

A experimentação no Ensino Superior sob a Abordagem Integradora e com vistas a atender os princípios da Química Verde

Marilei C. Mendes Sandri (PQ)^{1*}; Suelem Kluconski (PG)²; Leslie T. Schneider (IC)¹.

marilei.mendes@ifpr.edu.br

1. Instituto Federal do Paraná – campus Palmas; 2. Universidade Estadual do Centro-Oeste.

Palavras-Chave: Experimentação; Química Verde; abordagem integradora.

RESUMO:

Nesse trabalho apresenta-se os resultados da adequação de práticas experimentais para o Ensino Superior, nas quais considerou-se primeiramente, os princípios da Química Verde e nas quais empregou-se uma abordagem, aqui denominada integradora. Essa abordagem ancora-se na teoria de Mortimer (2000) e Johnstone (2006), os quais afirmam que o conhecimento químico repousa sobre três pilares: o teórico, o fenomenológico e o representacional. O presente trabalho trata especificamente da validação dessa proposta metodológica na formação de profissionais da Química. Para a validação realizou-se a aplicação de aulas sob a proposta Integradora, com duas turmas do curso de Licenciatura em Química, de instituições diferentes e, posteriormente, aplicou-se um questionário solicitando sua avaliação, comparativamente à abordagem tradicional. Os resultados mostram que os alunos a consideraram superior em todos os aspectos analisados, tornando-a viável no desenvolvimento das aulas experimentais para o Ensino Superior.

INTRODUÇÃO

A ciência Química é intrinsecamente experimental, o que faz com que os cursos de formação para essa ciência ofertem em sua grade uma série de disciplinas de cunho prático. Contudo, as práticas laboratoriais realizadas tanto no ensino médio, quanto na universidade continuam a ser desenvolvidas, quase hegemonicamente, sob o prisma da epistemologia empirista, onde acredita-se que a partir da mera observação, o indivíduo, chegará ao conhecimento algo que vem sendo fortemente refutado a partir dos pressupostos construtivistas de ensino, que levam em consideração os conhecimentos prévios dos alunos e das novas teorias epistemológicas, que criticam o Método Científico em sua concepção de neutralidade e imparcialidade.

Giordan (1999), afirma ainda que a experimentação ocupou um papel essencial na consolidação das ciências naturais, a partir do século XVII, na medida em que as leis formuladas deveriam passar pelo crivo das situações empíricas propostas, dentro de uma lógica sequencial de formulação de hipóteses e verificação de consistência. A experimentação passou, portanto, a ocupar um lugar privilegiado na proposição de uma metodologia científica.

No que diz respeito a uma sistematização do conhecimento físico da natureza, um dos primeiros pensadores a estabelecer um importante roteiro metodológico para a busca das leis da natureza que explicassem os fenômenos observados foi o filósofo inglês Francis Bacon. Ele empreendeu uma tentativa de construir uma sistematização lógica do procedimento científico, chegando a um método científico. Sua proposta, apesar de passar por severas críticas e modificações, dominou o cenário científico até o final do século passado, no que se refere ao método de investigação da natureza (ZANETIC, 2004).

Giordan (1999) destaca, portanto, a característica de controle que a experimentação passou a exercer no pensamento científico. Um nome importante nesse processo de consolidação do Método Científico é Galileu, que atribuiu a experimentação o papel de legitimadora, como uma espécie de carimbo, capaz de atestar o que é ou não verdade. Devido a isso, René Descartes, Francis Bacon e Galileu Galilei são considerados os fundadores da ciência moderna (Giordan, 1999), superando o pensamento aristotélico e fortalecendo o empirismo-indutivismo.

Contudo, filósofos da Ciência como Bachelard e autores atuais dedicados a Filosofia das Ciências, como Fourez e Astolfi *et al*, ao tratarem sobre o Método Científico rechaçam a idéia implícita na prática deste que o mundo da ciência é uma simples observação do real, mesmo instrumentada (ASTOLFI *et al* 2002; BACHELARD, 1996; FOUREZ 1995).

