto, nesse estudo citado, foi empregada essa abordagem em uma atividade experimental, cujo propósito era “fundamentar uma práxis educacional” dentro dessa perspectiva, utilizando a filosofia da QV, objetivando tornar o procedimento o mais “verde” possível”, ou seja, dentro dos princípios da QV.

CAPÍTULO 2 – ENFOQUE CTS

2.1 - Origem do Movimento CTS

A inter-relação Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) surgiu com o intuito de promover discussões dos aspectos sociais da ciência e da tecnologia, relativas as suas influências e consequências diretas causadas à sociedade e ao meio ambiente (BAZZO, VON LINSINGEN, PEREIRA, 2003; PINHEIRO, 2005; VON LINSINGEN, 2007).

De acordo com Acevedo-Diaz (1996), o movimento CTS surgiu com a perspectiva de se ter uma melhor compreensão do papel da ciência e da tecnologia no contexto social. Para Pinheiro (2005), o enfoque CTS além de buscar compreender os aspectos sociais e tecnocientíficos, visa promover uma reflexão sobre os benefícios e consequências tanto sociais quanto ambientais.

Essa necessidade de uma visão mais clara sobre esse aspecto emergiu por volta de 1960, início dos anos 70, nos países capitalistas centrais (NIEZER, 2012) tais como Estados Unidos e Europa. Nesse momento, foi posto em xeque a excessiva valorização do desenvolvimento científico e tecnológico em prol da sociedade, sem levar em consideração os possíveis malefícios ocasionados a mesma e ainda ao ambiente natural.

Alguns acontecimentos como a segunda guerra mundial, desastres ambientais diversos, publicações como as de Rachel Carsons em a “Primavera Silenciosa”, onde aborda as graves consequências à saúde humana e ao meio ambiente advindas do uso dos pesticidas, Thomas Kuhn em “A estrutura das revoluções científicas”, promoveram muitos debates e críticas sobre as relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade (AULER e BAZZO, 2001).

Assim, o movimento CTS nasceu a partir do momento em que foi rompida a ideia do caráter essencialista e neutro da ciência e da visão de que os seus produtos tecnológicos gerados à sociedade não trariam consequências. Portanto, “o sonho de que o avanço científico e tecnológico geraria a redenção dos males da humanidade estava chegando ao fim, por conta de uma tomada de consciência dos acontecimentos sociais e ambientais associados a tais atividades” (VON LINSINGEN, p. 3, 2007).

De acordo com Garcia et al. (1996, apud Pinheiro, 2005), três períodos caracterizaram a constituição dessa inter-relação ciência, tecnologia e sociedade:

“Um primeiro período se caracterizou pelo otimismo frente aos grandes feitos apresentados pela ciência e pela tecnologia num período pós-guerra. O segundo período vem caracterizado pelo estado de alerta, diante dos acontecimentos tidos entre os anos de 1950 e 1960, quando começam a aparecer os desastres oriundos da tecnologia fora de controle (o primeiro acidente nuclear grave; revoltas contra guerra do Vietnã). O terceiro período vem marcado pelo despertar da sociedade contra a autonomia científico-tecnológica, que se iniciou por volta de 1969 e se estende até os dias atuais, como uma reação aos problemas que a ciência e a tecnologia vêm trazendo para a sociedade” (GARCIA et al. 1996, APUD PINHEIRO, 2005, p. 31).

Diante desse contexto, foi dado à sociedade abertura a maiores reivindicações e deliberações para influenciar significativamente nas tomadas de decisões relativas ao desenvolvimento tecnocientífico. Esse por sua vez, passa a ser entendido como “processo ou produto inerentemente social onde os elementos como valores morais, convicções religiosas, interesses profissionais, pressões econômicas” possuem papel decisivo na origem e consolidação das ideias científicas e dos artefatos tecnológicos (BAZZO, VON LINSINGEN, PEREIRA, 2003).

De acordo como Cerezo (1998), todo esse cenário culminou no desenvolvimento de estudos e programas CTS em três direções. A primeira, diz respeito ao campo da pesquisa, onde os estudos CTS apresentaram-se como uma alternativa à reflexão tradicional em filosofia e sociologia da ciência. Assim, promovendo uma nova visão não-essencialista e contextualizada da atividade científica como um processo social.

A segunda direção, no campo das políticas públicas, os estudos CTS defenderam a regulamentação pública da ciência e da tecnologia. Logo, promovendo a criação de diversos mecanismos democráticos que facilitam a abertura dos processos de tomada de decisão em questões de políticas científico-tecnológicas. E por fim, a terceira, no campo da educação, esta nova imagem de ciência e tecnologia na sociedade criou em muitos países, programas e materiais CTS voltados a educação secundária e universitária.

Ainda de acordo com Von Linsingen (2007) e Cerezo et al. (2003), essas três direções elencaram tradições CTS bem distintas, representadas pela Norte americana e a de países europeus. O quadro 1, estabelece o comparativo entre essas duas vertentes.

Quadro 1: “Diferença entre as duas tradições CTS”

Tradição européia	Tradição americana
Institucionalização acadêmica na Europa (em suas origens)	Institucionalização administrativa e acadêmica nos EUA (em suas origens)
Ênfase nos fatores sociais antecedentes	Ênfase nas consequências sociais
Atenção à ciência e, secundariamente à tecnologia	Atenção à tecnologia e, secundariamente à ciência
Caráter teórico e descritivo	Caráter prático e valorativo
Marco explicativo: ciências sociais (sociologia, antropologia, psicologia, etc.).	Marco avaliativo: ética, teoria da educação.

Fonte: Cerezo et al., 2003, p. 128.

A tradição européia trata o desenvolvimento científico e tecnológico, como um processo que engloba fatores políticos, culturais, econômicos e epistêmicos. Já a norte americana, possui caráter mais pragmático. Dispõe que do desenvolvimento científico e tecnológico, todos partilham de um compromisso democrático, e que para isso, são necessários mecanismos de cunho educativo para se contruir as bases necessárias que possibilite essa participação social. Dessa forma, logo foi percebida a necessidade de incorporação de estudos em CTS nos currículos educacionais como será visto a seguir.

2.2 – Movimento CTS e sua inserção na educação

A origem do movimento CTS tem como ponto de partida, a percepção sobre as consequências advindas da ciência e da tecnologia geradas à sociedade. A partir desse momento, logo se percebeu a necessidade de prover

aos futuros cidadãos, conhecimentos científicos necessários, que os levassem a refletir e enxergar as implicações sociais e ambientais da ciência e da tecnologia, para que pudessem participar mais ativamente e criticamente na tomada de decisões no seu contexto social (SCHNETZLER, 2004, p. 52).

Nesse sentido, para Cerezo et al. 2003, a educação em CTS visa “Uma alfabetização para propiciar a formação de amplos segmentos sociais de acordo com a nova imagem da ciência e da tecnologia que emerge ao ter em conta seu contexto social”. Ainda ressaltam que a partir dessa visão, o enfoque CTS seja uma forma de motivar os alunos a buscarem mais informações sobre a ciência e a tecnologia, a fim de que possibilitem aos mesmos uma reflexão sobre estas e suas implicações gerais principalmente em termos de valores.

Para Roloff (2011) o ensino pautado no enfoque CTS objetiva não somente trabalhar o aspecto motivacional, mas, de principalmente preparar os alunos para o exercício da cidadania utilizando os conhecimentos científicos e tecnológicos adquiridos, para atuação no contexto social.

Dessa maneira, os estudos em CTS na esfera educacional foram inseridos no ensino de ciências em diversos países. Dentre os principais englobam-se Estados Unidos, Europa e Canadá. Nesses países, a partir da década de 70, foi proposta a inclusão dos estudos CTS nos currículos por meio da produção de materiais didáticos específicos voltados para o ensino fundamental à graduação.

No Brasil, por volta dos anos 70, inicialmente os estudos em CTS foram percebidos pelo Centro de Ciências do Estado de São Paulo. No entanto, só tiveram um desenvolvimento mais acentuado no final dos anos 90 (MALDANER e SANTOS, 2010).

De acordo com Von Linsingen (2007), a educação em CTS traduz-se pela renovação dos conteúdos curriculares, metodologias e técnicas didáticas. Assim sendo, o enfoque CTS foi idealizado para o ensino básico ao ensino superior, porém, de forma distinta para ambos.

No ensino médio, a interação entre a vertente ciência, tecnologia e sociedade, deverá se capaz de promover nos alunos, a aquisição de conhecimentos, habilidades e desenvolvimento de valores (BYBEE, 1987, apud SANTOS e MORTIMER, 2002, p. 114).

O desenvolvimento de valores implica em se trabalhar vários aspectos de ordem valorativa como percepção sobre interesses da coletividade, compromisso social, solidariedade, respeito ao próximo, etc. Já a aquisição de conhecimentos e habilidades, implica em desenvolver aspectos como a auto-estima, capacidade de resolução de problemas, de tomada de decisões, comunicação tanto oral quanto escrita, enfim, aspectos que culminam para o desenvolvimento de cidadãos mais críticos.

Santos e Mortimer (2002) ressaltam que:

“[...]Tomada de decisão pública pelos cidadãos em uma democracia requer: uma atitude cuidadosa, habilidades de obtenção e uso de conhecimentos relevantes, consciência e compromisso com valores e capacidade de transformar atitudes, habilidades e valores em ação. Todos esses passos podem ser encorajados se uma perspectiva de tomada de decisão for incorporada ao processo educacional[.]” (SANTOS e MORTIMER (2002), p. 114).

Na esfera do ensino superior, a educação em CTS busca desenvolver nos estudantes uma visão mais crítica sobre os impactos causados pela ciência e tecnologia na sociedade e no meio ambiente, “formando por sua vez uma imagem mais realista da natureza social da ciência e da tecnologia, assim como do papel político dos especialistas na sociedade contemporânea” (VON LINSENGEN, 2007).

Cerezo et al. (2003), corrobora com Von Lisengen (2007), e afirma que no âmbito do ensino superior, a educação em CTS deve proporcionar uma formação humanística aos estudantes de diversas áreas. Objetivando desenvolver nos mesmos o que denominou de sensibilidade crítica acerca dos impactos ambientais e sociais advindos do uso das tecnologias. Assim como também, promover um conhecimento básico e contextualizado sobre ciência e tecnologia, de forma que esses futuros profissionais e cidadãos sejam capazes de discutir e decidir sobre qualquer controversia pública ou de ordem política que afetem diretamente a sociedade como um todo.

Santos e Schnetzler (2003), conforme citado por Pinheiro (2005), expressam alguns aspectos que devem ser considerados quanto a aplicação do enfoque CTS em sala de aula, de acordo com o quadro 2.

Quadro 2: Os nove aspectos da abordagem CTS

Aspectos CTS	Esclarecimentos
1. Natureza da Ciência	Ciência é uma busca de conhecimentos dentro de uma perspectiva social
2. Natureza da tecnologia	Tecnologia envolve o uso do conhecimento científico e de outros conhecimentos para resolver problemas práticos.
3. Natureza da sociedade	A sociedade é uma instituição humana na qual ocorrem mudanças científicas e tecnológicas
4. Efeito da ciência sobre a tecnologia	A produção de novos conhecimentos tem estimulado mudanças tecnológicas
5. Efeito da tecnologia sobre a sociedade	A tecnologia disponível a um grupo humano influencia grandemente o estilo de vida do grupo
6. Efeito da sociedade sobre a ciência	Por meio de investimentos e outras pressões, a sociedade influencia a direção da pesquisa científica
7. Efeito da Ciência sobre a sociedade	Os desenvolvimentos de teorias científicas podem influenciar o pensamento das pessoas e as soluções de problemas
8. Efeito da sociedade sobre a tecnologia	Pressões dos órgãos públicos e de empresas privadas podem influenciar a direção da solução do problema, e, em consequência, promover mudanças tecnológicas
9. Efeito da tecnologia sobre a ciência	A disponibilidade de recursos tecnológicos limitará ou ampliará os progressos científicos.

Fonte: Santos e Schnetzler (2003, p. 65), por Pinheiro (2005).

Pelos nove aspectos propostos para a abordagem CTS demonstrados no quadro 2, nota-se que essa interrelação Ciência-Tecnologia-Sociedade – CTS, pode ser aplicada de forma objetiva nos vários níveis e diversas áreas de ensino. No entanto, é importante avaliar também como essa abordagem pode ser tratada nos cursos das áreas das ciências, especificamente no ensino de Química, por ser objeto desse estudo em questão.

2.3- Ensino de Química sob o enfoque CTS

Ensinar Química nos dias de hoje, ainda se constitui em um grande desafio para os professores tanto da educação básica quanto do ensino superior, pois, na visão de muitos alunos, é uma disciplina complexa e de difícil compreensão.

Alguns motivos para justificar essa dificuldade de ensinar e aprender química, são relatados em muitas pesquisas com foco no ensino de química. Esses estudos apontam a predominância de abordagens tradicionais de ensino, com ênfase na transmissão e memorização de informações, fórmulas, conteúdos, além de que muitos professores e alunos, não entendem as razões para se estudar a química (SANTOS et al., 2013; SANTANA et al., 2014).

As propostas curriculares para o ensino de Química na educação básica mostram-se contrárias ao modelo de ensino tradicional em que há predominância de transmissão/recepção de conhecimentos. Com base nesses documentos, “os alunos deveriam ser incentivados à busca de informações e a apropriação dos instrumentos que lhes permitam analisá-las e a selecioná-las, tornando-se cada vez mais, os senhores de sua aprendizagem” (SANTANA et al., 2014, p. 38).

As diretrizes Curriculares Nacionais para os Curso de Química de nível superior, estabelecem tanto para o licenciando quanto para o Bacharel, uma lista de competências e habilidades que deverão adquirir, dentre elas:

“Possuir capacidade crítica para analisar de maneira conveniente os seus próprios conhecimentos; assimilar os novos conhecimentos científicos e/ou tecnológicos e refletir sobre o comportamento ético que a sociedade espera de sua atuação e de suas relações com o contexto cultural, socioeconômico e político” (BRASIL, 2001, p. 4).

Essas orientações demonstram que assim como na educação básica, na educação superior, o emprego do modelo de ensino tradicional não seria um

instrumento adequado a ser utilizado, pois, é contrário a esses propósitos estabelecidos. Ao passo que, esse tipo de abordagem demonstra não possibilitar ao aluno “possuir capacidade crítica” e sim possuir capacidade de assimilar as informações que lhes são transmitidas.

Para Chassot (2004), o ensino ao invés de ser centrado na simples transmissão de informações pelo professor, deve ser conceituado como um processo que visa a promoção de evolução ou mudança nos alunos, e, ainda uma forma de promover a denominada alfabetização científica.

Santos (2011) infere que a Química como disciplina educativa, deve também promover no indivíduo o interesse pelos assuntos sociais vinculados à Química, de forma que “ele assuma uma postura comprometida em buscar posicionamentos sobre o enfrentamento dos problemas ambientais e sociais, vinculados às aplicações da Química na sociedade”.

Esses posicionamentos levam a uma reflexão sobre a relevância da Química frente a uma educação para a cidadania. Contudo, “a implantação do ensino de química para formar o cidadão implica na busca de um novo paradigma educacional que venha reformular a atual organização desse ensino” (SANTOS e SCHNETZLER, 1996, p. 33). Para Niezer (2012), a Química como disciplina de ensino, deve possibilitar aos alunos a contextualização e discussão dos conceitos dentro de um enfoque científico e tecnológico, relacionando as questões sociocientíficas, ambientais, políticas, econômicas, éticas, sociais e culturais.

Nesse sentido visando romper com esse modelo de ensino tradicional e conteudista, a abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) tem sido apontada na atualidade como uma das alternativas para alcançar esse propósito no ensino de ciências. Já que o modelo atual de ensino deve promover ao aprendiz adquirir outras capacidades, como a de possuir uma visão crítica e reflexiva da ciência e da sociedade, reforçando sua formação de cidadão socialmente responsável.

A abordagem CTS constituiu-se como uma ferramenta didático-pedagógica a partir das décadas de 1980 a 1990, visando reestruturar o currículo de ciências a partir de um ensino humanístico (MARTÍNEZ, 2012), ou

seja, anulando-se a visão tecnicista e neutra da ciência para vinculá-la ao contexto social dos alunos.

Para Maldaner e Santos (2010), o currículo de Ciências com enfoque CTS, tem apresentado contribuições significativas nessa perspectiva de construção de uma formação voltada para uma “cidadania planetária”. Pedretti, (2003), conforme citado por Martínez (2012, p. 32), infere que a perspectiva CTS no ensino de Ciências objetiva formar cidadãos socialmente responsáveis, o que pressupõe o desenvolvimento de um raciocínio crítico dos estudantes e professores diante de questões sociais, políticas, culturais e ambientais postas pela ciência e pela tecnologia.

Desta forma, a perspectiva CTS no ensino de Ciências pode ser vista como:

“Uma forma de problematizar a visão cientificista e instrumental da ciência e da tecnologia, resgatando-lhes as implicações sociais, políticas, culturais, éticas e ambientais como aspectos relevantes para entender o empreendimento científico como processo histórico e humano mediado por diversos interesses, ideologias e pontos de vista em disputa” (MARTÍNEZ, 2012, p. 32).

Assim sendo, o ensino de Química em uma perspectiva CTS de acordo com Niezer (2012), tem o intuito de possibilitar aos alunos, de estarem mais preparados para tomar decisões. Reconhecendo a importância de atuarem como cidadãos na sociedade, percebendo-se capazes de provocar mudanças que visem a melhoria da qualidade de vida de toda a sociedade. A mesma autora atesta que essa inovação das atividades em sala, possibilitaria incluir nos conteúdos, questões tecnológicas e sociais, além dos conceitos científicos próprios da disciplina.

Logo, o emprego dessa abordagem, requer uma problematização e posteriormente a discussão dessas questões em sala de aula, com isso, possibilitando trabalhar tanto os conceitos químicos quanto a visão crítica dos alunos frente a seus posicionamentos diante do problema.

Outra possibilidade de se trabalhar a abordagem CTS, seria por meio das atividades químicas experimentais. Na visão de alguns autores os experimentos possibilitam exemplificar situações do cotidiano dos alunos, os quais relacionam-se aos conteúdos da disciplina. “Os experimentos contextualizados e orientados por uma abordagem CTS se aproximam de uma visão mais complexa relativa às atividades experimentais” (GONÇALVES & MARQUES, 2012, p.840), ou seja, denotam uma visão mais ampla, não se limitando apenas ao caráter fenomenológico, mas suas implicações no ambiente e na sociedade.

Portanto, a utilização da abordagem CTS como uma estratégia no ensino de Química, além de objetivar o aprendizado de conteúdos e conceitos, visa preparar os alunos para tomar decisões, de reconhecerem sua importância como futuros cidadãos, percebendo-se capazes de provocar mudanças que almejem a manutenção da vida e do meio ambiente. E ainda favorecendo a compreensão de conceitos e teorias tanto nas atividades em sala de aula quanto nas atividades experimentais.

CAPÍTULO 3 – EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA

3.1 – O papel da experimentação para o ensino de Química

É consenso de muitos autores, apontarem a experimentação como um instrumento pedagógico, no qual é capaz de desenvolver muitas habilidades, sobretudo as cognitivas. No entanto, para Santana et al., (2014), a concepção tradicional, simplista ou tecnicista da experimentação no ensino, esteve e ainda se faz presente nos dias de hoje.

A experimentação no ensino de química pode ser compreendida como uma atividade que propicia a articulação entre fenômenos e teorias, onde requer uma relação entre o fazer e o pensar (MALDANER e SANTOS, 2010). Porém, na visão de muitos professores e alunos, a atividade experimental nada mais é do que um recurso pedagógico essencialmente de caráter motivador, com vistas a melhorar a aprendizagem dos alunos, com a finalidade de comprovar teorias e conceitos científicos.

Para Maldaner e Santos (2010) essa ideia de experimentação é um pensamento equivocado e reducionista. Salientam o fato de os conceitos científicos serem construções abstratas da realidade, ou seja, possuem caráter histórico e provisório. Portanto, a experimentação seria insuficiente para estabelecer a relação entre a teoria e o mundo concreto diante dos indivíduos.

Essas concepções simplistas acerca da experimentação, são ainda heranças culturais arraigadas na prática educativa. De acordo com apontamentos de Marr (2006), o laboratório de ensino de química já existia na Europa por volta dos séculos XVII e XVIII, mas eram voltados à medicina no preparo de fármacos.

Apesar da atividade experimental em meados do século XIX ter sido colocada em uma perspectiva didática, a partir das proposições inovadoras de Justus Von Liebig (1803-1873), a introdução do ensino de química experimental no Brasil, iniciou-se nas universidades inspirado no modelo francês tradicional, no qual baseava-se em ideias positivistas e práticas experimentais de caráter ilustrativo.

Somente no século XX, com a criação das Leis de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira (LDB) em 1961, foi estabelecido que as finalidades educativas do ensino de química seriam a de formar o espírito crítico do aluno (SANTANA et al., 2014). Logo, surgiu a necessidade de mudar essa concepção simplista da atividade experimental para adequar ao propósito estabelecido pela LDB.

Muitas situações dificultaram a implementação desses novos propósitos idealizados para as atividades de experimentação. Dentre as quais, as condições insuficientes para formação inicial dos professores, laboratórios inadequados e carentes de equipamentos, entre outras, as quais culminaram para que a atividade experimental objetivasse resumidamente a confirmar conceitos já estudados por meio de experimentos expositivos. Santana et al. (2014) inferem que:

“A história do ensino experimental em química nas escolas secundárias e universidades, evidencia que esta estratégia foi norteada por princípios empiristas e indutivistas por um longo período. Mesmo tentando-se desenvolver novas abordagens, essas raízes ainda parecem predominar o que evidencia a necessidade de ações mais efetivas e inovadoras quanto ao ensino experimental de química” (SANTANA et al., 2014, p. 71).

A partir dessas constatações, o real papel e finalidades das atividades experimentais no ensino de Ciências/Química, tanto na educação básica quanto na superior, foram e vêm sendo repensado pela comunidade científica. Assim, muitos estudos e pesquisas foram e tem sido realizada, com vias de buscar formas e metodologias adequadas de se trabalhar a experimentação no ensino.

Para o Grupo de ensino em educação Química da Universidade de São Paulo – GEPEQ (2013), “as atividades experimentais desenvolvidas nas aulas de Química devem propiciar aos alunos o desenvolvimento da capacidade de refletir sobre os fenômenos, articulando seus conhecimentos já adquiridos e formando novos conhecimentos”.

Para Galiazzi e Gonçalves (2004), a experimentação deve possibilitar a construção do conhecimento científico a partir de discussão, questionamento, argumentos validados, oriundos da problematização de teorias empiristas. Pois, além de promover o aprendizado de teorias estabelecidas pela ciência, proporciona ao aluno aprender como se constrói o conhecimento científico.

Ferreira et al. (2008), propõem que a experimentação pode ser efetuada de duas formas: a ilustrativa, que é a forma tradicional, empregada para atestar conceitos, e a investigativa, na qual visa a obtenção de dados embasados pelas discussões, reflexões e explicações, de modo que se leve o aluno a pensar e falar cientificamente, e não somente a compreender os conceitos.

Conforme já mencionado, a experimentação ainda tem sido abordada nos moldes do ensino tradicional. Para Ferreira et al. (2010), comumente as atividades de laboratório são orientadas por roteiros predeterminados “do tipo receita”. Isso implica que os alunos devem seguir uma sequência linear, passo a passo, em que o docente ou o texto, determinam o que e como fazer.

Essa forma de abordagem corrobora com as proposições dos autores já citados anteriormente, ao quais, defendem a abordagem da experimentação em um modelo que permita a construção de conhecimentos e não a reprodução de uma informação e ou conceito científico. Logo, a experimentação no ensino de química, dentre outros objetivos, deve possibilitar a discussão de conteúdos e conceitos por meio de experimentos relacionados ao cotidiano dos alunos.

Portanto, ao que foi exposto, o papel da experimentação no ensino de química estaria dentro da visão de Hodson (1988), quando infere que os experimentos no ensino de ciências, possuem várias funções pedagógicas como a de ensinar ciência, ensinar sobre a ciência e ensinar como fazer ciência.

Para Borges (2002), a falta de um planejamento sistemático, com os objetivos explícitos e discussão proposta pelo docente, faz com que os estudantes não percebem os propósitos para as atividades práticas que não os de verificar e comprovar fatos e leis científicas. Salientando que esse fato é comum mesmo em escolas técnicas e cursos de ensino superior com forte tradição de ensino experimental.

3.2 – Experimentação no ensino superior

Conforme citado anteriormente, a introdução do ensino de química experimental no Brasil iniciou-se nas universidades inspirado no modelo francês tradicional, no qual baseava-se em ideias positivistas e práticas experimentais de caráter ilustrativo.

De acordo com Maar (2006), no final do século XVIII, por conta da revolução industrial, a demanda por químicos para atuar na indústria aumentou consideravelmente. E isso trouxe reflexos diretos para as escolas de ensino técnico e ensino superior em química.

As Diretrizes Curriculares Nacionais – DCN (2001) estabeleceram a obrigatoriedade do ensino experimental nos cursos de graduação em Química. Ainda que os profissionais da área da docência devem saber trabalhar em laboratório e utilizar a experimentação em química como recurso didático. Para atendimento dessas orientações, as atividades de experimentação ocorrem nos laboratórios didáticos, divididas em disciplinas experimentais com carga horária estabelecida pelas instituições de ensino superior (IES), observando as orientações expressas pelas DCN.

As DCN também estabeleceram as competências e habilidades a serem desenvolvidas nos estudantes do ensino superior de química, no entanto conforme apontado por Theodoro (2016), estas não versam sobre as metodologias necessárias para o alcance desses objetivos. Mesmo no ensino superior, a experimentação ainda muito se utiliza de metodologias de ensino tradicionais conforme já citado por Borges (2002).

Gonçalves e Marques (2012) em um estudo realizado sobre propostas de experimentos para o ensino superior relatadas em 102 artigos, concluíram que na relação entre teoria e prática/experimentação ainda prevaleciam influências de uma perspectiva empirista-indutivista. Também a crença de que as atividades experimentais são de caráter motivador, ou seja, “pela observação se chega às teorias aceitas pela comunidade científica; pela experimentação se valida e comprova uma teoria; as atividades experimentais são intrinsecamente motivadoras” (GALIAZZI e GONÇALVES, 2004, p. 328).

Sato (2011) expõe que em relação às atividades de experimentação, são consideradas por muitos como uma forma de “aprender fazendo”. No entanto, afirma que quando aplicadas ignorando o processo de construção do conhecimento dos alunos, diminui o envolvimento dos mesmos, incitando-os apenas pela busca de resultados e não pela análise inerente ao experimento.

Todavia, o mesmo autor destaca a importância das aulas prático-experimentais, pois permite ao aluno vivenciar sensações relacionadas a sua busca científica como responsabilidade, objetividade, satisfação, perseverança e confiança. Dessa forma, propicia ao aluno adquirir um papel mais ativo e como consequência, um maior envolvimento nas atividades experimentais.

Nesse contexto, ressalta-se a importância das disciplinas das aulas práticas. É comum nas universidades, que as disciplinas das aulas práticas sejam paralelas às disciplinas teóricas. Uma das disciplinas de atividades experimentais introdutórias mais comuns é a disciplina de Química Geral Experimental (QGE).

De acordo com Simoni (2011), a QGE é uma disciplina que possui vários objetivos para o ensino superior de química. Dentre os quais, destacam-se o de oferecer aos estudantes a oportunidade de organização do conhecimento, os códigos e linguagem, as formas de comunicação e o uso correto de equipamentos, destacando o modo de agir e de pensar do químico nas suas atividades específicas.

Vale ressaltar que de um modo geral, as disciplinas experimentais possuem muitos objetivos a serem desenvolvidos nos estudantes de forma geral. Pereira (2015), associou as ideias de Zunino (1983) e Carrasco (1985), elencando-os em categorias e subcategorias:

“1. Objetivos relativos à aprendizagem de conteúdos (leis, teorias, entre outros): Aquisição de conceitos químicos através das definições e/ou uso dos mesmos no desenvolvimento das experimentações; Aquisição de leis químicas através da descoberta e/ou uso das mesmas no desenvolvimento das experimentações; A facilidade da aplicação das leis químicas

para resolver problemas, através das questões que surgem com o desenvolvimento da atividade experimental.

2. Objetivos relativos à aprendizagem de método: A capacidade de atenção através da percepção de quais são os eventos e questões básicas envolvidas em uma dada experimentação; A capacidade de análise da obtenção das medidas, dados e resultados em uma dada experimentação; A capacidade de síntese através da descrição, em relatórios, dos passos de uma dada experimentação; A capacidade de avaliação através do julgamento dos resultados experimentais.