Fourez (1995) chama de “visão espontânea” a idéia que se tem da observação como se ela pudesse mostrar “as coisas como elas são”. Essas concepções retratam uma postura positivista e empirista do método científico e da experimentação, que coloca a observação como meio de apreender do objeto a verdade, sendo o sujeito um mero interpretador desintencionado e neutro. Para esse autor a maneira ingênua de se entender o Método Científico, também demonstra uma visão empirista/positivista, que crê que a observação metódica de uma série de passos, pode levar ao conhecimento da verdade.

Bachelard (1996) tece severas críticas ao que chama de empirismo ingênuo e afirma que os objetos da ciência moderna não são dados, mas construídos, distanciando-se do real imediato, na medida em que são frutos da mente humana. Isso mostra que a simples observação, o palpável, o visível, o perceptível aos sentidos não é suficiente para que se chegue a uma conclusão teórica, uma vez que dependera também da interpretação, encharcada de pré-concepções e até de “visões de mundo” do sujeito.

Quando fala da experimentação no ensino Giordan (1999) afirma que as idéias de Bacon, Descartes e Galileu foram tomadas por Augusto Comte como uma manifestação da filosofia positivista e transpostas para o ensino. Sob a visão positivista, entende-se que o ensino experimental deve priorizar a seleção e a hierarquização de variáveis de acordo com critérios de pertinência para a compreensão dos fenômenos, controlar e prever seus efeitos e encadear logicamente sequencia de dados de alto valor para o desenvolvimento científico. Espera-se também que os dados extraídos do experimento levem os indivíduos ao entendimento final dos fenômenos em causa (GIORDAN, 1999).

Tal metodologia de ensino experimental é, portanto, uma mera tentativa de transpor o Método Científico para o ambiente do laboratório de ensino, como se somente isso bastasse para levar os alunos a compreender e explicar os fenômenos que ali são analisados. Segundo Becker (2009) isso revela uma concepção positivista dos professores, que consideram o conhecimento como tributário de uma fonte externa do sujeito. A prática é um recurso sensorial que permite a retenção da teoria pelo sujeito da aprendizagem; não se interroga a respeito de suas condições prévias. A teoria vem de fora trazida pelo professor; não se questiona sobre sua origem (BECKER, 2009). Ou seja, a teoria e a prática não são vistas como complementares.

O rompimento com tal postura didático-pedagógica do ensino experimental, consiste na inserção de novas metodologias, mais adequadas e com maior poder de desenvolvimento do indivíduo como sujeito epistêmico. Somado a isso, diante do agravamento dos problemas socioambientais, vemos despontar no ramo da Química a necessidade de readequar as atividades químicas de forma a torná-las menos

impactantes à saúde humana e ao ambiente. Nesse ínterim, a Química Verde surge como corrente emergente com potencial para atender essa demanda.

A QV é uma proposta lançada nos anos 90 pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (Environmental Protection Agency –USEPA) em colaboração com a Sociedade de Química daquele país e pode ser definida como o desenho, o desenvolvimento e a aplicação de produtos e processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias nocivas à saúde e ao ambiente (Anastas e Werner 1998).

Essa definição se apoia sobre 12 princípios, também apresentados por esses autores e elencados por Lenardão *et al* (2003, p. 124):

- 1. Prevenção.** Evitar a produção do resíduo é melhor do que tratá-lo ou “limpá-lo” após sua geração.
- 2. Economia de Átomos.** Deve-se procurar desenhar metodologias sintéticas que possam maximizar a incorporação de todos os materiais de partida no produto final.
- 3. Síntese de Produtos Menos Perigosos.** Sempre que praticável, a síntese de um produto químico deve utilizar e gerar substâncias que possuam pouca ou nenhuma toxicidade à saúde humana e ao ambiente.
- 4. Desenho de Produtos Seguros.** Os produtos químicos devem ser desenhados de tal modo que realizem a função desejada e ao mesmo tempo não sejam tóxicos.
- 5. Solventes e Auxiliares mais Seguros.** O uso de substâncias auxiliares (solventes, agentes de separação, secantes, etc.) precisa, sempre que possível, tornar-se desnecessário e, quando utilizadas, estas substâncias devem ser inócuas.
- 6. Busca pela Eficiência de Energia.** A utilização de energia pelos processos químicos precisa ser reconhecida pelos seus impactos ambientais e econômicos e deve ser minimizada. Se possível, os processos químicos devem ser conduzidos à temperatura e pressão ambientes.
- 7. Uso de Fontes Renováveis de Matéria-Prima.** Sempre que técnica- e economicamente viável, a utilização de matérias-primas renováveis deve ser escolhida em detrimento de fontes não renováveis.
- 8. Evitar a Formação de Derivados.** A derivatização desnecessária (uso de grupos bloqueadores, proteção/desproteção, modificação temporária por processos físicos e químicos) deve ser minimizada ou, se possível, evitada, porque estas etapas requerem reagentes adicionais e podem gerar resíduos.
- 9. Catálise.** Reagentes catalíticos (tão seletivos quanto possível) são melhores que reagentes estequiométricos.
- 10. Desenho para a Degradação.** Os produtos químicos precisam ser desenhados de tal modo que, ao final de sua função, se fragmentem em produtos de degradação inócuos e não persistam no ambiente.
- 11. Análise em Tempo Real para a Prevenção da Poluição.** Será necessário o desenvolvimento futuro de metodologias analíticas que viabilizem um monitoramento e controle dentro do processo, em tempo real, antes da formação de substâncias nocivas.
- 12. Química Intrinsecamente Segura para a Prevenção de Acidentes.** As substâncias, bem como a maneira pela qual uma substância é utilizada em um processo químico, devem ser escolhidas a fim de minimizar o potencial para acidentes químicos, incluindo vazamentos, explosões e incêndios.

A vertente da Química Verde traz consigo a preocupação de manter níveis de desenvolvimento econômico capazes de suprir as necessidades humanas, levando-se em consideração que os recursos naturais são findáveis e sua exploração desenfreada pode ocasionar retrocesso em vez de avanços, com reflexos diretos a qualidade de vida humana. Sendo assim, a mesma representa um rompimento com a exploração

predatória dos recursos naturais e o exercício descomprometido das atividades químicas, que historicamente são conhecidos por agredir o meio ambiente e prejudicar pessoas. Diante disso, a Química Verde se constitui numa importante ferramenta para o alcance da sustentabilidade (KIRCHHOFF, 2005).

Contudo, apesar das Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Química enfatizar que os bacharéis ou licenciados em Química em sua formação em nível superior devem compreender e avaliar criticamente os aspectos sociais, tecnológicos, ambientais, políticos e éticos relacionados às aplicações da Química na sociedade, bem como, devem possuir capacidade crítica para avaliar seu próprio conhecimento e refletir sobre o comportamento ético que a sociedade espera de sua atuação (BRASIL, 2002).a Química Verde, ainda está num processo incipiente dentro das instituições de ensino superior brasileiras (ANTONIN *et al.* 2011).

Sendo assim, tendo identificado a ineficácia da abordagem experimental tradicional de cunho empirista-indutivista, comumente praticada em aulas para o Ensino Superior, e a total ausência dos princípios da QV nos protocolos experimentais das instituições envolvidas nesse estudo, buscou-se reelaborar as práticas experimentais destinadas às disciplinas de Química Geral Experimental I e II com vistas a: i) contemplar os princípios da Química Verde; ii pautar-se numa abordagem experimental diferenciada, aqui denominada integradora, e posteriormente, avaliar a validade da referida abordagem e da inserção da QV na formação profissional desses sujeitos. O presente trabalho se deterá sobre a análise da abordagem experimental, investigando sua aceitação e eficácia para a aprendizagem dos alunos.

METODOLOGIA

O trabalho constitui-se em quatro etapas principais, a saber:

- 1) Análise das ementas e programas das disciplinas de Química Geral Experimental (QGE) I e II e seleção de práticas experimentais compatíveis com os conteúdos listados no programa;
- 2) Teste dos experimentos, readequações e inserção dos princípios da Química Verde aos protocolos experimentais, por meio de: a) readequação das quantidades de reagentes, a fim de tornar os processos viáveis com a menor quantidade possível de matéria prima; b) substituição dos reagentes e solventes tóxicos por outros menos agressivos ou persistentes; c) inserção do cálculo de eficiência atômica nos experimentos de sínteses, a fim de fazer uma análise mais profunda acerca do rendimento da reação; d) avaliação dos produtos secundários gerados e seu possível reaproveitamento ou tratamento; e) viabilização de descarte adequado dos resíduos gerados;
- 3) Elaboração de material didático dentro da proposta de experimentação integradora, contendo questões de pré-laboratório; procedimento experimental e solicitação de pós-laboratório, conforme melhor descrito nas discussões;
- 4) Aplicação dos experimentos aos alunos matriculados na disciplina de Química Geral Experimental II no decorrer de um semestre letivo – o que representa pelo menos 14 encontros de 1 hora e quarenta minutos cada.