3. Objetivos relativos à aprendizagem da estrutura de um experimento: A capacidade de análise através do reconhecimento das partes de uma dada experimentação, reconhecimento do evento, questões básicas, medidas, dados, conclusões, conceitos, leis e teorias envolvidas na experimentação descrita; A capacidade de síntese através do reconhecimento das relações entre as diversas partes de uma dada experimentação, como por exemplo que as medidas são valores numéricos assumidos por determinada variável (determinado conceito) sob certas circunstâncias.

4. Objetivos relativos à aprendizagem de habilidades: Aquisição de habilidade prática através da manipulação de aparelhos, produção dos eventos, realização de montagens, obtenção das medidas das variáveis envolvidas em uma experimentação; Aquisição de habilidade intelectual através da: percepção dos eventos, formulação de questões e hipóteses a respeito dos eventos observados, obtenção, comunicação e julgamento dos resultados experimentais obtidos.

5. Objetivos relativos à aprendizagem de atitudes: A aquisição de normas disciplinares de trabalho, desenvolvendo, por exemplo, as capacidades de pontualidade no início do trabalho, execução do mesmo sem pressa para ir embora; A aquisição de atitude científica, desenvolvendo o espírito crítico”.

Todavia, fazendo-se uma breve análise dos objetivos propostos acima, relativos as atividades experimentais, percebe-se que estes não condizem com atividades de laboratório aplicadas de forma meramente reprodutiva e com caráter comprobatório. As tendências atuais de abordagens de ensino nas aulas de laboratório, bastante disseminadas por muitos pesquisadores, são contrárias a esse modelo tradicional e, pautadas em um ensino e aprendizagem de caráter mais ativo e construtivo.

3.3 – Abordagens de ensino nas aulas experimentais

Conforme já posto em discussão, a abordagem tradicional comumente utilizada nas atividades experimentais tem sido questionada e pauta de muitos estudos e pesquisas. Mesmo sendo obrigatória no ensino de química superior, não tem alcançado o potencial educacional que o ensino experimental poderia promover, tanto na formação profissional quanto na formação pessoal do formando (THEODORO, 2016).

Antes de tudo é válido se ter uma visão geral sobre os possíveis tipos de abordagens identificadas na literatura, as quais podem ser utilizadas pelo docente nas aulas de laboratório. Dessa forma, Domin, (1999, apud Sato, 2011), identificou quatro diferentes tipos de abordagens, vide figura 5, organizando-as em categorias taxonômicas: expositiva, investigativa, instrução por descoberta e baseada em problemas.

A abordagem expositiva é a típica tradicional, onde roteiros pré-definidos são disponibilizados aos alunos, em uma sequência de passos a serem seguidos. A execução do experimento ocorre de forma mecânica e os resultados obtidos servem apenas de comparativo com os resultados esperados. É considerada uma atividade para propiciar um desenvolvimento de baixa ordem cognitiva.

A abordagem investigativa é análoga a investigação científica. É de caráter indutivo, onde os estudantes são levados a resolver proposição de problemas, elaborar e testar hipóteses, planejar o experimento, entre outras ações semelhantes ao método científico utilizado pelos cientistas. Desenvolve, portanto, processos cognitivos mais elevados.

A instrução por descoberta é uma espécie de investigação guiada pelo professor, onde não se utiliza roteiro. O papel do professor é levar os estudantes ao alcance dos objetivos almejados, orientando as discussões de forma a conduzi-los às informações necessárias. Hodson (1996, apud SATO, 2011) tece uma crítica a esse tipo de abordagem, pois, afirma a necessidade de que o estudante esteja conceitualmente preparado para realiza-la.

A abordagem baseada em problemas possui um enfoque mais dedutivo. O professor cria um contexto para possibilitar aos estudantes criarem seus próprios questionamentos sobre o tema, ou seja, estabelecimento de hipóteses e ou problematização.

Figura 5– Categorias taxonômicas do laboratório

Categorias Taxonômicas	Objetivos	Enfoque	Procedimento
Estilo expositivo	Pré-determinados	Dedutivo	Dado
Estilo investigativo	Indeterminados	Indutivo	Gerado pelo estudante
Estilo de descoberta	Indeterminados	Indutivo	Dado
Estilo baseado em problemas	Pré-determinados	Dedutivo	Gerado pelo estudante

Fonte: Domin, 1999, apud Sato, 2013.

Em alguns estudos publicados, Gonçalves e Marques (2012) ressaltam sobre a importância de inserção da problematização nas atividades de experimentação no ensino de química superior. Esse contexto baseia-se nas ideias de Paulo Freire, quanto a construção do conhecimento a partir de uma perspectiva dialógica e problematizadora.

Nessa mesma corrente Freiriana, Delizoicov (2005) estruturou a pedagogia problematizadora (FERREIRA, et al., 2008) nos denominados três momentos pedagógicos. O primeiro momento denominado de problematização inicial, o segundo de organização do conhecimento e o terceiro momento como aplicação do conhecimento. Os momentos pedagógicos propostos por Delizoicov (2005) balizaram a abordagem conhecida como experimentação problematizadora.

Contudo, a abordagem investigativa tem sido bastante difundida e posta como contrária à abordagem de experimentação tradicional, pois, pauta-se no ensino por investigação, denominada de experimentação investigativa (GIORDAN, 1999; BORGES, 2002; GALIAZZI e GONÇALVES, 2004;

FERREIRA et al., 2008; 2010; 2015; MALDANER e SANTOS, 2010; GIBIN, 2013).

Nesse contexto, as atividades experimentais investigativas podem ser entendidas como atividades em que há a proposição de um problema prático a ser resolvido pelos alunos, sem instruções impostas presente em um roteiro com passos a serem executados (BORGES, 2002). Assim, trata-se de uma abordagem em que é dada autonomia ao aluno para definir o caminho que deverá seguir, a fim de se chegar a possíveis respostas ao problema proposto pelo docente, mas, sob a supervisão cuidadosa do professor sem sua interferência direta.

“A atividade experimental investigativa visando o ensino, deve ser considerada como uma aproximação simplificada de uma pesquisa em harmonia com a natureza do trabalho científico que envolve entre outros aspectos, planejamento de experimentos, formulação e testagem de hipóteses, argumentação a partir de evidências, controle de variáveis, redação de relatório, etc.” (FERREIRA et al., 2015, p. 105).

No entanto, Borges (2002) salienta que as atividades investigativas devem ser iniciadas com certo grau de facilidade de resolução e gradativamente elevar-se o grau de complexidade, pois, seu aprendizado não ocorre de imediato.

Nesse sentido, Ferreira et al. (2015) e Borges (2002), propõe até cinco níveis de abertura em um experimento investigativo que parte do nível zero, em que o problema, os materiais, o procedimento experimental, a coleta e análise de dados e as conclusões são orientadas e instruídas pelo professor, até o último nível em que todos esses itens ficam inteiramente sob a responsabilidade dos alunos.

O quadro 3 corresponde aos níveis de abertura em um experimento proposta por Ferreira et al. (2015). O quadro 4, similar a proposta de Ferreira et al. (2015), corresponde a proposta de Borges (2002).

Quadro 3 – Níveis de abertura de um experimento nível 0 a 5

Nível	Problema	Material	Procedimento experimental	Coleta e análise de dados	Conclusões
0	Dado	Dado	Dado	Dado	Em aberto
1	Dado	Dado	Dado	Dado	Em aberto
2	Dado	Dado	Dado	Em aberto	Em aberto
3	Dado	Dado	Em aberto	Em aberto	Em aberto
4	Dado	Em aberto	Em aberto	Em aberto	Em aberto
5	Em aberto	Em aberto	Em aberto	Em aberto	Em aberto

Fonte: Ferreira et al., 2015, p. 106.

Quadro 4 – Níveis de abertura de um experimento nível 0 a 3

Nível de investigação	Problemas	Procedimentos	Conclusões
0	Dados	Dados	Dados
1	Dados	Dados	Em aberto
2	Dados	Em aberto	Em aberto
3	Em aberto	Em aberto	Em aberto

Fonte: Borges, 2002, p. 306.

É possível também a articulação do enfoque CTS no ensino experimental. Em um trabalho publicado por Gonçalves et al. (2016), buscaram aproximações entre a abordagem CTS e atividades experimentais, a partir da análise de trabalhos publicados no ano de 2014 nesse contexto. Constataram que mesmo ainda se tratar de uma aplicação recente no ensino de química, a utilização da abordagem CTS na experimentação possibilita significativamente, um ensino contextualizado, onde é possível, por exemplo, que o aluno por meio do experimento, perceba as implicações da química para a sociedade e o meio ambiente.

Melo et al. (2016) demonstraram por meio de um estudo realizado com licenciandos de química, a utilização da abordagem CTS no ensino experimental. Nesse estudo utilizaram a filosofia da Química Verde, pois, objetivavam fomentar a discussão que os levassem pensar em formas de produção de bens, de maneira que não acarretassem danos ao meio ambiente.

Assim, ao que foi exposto, infere-se que a experimentação no ensino de química pode ser aplicada de forma dinâmica e distante da ideia de utilizá-la como uma atividade de caráter comprobatório. Portanto, pode ser um instrumento valioso ao alcance de professores e alunos se bem empregado. Mas, para isso, embora se reconheça a necessidade do uso de metodologias

nesse contexto investigativo, é preciso levar em conta as dificuldades e obstáculos para sua correta aplicação. Dificuldades tanto de acesso a laboratórios com o mínimo de equipamentos necessários, quanto relativas ao preparo e disposição em ensinar e aprender em uma nova perspectiva.

CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA

A metodologia é o momento em que o pesquisador esclarece as características, o contexto, todos os procedimentos e passos seguidos para realização da pesquisa (GIL, 2006). Dessa forma, o presente capítulo visa descrever detalhadamente os métodos utilizados para o alcance dos objetivos do referido estudo.

Nos capítulos anteriores foi necessário se fazer uma revisão sobre a Química Verde, o enfoque CTS e a experimentação no ensino de química, de forma a possibilitar esclarecimentos desses três temas, os quais balizaram esse estudo. Na descrição da metodologia será possível situar a junção desses três pontos principais, os quais delinearão o corpus dessa pesquisa.

4.1 – Problema de pesquisa e Objetivos

Nas Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química, tanto bacharelado, quanto licenciatura há proposições no processo de ensino e aprendizagem da química para o desenvolvimento de habilidades e competências do estudante, relativas ao meio ambiente e ainda para o desenvolvimento de capacidades de forma a estimular a busca de aperfeiçoamento constante. Dentre elas, destacam-se as de:

“Possuir conhecimento da utilização de processos de manuseio e descarte de materiais e de rejeitos, tendo em vista a preservação da qualidade do ambiente;

Ter interesse no auto-aperfeiçoamento contínuo, curiosidade e capacidade para estudos extra-curriculares individuais ou em grupo, espírito investigativo, criatividade e iniciativa na busca de soluções para questões individuais e coletivas relacionadas com a Química”.
(BRASIL, 2001, p. 4).

Assim, a educação em QV é uma possível ferramenta a ser utilizada na tentativa de viabilizar essas propostas educacionais, promover a conscientização, ainda ampliar a criticidade e a responsabilidade ambiental dos

acadêmicos, futuros professores e profissionais, sobre os prejuízos gerados pelo mau uso da química à natureza e à sociedade. É importante ressaltar sobre a possibilidade de a QV trabalhar no ensino de química experimental, a aprendizagem não só de conteúdos conceituais, mas também procedimentais e atitudinais.

Destaca-se que por meio da experimentação, de acordo com os apontamentos de Maldaner e Santos (2010), é possível a articulação da interface CTS incluindo a vertente ambiental às atividades experimentais. Já que a educação em QV tem como tema central as questões ambientais, e ainda como mencionadas em capítulos anteriores, os princípios da QV estão fortemente planejados para as atividades laboratoriais. Diante disso, a utilização da abordagem CTS em conjunto com a educação em QV, demonstra uma relação com objetivos bem conectados.

Dentro de uma perspectiva em que se relacione a educação em QV aliadas ao uso de abordagens de ensino mais modernas e atuais, a intenção dessa pesquisa é responder:

QUAIS CONTRIBUIÇÕES PROMOVIDAS PELA INCLUSÃO DA QV EM DISCIPLINAS EXPERIMENTAIS INICIAIS NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM?

Nesse sentido, essa pesquisa teve como objetivo geral, o de investigar as contribuições da inserção QV sob o enfoque CTS, no ensino-aprendizagem de uma disciplina experimental inicial, em uma IES pública de Manaus-AM.

Visando alcançar o objetivo proposto, os objetivos específicos traçados foram:

- Levantar os experimentos aplicados atualmente nas aulas da disciplina de química geral experimental, com o propósito de identificar práticas dentro e fora dos princípios da QV;
- Adaptar e/ou desenvolver experimentos com base nos objetivos da disciplina, atendendo ao máximo aos princípios da QV;
- Divulgar aos alunos as concepções gerais sobre a QV, sua aplicação e relevância para a sociedade e meio ambiente;

- Identificar as possíveis contribuições promovidas no ensino-aprendizagem pela QV nas atividades experimentais e aos alunos da disciplina.

4.2 - Caracterização, Contexto e Sujeitos da pesquisa

Com vistas a promover respostas à problemática proposta na presente pesquisa, esse estudo se apoiou na abordagem qualitativa, tendo características metodológicas próprias da pesquisa-ação. Seu delineamento ocorreu em torno do enfoque CTS, em conjunto com os fundamentos da experimentação investigativa.

O estudo qualitativo é rico em dados descritivos, tem um plano aberto e flexível e focaliza a realidade de forma complexa e contextualizada (LUDKE e ANDRÉ, 1986). Ainda segundo os mesmos autores, a pesquisa qualitativa propicia o contato direto e prolongado do pesquisador com o ambiente e a situação que será investigada, via de regra através de intenso trabalho de campo.

A pesquisa ação é um tipo de pesquisa com base empírica que é concebida e efetuada associando-se uma ação ou resolução de um problema coletivo em que tanto os pesquisadores quanto participantes envolvem-se de forma cooperativa ou participativa (THIOLLENT, 2011). Portanto, alinhando-se aos objetivos de inserção de práticas de QV em uma disciplina experimental orientada aos futuros profissionais da Química.

Esse estudo ocorreu na Universidade Federal do Amazonas, tendo como sujeitos de pesquisa, estudantes do curso de graduação em Química dos períodos iniciais, matriculados na disciplina de Química Geral Experimental (QGE). A escolha desse grupo acadêmico foi pelo fato de que a partir dessa etapa, os estudantes iniciam seu contato com atividades experimentais na referida disciplina, o que propicia a introdução dessa cultura “verde” já no início dessas atividades de laboratório.

Participaram dessa pesquisa o total de 14 alunos do 3º período do curso de graduação de química. Todos os alunos participaram do início ao término da aplicação da pesquisa.

Vale destacar que a referida IES situa-se em uma gigantesca área verde na zona urbana da cidade de Manaus-AM, onde habitam e são preservadas várias espécies da fauna e flora da região amazônica. Assumindo compromisso com a sustentabilidade ambiental, possui muitos projetos e programas dessa natureza implementados em sua política ambiental, tais como: gestão das águas e resíduos, eficiência energética, consumo consciente (UFAM, 2014). Assim, justificando também a escolha desse local para implementação dessa pesquisa, que vai ao encontro dos objetivos socioambientais dessa IES.

4.3 – Coleta de dados

Creswell (2007) informa que os passos da coleta de dados incluem estabelecer as fronteiras para o estudo, coletar informações através de observação e entrevistas, documentos, materiais visuais, entre outros. Desse modo, definindo os instrumentos que serão utilizados para efetivar essa pesquisa.

No entanto, antes do início da coleta dos dados, foram tomadas as devidas providências em relação aos procedimentos éticos necessários para realização da pesquisa, haja vista que a mesma foi previamente submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da própria IES.

A participação de todos os sujeitos da pesquisa foi de forma voluntária. Todos, inclusive a professora da disciplina, deram ciência de suas participações e ainda sobre as informações detalhadas da pesquisa, em um termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXOS A e B), o qual também garantiu o sigilo de suas identidades a todo momento. Foi também solicitado junto a IES, a devida autorização para realização da pesquisa, conforme consta no Termo de Anuência (Anexo C).

Os instrumentos de coleta de dados utilizados foram questionários, recursos audiovisuais, levantamento documental e bibliográfico. Além de que todas as atividades didáticas durante a realização da coleta de dados foram devidamente observadas e registradas no diário de campo da pesquisadora.

Os procedimentos para coleta de dados da referida pesquisa, ocorreram em cinco etapas. Todas as etapas foram realizadas no laboratório de química

durante algumas aulas da disciplina de QGE, devidamente cedidas e autorizadas pela docente responsável por ministrar a disciplina.

Na primeira etapa foi realizado um encontro no laboratório com a professora da disciplina. A professora gentilmente cedeu um momento para que pudesse ser feito o convite aos alunos a participarem da pesquisa, além de todo detalhamento dos procedimentos gerais, objetivos entre outros aspectos inerentes ao estudo.

Foi realizado, em comum acordo entre a professora e os alunos o total de seis encontros para a aplicação da pesquisa, pois, coincidiriam com as aulas finais do período letivo. Foi acordado também a aplicação de quatro experimentos. Oportunamente, foram entregues os termos de consentimento livre e esclarecido, conforme mencionado anteriormente, garantido as orientações do comitê de ética e pesquisa. Os encontros ocorreram em um período de seis semanas, pois, as aulas da disciplina aconteciam uma vez por semana. Após isso, foram iniciadas as etapas para início da coleta de dados.

Na segunda etapa, em cumprimento ao primeiro objetivo estabelecido, foi efetuado um levantamento documental com o intuito de verificar tanto na ementa quanto no plano de ensino da docente, as propostas de experimentos utilizados para as aulas de laboratório da disciplina de QGE. Assim, foi possível conhecer as práticas já utilizadas ou que posteriormente seriam utilizadas nessas aulas, e, verificar se contemplavam princípios ou características da QV.

Além disso, foi também efetuado um levantamento bibliográfico para busca de experimentos que contemplavam os princípios da QV, porém, análogos aos aplicados nas aulas de laboratório da disciplina de QGE, conforme identificados no plano de ensino e confirmados pela professora.

Na terceira etapa de forma a atender o segundo objetivo estabelecido, os experimentos identificados na literatura de acordo com os princípios da QV, e atendendo aos parâmetros destacados na primeira etapa, foram testados pela pesquisadora no laboratório para validação dos mesmos.

Foram selecionados o total de quatro experimentos. Para averiguar se esses experimentos estavam inseridos nos princípios da QV, foi efetuado um diagnóstico denominado grau verde do experimento, por meio da métrica da estrela verde (EV) (RIBEIRO et al., 2010; MACHADO, 2014; ZANDONAI,

2013). Dessa forma, garantindo que os experimentos contidos na proposta de ensino da disciplina de QGE de fato seriam de fato “esverdeados”, ou seja, adaptados à QV.

A partir da quarta etapa, foi realizado o primeiro dos seis encontros combinados com os discentes, onde foi aplicado um questionário inicial (APÊNDICE A) para averiguar seus conhecimentos sobre a temática QV e sobre os experimentos que já haviam realizado nas aulas da disciplina de QGE.

No encontro seguinte, foi ministrado um seminário aos alunos, sobre os conceitos e aplicações da QV, seus princípios, problemáticas ambientais, com o intuito de fornecer esclarecimentos gerais sobre a temática. Esse momento propiciou realização de um debate com os alunos, relativo ao conteúdo abordado, onde os mesmos fizeram alguns questionamentos e esclarecimentos de dúvidas sobre a QV. Assim, iniciou-se a divulgação e disseminação da QV aos participantes da pesquisa, de forma a atender o terceiro objetivo específico desse estudo. Posteriormente, foi informado e explicado a atividade do encontro seguinte.

Na quinta etapa iniciou-se a aplicação dos quatro experimentos “esverdeados” e validados na segunda etapa. Os experimentos foram aplicados individualmente um a cada encontro. A aplicação de cada experimento no laboratório iniciava-se com uma abordagem contextualizada e dialogada por meio de apresentação de vídeos, relacionando uma problemática ambiental com o experimento que seria realizado.

Em seguida, para a execução da prática, um roteiro semiaberto era fornecido a cada equipe, total de quatro equipes composta por até cinco alunos. O conteúdo do roteiro era explanado verbalmente, com a proposição de um problema expresso neste, o qual incitava a realização do experimento, e ainda, a resposta ao problema proposto.

Quanto ao roteiro semiaberto, Lunardi e Terrazan (2003) inferem que:

“O roteiro semiaberto se caracteriza com situações abertas lançadas pelo professor, por meio de questionamentos/previsões que são evidenciadas no decorrer da realização da atividade guiadas por um

roteiro direcionado com sugestões de passos a serem seguidos, tendo uma outra postura do professor, de maneira a questionar o aluno para que ocorram discussões acerca da atividade”. (LUNARDI e TERRAZAN, 2003, p. 2).

A elaboração do roteiro semiaberto utilizado para realização dos experimentos propostos pela referida pesquisa, foi adaptado a partir dos preceitos da experimentação investigativa, com níveis de abertura até o grau 2, embasados pelas propostas de Borges (2002) e Ferreira et al. (2015).

Dessa forma, o roteiro continha os objetivos do experimento, um questionamento prévio (FERREIRA et al., 2011), um espaço em branco para que informassem os materiais e reagentes que utilizaram. Também continha orientações quanto aos procedimentos do experimento e ao devido descarte e cuidados com os reagentes utilizados. O roteiro finalizava com questões pós-experimento, as quais deveriam ser devidamente respondidas pelos alunos.

Ao término das atividades experimentais, um questionário era entregue a cada aluno, visando obter informações referentes às suas impressões quanto ao experimento realizado. Assim como, com o intuito de avaliar a importância dada e aceitação da inclusão dos princípios da QV nos experimentos da referida disciplina. Esse questionário deveria ser entregue juntamente com as questões pós-experimento contidas no próprio roteiro da prática.

A seguir, serão relatados detalhadamente a aplicação de cada atividade experimental.

4.3.1 – Experimento 1: Determinação da concentração de uma solução básica

O experimento visava determinar a concentração de uma solução básica utilizando a técnica da titulação, a partir de um padrão primário comercial, com o uso de materiais de fácil acesso.

Esse experimento foi realizado pelos alunos, anterior à aplicação desse estudo, de modo que os mesmos adquirissem conhecimento teórico-prático da técnica de titulação e ainda o de aprender a determinar concentrações de soluções.

Para introdução dessa prática já moldada à QV, foi proposto no roteiro um questionamento prévio com a seguinte pergunta: *“O uso de indicadores naturais ao invés de indicadores convencionais, podem apresentar a mesma eficiência em uma titulação?”*.

Ressalta-se que o experimento proposto nos moldes da QV, visou a utilização de materiais de fácil acesso, como o mínimo ou nenhuma toxicidade. Nesse contexto, adaptou-se uma proposta de Ferreira et al. (2011) ao experimento contido na ementa da docente da disciplina de QGE.

Para contextualizar uma problemática ambiental ao experimento, foram dadas informações e orientações gerais sobre a execução da prática com o seguinte questionamento em relação ao reagente hidróxido de sódio, o qual seria utilizado: *“Será que esse produto pode oferecer algum impacto ou risco ao meio ambiente?”*

Na sequência foi apresentado alguns slides e um vídeo de curta duração (TV LIBERAL – REDE GLOBO), sobre uma reportagem com a matéria *“vazamento de soda caustica no Rio Murucupi no município de Barcarena”*. O que possibilitou uma discussão em torno da problemática ambiental, seus impactos causados, de forma a criar uma conexão com a QV e o experimento em questão.

Esse vídeo relatava um acidente com vazamento do produto, possivelmente ocasionado por uma indústria próxima à comunidade atingida. Acarretando na contaminação dos rios e do solo, comprometendo a vida dos moradores, pois, de acordo com a reportagem, os mesmos vivem da agricultura e da pesca nessa região. Após essa contextualização, a qual durou em torno de vinte minutos, o experimento foi iniciado e executado conforme relato a seguir.

4.3.1.1 – Procedimento Experimental: Determinação da concentração de uma solução básica

Para determinação da concentração de uma solução básica, foi utilizada a técnica de titulação. Um dos reagentes essenciais para realização de uma

titulação, são os indicadores ácido-base, os quais servem para demonstrar visualmente, através da mudança na coloração da solução titulada, o ponto final da titulação ou ponto de viragem.

A vista disso, ao invés de se utilizar indicadores químicos convencionais, tais como fenolftaleína, alaranjado de metila, entre outros, foi proposto aos estudantes, a utilização e preparação de um indicador natural de açafrão da terra (cúrcuma longa Linnaeus), mais comumente conhecida como cúrcuma (MUNIZ, 2011). Esse indicador natural foi elaborado a partir dos estudos de Costa, (2011), relativo ao uso do açafrão como indicador ácido-base.

É importante ressaltar que o uso de indicadores naturais em substituição aos convencionais, tem sido bastante divulgado em diversos estudos e pesquisas, pois, esses indicadores têm demonstrado a mesma eficiência que um indicador convencional. Conforme Ferreira et al., (2011), as antocianinas presentes em alguns vegetais, flores etc., são as substâncias responsáveis pela coloração destes, e caracterizam o indicador ácido-base.

Para substituição da solução de ácido, usado como titulante no experimento convencional, foi fornecido aos alunos, comprimidos de ácido acetil salicílico comercial (AAS), total de quatro unidades por equipe, para preparação de uma solução alcóolica desse ácido. O indicador fenolftaleína foi também utilizado em uma titulação, com o intuito que os alunos pudessem comparar o uso de um indicador ácido-base natural com um convencional.

A solução de concentração desconhecida a ser titulada, foi hidróxido de sódio. Essa solução foi previamente preparada. A figura 6 demonstra esquematicamente o procedimento experimental realizado pelos alunos. O procedimento completo pode ser visualizado no roteiro localizado no apêndice B.

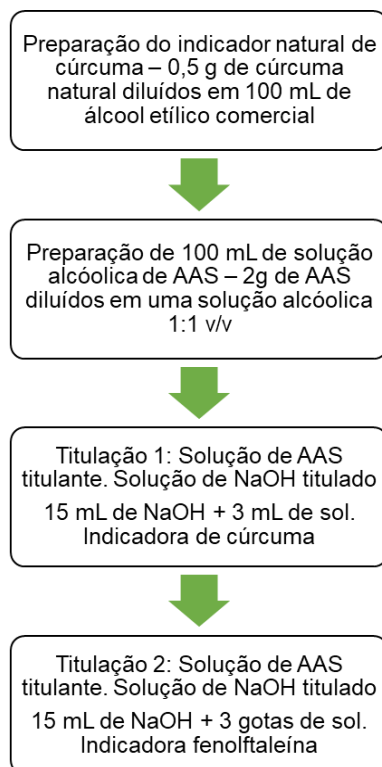


Figura 6 – Experimento 1 - Procedimento experimental

Durante o preparo das soluções, os alunos realizaram todos os cálculos necessários para determinação das massas dos solutos envolvidos, concentrações, entre outros. No próprio roteiro foi destinado um espaço para informarem todos os resultados desses dados.

Ao final da prática, de forma a dar devido tratamento e ou descarte dos resíduos, os alunos foram instigados com o seguinte questionamento: “*Se a solução titulada possui caráter neutro ao final da titulação, ou seja, não possui nem caráter ácido e nem básico, poderá ser descartada diretamente na pia sem causar danos ao meio ambiente?*”. Após discussão desse questionamento, os alunos concluíam como deveria ser realizado o descarte da solução titulada e dos demais reagentes.

Para finalizar a atividade, a pesquisadora forneceu algumas orientações sobre o experimento a ser realizado no encontro seguinte.

4.3.2 – Experimento 2: Determinação do calor de dissolução do hidróxido de sódio

O experimento em questão tinha como objetivos de ensino teórico-prático, levar o aluno a compreender e determinar o calor de reação de uma base forte, nesse caso o hidróxido de sódio, embasados pelas proposições da Lei de Hess.

Esse experimento estava presente na proposta de ensino da professora da disciplina de GQE, porém, com proposição de procedimentos e roteiro a serem elaborados, logo, até esse momento não realizado pelos alunos. Por esse motivo, a professora sugeriu que oportunamente fosse elaborada uma proposta desse experimento já nos moldes da QV e aplicada na pesquisa.

O referido experimento foi elaborado como base em uma proposta da disciplina de QGE da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UNIRIO, (2015). Para introdução da prática foi proposto o questionamento prévio: “A interação química entre um solvente e um soluto pode captar ou desprender energia térmica? *Essa energia pode ser quantificada*”.