Neste trabalho apresenta-se a avaliação da abordagem experimental integradora sob o ponto de vista dos alunos, sendo que avaliações sob a perspectiva dos professores poderão futuramente ser realizadas.

Para tal avaliação aplicou-se ao final da disciplina, um questionário individual composto por questões fechadas, no qual os sujeitos avaliaram a abordagem tradicional e a integradora sob os aspectos: a) motivação; b) compreensão prévia dos conceitos envolvidos na aula; c) compreensão prévia do procedimento; d) compreensão dos fenômenos ocorridos na prática; e) capacidade de explicação dos fenômenos, atribuindo-lhes os conceitos ótimo, bom, regular ou ruim; e uma questão aberta na qual apontaram as vantagens e desvantagens da abordagem adotada. Os dados obtidos foram tabulados e sua análise permitiu avaliar a repercussão da abordagem proposta na aprendizagem dos alunos.

Esse questionário foi aplicado em duas turmas de instituições diferentes, chamadas aqui de I₁ e I₂, ambas na disciplina de QGE (II). Cada turma era composta por 13 alunos, totalizando 26 alunos participantes da pesquisa.

Acredita-se ter sido importante cotejar os dados provenientes da aplicação dessa abordagem em contextos diferentes, pois isso pode confirmar ou contestar sua viabilidade em diferentes situações e realidades institucionais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A escolha pelas disciplinas QGE I e II se deve ao fato de que estas são comumente ofertadas nos períodos iniciais dos cursos de Química e, portanto, introdutórias da prática experimental. Dessa forma se constituem em espaços profícuos para a inserção de abordagens de ensino diferenciadas, bem como, são favoráveis para difundir os princípios da QV, incentivando desde o início das práticas laboratoriais, o compromisso e a responsabilidade com as questões ambientais, compreendidas em suas dimensões natural, social e artificial.

Assim, a partir do programa das disciplinas buscou-se na literatura práticas que atendessem aos conteúdos indicados e a partir das mesmas fez-se melhoramentos, adaptações e adequações a fim de primeiramente, torná-las passíveis de realização dentro da estrutura dos laboratórios didáticos da instituição e posteriormente, fazê-las condizentes com os princípios da Química Verde.

As modificações tornaram possível explorar junto aos acadêmicos os seguintes princípios da QV: prevenção; economia de átomos; síntese de produtos menos perigosos; uso de solventes mais seguros; uso de fontes renováveis de matéria-prima; química intrinsecamente segura para prevenção e acidentes (ANASTAS e WARNER, 1998). As implicações decorrentes da abordagem de tais princípios extrapolam o escopo deste artigo, que manterá o foco em avaliar a aceitação e as implicações da abordagem experimental integradora. Essa abordagem experimental diferenciada busca trazer mais significância a prática laboratorial, ao mesmo tempo em que favorece o aprendizado amplo dos conhecimentos químicos e se desvia dos pressupostos empiristas-indutivistas.

A proposta da experimentação integradora está ancorada na idéia de Mortimer e colaboradores (2000) e Jonhstone (2006) os quais afirmam que o tripé do conhecimento químico são os níveis fenomenológico, teórico e representacional, (Figura 1) e afirmam que os mesmos devem ser tratados em aula igualmente, pois a produção do conhecimento em ciências é resultado da articulação dinâmica entre eles.