Em seguida, foi efetuada a abordagem por meio de slides para contextualização da prática com uma problemática ambiental. Nesse caso, para conectar a problemática ao experimento, foi efetuada uma explanação sobre poluição térmica e ainda relacionando alguns conceitos inerentes ao tema.

A problemática proposta foi embasada nos estudos de Nordell, (2003), onde fez uma discussão sobre a influência da poluição térmica ao aquecimento global, assim como apontamentos do portal Ecycle (2018), que trata sobre questões ambientais e sustentabilidade.

Foi questionado dos alunos se tinham conhecimento sobre o assunto, informado sobre o que seria propriamente a poluição térmica, sua ocorrência, causas, impactos ambientais entre outros. Após a discussão, deu-se início à atividade prática.

4.3.2.1 – Procedimento: Determinação do calor de dissolução do hidróxido de sódio

Para execução do experimento foram utilizadas técnicas e materiais simples e de fácil manuseio conforme demonstra a figura 7. As técnicas envolvidas basicamente foram pesagem, aferição de temperatura e dissolução.



Figura 7 – Materiais utilizados no experimento 2

A aferição de temperaturas e massas efetuadas durante o experimento, possibilitou que fosse obtido o valor referente ao calor de dissolução da reação química entre o hidróxido de sódio e a água, por meio da equação de acordo com a 1ª lei da termodinâmica.

Pela figura 8 é possível visualizar de forma ordenada, o referido procedimento experimental realizado pelos alunos. O procedimento completo, pode ser visualizado no roteiro localizado no apêndice C.

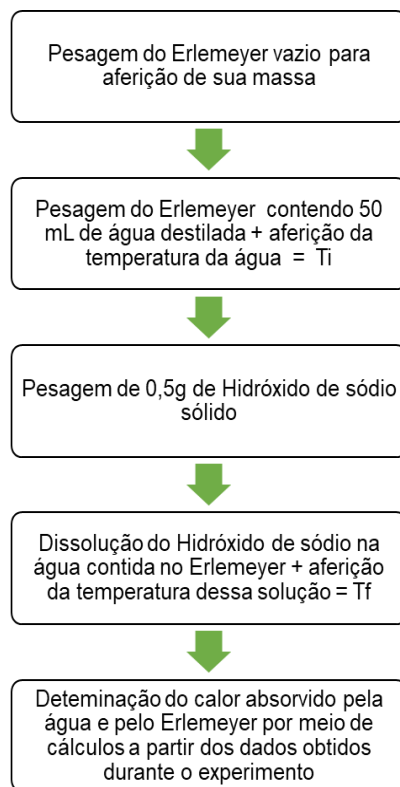


Figura 8 – Experimento 2 - Procedimento experimental

Ao final da prática os alunos seguiram as orientações contidas no roteiro para o devido descarte dos reagentes e por iniciativa própria, resolveram ainda no laboratório as questões pós-experimento e o questionário de análise da pesquisadora sempre fornecido ao término dos experimentos. Para finalizar a atividade, a pesquisadora forneceu algumas orientações sobre o experimento a ser realizado na aula seguinte.

4.3.3 – Experimento 3: Princípio de Le Chatelier – O efeito do íon comum

O terceiro experimento aplicado tinha como objetivo teórico-prático, constatar os estudos sobre equilíbrio químico de reações químicas, a partir do princípio de Le Chatelier, com foco no efeito do íon comum.

Assim como o experimento 2, essa atividade prática contida no plano de ensino da docente da disciplina de QGE, não fora realizada. Por esse motivo, a professora sugeriu que oportunamente fosse aplicada durante a execução da pesquisa. Dessa forma, o experimento foi elaborado analogamente à proposta

de Ferreira et al., (2011), conforme consta no roteiro da atividade fornecida aos alunos (APÊNDICE D).

Após a entrega do roteiro às equipes no laboratório, foi introduzido para discussão o seguinte questionamento: *“O que acontece a uma solução aquosa em equilíbrio químico $A + B \rightleftharpoons C$, em que A e B são as espécies reagentes e C o produto, quando se adiciona novamente uma mesma quantidade do reagente A ou B?”*.

Em seguida foi efetuada a abordagem com uso de slides e apresentação de um vídeo, com alguns apontamentos sobre o tema do experimento e ainda a contextualização com a problemática ambiental sobre a camada de ozônio. Para conectar com os conceitos sobre o efeito do íon comum, foi efetuada a seguinte observação e questionamento:

“Quando adicionamos a um equilíbrio iônico um íon já existente no meio, o equilíbrio será deslocado no sentido de diminuir a concentração em quantidade de matéria do íon em questão = Efeito do íon comum”

“Então por que a quantidade de sprays, gases poluentes, entre outros, quando lançados diretamente na atmosfera, contribuem para o aumento do buraco na camada de ozônio? Não deveria ocorrer o equilíbrio entre as concentrações das espécies químicas envolvidas, não permitindo a ocorrência desse fenômeno?”

Posteriormente, foram explanadas algumas informações sobre a camada de ozônio e apresentado um vídeo com duração em torno de três minutos (<https://www.youtube.com/watch?v=hAbD2taWUT8>), intitulado *“Os CFCs e a camada de ozônio – entrando no clima 2016”*, reforçando os conceitos de equilíbrio químico envolvidos nas reações gasosas, presentes nessa camada que compõe a atmosfera. Ao término da discussão foi iniciada a atividade experimental.

4.3.3.1 – Procedimento: Princípio de Le Chatelier – O efeito do íon comum

O experimento também envolveu uso de técnicas simples e materiais acessíveis de baixo custo. Dentre eles, vinagre comercial, garrafas PET, balão inflável, bicarbonato de amônio comercial, entre outros.

A atividade foi realizada em três etapas. Na primeira etapa, objetivou-se caracterizar o equilíbrio de ionização da amônia. Na segunda etapa, foi efetuado o preparo de uma solução de acetato de sódio para posteriormente ser utilizada na terceira etapa, a qual objetivava apurar o equilíbrio de ionização do ácido acético. As figuras 9, 10 e 11, demonstram esquematicamente a execução do experimento em questão.

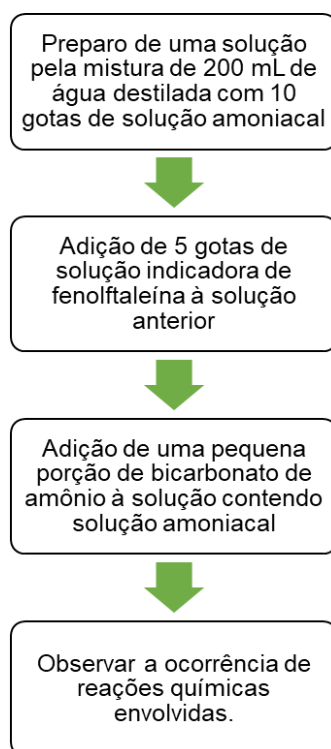


Figura 9 – Experimento 3 – Equilíbrio de ionização da amônia

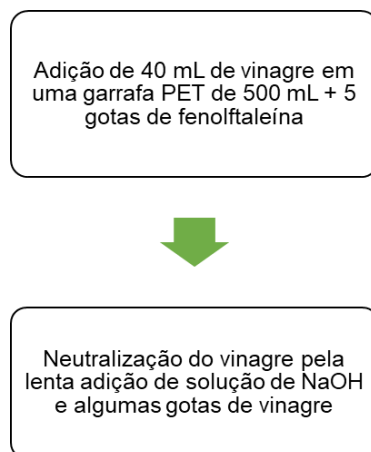


Figura 10 – Experimento 3 - Preparo de solução de acetato de sódio

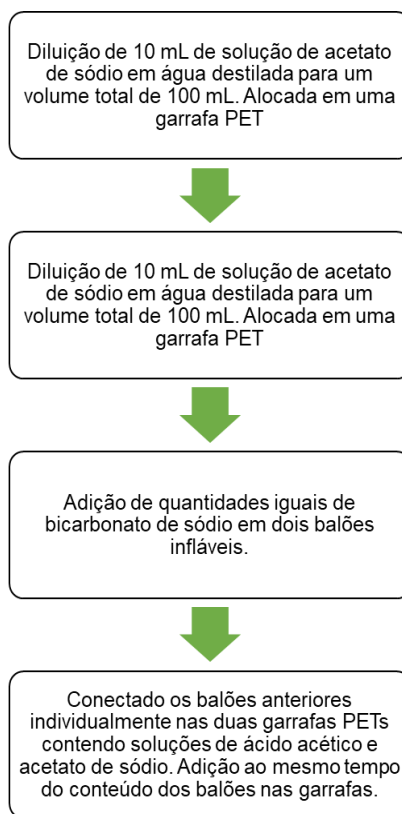


Figura 11 – Experimento 3 – Equilíbrio de ionização do ácido acético

Ao final da prática os alunos realizaram o descarte dos reagentes, conforme as orientações contidas no roteiro. Para finalizar a atividade, a pesquisadora forneceu algumas orientações sobre o experimento da atividade posterior e o questionário de avaliação do experimento.

4.3.4 – Experimento 4: Reações químicas – Ensaio por via úmida

O referido experimento tinha como objetivos teórico-prático, evidenciar qualitativamente a ocorrência de reações químicas e ainda a solubilidade de alguns sais, a partir de ensaios por via úmida. Essa atividade experimental, foi a última a ser aplicada como parte da pesquisa, portanto, concluindo a proposta de adaptação dos quatro experimentos, a partir do plano de ensino da docente da disciplina de QGE.

Esse experimento foi realizado pelos alunos como uma das primeiras atividades no laboratório, anterior à aplicação dessa pesquisa. Nesse sentido, viu-se a oportunidade de adaptá-la à QV, utilizando a técnica de análise em microescala. Essa técnica tem por objetivo reduzir a quantidade de reagentes químicos ao mínimo possível, mas que seja suficiente para que os experimentos possam ser efetivamente realizados, de forma a causar o mínimo de impacto ao meio ambiente (BATISTA, 2010; ROJAS et al., 2013). Ressalta-se que esse experimento, foi adaptado com base na proposta de Ribeiro, et al. (2006).

Para introduzir a execução do experimento, os roteiros foram entregues aos alunos (APÊNDICE E) seguindo-se a leitura do problema proposto: “*Que fatores podem evidenciar a ocorrência de reações químicas?*”. Em seguida foi efetuada uma abordagem por meio de slides, com o intuito conectar uma problemática ambiental ao experimento.

A abordagem iniciou-se com uma breve explanação sobre alguns aspectos teóricos das reações químicas, exemplificando com reações químicas poluentes ocorridas nas áreas urbanas e agrícolas, pela formação de gases tóxicos, material particulado, entre outros. Apontando suas graves consequências à saúde humana e ao meio ambiente. Na sequência, a abordagem finalizou com algumas orientações para a realização do experimento.

4.3.4.1 – Procedimento: Reações químicas – Ensaio por via úmida

Conforme já dito anteriormente, a técnica de análise em microescala, envolve o uso mínimo de materiais e reagentes. Esse experimento, assim como os demais, utilizou materiais simples, de baixo custo e reagentes com toxicidade baixa a moderada.

Primeiramente uma tabela foi montada em uma folha de papel A4, relacionando todos os reagentes, dentre os quais seriam utilizados para observação das reações ocorridas, a partir da mistura entre dois tipos de substâncias. Anexou-se um papel plástico na tabela para a inserção de algumas gotas de cada reagente separadamente em divisões presentes em cada célula, conforme mostra a figura 12. Posteriormente cada dupla de reagente seria misturado um ao outro, apenas com o auxílio de uma espátula.

Soluções	NaCl	Na ₂ CO ₃	NaOH	K ₂ SO ₄	KI
CaCl ₂					
BaCl ₂					
CuSO ₄					

Figura 12 – Tabela para análise em microescala
Fonte: Adaptado de Ribeiro et al., (1999).

Portanto, pela tabela, foram submetidas às reações do cloreto de cálcio respectivamente com o cloreto de sódio, carbonato de sódio, hidróxido de sódio, sulfato de potássio e iodeto de potássio. Na segunda linha, reações do cloreto de bário com a mesma sequência de reagentes (do cloreto de sódio ao iodeto de potássio). E por fim, reações do sulfato de cobre também com os mesmos reagentes (do cloreto de sódio ao iodeto de potássio).

Todos os reagentes foram previamente preparados e fornecidos pelo técnico do laboratório a uma concentração de 0,1 mol/L⁻¹. As figuras 13 e 14, ilustram uma tabela de microescala montada para observação de reações entre

alguns reagentes, e o material básico necessário para aplicar esse tipo de técnica.

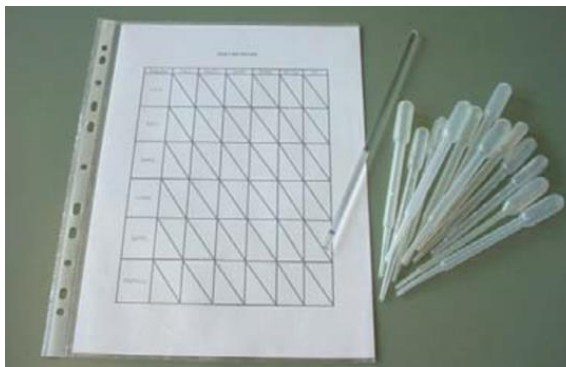


Figura 13 – Material básico para análise em microescala
Fonte: Ribeiro et al., (2006).

SOLUBILIDADE						
Solúveis	NaCl	Na ₂ CO ₃	NaOH	H ₂ SO ₄	H ₂ C ₂ O ₄	H ₂ O
CaCl ₂					Yellow	
BaCl ₂					Yellow	
ZnSO ₄					Yellow	
CuSO ₄	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
AgNO ₃					Yellow	
Pb(NO ₃) ₂					Yellow	

Figura 14 – Tabela de reações químicas de análise em microescala
Fonte: Ribeiro et al., (2006).

Para uma melhor visualização da execução do experimento, a figura 15 ilustra esquematicamente os procedimentos realizados.

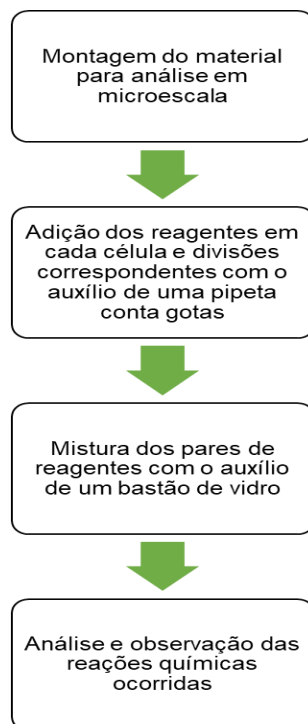


Figura 15 – Experimento 4 - Procedimento experimental.

Ao final da prática os alunos realizaram o descarte dos reagentes, conforme as orientações contidas no roteiro e responderam as questões pós experimento e o questionário de análise no próprio laboratório. Desse modo, finalizando a coleta de dados da referida pesquisa.

4.4 – Procedimento de análise de dados

A análise dos dados será no sentido de interpretação das informações obtidas no decorrer desse estudo, com o intuito de responder a problemática dessa pesquisa, no que tange ao seu objetivo proposto. Dessa forma, a análise de dados consiste em “trabalhar” todo o material obtido durante a pesquisa, tais como, os relatos de observação, as transcrições das entrevistas, análises de documentos, entre outras informações (LUDKE e ANDRÉ, 1986).

Por entender como técnica mais adequada para organizar e interpretar os dados da pesquisa em questão, sendo muito utilizada em abordagens qualitativas, foi utilizada a técnica de análise de conteúdo (AC), pelas

proposições de Bardin (2011) e Moraes (1999). Bardin (2011) define a análise de conteúdo como “Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos, sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens”. Essas mensagens são justamente os dados obtidos na pesquisa e que necessitam de interpretação.

Bardin (2011) propõem que a organização da análise de conteúdo deve ocorrer em torno de três polos cronológicos: 1) a pré-análise; 2) a exploração do material; 3) o tratamento dos resultados, inferência e interpretação.

De forma análoga, Moraes (1999), propõem que a análise de dados, deve ser delineada em torno de cinco etapas: 1) preparação das informações, 2) unitarização ou transformação do conteúdo em unidades; 3) categorização ou classificação das unidades em categorias; 4) descrição; 5) Interpretação. Assim, o mesmo autor infere que não há como se fazer uma leitura neutra dos dados, pois, haverá uma interpretação pessoal do pesquisador, visto que toda leitura implica em uma interpretação.

CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 – Validação e grau verde dos experimentos

Os quatro experimentos selecionados a partir do plano de ensino da docente da disciplina de QGE, com o intuito de serem adaptados aos princípios da QV, sofreram ajustes necessários, a partir do que foi obtido da literatura, a qual aborda conteúdos e ou similaridades aos propósitos da QV.

Dessa forma, assim como Zuin et al. (2014), objetivou-se que os experimentos contemplassem ao máximo os princípios da QV, ou seja, de torna-los mais verdes o quanto fosse possível. Nesse sentido foi efetuada a substituição de reagentes por outros menos tóxicos ou alternativos, diminuição da concentração e quantidade de reagentes.

Em consequência, de forma a garantir que esses experimentos seriam de fato “esverdeados”, os mesmos foram previamente validados a partir de ensaios no laboratório, e ainda pela avaliação do seu grau verde por meio da métrica da estrela verde – EV. O uso de métricas é uma maneira de avaliar a presença dos doze princípios, visto que buscando integrar todos os princípios da QV ao experimento, é possível evitar o que Machado (2008) denominou de “falsa QV”, ao passo que excluindo alguns princípios, há possibilidade de ainda se manter riscos efetivos à saúde e ao meio ambiente.

5.1.1 – Grau verde do experimento 1: Determinação da concentração de uma solução básica.

Os procedimentos do experimento inicial proposto no plano de ensino da docente, pode ser verificado na figura 16 abaixo:

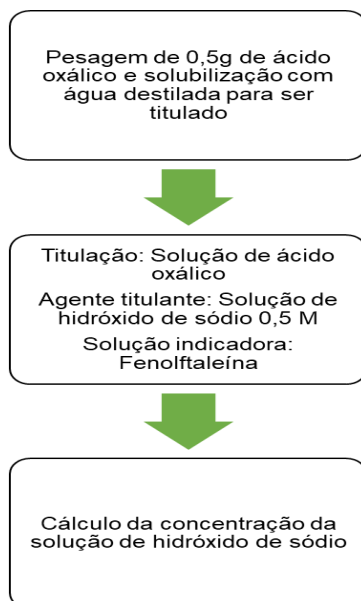


Figura 16 – Procedimento experimental do plano de ensino
Fonte: Plano de ensino – Disciplina QGE UFAM.

Na figura 6 demonstrada anteriormente, é possível averiguar os procedimentos relativos ao experimento adaptado aos princípios da QV. Embora este tenha expressado uma quantidade maior de procedimentos em relação ao experimento inicial, foi possível verificar de forma expressiva pela EV, que possui um grau verde muito superior comparado ao experimento inicial. De forma a comparar ambos os experimentos, foram construídas as estrelas verdes para cada experimento, o inicial e o adaptado a QV.

Para construção da EV do experimento “determinação da concentração de uma solução básica”, partiu-se das tabelas 5.1 e 5.2, as quais expressam uma pontuação de riscos para saúde, ambiente e acidentes em relação aos reagentes utilizados no experimento. Ressalta-se que todas as etapas para construção da EV, foram realizadas com base na proposta de Ribeiro et al (2010) e Machado (2014), onde relacionaram os critérios para classificação de riscos das substâncias ilustrados no quadro 5.

Quadro 5 – Critérios para classificação das substâncias

a) Riscos para a saúde humana e o ambiente das substâncias envolvidas		
Riscos	Símbolos de risco	Pontuação
Saúde	C - corrosivo	3
	T - tóxico	
	T+ - muito tóxico	2
	Xn - Prejudicial	
	Xi - irritante	
Ambiente	Nenhuma indicação	1
	N - perigoso para o ambiente	3
	Nenhuma indicação	1
b) Riscos de acidente das substâncias envolvidas		
Riscos	Símbolos de risco	Pontuação
Saúde	C - corrosivo	3
	T - tóxico	
	T+ - muito tóxico	2
	Xi - irritante	
	Xi - irritante	
Inflamabilidade	Xn - Prejudicial	
	Nenhuma indicação	1
	F - muito inflamável	3
Reatividade	F+ - extremamente inflamável	1
	Nenhuma indicação	1
	E - explosivo	3
	O - agente oxidante	3
	Nenhuma indicação	1
c) Degradabilidade e renovabilidade das substâncias envolvidas		
Características	Critérios	Pontuação
Degradabilidade	Não degradáveis ou que não possam ser tratados para se obter a sua degradação em produtos de degradação inócuos	3
	Possam ser tratadas para obter degradação com produtos de degradação inócuos	2
Renovabilidade	Degradáveis com produtos de degradação inócuos	1
	Não renováveis	3
	Renováveis	1

Fonte: adaptado de Ribeiro et al. (2010)

Dessa forma, por esses critérios ilustrados no quadro 5, foi possível efetuar as referidas tabelas de riscos dos reagentes utilizados para realização dos experimentos.

Tabela 5.1 – Pontuação de riscos dos reagentes do experimento não adaptado a QV

Reagentes	Quantidade	Pontuação de Riscos		
		Saúde	Ambiente	Acidente
Ácido oxálico dihidratado	0,5 g	3	1	1
Solução 0,5M de Hidróxido de sódio	200 mL	2	1	1
Indicador Fenolftaleína	3 gotas	2	2	2
Água destilada	50 mL	1	1	1

Tabela 5.2 – Pontuação de riscos dos reagentes do experimento 1 adaptado à QV

Reagentes	Quantidade	Pontuação de Riscos		
		Saúde	Ambiente	Acidente
Etanol 96° GL	150 mL	2	1	3
Solução alcoólica 50%	100 mL	1	1	3
Açafrão comercial	0,5 g	1	1	1
Solução 0,1 M de Hidróxido de sódio	250 mL	1	1	1
Ácido acetilsalicílico comercial (aspirina)	8 g	2	1	1

O próximo passo foi a definição da pontuação para cada princípio da QV com base na pontuação da tabela de riscos. No total foram considerados dez dos doze princípios da QV, sendo excluídos os princípios 4 e 11, pois, segundo Ribeiro et al. (2010) e Machado (2014), não são aplicáveis ao ensino, já que preconizam a criação de novos produtos químicos.

Ainda conforme os autores, a tabela 5.3 é a referência, a qual define os critérios para pontuação de cada princípio.

Tabela 5.3 – Critérios e pontuação máxima para cada princípio da QV

Princípio da QV	Critérios	Pontuação
P1	Todos os resíduos são inócuos (p=1, tabela a)	3
	Resíduos que envolvam um risco moderado para a saúde e ambiente (p=2, tabela a, pelo menos para uma substância, sem substâncias com p=3)	2
	Formação de pelo menos um resíduo que envolva um risco elevado para a saúde e ambiente (p=3, tabela a)	1
P2	Reações sem reagentes em excesso (<10%) e sem formação de coprodutos	3
	Reações sem reagentes em excesso (<10%) e com formação de coprodutos	2

	Reações com reagentes em excesso (>10%) e sem formação de coprodutos	2
	Reações com reagentes em excesso (>10%) e com formação de coprodutos	1
P3	Todas as substâncias envolvidas são inócuas (p=1, tabela a)	3
	As substâncias envolvidas apresentam um risco moderado para a saúde e ambiente (p=2, tabela a, pelo menos para uma substância, sem substâncias com p=3)	2
	Pelo menos uma das substâncias envolvidas apresenta um risco elevado para a saúde e ambiente (p=3, tabela a)	1
P5	Os solventes e as substâncias auxiliares não existem ou são inócuas (p=1, tabela a)	3
	Os solventes e as substâncias auxiliares usadas envolvem um risco moderado para a saúde e ambiente (p=2, tabela a, pelo menos para uma substância, sem substâncias com p=3)	2
	Pelo menos um dos solventes ou uma das substâncias auxiliares usadas envolve um risco elevado para a saúde e ambiente (p=3, tabela a)	1
P6	Temperatura e pressão ambientais	3
	Pressão ambiental e temperatura entre 0°C e 100°C que implique arrefecimento ou aquecimento	2
	Pressão diferente da ambiental e/ou temperatura muito afastada da ambiental	1
P7	Todos os reagentes/matérias-primas/recursos envolvidos são renováveis (p=1, tabela c)	3
	Pelo menos um dos reagentes/matérias-primas/recursos envolvidos é renovável, não se considera a água (p=1, tabela c)	2
	Nenhum dos reagentes/matérias-primas/recursos envolvidos é renovável, não se considera a água (p=3, tabela c)	1
P8	Não se usam derivatizações	3
	Usa-se apenas uma derivatização ou operação semelhante	2
	Usam-se várias derivatizações ou operações semelhantes	1
P9	Não se usam catalisadores ou os catalisadores são inócuos (p=1, tabela a)	3
	Utilizam-se catalisadores que envolvem um risco moderado para a saúde e ambiente (p=2, tabela a)	2
	Utilizam catalisadores que envolvem um risco elevado para a saúde e ambiente (p=3, tabela a)	1

P10	Todas as substâncias envolvidas são degradáveis com os produtos de degradação inócuos (p=1, tabela c)	3
	Todas as substâncias envolvidas que não são degradáveis podem ser tratados para obter a sua degradação com os produtos de degradação inócuos (p=2, tabela c)	2
	Pelo menos uma das substâncias envolvidas não é degradável nem pode ser tratada para obter a sua degradação com produtos de degradação inócuos (p=3, tabela c)	1
P12	As substâncias envolvidas apresentam um baixo risco de acidente químico (p=1, tabela b)	3
	As substâncias envolvidas apresentam um risco moderado de acidente químico (p=2, tabela b, pelo menos para uma substância, sem substâncias com p=3)	2
	As substâncias envolvidas apresentam um risco elevado de acidente químico (p=3, tabela b)	1

Portanto, a partir dos dados das tabelas 5.1 e 5.2 relacionados aos dados da tabela 5.3, foram elaboradas as tabelas 5.4 e 5.5 que definiram a pontuação dos dez princípios elencados no experimento não adaptado e no adaptado a QV. A partir das tabelas 5.4 e 5.5, as respectivas estrelas verdes foram plotadas por meio de um gráfico no programa de edição de planilhas Excel. As figuras 18 e 19 representam as estrelas verdes do experimento anterior e posterior a inserção da QV.

Tabela 5.4 – Pontuação obtida para construção da EV do experimento 1 não adaptado à QV

Princípios da QV	Pontuação	Justificativa
P1 – Prevenção	1	Ácido oxálico apresenta risco elevado para a saúde humana. Fenoltaleína apresenta risco moderado para saúde e meio ambiente. Risco elevado para acidentes
P2 – Economia atômica	3	Reação sem reagente em excesso e sem formação de coproduto

P3 – Sínteses menos perigosas	1	Ácido oxálico apresenta risco elevado para a saúde humana. Fenolftaleína apresenta risco moderado para saúde e meio ambiente. Risco elevado para acidentes
P5 – Solventes e outras substâncias auxiliares mais seguras	3	Não uso de solventes
P6 – Eficiência energética	3	Temperaturas e pressão ambientes
P7 – Uso de matérias primas renováveis	1	Reagentes não são renováveis
P8 – Redução de derivatizações	3	Não se usam derivatizações
P9 – Catalisadores	3	Não se usam catalisadores
P10 – Planificação para degradação	2	Ácido oxálico pode ser tratado e reciclado
P12 - Química inerentemente mais segura quanto à prevenção de acidentes	1	Fenolftaleína apresenta risco moderado para saúde e meio ambiente. Risco elevado para acidentes

Cada ponta da estrela representa um princípio da QV. Quanto maior a área verde de cada ponta da estrela significa um maior cumprimento do princípio (RIBEIRO et al., 2010). Abaixo na figura 17, é possível averiguar a EV referente aos dados da tabela 5.4 do experimento 1 sem a adaptação aos princípios da QV. Ressalta-se que esse modelo de EV, foi adaptado a partir da proposta de Ribeiro et al., (2010).

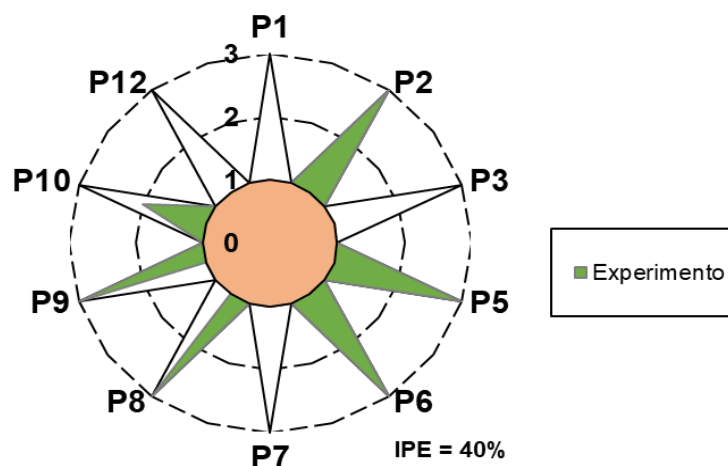


Figura 17 – EV do experimento 1 sem adaptação aos princípios da QV.

A área de cor verde, expressa a pontuação obtida de acordo com a análise de riscos dos reagentes utilizados no experimento. Assim, demonstrado visualmente o total de princípios da QV contemplados ou não.

Em uma breve análise na EV (figura 17) do experimento ainda não adaptado pela pesquisadora, é possível perceber que este não contempla os princípios 1, 3, 7 e 12. Contempla parcialmente os princípios 8, 9 e 10, e, totalmente os princípios 2, 5 e 6.

Ainda foi possível calcular o Índice de Preenchimento da Estrela – IPE, o qual expressa percentualmente a área de uma EV obtida em relação a área de uma EV de pontuação máxima, e ou comprimento máximo dos princípios. Esse cálculo é realizado no próprio Excel utilizando os dados das séries do gráfico. Portanto, o IPE obtido pela EV referente a figura 17 foi de 40%, demonstrando que o experimento inicial possui características “verdes”, mesmo que em um grau não tão expressivo.

Essa constatação, serviu de estímulo para adaptar o experimento de forma a otimizar o cumprimento dos princípios menos expressivos na EV, corroborando com Machado (2014) quando afirma que pelos resultados da EV, é possível identificar os princípios que necessitam ser “atacados”, quando se pretende melhorar o que denominou de verdura química, pela alteração dos procedimentos experimentais, de forma a alcançar cada vez mais o cumprimento dos princípios da QV.

Nesse sentido, o experimento moldado aos princípios da QV, apresentou a tabela de pontuação dos princípios e sua EV (figura 18) respectivamente a seguir:

Tabela 5.5 – Pontuação obtida para construção da EV do experimento 1 adaptado a QV

Princípios da QV	Pontuação	Justificativa
P1 – Prevenção	2	Etanol, solução alcoólica e AAS propiciam risco moderado
P2 – Economia atômica	3	Reação sem reagente em excesso e sem formação de coproduto
P3 – Sínteses menos perigosas	2	Etanol, solução alcoólica e AAS propiciam risco moderado
P5 – Solventes e outras substâncias auxiliares mais seguras	2	Etanol oferece risco moderado
P6 – Eficiência energética	3	Temperaturas e pressão ambientes
P7 – Uso de matérias primas renováveis	2	AAS não é renovável. O Etanol é renovável
P8 – Redução de derivatizações	3	Não se usam derivatizações
P9 – Catalisadores	3	Não se usam catalisadores
P10 – Planificação para degradação	2	Os reagentes podem ser tratados
P12 - Química inerentemente mais segura quanto à prevenção de acidentes	2	Etanol é inflamável

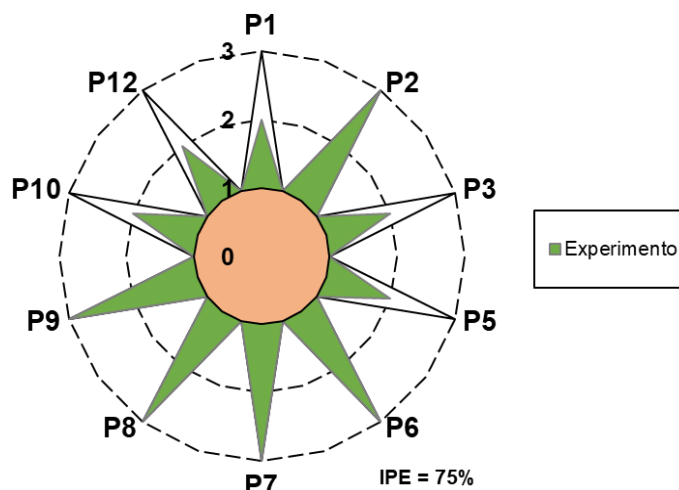


Figura 18 – EV do experimento 1 após a adaptação aos princípios da QV.

Conforme dito anteriormente, embora o experimento adaptado tenha uma quantidade maior de procedimentos para sua execução, é possível visualmente perceber pela EV, uma expressiva elevação de sua área verde, ou seja, um maior cumprimento e ainda inclusão dos dez princípios elencados ao experimento. O IPE de 75% demonstra um aumento de 35% em relação ao experimento inicial proposto no plano de ensino da disciplina de QGE.

É possível perceber o cumprimento integral dos princípios 2, 6, 7, 8 e 9. Os demais princípios foram parcialmente cumpridos, porém, vale ressaltar que nenhum princípio deixou de ser contemplado após a adaptação do experimento.

5.1.2 – Grau verde do experimento 2: Determinação do calor de dissolução do hidróxido de sódio

Como já mencionado esse experimento constava no plano de ensino da disciplina de QGE, porém, sem uma proposta experimental definida. Assim, foi efetuada uma proposta de experimento já nos parâmetros da QV.

A tabela de pontuação de risco do experimento (tabela 5.6) foi efetuada, assim como a tabela de pontuação dos princípios para a construção de sua EV (tabela 5.7).

Tabela 5.6 – Pontuação de riscos dos reagentes utilizados no experimento 2

Reagentes	Quantidade	Pontuação de Riscos		
		Saúde	Ambiente	Acidente
Água destilada	50 mL	1	1	1
Hidróxido de sódio em pastilha	0,5 g	3	3	1

Tabela 5.7 – Pontuação obtida para construção da EV do experimento 2

Princípios da QV	Pontuação	Justificativa
P1 – Prevenção	3	Solução de NaOH não gera resíduos nocivos
P2 – Economia atômica	3	Reação sem reagente em excesso e sem formação de coproduto
P3 – Sínteses menos perigosas	2	Solução de NaOH apresenta risco moderado
P5 – Solventes e outras substâncias auxiliares mais seguras	3	Não há solventes
P6 – Eficiência energética	3	Temperaturas e pressão ambientes
P7 – Uso de matérias primas renováveis	1	NaOH não é renovável
P8 – Redução de derivatizações	2	Não se usam derivatizações
P9 – Catalisadores	3	Não se usam catalisadores
P10 – Planificação para degradação	2	NaOH pode ser tratado
P12 - Química inerentemente mais segura quanto à prevenção de acidentes	3	Reagentes com baixo risco de acidente químico

A EV do experimento obtida (figura 19) demonstrou um IPE considerável de 70%, no entanto, não contemplou o princípio 7, pois, os reagentes utilizados não são de fontes renováveis e pela tabela de Ribeiro et al. (2010), não se considera a água como solvente renovável nesse princípio.

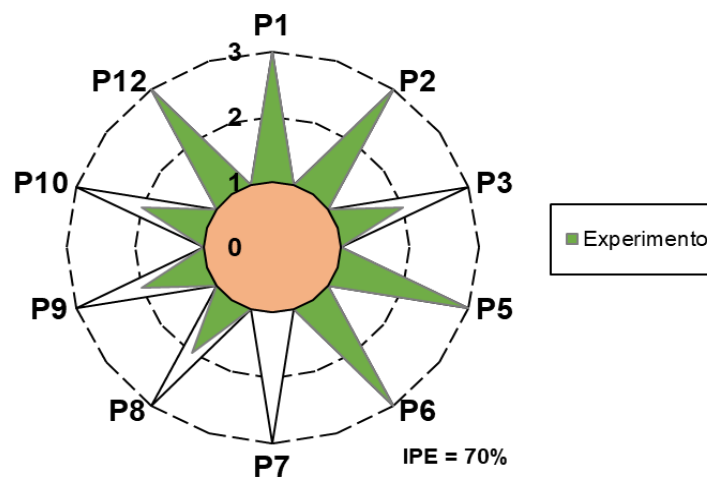


Figura 19 – EV do experimento 2.

Assim, se percebe que os princípios 1, 2, 5, 6 e 12 foram integralmente contemplados. Os princípios 3, 8, 9 e 10 de forma parcial, e, somente o 7 não fora cumprido.

5.1.3 – Grau verde do experimento 3: Princípio de Le Chatelier – Efeito do íon comum

Nesse experimento foi possível avaliar a existência dos aspectos da QV na proposta experimental inicial da disciplina de QGE, e posteriormente os ajustes necessários para adequação aos seus princípios.

Os procedimentos do experimento adaptado foram exibidos anteriormente pelas figuras 8, 9 e 10. Quanto ao experimento sem a adaptação aos princípios da QV, a figura 20 ilustra também os procedimentos e materiais utilizados.

Assim como nos experimentos anteriores, foi efetuada a tabela de pontuação de riscos (tabela 5.8) e a tabela de pontuação dos princípios da QV (tabela 5.9), para construção e avaliação da EV desse experimento ainda não adaptado à QV.

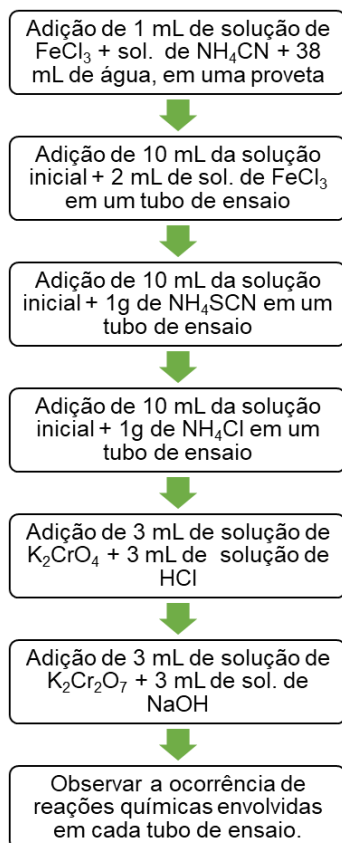


Figura 20 – Experimento 3 sem adaptação aos princípios da QV.

Tabela 5.8 – Pontuação de riscos dos reagentes utilizados no experimento 3 não adaptado à QV

Reagentes	Quantidade	Pontuação de Riscos		
		Saúde	Ambiente	Acidente
Água destilada	38 mL	1	1	1
Cloreto de amônio sólido	1 g	3	2	2
Tiocianato de amônio sólido	1 g	3	3	2
Solução de cromato de potássio 1%	3 mL	1	1	1
Solução de dicromato de potássio 0,5%	3 mL	3	3	2
Solução de cloreto férrico 0,05 M	3 mL	2	1	1
Solução de Tiocianato de amônio 0,005M	1 mL	1	1	1
Solução de Hidróxido de sódio 0,5%	3 mL	2	1	1
Solução de ácido clorídrico 0,5%	3 mL	2	1	1

Tabela 5.9 – Pontuação obtida para construção da EV do experimento 3 não adaptado à QV

Princípios da QV	Pontuação	Justificativa
P1 – Prevenção	1	Reagentes com risco elevado à saúde e ambiente
P2 – Economia atômica	1	Reações com reagentes em excesso e formação de coprodutos
P3 – Sínteses menos perigosas	1	Reagentes com risco elevado à saúde e ambiente
P5 – Solventes e outras substâncias auxiliares mais seguras	3	Não há solventes
P6 – Eficiência energética	3	Temperaturas e pressão ambientes
P7 – Uso de matérias primas renováveis	1	Reagentes não são renováveis
P8 – Redução de derivatizações	3	Não se usam derivatizações
P9 – Catalisadores	3	Não se usam catalisadores
P10 – Planificação para degradação	2	Tiocianato de amônio é biodegradável. Os demais podem ser tratados
P12 - Química inerentemente mais segura quanto à prevenção de acidentes	2	Reagentes com moderado risco de acidente químico

A partir das tabelas 5.8 e 5.9 construiu-se a EV do experimento (figura 21). Assim, ficou claro sobre quais princípios necessitavam ser otimizados.

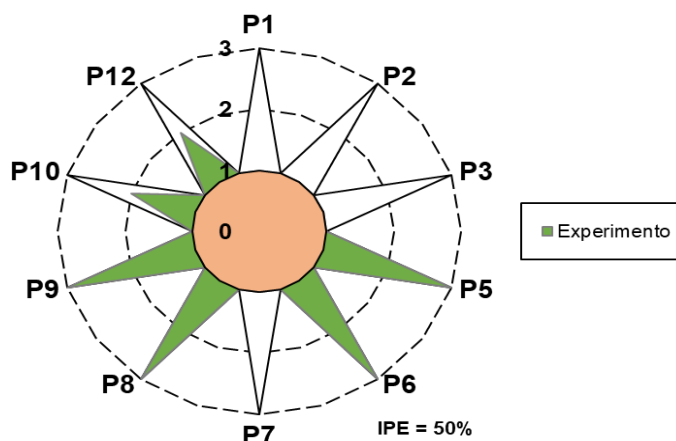


Figura 21 – EV do experimento 3 sem adaptação aos princípios da QV.

De forma clara se percebe que os princípios 1, 2, 3 e 7 não estavam presentes na proposta do experimento. No entanto, os princípios 5, 6, 8 e 9 se faziam 100% presentes. Já os princípios 10 e 12 expressaram-se de forma parcial. Ainda a EV apresentou um IPE= 50%.

A partir desses dados, o experimento sofreu ajustes de forma a intensificar o cumprimento dos princípios que necessitavam ser melhorados e ou contemplados. A tabela 5.10 ilustra a pontuação de riscos e a tabela 5.11 a pontuação dos princípios para construção da EV.

Tabela 5.10 – Pontuação de riscos dos reagentes utilizados no experimento 3 adaptado à QV

Reagentes	Quantidade	Pontuação de Riscos		
		Saúde	Ambiente	Acidente
Água destilada	200 mL	1	1	1
Solução amoniacal para limpeza	10 gotas	1	1	1
Indicador Fenolftaleína	gotas	2	2	2
Bicarbonato de amônio comercial	2 g	1	1	1
Bicarbonato de sódio	2 g	1	1	1
Ácido acético comercial	60 mL	1	1	1
Solução 0,1 M de Hidróxido de sódio	gotas	1	1	1

Tabela 5.11 – Pontuação obtida para construção da EV do experimento 3 adaptado à QV

Princípios da QV	Pontuação	Justificativa
P1 – Prevenção	2	Fenolftaleína oferece risco moderado
P2 – Economia atômica	3	Reação sem reagente em excesso e sem formação de coproduto
P3 – Sínteses menos perigosas	2	Fenolftaleína oferece risco moderado
P5 – Solventes e outras substâncias auxiliares mais seguras	3	Não há solventes
P6 – Eficiência energética	3	Temperaturas e pressão ambientes
P7 – Uso de matérias primas renováveis	1	Reagentes não são renováveis
P8 – Redução de derivatizações	3	Não se usam derivatizações
P9 – Catalisadores	3	Não se usam catalisadores

P10 – Planificação para degradação	2	Reagentes podem ser tratados
P12 - Química inerentemente mais segura quanto à prevenção de acidentes	3	Reagentes com baixo risco de acidente químico

A EV obtida (figura 22) a partir das tabelas 5.10 e 5.11, demonstrou um significativo aumento da área verde, expressado tanto visualmente, quanto pelo aumento do IPE para 72,5%.

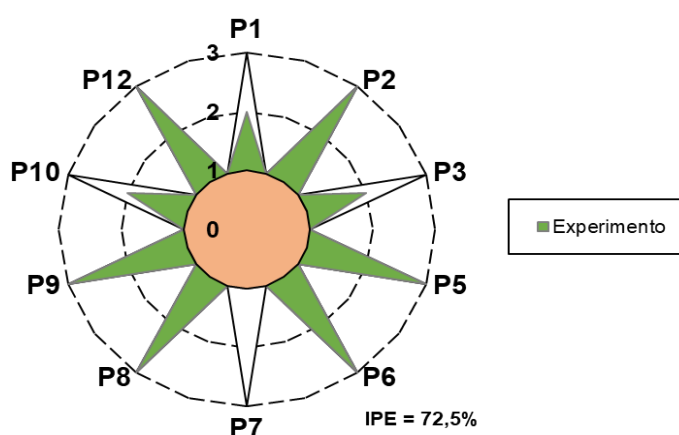


Figura 22 – EV do experimento 3 após adaptação aos princípios da QV

O resultado desses ajustes no experimento acarretou no cumprimento integral dos princípios 2, 5, 6, 8, 9 e 12 e parcialmente dos princípios 1, 3 e 10. Não foi possível o cumprimento do princípio 7.

5.1.4 – Grau verde do experimento 4: Reações químicas – ensaio por via úmida em microescala

A proposição inicial do experimento contido no plano de ensino da disciplina de QGE objetivava a observação de evidências de ocorrência de reações químicas em tubos de ensaio, denominada de ensaio por via úmida. O experimento consistia na mistura de 3 mL das soluções aquosas dos reagentes ilustrados na tabela de risco (5.12) com 1 mL de solução aquosa de tetracloreto de carbono. Também foi efetuada a tabela de pontuação dos princípios da QV para construção da EV (tabela 5.13).

Tabela 5.12 – Pontuação de riscos dos reagentes utilizados no experimento 4 não adaptado à QV

Reagentes	Quantidade	Pontuação de Riscos		
		Saúde	Ambiente	Acidente
Solução aquosa de bromo	3 mL	2	2	1
Solução aquosa de cloro	3 mL	2	2	2
Solução aquosa de iodo	3 mL	2	2	1
Solução de cloreto de sódio	3 mL	1	1	1
Solução de brometo de potássio	3 mL	2	2	2
Solução de iodeto de potássio	3 mL	3	2	1
Solução de tetracloreto de carbono	3 mL	3	2	2

Tabela 5.13 – Pontuação obtida para construção da EV do experimento 4 não adaptado à QV

Princípios da QV	Pontuação	Justificativa
P1 – Prevenção	1	Reagentes com risco elevado à saúde e meio ambiente
P2 – Economia atômica	3	Reação sem reagente em excesso e sem formação de coproduto
P3 – Sínteses menos perigosas	1	Reagentes com risco elevado à saúde e meio ambiente
P5 – Solventes e outras substâncias auxiliares mais seguras	3	Não há solventes
P6 – Eficiência energética	3	Temperaturas e pressão ambientes
P7 – Uso de matérias primas renováveis	1	Reagentes não são renováveis
P8 – Redução de derivatizações	3	Não se usam derivatizações
P9 – Catalisadores	3	Não se usam catalisadores
P10 – Planificação para degradação	2	Reagentes podem ser tratados
P12 - Química inerentemente mais segura quanto à prevenção de acidentes	2	Reagentes com moderado risco de acidente químico

A figura 23 ilustra a EV do experimento obtida pelos dados das tabelas 5.12 e 5.13.

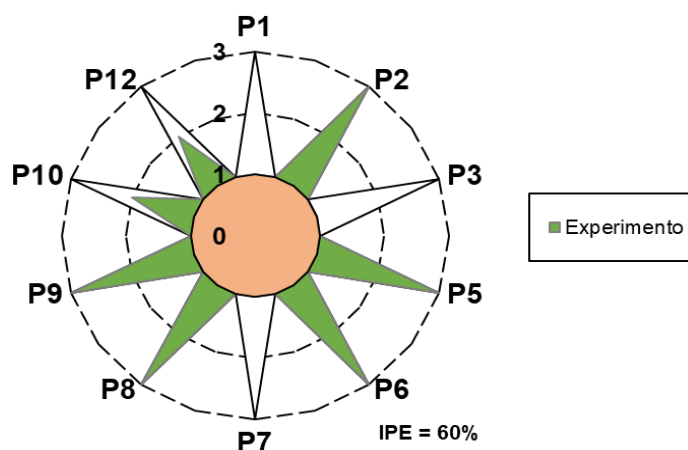


Figura 23 – EV do experimento 4 sem adaptação aos princípios da QV.

Os dados da EV demonstram o cumprimento integral dos princípios 2, 5, 6, 8 e 9 e parciais dos princípios 10 e 12. Embora tenha apresentado um IPE de 60%, mostra também que princípios 1, 3 e 7 são os que necessitam ser trabalhados de forma que possam ser incorporados no experimento, já que não contemplaram a proposta experimental.

A partir dessa constatação, o experimento foi reelaborado assim como os demais, de modo que não perdesse seus objetivos de ensino, mas que buscasse otimizar a QV. A vista disso, optou-se pela técnica de ensaio por via úmida, proposto por Ribeiro et al. (2006), no qual já foi explanado anteriormente e seu procedimento ilustrado na figura 15.

Abaixo, as tabelas de risco (tabela 5.14) e de pontuação dos princípios (tabela 5.15) obtidas, para construção da EV.

Tabela 5.14 – Pontuação de riscos dos reagentes utilizados no experimento 4 adaptado à QV

Reagentes (solução aquosa 0,1 M)	Quantidade	Pontuação de Riscos		
		Saúde	Ambiente	Acidente
Cloreto de cálcio	2 gotas	1	1	1
Cloreto de bário	2 gotas	1	1	1
Cloreto de cobre	2 gotas	1	1	1
Cloreto de sódio	2 gotas	1	1	1
Carbonato de sódio	2 gotas	1	1	1
Hidróxido de sódio	2 gotas	1	1	1
Sulfato de potássio	2 gotas	1	1	1
Iodeto de potássio	2 gotas	1	1	1

Tabela 5.15 – Pontuação obtida para construção da EV do experimento 4 adaptado à QV

Princípios da QV	Pontuação	Justificativa
P1 – Prevenção	3	Quantidade mínima e concentração de reagentes não oferece riscos consideráveis
P2 – Economia atômica	3	Reação sem reagente em excesso e sem formação de coproduto
P3 – Sínteses menos perigosas	3	Quantidade mínima e concentração de reagentes não oferece riscos consideráveis
P5 – Solventes e outras substâncias auxiliares mais seguras	3	Não há solventes
P6 – Eficiência energética	3	Temperaturas e pressão ambientes
P7 – Uso de matérias primas renováveis	1	Reagentes não são renováveis
P8 – Redução de derivatizações	3	Não se usam derivatizações
P9 – Catalisadores	3	Não se usam catalisadores
P10 – Planificação para degradação	2	Reagentes podem ser tratados
P12 - Química inerentemente mais segura quanto à prevenção de acidentes	3	Reagentes com baixo risco de acidente químico

A EV obtida no experimento reelaborado pode ser verificada pela figura 24.

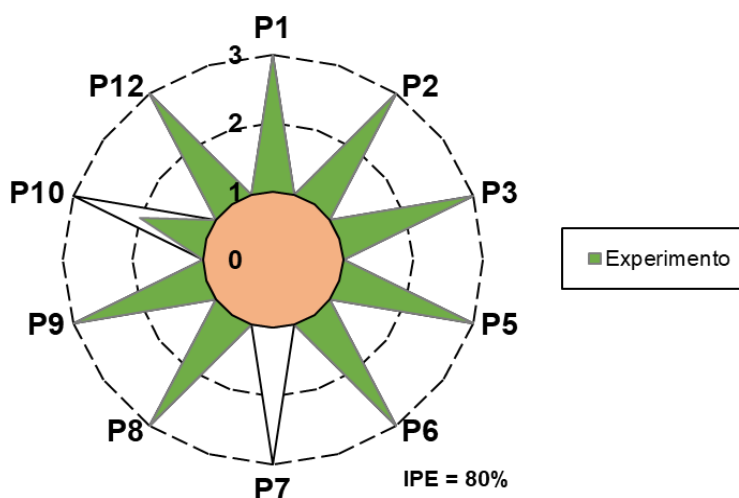


Figura 24 – EV do experimento 4 após adaptação aos princípios da QV

A EV demonstra uma elevação considerável no IPE para 80%. Isso reflete o cumprimento integral da maioria dos princípios (1, 2, 3, 5, 6, 8, 9 e 12). O princípio 10 não houve alteração, continuou de forma parcial. Já o princípio 7, assim como a maioria das EV's obtida nos outros experimentos, não foi cumprido, pois, a maioria dos reagentes utilizados, não são oriundos de fontes renováveis.

Desse modo, esse experimento encerra a sequência dos quatro experimentos trabalhados para adequação à QV, sendo possível observar que cada um obteve resultados diferentes quanto ao seu grau verde. A EV demonstrou ser uma ferramenta muito útil, pois, possibilitou visualmente a percepção dos princípios que estavam presentes ou não na proposta inicial de cada experimento do plano de ensino da disciplina de QGE, além de demonstrar os que necessitavam ser melhorados e ou incorporados, de forma a tornar o experimento mais verde.

5.2 – Divulgação da Química Verde

Como já citado, após a etapa de validação e diagnóstico dos experimentos em relação ao seu grau verde, iniciou-se a etapa de contato direto com os sujeitos da pesquisa. Salientasse que o total de participantes efetivos foi de quatorze alunos. Inicialmente a ação tomada foi de prepara-los para que compreendessem os objetivos inerentes à pesquisa. Primeiramente foi aplicado um questionário para verificar os conhecimentos dos alunos em relação à temática em questão.

Dessa forma, foi percebida a necessidade de divulgar os conceitos gerais, aplicações, enfim, todas as informações relativas a QV aos mesmos, com isso, atendendo a um dos objetivos dessa pesquisa. Portanto, foi realizado um seminário, com o uso do computadores, slides, onde foi possível difundir as informações gerais sobre a QV, e ainda promover discussões sobre problemas ambientais. A seguir, os resultados e inferências sobre essas ações realizadas.

5.2.1 – Questionário inicial

O questionário foi elaborado com quatro questões abertas, o que possibilitou um diagnóstico inicial sobre o conhecimento dos alunos em relação a QV.

Na primeira questão, os alunos deveriam informar se nos experimentos que efetuaram da disciplina de QGE, utilizaram somente materiais e reagentes que consideravam específicos do laboratório de química. Em caso negativo, deveriam especificar que tipo de materiais ou reagentes utilizaram.

Com exceção do participante A1, todos os demais (A2 ao A14), responderam que utilizaram materiais que consideram de uso caseiro. Foi citado uso de pílulas efervescentes, vinagre comercial, legumes, palha de aço, prego e sal de cozinha. Isso demonstra que a docente da disciplina aplicou experimentos com características da QV, pois, optou pela “substituição de supostos químicos perigosos por alternativas menos nocivas” (SEIDL et al., 2017). Assim, foi possível atestar que os alunos possuíam alguma experiência com o uso de materiais alternativos e de baixo custo nas atividades de experimentação.

A segunda e terceira pergunta se complementam, pois, na segunda pergunta, foi questionado se os experimentos que realizaram anteriormente, geraram algum tipo de produto que considerariam como sendo resíduo e, se estes poderiam ser prejudiciais à saúde e ao meio ambiente. Já a terceira pergunta, questionava se acreditavam que existiriam possibilidades para evitar ou amenizar a formação desses resíduos e de que maneira.

Após uma breve análise nas respostas obtidas, as perguntas dois e três foram agrupadas, estabelecendo a unidade de análise “geração e prevenção de resíduos”, com quatro categorias, conforme demonstradas no quadro 6:

Quadro 6 – Geração e prevenção de resíduos químicos

UNIDADES DE ANÁLISE	CATEGORIAS	NÚMERO DE UNIDADES DE ANÁLISE
Geração e prevenção de resíduos	A partir de métodos para minimizar ou eliminar resíduos	A2, A4, A5, A9, A10, A12, A14
	A partir do tratamento dos resíduos	A6, A7
	A partir do descarte apropriado dos resíduos	A8, A11, A13
	Sem resposta	A1, A3

Essas categorias refletem as concepções dos alunos, quanto a percepção sobre geração de resíduos oriundos dos experimentos que realizaram anteriormente a aplicação da pesquisa em questão. Ainda sobre suas ideias em relação a formas de prevenção ou minimização dos mesmos. Para ser ter uma visão mais clara, as respectivas categorias serão discutidas individualmente a seguir.

5.2.1.1 – Métodos para minimizar ou eliminar resíduos

A maioria dos participantes responderam que os experimentos que já tinham efetuado, geraram resíduos, e que para eles, maior parte poderia ser prejudicial a saúde humana e ao meio ambiente.

Esse grupo em questão sugeriu como forma de evitar geração de resíduos, a substituição de reagentes por outros menos nocivos ou de “fontes naturais”, e ainda a diminuição da quantidade de reagentes utilizados nos experimentos, como demonstraram em suas respostas:

“É possível evitar ou amenizar geração de resíduos, substituindo reagentes químicos nocivos por reagentes de fonte naturais ou menos nocivos” (A4).