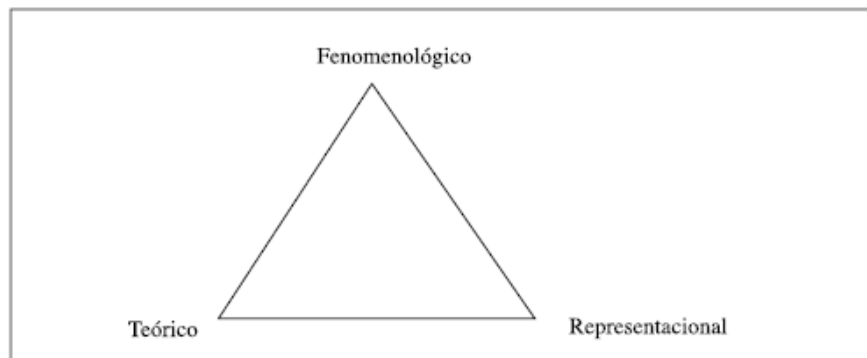


Figura 1- Triângulo dos aspectos do conhecimento químico (MORTIMER *et al.*, 2000)

A partir do exposto considera-se que as aulas experimentais devem voltar-se para a interrelação entre o teórico (sub-microscópico), o fenomenológico (macroscópico) e o representacional (simbólico), a fim de integrar esses três eixos e rechaçar o caráter mecanicista amplamente desenvolvido nas aulas experimentais convencionais (MORTIMER *et al.*, 2000).

Nessa abordagem, temos basicamente 3 momentos que chamamos de: pré-laboratório; laboratório; pós-laboratório.

- a) **Pré-laboratório:** Esse primeiro momento tem como foco a **teoria** e ocorre anteriormente a aula experimental propriamente dita. Consiste no desafio de pesquisa proposto pelo professor, anteriormente a aula experimental. No material produzido, foram listadas questões pertinentes a cada assunto abordado, que poderiam orientar a pesquisa. A intenção desta pesquisa prévia é familiarizar o aluno com a teoria relacionada ao fenômeno estudado na aula experimental, assim como também, inteirá-lo dos termos, símbolos, nomenclaturas e linguagens próprias da Química;

Laboratório: Consiste na efetiva realização do experimento. Esse segundo momento, porém, não começa diretamente com a realização do procedimento, mas sim com a socialização da pesquisa anteriormente realizada, para que se esclareçam alguns pontos nebulosos sobre a teoria ou o procedimento. O procedimento é disponibilizado aos alunos com antecedência e antes da sua execução o mesmo é discutido, mediado pela pesquisa prévia, pela troca de informações entre os grupos e pelas orientações do professor. Discutem-se nesse momento aspectos da técnica e do método, mas também é importante que se esclareçam os objetivos de aprendizagem que se almejam alcançar com a realização do experimento. Assim, o procedimento, embora ancorado em um protocolo não tem caráter de uma receita ou de uma lista de passos irrefletidamente operacionalizados, mas configura-se num ponto de apoio para a organização do **processo prático**.

- b) **Pós- laboratório:** refere-se ao momento posterior a execução do procedimento e que pode ser realizado ainda durante a aula laboratorial, dependendo do tempo disponível para a mesma. Nesse

momento, os alunos dedicam-se a analisar os resultados coletados durante o procedimento, e compreender os fenômenos observados tendo por base a pesquisa prévia realizada e as discussões iniciais com a turma e o professor. Como produção final, solicita-se aos alunos uma síntese, na qual os mesmos devem explicar os fenômenos decorridos durante a prática em linguagem e simbologia Química adequada, mostrando a sua compreensão e capacidade de socializar tal conhecimento. Busca-se com essa atividade favorecer a convergência entre os três níveis do conhecimento químico associando a teoria, a prática e a capacidade de interpretar, discutir e argumentar sobre os fenômenos, em linguagem e simbologia especializada.

A proposta de experimentação integradora buscou através das três etapas elencadas acima, abranger os três pilares do conhecimento químico, anunciados por Mortimer *et al.*, (2000) e Johnstone (2006): o teórico, fenomenológico e representacional. Tal abordagem apesar de ser menos abrangente que as abordagens investigativa e problematizadora, apresenta algumas interfaces com as mesmas a medida que abarca ao menos um dos momentos pedagógicos propostos por Delizoicov para a experimentação problematizadora: o de problematização inicial (Francisco Jr. et al, 2008), através da solicitação de pesquisa prévia, que coloca o aluno em contato com o problema a ser tratado na ocasião da aula experimental, além de privilegiar o conhecimento trazido pelo aluno, explorado a partir de questionamentos em grupo e com o professor, no momento do pré-laboratório.