“Esses resíduos diversas vezes, são resultado final dos experimentos realizados, sendo a única contenção possível diminuir a quantidade de materiais utilizados” (A5)

Ainda o participante A14, sugeriu que anterior a substituição dos reagentes nocivos, deveria ser efetuada uma verificação prévia do possível resíduo que seria gerado, para que pudesse ser confirmada a necessidade de substituição, desde de que a proposta do experimento não fosse alterada:

“[...] antes mesmo de se iniciar o procedimento, procurar analisar que resíduos iriam formar, pois, dessa maneira tem como tentar modificar determinadas substâncias no intuito de fazer com que não se forme resíduos prejudiciais a natureza e a saúde humana e sem alterar o experimento proposto [...]” (A14).

Pela fala dos estudantes, foi possível perceber que implicitamente estavam mencionando o princípio 1 da QV, o qual trata sobre prevenção de geração de resíduos (ANASTAS e WARNER, 1998). Isso reflete as respostas dadas na pergunta quatro do questionário, onde foi perguntado se conheciam a QV e por qual meio se inteiraram sobre a temática. Somente dois participantes desse grupo informaram que não conheciam a QV. Os participantes A2 e A5, disseram que conheciam, mas de forma superficial. Os participantes A9, A10 e A14, afirmaram que tinham conhecimento sobre o assunto.

5.2.1.2 – Tratamento dos resíduos

Os participantes A6 e A7, também responderam que os experimentos o qual realizaram, haviam gerado resíduos, e que alguns bastante tóxicos para a saúde e o meio ambiente.

“Alguns são bem prejudiciais à saúde e ao ambiente” (A6)

“Todos geraram resíduos, alguns muito tóxicos e prejudiciais ao meio ambiente, como metais pesados” (A7).

Embora tenham informado que tinham conhecimento sobre a QV, sugeriram que os resíduos fossem tratados, e não evitados como preconiza o princípio 1.

“Os resíduos devem ser tratados corretamente” (A6).

“Deve ser realizada a filtragem de precipitados, por exemplo, ou neutralizando resíduos ácidos ou básicos” (A7).

Além de que o tratamento de resíduos químicos é um processo dispendioso. De acordo com Lenardão (2003), além do alto custo, a legislação é bastante rigorosa principalmente com o setor industrial sobre essa questão.

O investimento em tecnologias de produção ditas mais limpas, reverteria facilmente esse quadro.

5.2.1.3 – Descarte apropriado dos resíduos

Os participantes A8, A11 e A13, também afirmaram que dos experimentos que realizaram, houve geração de resíduos e que acreditavam ser perigosos para a saúde e meio ambiente. Pontuaram que estes deveriam ser descartados de forma apropriada.

“Separando-os conforme a sua classificação química. Toda ação realizada com produtos/reagentes químicos acarretam em consequências ao meio ambiente, logo a separação reduziria esse estrago” (A8).

“Os resíduos devem ser descartados nos locais apropriados que terão um destino correto” (A11).

“Acredito que é difícil evitar a geração desses resíduos, pois com o uso desses reagentes “perigosos” é possível realizar a prática experimental. Porém, não é impossível. Uma das formas é realizar o descarte correto de cada reagente utilizado” (A13).

Desse grupo, os participantes afirmaram na pergunta quatro do questionário que não tinham conhecimento sobre a QV. Isso pode ter relação com o fato de sugerirem o descarte do resíduo ao invés da prevenção de formação do mesmo.

Em relação à categoria “sem resposta”, somente os participantes A1 e A3, não responderam ou não souberam responder as perguntas dois e três do questionário, embora tenham afirmado na pergunta quatro, ter conhecimento sobre a QV. Isso demonstra que possivelmente esses participantes não conheciam de fato a QV conforme afirmaram, ou não tiveram interesse em responder a pergunta.

Encerrada essa etapa de diagnóstico e “apresentação” ou reforço sobre a QV aos participantes da pesquisa, na sequência foi iniciada a etapa de aplicação dos experimentos “esverdeados”, conforme já descritos no capítulo anterior. Por conseguinte, serão relatadas e discutidas as questões pós-

experimento contidas no roteiro experimental das quatro equipes participantes e, os questionários finais de cada participante.

5.3 – Questões pós-experimentos

Após as fases de diagnóstico e apresentação ou reforço dos conceitos teóricos da QV e aplicação dos experimentos “esverdeados”, iniciou-se a análise das questões pós-experimento e questionários finais. Ressalta-se que as questões pós-experimento visam inferir resultados mais voltados aos aspectos conceituais inerentes aos experimentos. Visto que um dos objetivos desse estudo é a inserção da QV nos experimentos propostos da disciplina de QGE, mantendo seus objetivos educacionais, dentre eles, a aprendizagem de conceitos científicos. Com exceção de parte das questões do experimento 1, os demais experimentos seguem esse escopo.

Essas questões também serviam de auxílio para aferir resposta ao questionamento prévio do experimento, presente nos roteiros. A seguir, será relatado os resultados e análises das questões pós-experimento dos quatro experimentos e na sequência dos questionários finais.

5.3.1 – Experimento 1

No primeiro experimento intitulado “determinação da concentração de uma solução básica”, o questionamento prévio interpelava se o uso de indicadores naturais poderia apresentar a mesma eficiência de um indicador químico. A resposta poderia ser confirmada após a realização do experimento, e ainda auxiliada pelas questões pós-experimento, a qual consistiu de três perguntas ao final do roteiro experimental e devidamente respondidas por cada grupo.

Dessa forma, estabeleceram-se três categorias referentes aos objetivos dos questionamentos e às respostas dos participantes: Questionando o ponto de equivalência; comparando diferenças no uso do indicador natural e indicador químico; resposta ao questionamento prévio.

5.3.1.1 – Questionando o ponto de equivalência

A primeira pergunta objetivou verificar os conhecimentos químicos conceituais dos participantes em relação ao ponto de equivalência e ou estequiométrico em uma titulação. De forma a problematizar a teoria envolvida no experimento, foi questionado se ao se atingir o ponto de equivalência, a solução titulada teria sempre caráter neutro, e ainda que demonstrassem as reações químicas envolvidas para auxiliar a resposta.

Três equipes responderam resumidamente que a solução resultante possuía caráter neutro, e esboçaram a reação de neutralização entre as espécies envolvidas na titulação.

No entanto, a quarta equipe respondeu contrariamente às demais:

“Com adição de um indicador ácido-base, observa-se quando a reação completa, atingindo o ponto de equivalência ou ponto de viragem. É possível saber quando isso ocorre, pois, a cor da solução sofre uma mudança brusca na presença de um indicador ácido-base, em virtude da variação do pH. No entanto, embora o ponto de equivalência indique o término da reação, nem sempre as soluções são neutras, com pH igual a 7.” (equipe 4).

Pela resposta da equipe 4 percebeu-se que o grupo possuía um domínio conceitual mais alinhado com as teorias científicas que tratam sobre reações ácido-base, e ainda compreenderam o que realmente estava sendo questionado (“a solução resultante **sempre** possuirá caráter neutro?”).

De acordo com Galiazzi e Gonçalves (2004), devem ser incluídas nas atividades experimentais, situações que problematizem teorias empiristas inerentes ao experimento, portanto, evitando que a atividade experimental se resuma a “demonstrar” o que está estabelecido pela teoria.

A afirmação de que o ponto de equivalência nem sempre indica a neutralidade da solução, corrobora com as teorias sobre reações de neutralização envolvendo a interação entre ácidos fracos e bases fortes, embora a equipe não tenha comentado tal afirmação.

As espécies químicas envolvidas na titulação se tratavam de um ácido fraco (ácido acetilsalicílico) e uma base forte (hidróxido de sódio). Nesse caso,

a solução resultante da titulação, tende a apresentar no ponto estequiométrico um pH > 7, ou seja, um caráter básico e não neutro (ATKINS e JONES, 2012). O caráter neutro de uma solução resultante da titulação depende do sal produzido. Nesse caso, houve formação do acetilsalicilato de sódio, como produto da reação entre o ácido acetilsalicílico e o hidróxido de sódio, o qual é um sal com propriedades alcalinas, haja vista ser um par conjugado de um ácido fraco.

5.3.1.2 – Comparando diferenças no uso do indicador natural e indicador químico

A segunda pergunta ao contrário da primeira proporcionou aos participantes inferir suas próprias conclusões a partir de suas observações e resultados obtidos no experimento executado, sem necessitar recorrer aos conceitos e ou teorias científicas.

Propositalmente, a pergunta efetuada serviria de base para a resposta ao questionamento prévio do experimento. Assim, foi questionado se havia ocorrido diferenças entre a titulação com o indicador natural e a titulação com a fenolftaleína. Em caso positivo, que apontassem essas diferenças.

A equipe 4 respondeu de forma sucinta que não observaram diferenças em ambas as titulações. Já a resposta das equipes 1, 2 e 3 foi contrária a equipe 4, como se pode verificar:

“As diferenças foram poucas. Na solução com indicador natural, foi utilizado um volume de ácido de 9,6 mL até o momento da vigarem, e na solução com fenolftaleína utilizou-se 10,3 mL, uma diferença considerada pequena, sendo assim, pode-se dizer que o indicador natural apresentou boa eficácia quando comparado com indicadores artificiais” (Equipe 1).

“sim, uma pequena diferença de volume entre elas, sendo 1,4 mL a mais usando fenolftaleína. Além disso, variando de rosa a incolor para a fenolftaleína e de laranja a mel/caramelo para a cúrcuma” (Equipe 2).

“Ocorrem. Quando se utilizou a cúrcuma como indicador, menos solução ácida foi preciso para neutralizar a base. Outra diferença foi na coloração que especifica o ponto de viragem. Na solução com cúrcuma a mudança foi de laranja para um tom avermelhado e na solução com fenolftaleína foi de rosa para quase incolor” (Equipe 3).

Pelas respostas das equipes 1, 2 e 3, nota-se que o uso do indicador natural, se comportou de forma análoga a fenolftaleína. Possivelmente o intervalo de mudança da cor estejam na mesma faixa de pH ou próximas. De acordo com apontamentos de Antunes (2013), a faixa de pH do indicador de cúrcuma é em torno de 7.4 a 8.6. Já faixa da fenolftaleína é de 8.2 a 10 (ATIKINS E JONES, 2012). Essa pequena diferença de volume de solução de ácido gasta para se atingir o ponto final da titulação, reflete essa pequena diferença de faixa de pH dos indicadores.

Os indicadores ácido-base sintéticos necessitam de um certo cuidado durante o seu manuseio, pois, podem causar efeitos adversos à saúde humana e ao ambiente (ANTUNES, 2013). Desse modo, a substituição de indicadores químicos convencionais pelos naturais, não comprometeu a qualidade da análise, pois demonstrou a mesma eficiência.

5.3.1.3 – Resposta ao questionamento prévio

A terceira pergunta questionava se o problema proposto na atividade havia sido elucidado e ainda que justificassem a resposta.

Dadas as respostas da pergunta anterior, as equipes 1, 2 e 3 inferiram resposta ao problema proposto na atividade conforme a seguir:

“Sim, foi esclarecido com o acréscimo do indicador natural. Além de algo novo, foi possível ver a pequena diferença nas titulações, além de conhecer a utilização de indicadores naturais que deveriam ser melhor explorados nos experimentos” (Equipe 1).

“Sim, pois o objetivo final do experimento foi alcançado independente do indicador usado” (Equipe 2).

“Sim. Através da titulação determinou-se a concentração da solução básica com ambos indicadores, embora com diferenças mínimas na quantidade de ácido gasto” (Equipe 3).

A equipe 4, mesmo afirmando na pergunta anterior que não tinham observado diferenças na titulação com o uso dos dois indicadores, apontaram a seguinte conclusão como resposta ao problema proposto no experimento:

“Notou-se que o ponto de equilíbrio não é alterado substituindo o indicador, por um indicador natural. É observado que há um acréscimo de tempo em relação aos demais indicadores. Porém, utilizando métodos segundo a química verde, você preserva o meio ambiente e alcança os objetivos sem alteração dos resultados” (Equipe 4).

Pelas respostas das equipes, nota-se que a atividade experimental, não foi realizada com foco em seguir apenas um procedimento metodológico, pois, não objetivaram apenas aferir a concentração de uma solução básica pela titulação.

O fato de terem preparado um indicador natural e utilizá-lo em uma mesma análise onde comumente se usa indicadores químicos convencionais, parece ter despertado interesse, pois foi um conhecimento novo aos mesmos, e ainda reforçou a possibilidade real de aplicação da QV.

Assim, nota-se a relevância de se utilizar o enfoque CTS nas atividades experimentais, pois, como dito anteriormente, os experimentos iniciavam-se sempre com uma abordagem teórica de contextualização do experimento a uma problemática ambiental. Ainda pela proposição de problemas presentes nos roteiros.

Outra observação relevante foi que os próprios alunos citaram o fato de que a mudança do indicador não comprometeu os objetivos do experimento. Portanto, corroborando com Niezer (2012), quanto à utilização do enfoque CTS no ensino de química. De acordo com a autora, essa abordagem requer uma problematização e posteriormente a discussão dessas questões, possibilitando trabalhar tanto os conceitos químicos quanto a visão crítica dos alunos.

5.3.2 – Experimento 2

No segundo experimento intitulado “determinação do calor de dissolução do hidróxido de sódio”, as questões pós-experimento consistiam de três perguntas ao final do roteiro experimental. As perguntas assim como no experimento anterior, daria subsídios para a resposta ao questionamento prévio.

Assim como efetuado anteriormente, foram estabelecidas três categorias relacionadas às três perguntas em questão: Quantificação do calor de reação, energia captada ou desprendida, resposta ao questionamento prévio.

5.3.2.1 – Quantificação do calor de reação

Na primeira questão, de característica quantitativa (CRESPO e POZO, 2009), os participantes deveriam aferir os cálculos químicos para obtenção do calor de reação relativo à dissolução do hidróxido de sódio em água. Por esse motivo aplicaram os conceitos de calor com base na lei de Hess (BROWN et al., 2016), e estabeleceram a quantidade de calor (Q) envolvida na dissolução do hidróxido de sódio.

Segundo Crespo e Pozo (2009), problemas quantitativos podem apresentar dificuldades de aprendizagem, pois, são passíveis de se sobrepor aos problemas científicos, ou seja, ao aluno interessará mais a resolução do cálculo matemático e não a interpretação do fenômeno.

No entanto, não se pode descartar o uso problemas quantitativos, pois, o aprendiz necessita ser capacitado a interpretar gráficos, utilizar fórmulas, entre outros, a fim de que possa interpretar cientificamente os fenômenos ou situações subjacentes aos cálculos. Nesse contexto, a resposta da primeira questão, além de outras observações aferidas, balizaria a resposta da segunda pergunta.

5.3.2.2 – Energia absorvida ou desprendida

A segunda pergunta questionava se a reação ocorrida a partir da dissolução do hidróxido de sódio caracterizava-se como endotérmica ou exotérmica e, que justificassem a resposta.

As equipes 1, 2 e 3 responderam que se tratava de uma reação exotérmica:

“É exotérmica. A reação libera calor para o ambiente aquecendo o vidro e a água no experimento” (Equipe 1).

“É exotérmica, pois há transferência de calor do sistema (solução NaOH) para a vizinhança (Erlemeyer)” (Equipe 2).

“É exotérmica, pois, a base se dissocia em meio aquoso e o OH⁻ e Na⁺ ficarão solvatados pelas moléculas de água e o sistema alcançará estado de menor energia, por isso o excesso de calor é liberado” (Equipe 3).

Já a equipe 4, respondeu contrariamente às demais equipes:

“A reação é endotérmica, pois ocorreu absorção de energia da vizinhança” (Equipe 4).

De acordo com a 1^o lei da termodinâmica, quando um sistema absorve calor da vizinhança, é denominado endotérmico (endo = “para dentro”). De forma contrária, quando o calor de um sistema flui para a vizinhança, diz-se exotérmico (exo = “para fora”) (ATIKINS e JONES, 2012; BROWN et al., 2016).

Com exceção da equipe 4, as demais inferiram respostas em consonância com os conceitos científicos presentes na literatura. Os participantes da equipe 4 demonstraram ainda possuir dificuldades de compreensão desses conceitos, ou confundem os mesmos.

Essas divergências conceituais relativas a esses termos da termoquímica foram objeto de estudo de Meneses (2015), sobre as dificuldades de compreensão dos processos e termos endotérmico e exotérmico. A autora cita que a falta de clareza quanto aos aspectos macroscópicos observáveis e a falta de entendimento dos fenômenos a nível microscópico, pode dificultar a compreensão e diferenciação dos mesmos.

5.3.2.3 – Resposta ao questionamento prévio

O questionamento prévio como já citado anteriormente, indagava se a interação química entre um solvente e um soluto poderia captar ou desprender energia térmica, e se essa energia poderia ser quantificada.

Dessa forma, as respostas das equipes 1, 2 e 3 foram bem semelhantes, e demonstram que os participantes não realizaram o experimento atendo-se em apenas executar a proposta do roteiro como uma simples “receita de bolo”, e sim conscientes da proposta científica da atividade.

Portanto, ratificando a ideia de que “a experimentação é uma atividade em que se devem articular fenômenos e teorias, uma relação constante entre o fazer e o pensar” (MALDANER e SANTOS, 2010):

“Sim, pois houve liberação de energia em forma de calor. As temperaturas foram medidas nos estados inicial (temperatura ambiente) e final (ao reagir NaOH com água).” (Equipe 1).

“Sim. Houve liberação de energia em forma de calor pela dissolução de NaOH. Calculou-se a energia liberada (Q), por isso é possível quantificar essa energia.” (Equipe 2).

“Sim, pois houve mudança de temperatura e ainda aferida pelo cálculo do calor da reação.” (Equipe 3).

A resposta da equipe 4, veio a confirmar que o equívoco quanto a conceituação de um processo endotérmico ou exotérmico no experimento realizado, não era por falta de compreensão dos fenômenos, e sim por confundir os termos:

“Sim, pois ocorreu acúmulo de calor, porém houve liberação de calor provido de 0,5g da dissolução do NaOH, resultando na variação de energia.” (Equipe 4).

Embora tenha sido um experimento de fácil execução com materiais simples e acessíveis, foi possível se trabalhar e reavivar esses conhecimentos conceituais, contudo, a partir de um enfoque menos tradicional e mais construtivo.

5.3.3 – Experimento 3

No terceiro experimento intitulado “Equilíbrio químico – efeito do íon comum”, as questões pós-experimento eram constituídas por três perguntas ao final do roteiro experimental. As perguntas também dariam subsídios para a resposta ao questionamento prévio.

Por conseguinte, foram estabelecidas três categorias relacionadas às três perguntas em questão: Perturbação no equilíbrio da reação, influência do acetato de sódio na produção de gás carbônico, resposta ao questionamento prévio.

5.3.3.1 – Perturbação no equilíbrio da reação

Na primeira pergunta, foi questionado se a adição de bicarbonato de amônio à mistura contendo solução amoniacal ocasionou perturbação no sistema, e qual a relação do pH com o deslocamento do equilíbrio.

De acordo com as teorias científicas em específico ao princípio de Le Chatelier, em um sistema envolvendo reações químicas, o equilíbrio entre as espécies reagentes ocorre quando as concentrações dos produtos e reagentes se tornam constantes. Quando esse sistema sofre uma perturbação em relação a adição de mais produto ou mais reagente, este reagirá para reestabelecer novo equilíbrio entre as concentrações das espécies envolvidas na reação. (ATIKINS e JONES, 2012; BROWN et al., 2016).

Desse modo, as respostas das equipes 1 e 2, corroboraram com a teoria acima, embora não tenham citado diretamente o termo “reestabelecer o equilíbrio” e a resposta da equipe 1 não tenha citado a relação do pH com o deslocamento do equilíbrio da reação:

“Ao adicionarmos bicarbonato de amônio, houve um aumento dos produtos originais, fazendo a reação tender a aumentar mais reagentes para igualar o equilíbrio. A junção de base (bicarbonato), produzindo amônia, água e CO₂, indica que o bicarbonato de amônia libera H⁺, mostrando um caráter mais ácido, pois o OH⁻ foi consumido” (Equipe 1).

“Sim, pois ao se adicionar bicarbonato de sódio na solução amoniacal, aumentou-se a concentração do íon NH₄⁺ no equilíbrio. O pH tendeu a diminuir, já que o deslocamento do equilíbrio para a esquerda ocasiona diminuição da concentração de OH⁻.” (Equipe 2).

A equipe 3 relatou não ter ocorrido perturbação no equilíbrio, pois, não observaram mudança na coloração, no entanto, demonstraram conhecer as reações e conceitos envolvidos no experimento:

“Não houve perturbação no equilíbrio, pois, a coloração não modificou. Esperava-se que com a adição de bicarbonato a concentração de íons NH₄⁺ fosse aumentada ocasionando deslocamento para esquerda e formação de mais NH₃. Dessa forma, a solução ficou translúcida.” (Equipe 3).

A equipe 4, não inferiu resposta à pergunta 1, ou por optarem a não responder ou por dificuldades de compreensão ao tema equilíbrio químico.

Essas possíveis dificuldades de compreensão, podem estar em consonância com um estudo publicado por Gomes e Racena (2008), sobre a concepção de equilíbrio químico por um grupo de alunos ingressantes no curso de Química, em que foram relatadas as dificuldades de articulação conceitual dos mesmos, afirmando que tal fato se deve a não ocorrência de aprendizagem significativa desses estudantes no ensino médio sobre o assunto em questão.

5.3.3.2 – Influência do acetato de sódio na produção de gás carbônico

A segunda pergunta foi efetuada em relação às reações ocorridas pela adição de bicarbonato de sódio nas soluções contendo uma mistura de ácido acético e acetato de sódio, e na outra contendo somente ácido acético. Questionou-se em qual das soluções ocorreu maior produção de CO_2 e por qual motivo.

As respostas das equipes 1, 2 e 3 seguiram um raciocínio bem semelhante, e ainda em conformidade com os conceitos inerentes ao tema equilíbrio químico:

“A formação de CO_2 é maior na garrafa que apenas possui ácido acético, pois temos o efeito do íon comum, no caso o acetato que diminui a concentração de H_3O^+ ” (Equipe 1).

“Na garrafa contendo ácido acético, pois já que não houve acréscimo de íons acetato a esta solução onde a quantidade de H_3O^+ era maior, produzindo-se assim mais CO_2 .” (Equipe 2).

“Na garrafa 2 contendo ácido acético percebeu-se maior presença de CO_2 já que o balão se ergueu mais rápido em comparação à garrafa 1 contendo ácido acético e acetato de sódio. Isso se deve a maior concentração de íons hidrônios na garrafa 2. A solução da garrafa 1 foi diluída antes da adição de 1,156g de bicarbonato de sódio o que influenciou na velocidade da reação em produzir CO_2 . Dessa forma, como a garrafa 2 possuía mais íons H_3O^+ ao adicionar a mesma quantidade de bicarbonato de sódio este interagiu com o hidrônio, consumindo-o, e produzindo mais CO_2 e os outros produtos rapidamente.” (Equipe 3).

De fato, as três respostas acima estão coerentes, pois, ao se adicionar acetato de sódio na solução de ácido acético, a concentração de íons acetato vai aumentar (FERREIRA, et al., 2011). Assim, para que a reação entre em equilíbrio novamente, será necessário que os íons acetato sejam consumidos, e conseqüentemente os íons hidrônio formados na reação também.

Dessa forma, a solução contendo a mistura de ácido acético e acetato terá menor quantidade de íons hidrônio, e estes por sua vez interagem com o bicarbonato de sódio produzindo dióxido de carbono (CO_2). Portanto, a solução contendo somente ácido acético, produzira uma quantidade maior de CO_2 , por possuir mais íons hidrônio.

Em relação à resposta da equipe 4, novamente se percebeu as dificuldades conceituais dos participantes:

“A garrafa 2 contendo solução de ácido acético obteve uma maior produção de CO_2 devido ter apenas bicarbonato. Sendo assim, essa mistura gerou como produto o ácido carbônico que se decompõe em dióxido de carbono.” (Equipe 4).

Segundo Crespo e Pozo (2009), é grande o grau de dificuldade para a maioria dos alunos compreenderem o conceito de equilíbrio, seja ele mecânico, físico, químico, ou ecológico, como um sistema dinâmico em que a interação entre os sistemas provoca mudanças em outros elementos do sistema.

5.3.3.3 – Resposta ao questionamento prévio

O questionamento prévio do experimento indagou sobre o que aconteceria se em uma solução aquosa em equilíbrio, fosse adicionada uma determinada quantidade dos constituintes dos reagentes ou produtos das reações químicas.

As equipes 1, 2 e 3 inferiram respostas semelhantes, no entanto, as equipes 2 e 3 deram mais ênfase às reações do experimento. A equipe 4, esboçou resposta de forma muito rasa, seguindo a tendência de suas respostas das questões anteriores:

“Se for adicionado uma quantidade a mais de reagentes ou produtos formados, haverá um deslocamento do equilíbrio, favorecendo a formação de produtos e vice-versa.” (Equipe 1).

“Se o equilíbrio das reações for perturbado, haverá deslocamento do mesmo de modo a amenizar a perturbação, o que foi observado nas reações em questão.” (Equipe 2).

“A adição de bicarbonato perturbou o equilíbrio das reações, mais produto foi formado para amenizar a perturbação.” (Equipe 3).

“Observando-se o comportamento das reações nesse experimento, o sistema sofreu alteração no equilíbrio.” (Equipe 4).

Diante das respostas, nota-se que a maioria dos alunos compreendeu os propósitos e os conceitos envolvidos no referido experimento. Dessa forma, corroborando com a afirmação de Santana et al. (2014):

“Não basta apenas que os alunos realizem o experimento, é necessário integrar a prática com discussão, análise dos dados obtidos e interpretação dos resultados, fazendo com que o aluno investigue o problema” (Santana et al., p. 77).

Nesse sentido, ratificando a ideia dos autores citados acima, de que para tornar as atividades experimentais significativas no processo de aprendizagem, estas devem conter ação e reflexão em conjunto.

5.3.4 – Experimento 4

No quarto experimento intitulado “Reações químicas – ensaio por via úmida”, as questões pós-experimento constituíram-se de três perguntas. As perguntas, assim como nos experimentos anteriores também dariam subsídios para a resposta ao questionamento prévio.

Foram estabelecidas três categorias, de acordo com as questões: Formação de precipitados e mudança de cor, substâncias solúveis e insolúveis, resposta ao questionamento prévio. Vale ressaltar que esse experimento foi realizado com a técnica de microescala, conforme relatado anteriormente.

5.3.4.1 – Formação de precipitados e mudança de cor

A primeira pergunta questionava se nas reações químicas observadas, houve formação de precipitados ou mudança na coloração. Em caso positivo, que relatassem essas constatações.

Conceitualmente, a literatura menciona que as reações químicas com formação de precipitado, ocorrem devido um produto insolúvel, ou sólido iônico insolúvel que se forma em consequência da forte atração dos pares de íons de cargas opostas dos constituintes envolvidos (ATIKINS e JONES, 2012; BROWN et al., 2016). O quadro 7 ilustra os resultados teóricos do experimento.

Quadro 7 – Resultados teóricos - experimento 4

Soluções	NaCl	Na ₂ CO ₃	NaOH	K ₂ SO ₄	KI
CaCl ₂	Sem formação de precipitado	Precipitado de carbonato de cálcio.	Precipitado de hidróxido de cálcio.	Precipitado de sulfato de cálcio	Sem formação de precipitado
BaCl ₂	Sem formação de precipitado	Precipitado de carbonato de bário.	Precipitado de hidróxido de bário.	Precipitado de sulfato de bário	Sem formação de precipitado
CuSO ₄	Sem formação de precipitado	Precipitado de carbonato de cobre (II)	Precipitado de hidróxido de cobre (II)	Sem formação de precipitado	Precipitado de iodeto de cobre (II)

As equipes 1 e 3, responderam por meio de tabelas (figuras 25 e 26) e esboçando a equação das reações ocorridas. Foi possível perceber também que as respostas da equipe 3 coincidiram com os resultados que obtiveram na realização do experimento como se pode ver na figura 27. Já as equipes 2 e 4, responderam esboçando somente a equação das reações químicas envolvidas, todavia, sem comentários ou explicações.

Soluções	NaCl	Na ₂ CO ₃	NaOH	K ₂ SO ₄	KI	Características de reações aparentes
CaCl ₂	Sem cores Sem mudança aparente	Sem cores Sem mudança aparente	Sem cores	Sem cores Sem mudança aparente	Sem cores Sem mudança aparente	
BaCl ₂	Sem cores Sem mudança aparente	Sem cores Precipitado	Mudança de cor Sem precipitado	Mudança de cor Sem precipitado	Sem cores Sem mudança aparente	
CuSO ₄	Sem cores Sem mudança aparente	Sem cores Formação de precipitado	Sem cores Precipitado	Sem cores Sem mudança aparente	Mudança de cor	

* Sem cor: Sem mudança de cores

Figura 25 – Questões pós-experimento - resposta à primeira pergunta – experimento 4 - equipe 1

Soluções	NaCl	Na ₂ CO ₃	NaOH	K ₂ SO ₄	KI
CaCl ₂	nenhuma mudança aparente	turvo	turvo	nenhuma mudança aparente	formou precipitado
BaCl ₂	nenhuma mudança aparente	turvo	turvo	turvo	formou precipitado
CuSO ₄	nenhuma mudança aparente	coloração mudou (para azul)	coloração mudou (para azul)	nenhuma mudança aparente	coloração mudou (cor âmbar) e turvo precipitado

Figura 26 – Questões pós-experimento - resposta à primeira pergunta – experimento 4 - equipe 3

Reações Químicas por via úmida

Soluções	NaCl	Na ₂ CO ₃	NaOH	K ₂ SO ₄	KI
CaCl ₂					
BaCl ₂					
CuSO ₄					

Figura 27 – Questões pós-experimento - resultados obtidos no experimento 4 – equipe 3

Em relação a alguns resultados obtidos e relatados pelas equipes 1 e 3, se percebe que alguns foram contrários aos resultados teóricos. No entanto,

vale ressaltar que ambas as equipes, embora tenham destacado os aspectos físicos e químicos, pois embasaram os resultados com as equações das reações, não relacionaram o conceito de solubilidade das espécies químicas envolvidas nas reações.

De acordo com Crespo e Pozo (2009), as dificuldades conceituais constituem-se em uma barreira para formação do conhecimento científico, pois, é necessário se ter a capacidade de estabelecer relações entre os conceitos envolvidos.

Outro ponto a considerar, é a possibilidade de intercorrências, envolvendo erros de análise, procedimentos, contaminações dos reagentes, entre outras possíveis causas, as quais possam interferir no experimento. É importante citar o relato da equipe 4, em que atribuem dificuldades de análise das reações químicas em função do procedimento em microescala:

“Alguns aspectos foram de difícil visualização devido a escala do ensaio.” (Equipe 4).

Essa crítica ao procedimento em microescala, pode ser pertinente, pois, exige uma maior atenção quanto ao aspecto visual da interação dos reagentes, já que são postos em quantidades mínimas. No entanto, para Rojas et al. (2013), um dos aspectos positivos da análise em microescala, é que esta tende a aumentar a atenção e concentração dos alunos no experimento, o que pode favorecer uma maior compreensão dos conceitos químicos.

5.3.4.2 – Substâncias solúveis e insolúveis

A segunda pergunta questionava sobre a solubilidade das substâncias envolvidas nas reações químicas do experimento. Os alunos deveriam relatar quais substâncias se apresentaram mais solúveis ou insolúveis. Para isso, além da percepção visual, deveriam efetuar a equação das reações de forma a identificar os produtos formados.

As quatro equipes responderam esse questionamento, esboçaram a equação das reações químicas, no entanto, relataram uma quantidade muito inferior em relação ao total de substâncias solúveis e insolúveis que se

formariam de acordo os resultados teóricos. Já as equipes 2 e 3 apontaram uma quantidade maior de substâncias. A equipe 3, deixou de mencionar apenas o iodeto de cobre, produto da reação entre o sulfato de cobre e iodeto de potássio, como insolúvel, mesmo tendo observado formação de precipitado conforme demonstraram nos seus resultados.

Observando a tabela de resultados das equipes 1 e 3 (figuras 26 e 27), demonstrada anteriormente, se percebe que para eles, o fato de não terem observado a formação de precipitado, os levam a considerar a não ocorrência de reação química, ou seja, que essa ocorre somente quando há mudança de estado físico, logo, desconsiderando a ocorrência de uma transformação química.

“Sem reação aparente.” (Equipe 1).

“Nenhuma mudança aparente.” (Equipe 3).

Isso pode ser explicado pelo fato de que muitos alunos ainda concentram a ideia de transformação química em um nível macroscópico, ou seja, no nível fenomenológico (ROSA e SCHNETZLER, 1998). Assim, as dificuldades conceituais sobre transformação química ou física, podem criar obstáculos para compreensão no estudo sobre reações químicas.

5.3.4.3 – Resposta ao questionamento prévio

O questionamento prévio do referido experimento, indagou sobre quais fatores podem evidenciar a ocorrência de reações químicas. As equipes de 1 a 3 responderam de forma análoga. E equipe 4 não inferiu resposta.

“Pode-se observar reações químicas a partir de mudanças nas substância como cores e precipitados formados.” (Equipe 1).

“Foi observado nas reações químicas mudanças de cor e formação de precipitados.” (Equipe2).

“Mudanças de coloração e formação de precipitado.” (Equipe3).

Os apontamentos das equipes embora de forma resumida, visto que há outros fatores que evidenciam a ocorrência de reações químicas, não está incorreto. No entanto, nota-se a prevalência do aspecto fenomenológico na análise, pois, a atenção ficou voltada aos aspectos visuais. Nesse caso, poderiam ter relacionado os conceitos de solubilidade dos sais e íons formados, identificando essas espécies por meio das equações das reações.

Segundo Rosa e Schnetzler, (1998), quando os aspectos macroscópicos se sobrepõem aos microscópicos, o aluno cria uma barreira para construção de um modelo explicativo próximo aos modelos científicos.

No entanto, vale salientar que essas constatações em uma visão macroscópica também eram previstas no experimento, pois, os alunos deveriam apontar fatores que evidenciam a ocorrência de reações químicas. Dentre esses fatores, a formação de precipitados, mudança de cor, turvação, entre outros aspectos.

5.4 – Análise dos questionários finais

Conforme dito anteriormente, após o término dos experimentos, foi entregue a cada participante individualmente um questionário de forma a avaliar suas impressões gerais em relação ao experimento e aos propósitos da pesquisa em questão, dessa forma, as respostas não foram por equipe, e sim individuais.

Os referidos questionários foram compostos por uma questão fechada e três questões abertas. Vale ressaltar que a avaliação do grau verde dos experimentos e as questões pós-experimento, também são fontes de resposta aos objetivos desse estudo.

Desse modo, na primeira questão os participantes apontaram os possíveis princípios da QV presentes nos experimentos, assim, sendo possível avaliar a percepção e compreensão dos alunos em relação aos mesmos. O quadro 8 demonstra por meio das categorias, os princípios apontados por cada participante em cada experimento.

Quadro 8 – Princípios da QV apontados nos experimentos

UNIDADES DE ANÁLISE	CATEGORIAS	NÚMERO DE UNIDADES DE ANÁLISE
Percepção dos princípios da QV presentes nos experimentos	Experimento 1 – P1, P2, P3, P5, P6, P7, P8, P10	A1, A4, A5, A6, A7, A8, A10, A12, A13, A14
	Experimento 2: P1, P2, P3, P5, P6, P8, P10, P12	A2, A4, A5, A6, A9, A10, A12, A13, A14
	Experimento 3: P1, P2, P3, P5, P6, P8, P9, P10, P12	A4, A5, A6, A9, A10, A13
	Experimento 4: P1, P2, P3, P5, P6, P12	A1, A4

No experimento 1, determinação da concentração de uma solução básica, dez participantes apontaram os princípios P1, P2, P3, P5, P6, P7, P8 e P10. A estrela verde do experimento plotada anteriormente (figura 18), mostra todos os princípios presentes no experimento, mesmo os de forma parcial. Os princípios 9 e 12 não foram apontados pelos alunos. No entanto, conseguiram identificar 80% dos princípios efetivamente presentes no experimento, conforme ratificados pela EV.

No experimento 2, determinação do calor de dissolução do hidróxido de sódio, nove participantes apontaram oito princípios como presentes no referido experimento. Na EV plotada (figura 19), foi possível constatar somente o princípio 7 como não incluído, portanto, demonstrando que os participantes identificaram 88,8% dos princípios no experimento, corroborando com a EV.

No terceiro experimento, “efeito do íon comum”, seis participantes apontaram que nove princípios estavam presentes no experimento. A EV (figura 22), demonstrou a presença efetiva de nove princípios no experimento, exceto o princípio 7. Os alunos por sua vez, também apontaram nove princípios de acordo com a EV, ou seja, 100% do total efetivamente presentes.

No quarto experimento, reações químicas em microescala, somente dois participantes responderam essa pergunta, onde apontaram seis princípios no experimento, os quais realizaram. Embora a EV (figura 24) tenha demonstrado nove princípios presentes no experimento, os alunos conseguiram identificar 66,6% desses princípios.

Pelos resultados informados, nota-se que as informações teóricas e a vivência da QV na prática, promoveram aquisições conceituais dos princípios

da QV pelos participantes. Essa constatação condiz com propostas sobre QV no ensino, onde se destaca a necessidade de se ampliar sua inserção no meio acadêmico, utilizando seus princípios na experimentação, de forma a contribuir para formação de profissionais preparados tecnicamente e comprometidos com a vertente ambiental (MARQUES et al. 2007; PRADO, 2003; LENARDÃO, 2003; ANTONIN et al., 2011; GOES et al., 2013).

Outro aspecto avaliado presente na segunda questão foi em relação à metodologia didática utilizada na aplicação das atividades experimentais, nesse caso, a contextualização e problematização efetuada previamente a execução dos experimentos. Conforme já citado antes do início das práticas, uma problemática ambiental relacionada ao tema do experimento, reagentes entre outros, era abordada por meio de slides e vídeos e debatidas com os estudantes. Além de alguns conceitos químicos relacionados ao tema do experimento.

Essa contextualização visou corresponder às características do enfoque CTS em uma perspectiva crítica (SANTOS, 2007), na qual, visa problematizar temas sociais, nesse caso, a vertente ambiental, buscando proporcionar aos estudantes a aquisição de compromisso social.

O quadro 9 expõem as categorias elaboradas a fim de demonstrar as contribuições das contextualizações realizadas em cada experimento. A unidade de análise e a primeira categoria estabelecida são análogas às de Zandonai (2013).

Para a maioria dos alunos a contextualização foi um aspecto importante por ter proporcionado conscientização ambiental, facilitação na compreensão dos objetivos experimentais, aprendizagem prática da QV, entre outros.

Quadro 9 – Contribuições da contextualização e problematização nos experimentos

UNIDADES DE ANÁLISE	CATEGORIAS	*NÚMERO DE UNIDADES DE ANÁLISE
Contribuições da contextualização e problematização nos experimentos	Relacionados a Reflexão/conscientização da atividade experimental	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A12, A13, A14
	*Relacionados a compreensão conceitual do experimento	A1, A3, A4, A5, A6, A7, A9, A10
	*Relacionados a aprendizagem de aplicação prática da QV	A7, A9

Para Santos (2007) a contextualização no ensino de ciências em um enfoque CTS, possui objetivos educativos dentre os quais: Desenvolver atitudes e valores em uma perspectiva humanística diante das questões sociais relativas à ciência e à tecnologia; Auxiliar na aprendizagem de conceitos científicos e de aspectos relativos à natureza da ciência. Desse modo, o mesmo autor ressalta que o uso da contextualização para a formação da cidadania deve possibilitar ao aluno uma reflexão a qual denominou “crítica e interativa”, sobre situações reais do seu cotidiano.

Para Gonçalves et al. (2016) a contextualização no ensino de química voltado às atividades de experimentação, também em um enfoque CTS, pode contribuir de forma significativa para utilização de práticas de ensino contextualizadas, em que o conhecimento químico envolvido no experimento seja compreendido intimamente atrelado a fatores sociais. Desse modo, o enfoque CTS no ensino de química pode favorecer a formação de sujeitos mais críticos em relação aos problemas sociais e ambientais (MARQUES, et al., 2013).

Nesse sentido foi possível perceber na fala dos alunos, que a utilização da contextualização em todos os experimentos promoveu o que Santos (2007) denominou de uma “reflexão crítica”, ao passo que por meio dos conhecimentos químicos envolvidos nos experimentos, enxergaram tanto suas consequências nocivas à sociedade e ao meio ambiente, quanto a possibilidade de torná-los o mais verde possível, ou com impacto ambiental nulo por meio da utilização dos princípios da QV.

Assim, a primeira categoria do quadro 8, “relacionados a reflexão/conscientização da atividade experimental”, expressa essa constatação, como se pode observar pelas expressões de alguns dos participantes:

“A introdução teórica com o problema ambiental discutido e a questão prévia no roteiro, tornou por fazer que percebêssemos os malefícios causados quando a química é usada de forma errada ou abusiva, e por meio de um simples experimento, se vê que é possível utilizar os princípios da química verde, substituindo os reagentes por outros menos tóxicos para não produzir substâncias nocivas ao meio ambiente ou às pessoas.” (A5 – Experimento 1).

“Tal contextualização nos leva a pensar sobre o problema em questão de modo a evita-lo e ou resolvê-lo.” (A2 – Experimento 2).

“Propõe uma conscientização diversificada, desenvolvendo um ideal mais articulado e promovendo a disseminação da química verde”. (A12 – Experimento 2)

“A contextualização do experimento foi muito importante, pois, foi possível perceber o quanto a química pode comprometer o meio ambiente e a saúde das pessoas, sendo que há alternativas de reverter essa situação com o uso da química verde.” (A7 – Experimento 2).

Nota-se também que para a maioria dos alunos, a contextualização foi um fator motivador para realizarem as práticas de forma mais consciente e integrada aos objetivos da QV por meio de seus princípios:

“A introdução teórica incentivou a aplicarmos os princípios da química verde no experimento, reduzindo seu nível de toxicidade, não causando danos ao meio ambiente. Não entendo porque essas práticas de química verde não são aplicadas nas aulas do laboratório, pois, nos ensina a termos mais consciência em preservarmos o meio ambiente e a nossa saúde.” (A2 – Experimento 1).

“A contextualização antes do experimento foi muito relevante. Reforçou o cuidado que a sociedade deve ter com o meio ambiente e não somente as indústrias e os laboratórios. No caso do experimento, precisamos buscar alternativas de práticas mais verdes e seguras.” (A9 – Experimento 3).

“A introdução de contextualização reforçou a necessidade de aplicar o “comportamento verde” nas práticas de laboratório, mostrou que é possível realizar experimentos não prejudiciais, além de evitar desperdícios de reagentes, pois, é possível fazer uma análise em escala mínima, o que ainda diminui os custos com materiais.” (A 10 – Experimento 4).

Em geral, as respostas dos estudantes demonstraram um nível de satisfação expressivo em relação a contextualização efetuada anterior a

execução dos experimentos. A partir dela sentiram-se mais conscientes do papel da química frente aos problemas ambientais, e conseqüentemente motivados ao aprendizado e uso de práticas mais verdes e menos nocivas. Segundo Moreira et al. (2017):

“A Química Verde quando inserida no ensino, partindo de uma reflexão ética e consciente, pode possibilitar a formação de indivíduos com atitudes mais conscientes perante a sociedade e ao ambiente” (MOREIRA et al., 2017, p. 201).

Essas constatações coincidem com as propostas do enfoque CTS, já que se trata de uma abordagem de ensino, na qual visa intervenções que incitem os estudantes a adquirirem capacidade de estabelecer uma relação entre os aspectos tecnocientíficos aos socioambientais.

Ainda com o intuito de que possam ser capazes de perceber as conseqüências sociais e ambientais da utilização da ciência e da tecnologia para a sociedade e ao meio ambiente (PRAIA et al., 2007; AIKENHEAD e SOLOMON 1994; AULER, 2007, apud MELO, 2016). Desse modo, se percebe uma integração bastante coerente da inserção da educação em QV aliada aos propósitos do ensino CTS.

Outro ponto a destacar é que para alguns alunos a contextualização facilitou a compreensão dos objetivos do experimento. Isso possibilitou que tivessem mais controle e consciência sobre o que estavam fazendo, e não simplesmente a limitar-se em executar o experimento como uma “receita de bolo”, desprezando os aspectos científicos e sociais envolvidos.

Além disso, para eles a contextualização também auxiliou tanto na conscientização do uso de metodologias mais verdes nos experimentos, quanto para recobrar conceitos químicos importantes tornando a compreensão do experimento mais clara:

“Foi bastante relevante., pois além de auxiliar a compreensão das reações envolvidas, ajudou também a vislumbrar que alguns métodos podem ser adotados para substituir o método usado como “padrão”, onde pode fornecer os mesmos resultados ou próximos, reduzindo custo e o grau de magnitude causado pelos métodos padrões” (A1 – Experimento 1).

“Muito importante, pois um nos explica a parte teórica e o outro nos faz resolver um problema, dando-nos uma oportunidade de pensarmos na possível solução.” (A4 – Experimento 2).

“A contextualização nos ofereceu uma base sobre os aspectos relacionados a compreensão do equilíbrio das reações químicas, assim como os benefícios da utilização do método verde”. (A10 – Experimento 3)

“Começar um experimento tendo uma base teórica onde foi discutido uma parte sobre o tema do experimento e outra sobre os problemas ambientais ocorridos por reações químicas tanto de causa natural quanto causadas pelo homem, aumenta consideravelmente o sucesso do experimento” (A7 – Experimento 4).

Outro aspecto observado nas respostas dos alunos, diz respeito ao que relataram quanto ao favorecimento da contextualização para a aprendizagem de aplicação da QV:

“Baseando-se na introdução teórica, o aluno pode aprender a aplicar os conceitos da química verde para otimizar o processo” (A7 – Experimento 1).

“A introdução foi algo esclarecedor e que nos levou a repensar no cuidado que devemos ter quando realizamos um experimento, além de que leva ao aprendizado dos princípios da química verde.” (A9 – Experimento 4).

Portanto, foi possível observar que a introdução de contextualização utilizada, ou seja, o enfoque CTS atrelado às atividades experimentais, despertou o interesse e preocupação dos estudantes em aprender práticas ditas verdes de forma a assegurar a integridade e preservação do meio ambiente. E ainda, “evitar atividades experimentais com uma perspectiva reducionista, e pelo caráter incondicionalmente motivador da aprendizagem dos estudantes” (GONÇALVES et al., 2016).

Já que foi relatado e discutido a aplicação metodológica das atividades experimentais, buscou-se também considerar outro aspecto importante, presente da terceira pergunta do questionário: A relevância dos experimentos “esverdeados” no processo de aprendizagem dos alunos, assim como, a manutenção dos propósitos de aprendizagens da disciplina de QGE, mesmo com a proposta experimental moldada aos princípios da QV.

No entanto, os questionamentos foram diferentes. Para os experimentos 1 e 4, o objetivo da pergunta foi para verificar se os propósitos das aprendizagens pretendidas aos alunos pelos experimentos da disciplina de

QGE, foram mantidos pelos experimentos moldados aos princípios da QV. Já para os experimentos 2 e 3, por terem sido experimentos inéditos aos alunos, a pergunta foi diferente dos experimentos 1 e 4, porém, com objetivos análogos.

Pelo quadro 10 é possível perceber os apontamentos dos participantes, quanto suas percepções sobre a aquisição de aprendizagens influenciadas pelos experimentos moldados pela QV.

Quadro 10 – Aquisição de aprendizagens pelos experimentos

UNIDADES DE ANÁLISE	CATEGORIAS	NÚMERO DE UNIDADES DE ANÁLISE
Experimentos 1 e 4: Quanto a manutenção das aprendizagens tencionadas pela disciplina de QGE	Relacionados a aquisição das mesmas aprendizagens pelos experimentos pré e pós-QV	A1, A5, A10, A12, A13, A14.
	Relacionados a aquisição de outras aprendizagens pelos experimentos pós-QV	A4, A6, A7, A9
Experimentos 2 e 3: Quanto a sua relevância no processo de aprendizagem da disciplina de QGE	Relacionados aos conteúdos conceituais	A5, A6, A10, A14
	Relacionados aos conteúdos procedimentais	A3, A9, A10,
	Relacionados aos conteúdos atitudinais	A4, A12, A13

Nos experimentos 1 e 4, foram obtidas o total de nove respostas, onde a maioria dos respondentes informaram que foi possível adquirir as mesmas aprendizagens tanto no experimento que fora inicialmente aplicado pela professora da disciplina, ou seja, anterior a aplicação da pesquisa, quanto pelo experimento moldado aos princípios da QV. Visto que a ideia era de ajustar os experimentos à QV sem comprometer os propósitos de aprendizagens dos experimentos da disciplina de QGE.

Abaixo é possível averiguar algumas respostas em que afirmam terem obtido os mesmos resultados em ambos os experimentos:

“Conseguí compreender os mesmos conceitos envolvidos tanto no experimento sem a química verde, quanto no experimento já modificado para a química verde, pois, os conceitos permaneceram inalterados, observando-se os mesmos resultados” (A1 – Experimento 1).

“As aprendizagens foram alcançadas com a mesma eficiência que o experimento anterior. Com a vantagem de ter reforçado a parte teórica” (A5 – Experimento 1).

“Tendo em vista que o objetivo é de aprender a observar o ponto de equivalência entre soluções, o mesmo também foi cumprido com êxito no experimento verde.” (A12 – Experimento 1).

“Apesar da substituição de materiais por substâncias menos nocivas, a eficiência, os resultados e as aprendizagens foram os mesmos em ambos os experimentos”. (A14 – Experimento 1).

Na maioria das respostas acima, se percebe que os alunos tenderam a considerar como objetivos de aprendizagem, basicamente as aprendizagens de conceitos atrelados ao experimento, em detrimento das aprendizagens de procedimentos e atitudes. Mesmo sendo um tema bastante difundido e discutido no ensino de ciências, as aprendizagens de conceitos ou conteúdos conceituais no processo de ensino, ainda se sobrepõem fortemente aos conteúdos procedimentais e atitudinais (CRESPO e POZZO, 2009; COLL e MARTIN, APUD ZANDONAI, 2013).

Por esse motivo, os alunos acabam por supervalorizarem a aprendizagem de conceitos. O que não é de se esperar com frequência nas atividades experimentais. Haja vista que comumente os alunos destinam mais tempo em manipular materiais e reagentes, preterindo a aprendizagem conceitual (GONÇALVES e MARQUES, 2012).

No entanto, pelas respostas dos alunos A4, A6, A7 e A9, de acordo com a categoria “relacionados a aquisição de outras aprendizagens pelos experimentos “pós-QV”, foi possível observar uma tendência também aos conteúdos procedimentais e atitudinais:

“... em ambos experimentos, foi atingido os mesmos objetivos de aprendizagem. O ponto forte, foi eu ter aprendido a trabalhar com indicadores naturais, que apresentou a mesma eficácia em comparação aos indicadores usuais. Algo que poderei aplicar futuramente em outras situações sem comprometer o meio ambiente”. (A4 – Experimento 1).

“Acho que o 2º experimento que foi incluído a QV, ficou mais claro e fácil de entender. Consegui realizar o experimento com mais segurança e aprendi a usar melhor a bureta. (A6 – Experimento 1).

“Acredito que no segundo experimento, minha aprendizagem foi melhor, pois, além de ter compreendido mais sobre reações químicas tanto na teoria quanto na prática, aprendi o método de análise em microescala que nunca tinha ouvido falar”. (A7 – Experimento 4).

“Aprendi conceitos importantes nos dois experimentos. Porém, no segundo, aprendi que podemos utilizar menos reagentes ou materiais que darão o mesmo resultado no experimento, com a vantagem de pouparmos o meio ambiente com excesso de produtos tóxicos”. (A9 - Experimento 4).

Pelos relatos dos alunos se percebe tanto os aspectos relativos aos conteúdos procedimentais quanto atitudinais. De acordo com Marques et al., (2013), em um estudo onde relacionou uma discussão sobre as questões ambientais atreladas a QV, inferiram que estas podem ser tratadas em todos os níveis de ensino, utilizando enfoques teórico e metodológicos diversos, ou seja, possibilitando o desenvolvimento de aprendizagens atitudinais, procedimentais e conceituais.

Para Zabala (1998), aprendizagem de conteúdos conceituais é uma atividade complexa, que promove o processo de elaboração e construção pessoal do conceito, e, dentre as atividades que podem favorecer a compreensão de conceitos, está incluída as atividades experimentais.

Já a aprendizagem de conteúdos procedimentais, implica em um conjunto de ações ordenadas para o alcance de um determinado objetivo, em que se inclui regras, técnicas, métodos, estratégias. Assim, as atividades experimentais estão fortemente incluídas nesse contexto.

Em relação a aprendizagem de conteúdos atitudinais, para Zabala (1998), de forma geral:

“Supõe um conhecimento e uma reflexão sobre os possíveis modelos, uma análise e uma avaliação das normas, uma apropriação e elaboração do conteúdo, que implica a análise dos fatores positivos e negativos, uma tomada de posição, um envolvimento afetivo e uma revisão e avaliação da própria atuação” (p. 48).

Ou seja, na visão de Zabala (1998), aprendizagem de atitudes, envolve vários conteúdos onde se agrupam valores, atitudes e normas a serem seguidas.

Assim sendo, foram percebidas nas respostas da terceira pergunta dos questionários finais dos experimentos 2 e 3, características que apontam para

os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais, quando foi avaliada a relevância desses experimentos nos moldes da QV no processo de aprendizagem (unidades de análise – quadro 9).

Pelas respostas dos alunos a seguir, se percebe características dos conteúdos conceituais, conforme a abaixo:

“A prática foi extremamente relevante, pois introduziu o conceito de calor de reação a um experimento prático”. (A5 - Experimento 2).

“O experimento foi muito importante para a aprendizagem do efeito do íon comum, o qual desconhecia”. (A5 - Experimento 3).

“Foi muito relevante, pois a partir do experimento em questão foi possível aprender sobre cinética química de modo simples e divertido”. (A10 - Experimento 3).

Para os alunos A5 e A10, a relevância de aplicação dos experimentos, se restringiu a aprendizagem de conceitos, que segundo eles, conseguiram adquirir nessas atividades experimentais. O aluno A5, ratifica essa constatação tanto nos experimentos 2 e 3 e ainda no experimento 1, mostrado anteriormente.

De fato, analisando e comparando as respostas que esses alunos inferiram na pergunta 3 do questionário final, com as respostas aos questionamentos prévios dos experimentos 2 e 3, nota-se aproximações com as afirmações de Zabala (1998), em que cita quando há ocorrência de aquisição de conteúdos conceituais, ou aprendizagem de conteúdos:

“O experimento foi muito importante para a aprendizagem do efeito do íon comum, o qual desconhecia”. (A5 - Experimento 3).

Na resposta ao questionamento prévio do experimento 3, o participante A5, o qual fazia parte da equipe 3 desse experimento inferiu que:

“A adição de bicarbonato perturbou o equilíbrio das reações, mais produto foi formado para amenizar a perturbação.” (Equipe 3).

Assim, a aprendizagem conceitual acontece quando o aluno é capaz de utilizar esse conhecimento para interpretar e compreender um fenômeno ou

situação, ou seja, “quando é capaz de situar os fatos, objetos ou situações concretas, naquele conceito que os inclui” (ZABALA, 1998, p. 43).

Outro aspecto importante, foi em relação às características da aprendizagem procedimental, percebidas pelas respostas dos participantes A3, A9 e A10 nos experimentos 2 e 3:

“O experimento foi muito relevante, pois, aprendemos a observar reações químicas qualitativamente devido a formação de gás ocorrido”. (A3 - Experimento 3).

“... muito! através desse experimento foi possível aprender métodos de quantificar na prática a variação energética de uma reação, a qual liberou calor”. (A9 - Experimento 2).

“Sim, foi relevante, pois, aprendemos um procedimento de termoquímica”. (A10 - Experimento 2).

Portanto, foi possível observar na resposta dos alunos, a prática de ações, as quais possibilitaram um determinado fim (ZABALLA, 1998), ou seja, regras, métodos e técnicas aplicadas, possibilitando aprendizagem procedimental.

Já os participantes A4, A12 e A13, demonstraram características de conteúdos atitudinais em suas respostas aos experimentos 2 e 3, quanto questionados sobre a relevância do experimento para suas aprendizagens:

“... foi relevante sim. Com a prática além de poder relacionar com o que aprendemos na teoria, ampliando nossos conhecimentos, me fez refletir sobre uma nova forma a qual, devemos trabalhar com a química”. (A4 - Experimento 2).

“... sim, reforçou meus conhecimentos sobre termoquímica, e nos ensinou que podemos realizar experimentos com reagentes mais seguros e quantidades suficientes, evitando desperdício”. (A12 - Experimento 2).