Com essa proposta metodológica, passou-se a fase de aplicação da metodologia com os acadêmicos do curso de Química, que freqüentaram disciplina de Química Geral Experimental II. A escolha por essa disciplina decorre do fato de que os acadêmicos participantes da pesquisa já haviam cursado a QGE I e nela vivenciado a abordagem experimental tradicional, tendo condições, portanto, de compará-las.

Assim, a cada semana solicitou-se aos alunos a realização da pesquisa pertinente ao tema ser desenvolvido, de forma individual e manuscrita no caderno de laboratório. Buscou-se sempre esclarecer aos alunos que as pesquisas serviriam de apoio a sua compreensão sobre os fenômenos que seriam analisados na prática da semana seguinte e não uma “tarefa” a ser entregue ao professor. Preferiu-se que a pesquisa se desse dessa forma, na tentativa de levar os indivíduos a leitura especializada sobre o tema em questão e na busca por desenvolver sua capacidade de interpretação e síntese.

Previamente a realização dos experimentos foi proporcionado aos alunos momentos de discussão entre eles e com o professor sobre os pontos que mais lhes havia chamado atenção em sua pesquisa, os dados mais relevantes e as dúvidas. Nesse momento, buscou-se não fornecer explicações prontas, mas estimular o questionamento das posições assumidas pelos estudantes, fazendo-os refletir sobre explicações contraditórias e possíveis limitações do conhecimento por eles expressado, quando comparado ao conhecimento científico necessário à interpretação do fenômeno e do qual o professor deve ter o domínio, como sugere Francisco Jr e colaboradores (2008).

Somente após a discussão da teoria ocorria o encaminhamento ao procedimento experimental, com leitura conjunta com os alunos e esclarecimento de detalhes técnicos. A realização dos experimentos seguiu os roteiros propostos para cada aula e

decorrido o tempo de realização dos mesmos, os alunos foram solicitados a redigir ainda no laboratório – visto que tal disciplina dispunha de 4 horas/aula – uma síntese em dupla, na qual buscavam explicar os fenômenos ocorridos, assim como prevê o item pós-laboratório, acima explicitado.

Tal ação além de intencionar consolidar o aspecto representacional, apóia-se na idéia de que a atividade experimental sob o foco problematizador deve propiciar aos estudantes a possibilidade de realizar, registrar, discutir com os colegas, refletir, levantar hipóteses, avaliar as hipóteses e explicações, discutir com o professor todas as etapas do experimento, despertando nos alunos um pensamento reflexivo, crítico, fazendo os estudantes sujeitos da própria aprendizagem. Para tanto, se acredita que a escrita é um aspecto fundamental (FRANCISCO Jr. *et al.*, 2008).

Essa forma de conduzir a aula vai ao encontro ao que afirma Piaget ao dizer que uma situação de aprendizagem é tanto mais produtiva, quando o sujeito é ativo. Isso porem, não se reduz a uma manipulação qualquer, pois segundo ele, pode haver atividade mental sem manipulação e passividade com manipulação (BECKER, 2009).

A investigação sobre a aceitação da abordagem e suas possíveis contribuições ou limitações são apresentadas nos Quadros 1 a) e b), abaixo:

Tabela 1. Comparação entre a metodologia tradicional e a integradora a) na I₁ e b) na I₂.

Critérios	Abordagem Tradicional (Número de alunos)	Abordagem Integradora (Número de alunos)
1.Motivação	9 boa; 1 ótima; 3 regular	5 ótima; 7 boa; 1 regular
2.Compreensão prévia dos conceitos envolvidos	7 boa; 3 regular; 2 ruim	8 ótima; 4 boa; 1 regular
3.Compreensão prévia do procedimento	3 ótima; 6 boa; 1 regular; 3 ruim	7 ótima; 4 boa; 1 regular
4.Compreensão dos fenômenos ocorridos na prática	1 ótima; 7 boa; 5 regular	7 ótima; 5 boa; 1 regular
5.Capacidade de explicação dos fenômenos ocorridos na prática	3 ótima; 6 boa; 3 regular; 1 ruim	7 ótima; 5 boa; 1 ruim

a)