“... sim. Aprendi que é possível verificar que existem meios alternativos e didáticos para realizar uma prática.”. (A13 - Experimento 3).

Pelos relatos acima, percebeu-se que os alunos concluíram que os métodos tradicionais utilizados nas atividades experimentais, podem ser modificados de forma a melhorar sua relação com o meio ambiente. E ainda a visão de que eles próprios podem e devem aplicar esses métodos ambientalmente menos nocivos e mais seguros.

Corroborando com Zabala (1998), onde conclui que a aprendizagem de conteúdos atitudinais, pressupõe uma reflexão sobre modelos, aquisição e elaboração do conteúdo, os quais implicam em um posicionamento e uma avaliação de sua própria atuação diante de um contexto.

A vista disso nota-se que “a QV pode colaborar para o rompimento de visões reducionistas e fragmentadas a acerca dos conteúdos químicos e da experimentação e ainda estimular atitudes mais responsáveis e éticas nas atividades químicas e no seu ensino” (FILHO e SANDRI, 2017, P. 114).

Nesse sentido, a pergunta 4 do questionário final, relativa aos quatro experimentos aplicados, buscou esclarecer ainda mais, a relação entre a QV e a aquisição de conteúdos atitudinais. A análise das respostas possibilitou a criação de uma unidade de análise e duas categorias, de forma a facilitar a interpretação das mesmas, conforme demonstra o quadro 11.

O questionamento objetivou que o participante opinasse se consideraria relevante a inserção os conteúdos de QV na experimentação para a sua formação tanto pessoal quanto profissional.

Quadro 11 – Relevância da inserção da QV nas atividades experimentais

UNIDADES DE ANÁLISE	CATEGORIAS	NÚMERO DE UNIDADES DE ANÁLISE
Relevância da QV nas aulas experimentais para a formação pessoal e profissional	Relacionados a necessidade de conhecer e utilizar a QV	A1, A4, A10
	Relacionados ao uso consciente da química	A7, A12, A13

Dessa forma, o total de seis participantes respondeu a esse questionamento. Sendo que os participantes A1, A4 e A10, inferiram na relevância da inclusão dos princípios da QV nas atividades experimentais, como uma necessidade de conhecer e aprender a aplicação dos princípios da QV para que sejam profissionalmente preparados a utilizá-los e aplica-los.

“Acredito que seja bastante relevante a QV nas atividades experimentais, pois, é um forma de aprendermos a utilizar essa filosofia, além de dar base aos futuros e aos antigos experimentos, com

o objetivo de desenvolvimento e criação de novos produtos e métodos que reduzam ou eliminem a formação de substâncias perigosas, tanto para o meio ambiente quanto para os seres humanos” (A1 - Experimento 1).

Assim, “o (a) estudante, leva consigo as experiências aprendidas. Da mesma forma, com a introdução da QV no ensino, podem levá-la para além da universidade” (SAQUETO, 2015):

“Considero extremamente relevante a inclusão dos princípios da QV nos experimentos que realizamos durante as aulas. É uma forma de aprendermos a verificarmos qual a maneira mais sustentável e segura de realizarmos uma prática laboratorial tanto nas aulas quanto futuramente na nossa profissão” (A4 -Experimento 3).

“.. sim, pois essa perspectiva da QV está a cada dia mais presente tanto no mercado de trabalho quanto na academia. Soma-se a isso o conhecimento que se obtém com esta vertente da química através das aulas experimentais para que possamos estar profissionalmente preparados” (A9 -Experimento 4).

Pelos relatos, nota-se a percepção dos estudantes quanto a necessidade de aprender novas formas de trabalhar com uma química ambientalmente mais segura e sustentável. Essa visão, vai ao encontro da visão de Góes et al., (2013), onde defendem que a importância da QV no cenário mundial não pode ser ignorada. E, para que os futuros profissionais da química sejam atuantes no processo de desenvolvimento sustentável, a QV deve ser incorporada no processo de formação, por meio da sua inserção no universo acadêmico (PRADO, 2003; MARQUES et al., 2007; FERNANDES et al., 2013).

Para os participantes A7, A12 e A13, a presença da QV nas atividades experimentais é relevante pelo fato de propiciar uma visão e aprendizagem do uso consciente da química. Portanto, se percebe que essas concepções corroboram com o pensamento de Von Lisengen (2007) e Cerezzo et al., (2003) sobre a educação CTS na esfera do ensino superior, onde deve buscar desenvolver nos estudantes uma visão mais crítica sobre os impactos causados pela ciência e tecnologia na sociedade e no meio ambiente, revelando uma imagem mais realista da natureza social da ciência e da tecnologia na sociedade contemporânea.

Na visão dos participantes, é importante aprender as práticas da QV por meio das atividades experimentais, com vistas a futuramente exercer sua profissão em prol do meio ambiente:

“..o meio ambiente já está muito poluído, poder trabalhar utilizando quando possível a química verde para preservar o meio ambiente e natureza, será muito beneficente” (A7 -Experimento 4).

“É muito relevante. Aprender a desenvolver uma química mais sustentável, sem agredir o meio ambiente, ao mesmo tempo sem perder sua eficiência, é uma forma de trabalhamos com a química com consciência ambiental” (A12 - Experimento 1).

“Para minha vida profissional, agregará a aprendizagem de aplicar os princípios da química verde, colaborando com o meio ambiente como um todo”. (A13 - Experimento 2).

Logo, também se percebe nas respostas acima, evidências de conteúdos tanto procedimentais quanto atitudinais, já que os participantes consideram importante aprendizagem de procedimentos específicos da QV para que possam aplicar a química de forma consciente, sem agredir ou comprometer o meio ambiente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse estudo buscou-se identificar as contribuições da inserção dos princípios da Química Verde nas atividades experimentais de uma disciplina prática introdutória, do curso de Química de uma IES pública. A ideia surgiu com o propósito de adaptação dos experimentos praticados na referida disciplina, aos princípios da QV, porém, preservando seus objetivos educativos. Além de identificar as contribuições dessa vertente ambiental aliada ao enfoque CTS, no processo de ensino-aprendizagem dos alunos.

No levantamento efetuado referente aos experimentos praticados na disciplina, foi possível perceber que possuíam poucas ou quase nenhuma característica dos princípios da QV. Assim, do total desses experimentos verificados, quatro foram selecionados com o objetivo de adaptá-los ao contexto da QV.

Ressalta-se que as métricas da QV, em específico a estrela verde - EV, foi uma ferramenta importante e imprescindível para de fato analisar o grau verde tanto dos experimentos identificados e selecionados no plano de ensino da disciplina, quanto após suas adaptações aos princípios da QV. Assim, por meio da construção da EV, foi possível atestar de forma mais segura e confiável, a presença dos princípios da QV nessas práticas experimentais.

O questionário inicial evidenciou o pouco ou nenhum conhecimento sobre a QV pelos alunos. Logo, viu-se a necessidade e oportunidade de sua divulgação aos mesmos, tanto de seus aspectos conceituais quanto dos práticos, possibilitados pela realização dos experimentos adaptados.

A partir do conhecimento conceitual e prático da QV, aplicados com o auxílio da contextualização teórica realizada juntamente com as atividades experimentais, verificou-se uma sensibilização na maioria dos estudantes por constatarem os malefícios ao meio ambiente e à saúde, causados pela má utilização da química, assim como pela percepção de que há alternativas de utilizá-la de forma ambientalmente mais segura e minimamente nociva ao meio ambiente.

Assim, se percebe a importância do enfoque CTS aliado a QV nas atividades experimentais, possibilitando que os estudantes ampliem suas

visões e percepções sobre necessidade de preservação do meio ambiente, e, ainda, de se prepararem para o exercício profissional conscientes da necessidade de se trabalhar com uma química mais limpa e mais sustentável.

Em relação as demais contribuições da inserção da QV nas atividades experimentais em conjunto com o enfoque CTS, destaca-se a facilitação da aprendizagem de conceitos, conforme visto nos resultados dos questionamentos prévios e questões pós-experimento inferidas pelas respostas dos alunos, onde embasaram adequadamente teorias científicas aos resultados obtidos em seus experimentos.

Além de ter possibilitado, também, a aprendizagem de procedimentos e atitudes, diante do ponto de vista dos estudantes sobre a necessidade de mudanças do papel da química frente as questões ambientais e a sociedade, e portanto, de se sentirem no dever de adequarem-se a esse contexto.

Desse modo, se percebe que a QV nas atividades experimentais, dentro do enfoque CTS, favoreceu a aprendizagem não somente de conteúdos conceituais e procedimentais, mas também atitudinais. Além de ter demonstrado aos estudantes, uma nova maneira de conceber a química na sociedade, no meio acadêmico e no mercado de trabalho. Assim, acredita-se na importância e relevância dessa temática para o ensino de Química, presente nesse estudo.

PERSPECTIVAS

Por meio dessa pesquisa, constatou-se a viabilidade da inserção das premissas da QV nas atividades de experimentação da disciplina de Química Geral Experimental, e possivelmente para outras disciplinas do curso de Química da referida IES. Dessa forma, abrindo caminhos para fomentar cada vez mais a popularização dessa vertente ambiental no ensino de química.

O ponto de partida para inclusão de práticas experimentais ditas “verdes”, inclina-se pela iniciativa, incorporação dos conceitos e conhecimentos inerentes à QV pelos docentes, de forma que possam reelaborar tanto os métodos quanto forma de aplicação desses experimentos no contexto dessa temática. Assim, fortalecendo tanto a responsabilidade ambiental e social de si

próprios, quanto dos alunos, por conta de uma nova maneira de se trabalhar com uma química mais limpa e consciente.

Ressalta-se que essa pesquisa não teve como foco, o estudo sobre a inserção da QV no processo de formação de professores, no entanto, se percebe que para impulsionar cada vez mais sua incorporação no ensino de química, é necessário repensar em sua inclusão no processo formativo dos atuais e futuros professores de química. Assim, se constituindo, em um novo objeto de estudo.

REFERÊNCIAS

ACEVEDO DÍAZ, J. A. La tecnología em las relaciones CTS: **Uma aproximación al tema. Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, n. 1, p. 35-44. 1996.

ANASTAS, P.; WARNER, J. **Green Chemistry: Teory and practice**. New York: Oxford University Press, 1998. 135 p.

ANTONIN, V. S.; MORASHASHI, A. C.; MALPASS, G. R. P. **Compreensão de alunos de graduação sobre conceitos de Química verde**. In: 3º International Workshop Advances in Clear Production. 3., 2011, São Paulo. Anais. São Paulo. Disponível: Acessado em: 16 de abr. de 2018.

ANTUNES, A. dos S. **Volumentria ácido-base**. Dissertação de Mestrado. UBI, Covilhã, 2013.

ATIKINS, P.; JONES, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. Tradução Ricardo Bicca de Alencastro. 5º ed., Bookman, Porto Alegre, 2012.

AULER, D.; BAZZO, W. A. **Reflexões para a Implementação do Movimento CTS no Contexto Educacional Brasileiro**. Ciência & Educação, Bauru, v.7, n.1, p.1-13, 2001.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. 1ª ed. Tradução Luis Antero Reto e Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2011.

BAZZO, W. A.; VON LINSINGEN, I.; PEREIRA, L. T. V. (Ed.). **Introdução aos estudos CTS (ciência tecnologia e sociedade)**. Madrid: OEI, 2003. 172 p.

BORGES, A. T. **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências**. Caderno Brasileiro de ensino de física, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 291-313, 2002.

BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2001. Disponível em: <[http:// portal.mec.gov.br/sesu/arquivos/pdf/130301Quimica.pdf](http://portal.mec.gov.br/sesu/arquivos/pdf/130301Quimica.pdf)>. Acessado em 16/02/2017.

BROWN, Theodore; LEMAY, H. Eugene; BURSTEN, Bruce E. **Química: a ciência central**. 13 ed. Pearson education do Brasil, São Paulo, 2016.

CANNON, A.S.; WARNER, J.C. **The Science of Green Chemistry and its Role in Chemicals Policy and Educational Reform**. NEW SOLUTIONS: A Journal of Environmental and Occupational Health Policy 21, 499–517, 2011.

CARIOCA, J.O.B; SEIDL, P.; AGUIAR, S. F.E.; ALMEIDA, M. F.L. **Química verde no Brasil: visão de futuro e estratégia nacional para o período 2010-2030**. Parcerias estratégicas, n.30, p. 311-331, jun. 2010.

CEREZO, J. L. L.; GORDILLO, M. M.; OSÓRIO, C. **Introdução aos estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)**. Madrid: OEI, 2003. 170 p.

CEREZO, J. A. L. **Ciencia, Tecnología y Sociedad: el estado de la cuestión em Europa y Estados Unidos**. Revista Iberoamericana de Educación. n 18, 1998. Disponível em: <<http://rieoei.org/oeivirt/rie18a02.htm>>. Acesso em 10/04/2018.

CHASSOT, A. **Para que(m) é útil o ensino?**. 2.ed. Canoas: ULBRA, 2004.

CORIO, P.; FERNANDEZ, C.; GOES, de F. L. **Aspectos do conhecimento pedagógico do conteúdo de química verde em professores universitários de química**. Educación química, n. 24, p. 113-123, 2013.

CORREA, A. G.; ZUIN, G. V.; **Química Verde: fundamentos e aplicações**. 1. ed. São Carlos: EdUFSCar. 2012. 172 p.

COSTA, K. de P. **O uso do açafão da terra como indicador ácido-base no ensino de química**. Trabalho de conclusão de curso. UNB, 2011.

CRESWELL, John W. **Projeto de Pesquisa: Métodos Qualitativos**. Tradução Luciana de Oliveira da Rocha. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

CUNHA, S.; SANTANA, L. L. B. **Condensação de Knoevenagel de Aldeídos aromáticos com o ácido do meldrum em água: uma aula experimental de Química Orgânica Verde**. Quím. Nova, v. 35, n. 3, p. 642-647, 2012.

DELIZOICOV, D. **Problemas e Problematizações.** In: PIETROCOLA, Maurício. **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora.** Florianópolis: Editora da UFSC, p. 125-150, 2005.

FERREIRA, L. H.; Jr. FRANCISCO, E. W.; HARTWIG, R. D. **Experimentação Problematizadora: Fundamentos e Aplicações em salas de aula de Ciências.** Quím. Nova, n. 30, p. 34-41, 2008.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, R. D.; OLIVEIRA, R. de C. **Ensino experimental de química: Uma abordagem investigativa e contextualizada.** Quím. Nova, n. 32, p. 101-106, 2010.

FERREIRA, L. H.; GIBIN, B. G.; HARTWIG, R. D.; OLIVEIRA, R. de C. **Contém química: pensar, fazer e aprender com experimentos.** São Carlos: Pedro e João, 2011. 331 p.

FERREIRA, V. F; da ROCHA, D. R.; da SILVA, F. C. **Química Verde, Economia Sustentável e Qualidade de Vida.** Revista Virtual de Química, v. 6, n. 1., P. 85-111, 2014.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, R. D; KASSEBOEHMER, A. C. **Contém Química 2: pensar, fazer e aprender pelo método investigativo.** São Carlos: Pedro & João Editores, 2015. 352p.

GALIAZZI, M. C.; GONÇALVES, F. P. **A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na Licenciatura em Química.** Quím. Nova, v.27, n.2, p.326-331, 2004.

GARCÍA, G. J. P.; DUARTE, F. S.; MENDEZ, P. C. **La enseñanza de la química desde la perspectiva de la química verde.** Científica, n. 24, p. 24-40, 2016.

GEPEQ. **Atividades experimentais investigativas no ensino de química.** São Paulo: Edusp, 2013.

GIBIN, G. B. **Atividades experimentais investigativas como contribuição ao desenvolvimento de modelos mentais de conceitos químicos.** Tese de doutorado. UFSCar: São Carlos, 2013.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

GIORDAN, M. **O papel da experimentação no ensino de ciências**. Quím. Nova, n. 10, p. 43-49, 1999.

GOMES, J. do N.; RECENA, M. C.P. **Concepções sobre equilíbrio químico de alunos ingressantes no curso de química – licenciatura da UFMS**. XIV encontro Nacional de Ensino de Química – ENEQ, Curitiba, 2008.

GONÇALVES, F.P.; MARQUES, C.A. **A problematização das atividades experimentais na Educação Superior em Química: uma pesquisa com produções textuais docentes – parte II**. Quím. Nova, v. 35, n.4, p. 837-843, 2012.

GONÇALVES, F. P.; FERNANDES, C. dos S.; MACHADO, A.; MARQUES, C. A.; YUNES, S. F. **Abordagem CTS e atividades experimentais na educação em química/ciências: possíveis aproximações**. XVIII encontro nacional de ensino de química – ENEQ, Florianópolis, Brasil, 2016.

HODSON, D. **Experimentos nas ciências e no ensino de ciências**. Educational Philosophy and Theory, 20, p. 53-66, 1988.

LENARDÃO, E. J.; FREITAS, 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**. Quím. Nova, v. 26, n. 1, p. 123-129, 2003.

LUDKE, M; ANDRÉ, M. E.D.A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986. 99p.

LUNARDI, G.; TERRAZAN, E. A. **Atividades no uso de atividades experimentais com roteiros aberto e semi-aberto em aulas de Física**. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 4, 2003, Bauru. Atas... Bauru: ABRAPEC, 2003.

MACHADO, A. A. S.C. **Introdução às Métricas da química verde: uma visão sistêmica**. 1 ed. UFSC, Florianópolis, 2014.

_____. **Das dificuldades da Química Verde aos Segundos doze Princípios.** Química – Bol. S. P. Q. v.110, p. 33-40, 2008.

MARCO, B. A. et al. **Evolution of green chemistry and its multidimensional impacts: A review.** Saudi Pharmaceutical Journal, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2018.07.011>. Acessado em: 20/07/2018.

MARQUES, C. A.; GONÇALVES, F. P.; ZAMPIRON, E.; COELHO, J. C., MELLO, L. C.; OLIVEIRA, P. R. S.; LINDEMANN, R. H. **Visões de meio ambiente e suas implicações pedagógicas no ensino de química na escola média.** Quím. Nova. v.30, n.8, p. 2043-2052, 2007.

MARQUES, C. A.; SILVA, R. M. G.; GONÇALVES, F. P.; FERNANDES, C. S.; SANGIOGO, F. A.; REGIANE, A. M. **A abordagem das questões ambientais: contribuições de formadores de professores de componentes curriculares da área de Ensino de Química.** Química Nova, v. 36, p. 600-606, 2013.

MAAR, J. H. Justus Von Liebig, 1803-1873. **Parte 1: Vida, Personalidade, Pensamento.** Quím. Nova, v. 29, n. 5, p. 1129-1137, 2006.

MARTÍNEZ, L. F. P. **Questões sociocientíficas na prática docente: ideologia, autonomia e formação de professores.** São Paulo: Editora Unesp, 2012.

MELO, R. M.; SILVA, M. L. A.; COSTA, O. de I.; ANDRADE, D. T. **Pressupostos teóricos da abordagem experimental na perspectiva CTS: avaliando a mediação e apropriação desta proposta por licenciados de Química.** XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química – ENEQ, SC, Brasil, 2016.

MENESES, de F. M. G. **A compreensão de reação química como um sistema complexo a partir da discussão dos erros e dificuldades de aprendizagem de estudantes do ensino médio.** Tese de doutorado. UFRN: Natal, 2015.

MORAES, R. **Análise de Conteúdo.** Revista Educação, Porto Alegre, v.22, n.37, 1999.

MOREIRA, M. A.; AIRES, A. J.; LORENZETTI, L. **Abordagem CTS e o conceito de química verde: possíveis contribuições para o ensino de química.** Actio: Docência em Ciências, v.2, n. 2, p. 193-210, Curitiba, 2017.

MUNIZ, A.E. **Avaliação de esterco na produção de açafrão-da-terra (Cúrcuma Longa L.) no cerrado.** Dissertação de mestrado. UNB: Brasília, 2011.

NIEZER, T. M. **Ensino de soluções químicas por meio da abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS).** Dissertação de Mestrado. UTFP: Ponta Grossa - PR, 2012.

NORDELL, B. **Thermal pollution causes global warming.** Global Planet Change, p. 38, 2003.

PEREIRA, R. **O diagrama V na experimentação em uma disciplina de química geral no ensino superior.** Dissertação de mestrado. UFES: Vitória, 2015.

PINHEIRO, N. A. M. **Educação crítico-reflexiva para um Ensino Médio científico tecnológico: a contribuição do enfoque CTS para o ensino aprendizagem do conhecimento matemático.** Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico.** 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

PRADO, A. G. S. **Química Verde: os desafios da química no novo milênio.** Quím. Nova, v. 26, n. 5, p. 738-744, 2003.

RIBEIRO, M. G. T.C.; MATEUS, N.; SANTOS, C. **Estudo da solubilidade de alguns sais.** Site: http://educa.fc.up.pt/experiencias_detalhe.php?id=89. 2006. Acesso em Agosto de 2017.

RIBEIRO, M. G. T. C.; COSTA, D. A.; MACHADO, A. A. S. C. **Uma métrica gráfica para a avaliação holística da veracidade de reações laboratoriais “Estrela Verde”.** Quím. Nova, v. 33, n. 3, p. 759-764, 2010.

ROJAS, A. A.; GONZÁLEZ, R. A.; SÁNCHEZ, I. A. **Trabajos prácticos en microescala como estrategia didáctica en cursos de química de educación media**. Actualidades investigativas en educación, v. 13, n. 2, p. 1-19, 2013.

ROLOFF, F. B. **Questões ambientais em cursos de licenciatura em química: As vozes do currículo e professores**. Tese de doutorado. UFSC: Florianópolis, 2011.

ROSA, M. I. F. P. S.; SCHNETZLER, R. P. **Sobre a importância do conceito transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico**. Química Nova na Escola, n. 8, 1998, p. 31-35.

SANDRI, M. C. M.; FILHO, O. S. **Análise da vertura química de experimentos propostos para o ensino médio**. Actio: Docência em Ciências, v.2, n. 2, p. 97-118, Curitiba, 2017.

SANTANA, de M. E; SILVA, da L. E. (Organizadores). **Tópicos em ensino de química**. São Carlos: Editora Pedro & João, 2014, 252p.

SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Org.). **Ensino de química em foco**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010, 368p.

SANTOS, W. L. P. **A Química e a formação para a cidadania**. Educação Quím., v. 22, n. 4, p. 300-305, 2011.

_____. **Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica**. Ciência & Ensino, v.1, 2007.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. **Uma Análise de Pressupostos Teóricos da Abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no Contexto da Educação Brasileira**. Ensaio, v.2, n.2, p. 133-162, 2002.

SANTOS, A. O.; SILVA, P. R.; ANDRADE, D.; LIMA, M. P. J. **Dificuldades e motivações de aprendizagem em química de alunos do ensino médio investigadas em ações do PIBID/UFS/Química**. Scientia plena, v. 9, n. 7, 2013.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Função social: o que significa ensino de química para formar o cidadão?** Quím. Nova, v.4, p. 28-34, 1996.

SAQUETO, K. C. **Química verde no ensino superior de química: estudo de caso sobre as práticas vigentes em uma IES paulista**. Tese de doutorado. UFSCar: São Carlos, 2015.

SATO, M. de S. **A aula de laboratório no ensino superior de química**. Dissertação de mestrado. Instituto de química de São Carlos, USP: São Paulo, 2011.

SCHNETZLER, R. P. **A pesquisa no ensino de Química e a importância da Química Nova na Escola**. *Quím. Nova*, v. 20, p. 49-54, 2004.

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

SHELDON, A.R. **The E factor 25 years on: the rise of green chemistry and sustainability**. *Green Chemistry*, n. 19, p. 18-43, 2017.

SIMONI D. de A.; SIMONI, J. de A. **Montagem de uma disciplina experimental: contribuição para a química geral**. *Quím. Nova*, v. 34, p. 1018-1024, 2011.

THEODORO, M. E. C. **Proposta e avaliação de uma sequência didática para aulas prático-laboratoriais no ensino superior de química**. Dissertação de mestrado. USP: São Paulo, 2016.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa ação**. 18. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

UFAM - Universidade Federal do Amazonas, 2014. Disponível em: <http://www.ufam.edu.br/2013-04-29-19-37-05/arquivo-de-noticias/2500-ufam-sds-semmas-e-fas-assinam-protocolo-de-intencoes-com-vistas-a-preservacao-ambiental-do-campus-e-seu-entorno>. Acesso em 03/04/17.

VON LINSINGEM, I. **Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina**. *Ciência e ensino*, vol. 1, n. esp., p. 1-19, nov. 2007.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Trad. Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

ZANDONAI, D. P. **A inserção da Química Verde no curso de licenciatura em química do DQ-UFSCAR: Um estudo de caso.** Dissertação de Mestrado. UFSCar: São Carlos, 2013.

ZUIN, V. G.; CORRÊA, A. G. **Química Verde: fundamentos e aplicações.** São Carlos: EduDSCar, 2012.

ZUIN, V. G.; ZANDONAI, D. P.; SAQUETO, K. C.; LOPES, A. P.; ABREU, S. C. S. R. **Química Verde e formação de profissionais do campo da Química: Relato de uma experiência didática para além do laboratório de ensino.** Revista virtual química, v. 6, n. 1, p. 73-84, 2014.

WARNER, J.C.; CANNON, A. S.; DYE, K. M. **Green Chemistry.** Environmental Impact Assessment Review, 24: 775, 2004.

APÊNDICES



APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE IDEIAS PRÉVIAS

- 1) Dos experimentos que você já realizou nas aulas da disciplina de Química Geral Experimental, foram utilizados somente materiais e reagentes químicos específicos do laboratório de química? Se não, que outros materiais que você consideraria como “caseiros” ou simples, e que foram utilizados nessas práticas?
- 2) Todos os experimentos realizados no laboratório de ensino geraram resíduos? Se sim, na sua opinião podem ser prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente?
- 3) Você acredita que há maneiras de evitar ou amenizar a geração desses resíduos formados durante a execução dos experimentos realizados nas aulas? De que forma?
- 4) Você conhece ou já ouviu falar sobre Química Verde (QV)? Se sim, o que seria a QV? Por qual meio inteirou-se sobre essa temática?



APÊNDICE B – PROCEDIMENTO EXPERIMENTO 1

Determinação da Concentração de uma solução básica

Alunos: _____ Data: __/__/__

Objetivos: Aprender como determinar a concentração de uma solução básica usando a técnica da titulação, a partir de um padrão primário comercial, utilizando materiais de fácil acesso.

QUESTIONAMENTO PRÉVIO: O uso de indicadores naturais ao invés de indicadores químicos convencionais, podem apresentar a mesma eficiência em uma titulação?

RESPOSTA:

MATERIAIS e REAGENTES

1.	8.
2.	9.
3.	10.
4.	11.
5.	12.
6.	13.
7.	14.

PROCEDIMENTO

- O indicador natural deve ser preparado misturando 0,5g de cúrcuma em pó em 100 mL de álcool etílico comercial 96° GL;
- Será necessário o preparo de 100 mL de solução alcoólica 1:1 v/v de AAS, utilizando álcool etílico comercial 96° GL;
- O total de 04 comprimidos de AAS deve ser pesado e anotada a massa para em seguida ser triturado. Transferir para um béquer de 100 mL; **Massa:** _____
- Os comprimidos macerados devem ser diluídos adicionando-se 50 ml de solução alcoólica 1:1 v/v. Após diluição do AAS, transferir para um balão volumétrico de 100 ml e avolumar com solução alcoólica 1:1 v/v. Anotem a concentração em mol L⁻¹ dessa solução.
- Transferir 15 ml da solução de NaOH para um Erlenmeyer de 125 ml. Adicionar aproximadamente 3 ml de solução indicadora de cúrcuma.

- Preparar a bureta com 50 ml com uma solução de AAS, e a seguir titular a solução contida no Erlenmeyer, adicionando lentamente a solução da bureta ao Erlenmeyer até a mudança da coloração;
- Todo o procedimento deve ser repetido a partir do passo 4, adicionando ao Erlenmeyer 3 gotas de solução indicadora de fenolftaleína ao invés do indicador natural;
- Com base nos dados obtidos na titulação, a concentração de hidróxido de sódio comercial preparada pode ser calculada em ambas as titulações para comparar os valores obtidos.

Titulação com indicador de cúrcuma: Concentração Molar: _____

Titulação com indicador fenolftaleína: Concentração Molar: _____

Cuidados:

Tome cuidado no preparo da solução de hidróxido de sódio, pois ela é corrosiva e causa queimaduras em contato com a pele. Em caso de acidente, lave a área afetada em água corrente.

Se tiver dúvidas procure orientador da atividade

Falando sobre resíduos químicos:

Se a solução titulada possui caráter neutro ao final da titulação, ou seja, não possui nem caráter ácido e nem básico, poderá ser descartada diretamente na pia sem causar danos ao meio ambiente?

Ao final da titulação, os conteúdos dos frascos do Erlenmeyer estarão _____, portanto, o descarte poderá ocorrer diretamente na pia, mantendo a torneira aberta por alguns instantes. As demais soluções poderão também ser descartadas diretamente na pia conforme procedimento anterior, por se tratar de produtos com mínima ou nenhuma toxicidade, com exceção da solução de NaOH que deverá ser acondicionada em recipientes adequados para posterior tratamento e descarte.

QUESTÕES PÓS-EXPERIMENTO

1) A utilização de indicadores em uma titulação, demonstra quando uma reação de neutralização ocorreu totalmente, denominado como ponto de equivalência. Isso significa que a solução titulada ao atingir o ponto de equivalência sempre possuirá caráter neutro?

2) Ocorreram diferenças na titulação utilizando o indicador natural e o indicador de fenolftaleína? Se sim, aponte essas diferenças.

3) Com base nos dados e análises efetuadas, qual a resposta ao questionamento prévio?

Referências

COSTA, K. de P. **O uso do açafrão da terra como indicador ácido-base no ensino de química.** Trabalho de conclusão de curso. UNB, 2011.

FERREIRA, L. H.; GIBIN, B. G.; HARTWIG, R. D.; OLIVEIRA, R. de C. **Contém química: pensar, fazer e aprender com experimentos.** São Carlos: Pedro e João, 2011. 331 p.

Instituto Evandro Chagas:

<https://www.youtube.com/chanel/UCnHZP_Lm2eaV8n7fAqT4M9Q

Questionário

Experimento 1: Determinação da concentração de uma solução básica

- 1) De acordo com os princípios da Química Verde listados abaixo, em sua opinião, qual ou quais, o experimento realizado contemplou?
1) Prevenção; 2) Economia atômica; 3) Síntese de produtos menos perigosos; 5) Solventes e auxiliares mais seguros; 6) Busca pela eficiência energética; 7) Uso de substâncias renováveis; 8) Evitar a formação de derivados; 9) Catálise; 10) Desenho para degradação; 12) Química intrinsecamente segura para prevenção de acidentes.
- 2) Na sua opinião, a introdução de contextualização e problematização previa ao experimento, facilitou ou agregou algum benefício para realização da atividade prática proposta? Por que?
- 3) Comparando o experimento atual com o que você realizou anteriormente, ambos com o objetivo de determinar a concentração de uma solução básica, considera que este que acabara de realizar atingiu os mesmos objetivos de aprendizagem? Justifique.
- 4) Na sua opinião, aulas experimentais utilizando o enfoque da Química Verde, seriam relevantes para sua formação tanto pessoal quanto profissional? Justifique



APÊNDICE C – PROCEDIMENTO EXPERIMENTO 2

Calor de dissolução do hidróxido de sódio

Alunos: _____ Data: __/__/__

Objetivos: Compreender e determinar o calor de dissolução de uma base forte de acordo com as proposições da Lei de Hess.

QUESTIONAMENTO PRÉVIO: A interação química entre um solvente e um soluto pode captar ou desprender energia térmica? Essa energia pode ser quantificada?

RESPOSTA:

MATERIAIS e REAGENTES

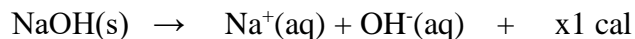
1.	8.
2.	9.
3.	10.
4.	11.
5.	12.
6.	13.
7.	14.

PROCEDIMENTO

- Um frasco Erlenmeyer de 250 mL (calor específico do vidro = $0,2 \text{ cal g } ^\circ\text{C}^{-1}$), deve ser pesado e sua massa anotada (m_2);
- Nesse Erlenmeyer, acrescentar 50 mL de água destilada (calor específico da água = $1 \text{ cal g } ^\circ\text{C}^{-1}$). Anotar a massa de água (m_1). Aguarde 1 minuto para medir a temperatura da água (T_i); Obs: Considerar densidade da água = 1 g mL^{-1}
- Pesar 0,5 g de hidróxido de sódio sólido, ao 0,01 g e, rapidamente transferir para o frasco Erlenmeyer contendo água;
- Dissolver o NaOH(s) e introduzir um termômetro para anotar a temperatura máxima atingida (T_f).
- O calor absorvido pela água (Q_1) e pelo Erlenmeyer (Q_2) deve ser determinado.
Obs: calor específico da água $c_1 = 1 \text{ cal g } ^\circ\text{C}^{-1}$; calor específico do vidro $c_2 = 0,2 \text{ cal g } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Obs:

- Lembre-se que o calor específico da água é a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de um grama de água de 14,5 °C a 15,5 °C. Idem para o vidro;
- E o calor absorvido pelo vidro e pela água (Q1 + Q2) é o calor liberado na dissolução do NaOH(s):



Cuidados:

Tome cuidado no preparo da solução de hidróxido de sódio, pois ela é corrosiva e causa queimaduras em contato com a pele. Em caso de acidente, lave a área afetada em água corrente.

Falando sobre resíduos químicos:

- Resíduos Líquidos não tóxicos devem ser descartados na pia;
- Resíduos Líquidos e Resíduos Sólidos tóxicos devem ser despejados na embalagem coletora correspondente.
- Se tiver dúvida consulte o orientador da atividade.

QUESTÕES PÓS-EXPERIMENTO

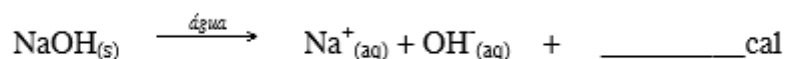
1) De acordo com seus dados obtidos, os quais poderão ser descritos na tabela abaixo:

Massa do erlenmeyer (m ₂)	T _i	T _f	ΔT	c ₂	Q ₂ = m ₂ .c ₂ .ΔT
Massa da água (m ₁)	T _i	T _f	ΔT	c ₁	Q ₁ = m ₁ .c ₁ . ΔT

Massa de NaOH_(s) = _____ g Q₂ + Q₁ = _____ cal

O calor absorvido pela água e pelo vidro é o calor liberado na dissolução de _____ g de hidróxido de sódio; ou seja, _____ cal.

A equação completa considerando a massa de NaOH utilizada na experiência é?



- 2) A reação é exotérmica ou endotérmica? Justifique.
- 3) Com base nos dados e análises efetuadas, qual a resposta ao questionamento prévio?

Referências

Disponível:

http://www2.unirio.br/unirio/ccbs/ibio/dcn/disciplinas/laboratorio-de-quimica-geral/2015_1/roteiros-praticas/PRATICA%20%20%20TERMOQUIMICA.pdf/view

<https://www.ecycle.com.br/component/content/article/63/2736-poluicao-termica>

NORDELL, B. **Thermal pollution causes global warming**. Global Planet Change, p. 38, 2003.

Questionário

Experimento 2: Determinação do calor de dissolução do hidróxido de sódio

- 1) De acordo Com os princípios da Química Verde listados abaixo, em sua opinião, qual ou quais, o experimento realizado contemplaria?
1) Prevenção; 2) Economia atômica; 3) Síntese de produtos menos perigosos; 4) Desenho de produtos seguros; 5) Solventes e auxiliares mais seguros; 6) Busca pela eficiência energética; 7) Uso de substâncias renováveis; 8) Evitar a formação de derivados; 9) Catálise; 10) Desenho para degradação; 11) Análise em tempo real para prevenção da poluição; 12) Química intrinsecamente segura para prevenção de acidentes.
- 2) Na sua opinião, a introdução de contextualização e problematização previa ao experimento, facilitou ou agregou algum benefício para realização da atividade prática proposta? Por que?
- 3) Você considera que a atividade experimental no enfoque da Química verde, a qual realizou, foi relevante para sua aprendizagem na disciplina de Química Geral Experimental? Em que aspectos?
- 4) Na sua opinião, aulas experimentais utilizando o enfoque da Química Verde, seriam relevantes para sua formação tanto pessoal quanto profissional? Justifique.



APÊNDICE D – PROCEDIMENTO EXPERIMENTO 3

Equilíbrio químico – O efeito do íon comum

Alunos: _____ Data: __/__/__

Objetivos: Observar o princípio de Le Chatelier, com foco no efeito do íon comum.

QUESTIONAMENTO PRÉVIO: O que acontece a uma solução aquosa em equilíbrio químico $A + B \rightleftharpoons C$, quando se adiciona novamente uma determinada quantidade de uma das espécies A, B ou C?

RESPOSTA:

MATERIAIS e REAGENTES

1.	8.
2.	9.
3.	10.
4.	11.
5.	12.
6.	13.
7.	14.

PROCEDIMENTO

Parte 1: Equilíbrio de ionização da amônia

1. Deve ser adicionado 200 ml de água destilada em um béquer e acrescentado 10 gotas da solução amoniacal para limpeza ($\text{NH}_3(\text{aq})$);
2. Em seguida, deve ser adicionado na solução, 5 gotas de fenolftaleína. Observe e anote o que ocorreu;
3. Adicione a essa solução, meia colher de café de bicarbonato de amônio. Dissolva bem o sal. Observe o que ocorre a anote.

Parte 2: Preparo da solução de acetato de sódio

1. Colocar 40 ml de vinagre em uma das garrafas PET. Em seguida adicionar 5 gotas de fenolftaleína;

2. O vinagre deve ser neutralizado pela adição da solução de hidróxido de sódio com o auxílio de um conta gota, até que seja obtida uma coloração rosa-clara;
3. Após a mudança da coloração, adicionar gotas de vinagre até o total desaparecimento da coloração rosa.

Parte 3: Equilíbrio de ionização do ácido acético

1. Adicione 10 ml de vinagre à solução de acetado de sódio e transfira a mistura para uma proveta de 100 ml. Complete o volume com água para 100 ml e retorne essa solução para a mesma garrafa PET de 500 ml;
2. Coloque 10 ml de vinagre na proveta de 100 ml a crescente água até a marca final. Transferir essa solução para uma outra garrafa PET;
3. Adicione uma colher de café de bicarbonato de sódio em 2 bexigas. É importante que as quantidades sejam iguais;
4. Conecte as bexigas contendo o bicarbonato de sódio em cada garrafa PET com o cuidado para que o sal não caia na solução;
5. Com o auxílio de um colega, aperte o pescoço dos balões e coloque-os em posição vertical. Adicione o bicarbonato nas duas garrafas ao mesmo tempo;
6. Observe o que ocorre nos dois sistemas e anote os resultados.

Falando sobre resíduos químicos:

O descarte das soluções poderá ser feito diretamente na pia, desde que sobre forte corrente de água.

Lembrando que todos os produtos são de uso comercial, com pouca ou nenhuma toxicidade.

- Se tiver dúvida consulte o orientador da atividade.

QUESTÕES PÓS-EXPERIMENTO

- 1) Com base no que foi observado durante o experimento, pode-se afirmar que a adição de bicarbonato de amônio (NH_4HCO_3) à mistura contendo solução amoniacal e água, ocasionou uma perturbação no equilíbrio desse sistema? Qual a relação do pH com o deslocamento de equilíbrio das reações envolvidas?
- 2) O bicarbonato de sódio reage com o íon H_3O^+ da solução de ácido acético com acetato de sódio e na solução contendo somente ácido acético produzindo CO_2 . Em qual das garrafas se percebeu uma produção maior de CO_2 ? Por qual motivo?



- 3) Com base nos dados e análises efetuadas, qual a resposta ao questionamento prévio?

Referências

Disponível:

<https://www.youtube.com/watch?v=hAbD2taWUT8> - “Os CFCs e a camada de ozônio entrando no clima 2016”

ATIKINS, P.; JONES, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. Tradução Ricardo Bicca de Alencastro. 5º ed., Bookman, Porto Alegre, 2012.

FERREIRA, L. H.; GIBIN, B. G.; HARTWIG, R. D.; OLIVEIRA, R. de C. **Contém química: pensar, fazer e aprender com experimentos**. São Carlos: Pedro e João, 2011. 331 p.

Questionário

Experimento 3: Equilíbrio químico: O efeito do íon comum

- 1) De acordo Com os princípios da Química Verde listados abaixo, em sua opinião, qual ou quais, o experimento realizado contemplaria?
1) Prevenção; 2) Economia atômica; 3) Síntese de produtos menos perigosos; 4) Desenho de produtos seguros; 5) Solventes e auxiliares mais seguros; 6) Busca pela eficiência energética; 7) Uso de substâncias renováveis; 8) Evitar a formação de derivados; 9) Catálise; 10) Desenho para degradação; 11) Análise em tempo real para prevenção da poluição; 12) Química intrinsecamente segura para prevenção de acidentes.
- 2) Na sua opinião, a introdução de contextualização e problematização previa ao experimento, facilitou ou agregou algum benefício para realização da atividade prática proposta? Por que?
- 3) Você considera que a atividade experimental no enfoque da Química verde, a qual realizou, foi relevante para sua aprendizagem na disciplina de Química Geral Experimental? Em que aspectos?
- 4) Na sua opinião, aulas experimentais utilizando o enfoque da Química Verde, seriam relevantes para sua formação tanto pessoal quanto profissional? Justifique.



APÊNDICE E – PROCEDIMENTO EXPERIMENTO 4

Reações Químicas - Ensaio por via úmida

Alunos: _____ Data: __/__/__

Objetivos: Observar evidências quanto a ocorrência de reações químicas a partir de ensaios por via úmida em microescala.

QUESTIONAMENTO PRÉVIO: Que fatores podem evidenciar a ocorrência de reações químicas?

RESPOSTA:

MATERIAIS e REAGENTES

1.	8.
2.	9.
3.	10.
4.	11.

PROCEDIMENTO

1. Na folha de laboratório inserida na capa de plástico, adicionar 2 gotas das soluções aquosas de concentração $0,1 \text{ mol/L}^{-1}$ na célula correspondente conforme o quadro abaixo:

Soluções	NaCl	Na ₂ CO ₃	NaOH	K ₂ SO ₄	KI
CaCl ₂	Sem precipitado	precipitado de carbonato de cálcio.	precipitado de hidróxido de cálcio.	precipitado de sulfato de cálcio	Sem precipitado
BaCl ₂	Sem precipitado	precipitado de carbonato de bário.	precipitado de hidróxido de bário.	precipitado de sulfato de bário	Sem precipitado
CuSO ₄	Sem precipitado	precipitado de carbonato de cobre (II)	precipitado de hidróxido de cobre (II)	Sem precipitado	precipitado de iodeto de cobre (II)

2. Juntar as gotas das soluções com o auxílio do bastão de vidro, sobre a linha que separa a célula. Observar os resultados e anotar.

Falando sobre resíduos químicos:

As soluções utilizadas sobre o papel, poderão ser descartadas diretamente na pia mantendo a torneira aberta por alguns minutos, visto que a quantidade mínima de soluções e sais formados são de baixa toxicidade, não ocasionando risco de danos ao meio ambiente.

- Se tiver dúvida consulte o professor.

QUESTÕES PÓS-EXPERIMENTO

- 1) Foram observadas nas reações formação de precipitados e/ou mudança na coloração? Se sim, especifique essas observações.
- 2) Quais substâncias se apresentaram mais solúveis e menos insolúveis nas reações ocorridas?
- 3) Com base nos dados e análises efetuadas, qual a resposta ao questionamento prévio?

Referências

Disponível:

http://educa.fc.up.pt/experiencias_detalhe.php?id=89

ATIKINS, P.; JONES, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. Tradução Ricardo Bicca de Alencastro. 5º ed., Bookman, Porto Alegre, 2012.

Questionário

Experimento 4: Reações químicas – Ensaio por via úmida

- 1) De acordo Com os princípios da Química Verde listados abaixo, em sua opinião, qual ou quais, o experimento realizado contemplaria?
 - 1) Prevenção; 2) Economia atômica; 3) Síntese de produtos menos perigosos; 5) Solventes e auxiliares mais seguros; 6) Busca pela eficiência energética; 7) Uso de substâncias renováveis; 8) Evitar a formação de derivados; 9) Catálise; 10) Desenho para degradação; 12) Química intrinsecamente segura para prevenção de acidentes.

- 2) Na sua opinião, a introdução de contextualização e problematização previa ao experimento, facilitou ou agregou algum benefício para realização da atividade prática proposta? Por que?

- 3) Comparando o experimento atual com o que você realizou anteriormente, ambos com o objetivo de determinar a concentração de uma solução básica, considera que este que acabara de realizar atingiu os mesmos objetivos de aprendizagem? Justifique.

- 4) Na sua opinião, aulas experimentais utilizando o enfoque da Química Verde, seriam relevantes para sua formação tanto pessoal quanto profissional? Justifique.

ANEXOS



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

ANEXO A: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado (a) Professor (a):

Você está sendo convidado (a) a participar da pesquisa “Inserção dos Princípios da Química verde em uma Disciplina Experimental sob o enfoque CTSA”, a qual pretende ilustrar as concepções da Química Verde (QV) para alunos do ensino superior em química, por meio da adaptação e aplicação de experimentos oriundos de disciplinas experimentais. A referida pesquisa necessita ser aplicada nas aulas da disciplina de química geral experimental, portanto, sendo necessária a sua anuência para que a pesquisadora participe de suas aulas e promova em alguns momentos, a aplicação de experimentos aos alunos, previamente autorizados pelo (a) sr. (sra.), em conjunto com atividades como palestras, debates, aplicação de questionários, entrevistas, com registros escritos e audiovisuais. A referida pesquisa está sob a responsabilidade da pesquisadora responsável e mestranda Kamila Medeiros Pereira do Programa de Pós-Graduação em Química da UFAM (PPGQ/UFAM), no endereço Av. Rodrigo Otávio, nº 6200, Campus Universitário Senador Arthur Virgílio Filho, Setor Norte, Bloco 10, Coroado 1, e-mail mila_kmf@hotmail.com e telefone celular (92) 98151-9535, em conjunto com o professor orientador Dr. Renato Henriques de Souza Departamento de Química (ICE/UFAM), no endereço Av. Rodrigo Otávio, nº 6200, Campus Universitário Senador Arthur Virgílio Filho, Setor Norte, Bloco 10, Coroado 1, e-mail renatohsouza@gmail.com e telefone celular (92) 98403-7880. O referido trabalho tem o objetivo de investigar as contribuições promovidas pela inserção da Química Verde em uma disciplina experimental voltada a estudantes de graduação em Química de uma IES pública de Manaus-AM, sob o enfoque CTSA.

Dessa forma, sua colaboração será por meio de sua autorização para que a pesquisadora acompanhe as aulas, verifique seu plano de ensino e ementa da disciplina, além da participação em questionário, entrevistas e demais situações descritas anteriormente. Estes

dados serão utilizados somente para fins de pesquisa científica, mantendo o sigilo acerca de sua identificação.

Sua participação será voluntária, não havendo despesa ou recompensa, além de ter o direito e a liberdade de desistir a qualquer momento da pesquisa. Quaisquer dúvidas poderão ser esclarecidas, e sua desistência não causará nenhum prejuízo físico ou mental. Para qualquer outra informação, o (a) Sr.(a) poderá entrar em contato com a pesquisadora responsável, professor orientador nos contatos acima mencionados ou poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/UFAM, na Rua Teresina, 495, Adrianópolis, telefone (92) 3305-1181, celular (92) 9171-2496, ramal 2004, e-mail: cep.ufam@gmail.com

O questionário embora simples de ser aplicado é um instrumento que pode eventualmente causar algum tipo de constrangimento ou até mesmo de cansaço da pessoa respondente a ele. No entanto, ressaltamos que tem toda liberdade de parar de respondê-lo, e até mesmo, se não quiser e/ou interromper sua participação na pesquisa, se assim se sentir melhor. Asseguramos ainda o anonimato dos mesmos. Se em algum momento da condução do questionário, sentir-se constrangido (a) devido à não compreensão das perguntas, de termos ou expressões utilizadas, a pesquisadora responsável usará de profissionalismo ético ou acadêmico para superar tais situações.

Ressaltamos que em nenhum experimento será usada amostra biológica, pois a pesquisa será realizada com seres humanos e não em seres humanos. Os resultados da pesquisa serão analisados e publicados, mas sua identidade não será divulgada, sendo guardada em sigilo a todo momento. Por outro lado, como benefícios esperados, prevemos que os estudantes da turma participantes serão beneficiados com os conhecimentos ensinados e com os resultados desta pesquisa, pois o estudo ressalta o potencial didático dos princípios da química verde nas aulas de atividades experimentais, reforçando a educação ambiental aos estudantes do curso de química. Reiteramos que a pesquisa será efetuada sem comprometer seu horário ou suas atividades docentes. Se você aceitar participar, estará contribuindo com a presente pesquisa de mestrado e no estudo sobre as contribuições promovidas pela inserção da QV em uma disciplina experimental voltada a estudantes do curso de Química, e ainda com a contextualização desse estudo para a comunidade. Por fim, acreditamos que o ensino de química ligado à pesquisa sobre a química verde possa ser um tema que contribuirá para reforçar a educação ambiental no ensino superior.

Consentimento Pós-Informação

Eu, _____, fui informado (a) sobre o que a pesquisadora quer fazer e porque precisa da minha colaboração, e entendi a explicação. Por isso, eu concordo em participar do projeto, sabendo que não vou ganhar nada e que posso desistir quando quiser. Este documento é emitido em duas vias que serão ambas assinadas por mim e pelo pesquisador, ficando uma via com cada um de nós.

Data: ___/___/___

Assinatura do (a) Professor (a)



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

ANEXO B: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Convidamos os estudantes do curso de graduação em Química, maiores de idade, para participar da pesquisa “Inserção dos Princípios da Química Verde em uma disciplina experimental sob o enfoque CTSA”, sob a responsabilidade da pesquisadora responsável e mestrande Kamila Medeiros Pereira do Programa de Pós-Graduação em Química da UFAM (PPGQ/UFAM), no endereço Av. Rodrigo Otávio, nº 6200, Campus Universitário Senador Arthur Virgílio Filho, Setor Norte, Bloco 10, Coroadó 1, e-mail mila_kmf@hotmail.com e telefone celular (92) 98151-9535, em conjunto com o professor orientador Dr. Renato Henriques de Souza Departamento de Química (ICE/UFAM), no endereço Av. Rodrigo Otávio, nº 6200, Campus Universitário Senador Arthur Virgílio Filho, Setor Norte, Bloco 10, Coroadó 1, e-mail renatosouza@gmail.com e telefone celular (92) 98403-7880. O referido trabalho tem o objetivo de investigar as contribuições promovidas pela inserção da Química Verde em uma disciplina experimental voltada a estudantes de graduação em Química de uma IES pública de Manaus-AM, sob o enfoque CTSA.

Dessa forma, sua colaboração será por meio da participação em questionário, entrevistas, em que nas aulas também poderão ser feitos registros fotográficos e/ou por meio de vídeo-gravações. Estes dados serão utilizados somente para fins de pesquisa científica, mantendo o sigilo acerca de sua identificação.

Sua participação será voluntária, não havendo despesa ou recompensa, além de ter o direito e a liberdade de desistir a qualquer momento da pesquisa.

Quaisquer dúvidas poderão ser esclarecidas, e sua desistência não causará nenhum prejuízo físico ou mental. Para qualquer outra informação, o (a) Sr.(a) poderá entrar em contato com a pesquisadora responsável, professor orientador nos contatos acima mencionados ou poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/UFAM, na Rua Teresina, 495, Adrianópolis, telefone (92) 3305-1181, celular (92) 9171-2496, ramal 2004, e-mail: cep.ufam@gmail.com

O questionário embora simples de ser aplicado é um instrumento que pode eventualmente causar algum tipo de constrangimento ou até mesmo de cansaço daquela pessoa respondente a ele. No entanto, ressaltamos que os participantes têm toda liberdade de parar de respondê-lo, e até mesmo, se não quiser e/ou interromper sua participação na pesquisa, se assim se sentir melhor. Asseguramos ainda o anonimato dos mesmos. Se em algum momento da condução do questionário, sentir-se constrangido (a) devido à não compreensão das perguntas, de termos ou expressões utilizadas, a pesquisadora responsável usará de profissionalismo ético ou acadêmico para superar tais situações.

Ressaltamos que em nenhum experimento será usada amostra biológica, pois a pesquisa será realizada com seres humanos e não em seres humanos.

Como toda pesquisa com seres humanos requer riscos, os riscos decorrentes de sua participação estão no manuseio de alguns reagentes químicos utilizados na realização de até quatro experimentos. No entanto, serão utilizados equipamentos básicos de proteção tais como luvas, óculos de segurança e os demais que se fizerem necessários. Em caso de acidente ou danos, garantimos o direito de assistência integral gratuita. Ressaltamos que pelo fato dos experimentos aplicados embasarem-se nos princípios da Química Verde, em que se utiliza substâncias e equipamentos com o mínimo de toxicidade e baixo custo, os riscos de intoxicação e/ou acidentes serão mínimos.

Se ocorrer algum dano físico, minimizaremos os riscos lavando o local lesionado com água e sabão imediatamente enxaguando em abundância e/ou encaminhamento do participante que sofrer o dano ao Hospital Universitário Getúlio Vargas (HUGV), sendo de responsabilidade da pesquisadora, patrocinador do estudo e da instituição participante. E caso o participante vier a sofrer algum dano/abalo psicológico, encaminharemos ao Centro de Serviço de Psicologia Aplicada da UFAM (CSPA). Por fim, garantimos a prestação de assistência integral e encaminhamento ao Hospital e Clínica se assim for necessário, sem custo algum aos participantes.

Ressalta-se que todos os gastos necessários para sua participação e de seu acompanhante na pesquisa, que porventura venham a ocorrer, serão assumidos e/ou ressarcidos pela pesquisadora do projeto mediante sua devida comprovação. Fica também garantida indenização e cobertura material em casos de danos, comprovadamente decorrentes da sua participação na pesquisa.

Os resultados da pesquisa serão analisados e publicados, mas sua identidade não será divulgada, sendo guardada em sigilo. Dessa forma, os estudantes participantes terão os direitos reservados, onde: as respostas serão confidenciais; o questionário não será

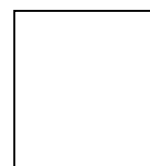
identificado pelo nome para que seja mantido o anonimato e os participantes receberão esclarecimento prévio sobre a pesquisa.

Por outro lado, como benefícios esperados, prevemos que os estudantes da turma participantes serão beneficiados com os conhecimentos ensinados e com os resultados desta pesquisa, pois o estudo ressalta o potencial didático dos princípios da química verde nas aulas de atividades experimentais, reforçando a educação ambiental aos estudantes do curso de química. Reiteramos que a pesquisa será feita em loco, ou seja, na própria instituição onde os participantes estudam, sem comprometer o horário ou seus estudos. Se você aceitar participar, estará contribuindo com a presente pesquisa de mestrado e no estudo sobre as contribuições promovidas pela inserção da QV em uma disciplina experimental voltada a estudantes do curso de Química, e ainda com a contextualização desse estudo para a comunidade. Por fim, acreditamos que o ensino de química ligado à pesquisa sobre a química verde possa ser um tema que contribuirá para reforçar a educação ambiental no ensino superior.

Consentimento Pós-Informação

Eu, _____, fui informado (a) sobre o que a pesquisadora quer fazer e porque precisa da minha colaboração, e entendi a explicação. Por isso, eu concordo em participar do projeto, sabendo que não vou ganhar nada e que posso sair quando quiser. Este documento é emitido em duas vias que serão ambas assinadas por mim e pelo pesquisador, ficando uma via com cada um de nós.

Data: ___/___/___



Assinatura do participante

Impressão dactiloscópica

Assinatura da Pesquisadora Responsável

Assinatura do Orientador

ANEXO C: TERMO DE ANUÊNCIA

TERMO DE ANUÊNCIA

Decidimos para os devidos fins que estamos de acordo com a execução do projeto de pesquisa intitulado "Inserção dos Princípios da Química Verde em uma disciplina Experimental sob o enfoque CTSA", sob a coordenação e a responsabilidade do (a) Prof (a) Renato Henriques de Sousa, do Departamento de Química da Universidade Federal do Amazonas, o qual terá o apoio desta Instituição.

Manaus, de Outubro de 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
Programa de Pós-Graduação em Química
Mestrado e Doutorado


Nome - cargo/função
Leonardo Aparecido Pôrri fka - Coordenador

Instituto de Ciências Exatas - ICEUFAM
Campus Universitário Senador Arthur Virgílio Filho - Av. Rodrigo Otávio, 6200 - Setor Norte, Manaus - AM
Telefone (92) 3305-2817