Critérios	Abordagem Tradicional (Número de alunos)	Abordagem Integradora (Número de alunos)
1.Motivação	1 ótima; 2 boa; 7 regular; 3 ruim	11 ótima; 2 boa
2.Compreensão prévia dos conceitos envolvidos	5 boa; 5 regular; 3 ruim	6 ótima; 5 boa; 2 regular
3.Compreensão prévia	1 ótima; 2 boa; 8	8 ótima; 5 boa

do procedimento	regular; 2 ruim	
4.Compreensão dos fenômenos ocorridos na prática	3 boa; 9 regular; 1 ruim	9 ótima; 4 boa
5.Capacidade de explicação dos fenômenos ocorridos na prática	3 boa; 8 regular, 2 ruim	9 ótima, 3 boa

b)

Verificou-se que em todos os critérios avaliados a abordagem proposta mostrou-se superior na avaliação dos acadêmicos, em ambas as instituições, sendo conceituada na maior parte das vezes como ótima ou boa.

Apesar de a experimentação já apresentar em si um caráter motivacional, os alunos classificaram a abordagem integradora como sendo mais motivadora, o que pode estar relacionado ao próximo item avaliado, correspondente a compreensão prévia do conteúdo abordado na aula experimental, uma vez que na abordagem tradicional, a motivação fica por conta apenas do espetáculo de cores e transformações visíveis e sensíveis, facilmente proporcionadas nas transformações químicas.

Destacam-se os critérios 3, 4 e 5 com conceituação baixa na abordagem tradicional e alta na abordagem integradora. Esses resultados mostram como a integração entre o fenomenológico, caracterizado pela atividade prática e o teórico, é importante para a compreensão e a aprendizagem dos alunos, contribuindo ainda para o desenvolvimento de sua capacidade representacional dos fenômenos estudados.

Nessa perspectiva a experimentação cumpre seu papel de – assim como na construção e consolidação da ciência Química - contribuir para a compreensão e formulação de conhecimentos químicos.

A melhora na capacidade de explicar os fenômenos pode ser relacionada à pesquisa prévia e ao debate fomentado antes da realização do experimento, como sugerem as falas dos acadêmicos ao apontar as vantagens da abordagem, a exemplo de A4 (I2):

A4 (I2)- Ao realizar a pratica já tínhamos alguns conhecimentos prévios e aliado ao conhecimento adquirido na observação da prática, fica fácil realizar os relatórios e apresentar os resultados

Estas atividades têm a intenção de instrumentalizar os alunos quanto a linguagem própria da Química e elucidar os conceitos envolvidos no experimento em questão, rompendo com o tradicional relatório cobrado ao final das aulas práticas, que exigem que o aluno chegue a teoria através da observação, num caminho notadamente empirista e com baixo aproveitamento dos alunos.

Uma das desvantagens ou limitações apontada pelos acadêmicos e também identificada pelos pesquisadores é de que a abordagem proposta exige tempo e tem sua aplicação comprometida quando não há possibilidade do professor acompanhar todas as etapas do processo. Os acadêmicos apontaram como uma desvantagem a necessidade de tanto o professor quanto o aluno estarem devidamente preparados para as discussões promovidas em aula, mas a nosso ver este é um ponto positivo da abordagem.

Consideramos, porém, que se faz necessário instrumentalizar os professores para que façam uso de maneira coerente da abordagem integradora, ao compreendê-la sob a concepção da articulação do tripé do conhecimento químico, que problematiza o conhecimento em seus níveis macro, sub-micro e simbólico, e não como uma simples lista de tarefas iniciais, execução procedimental e questões finais a serem mecanicamente cumpridas, o que ao nosso ver serviria apenas para maquiar a manutenção da abordagem tradicional ainda hegemônica nas aulas experimentais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ainda hoje, percebemos circular dentro das universidades protocolos de laboratório elaborados a décadas e que ainda são colocados em prática, sem nenhuma análise ou reflexão. O pensamento simplista de que a Química é uma ciência bem estruturada em paradigmas sólidos e permanentes, leva a aplicação repetitiva de práticas laboratoriais, gerando um ensino também de repetição, de irreflexão, apromblemático e empobrecido.

O ensino praticado hoje, não atende sequer ao pressuposto positivista que com suas arrecadações de dados objetivava exercitar nos alunos a compreensão e o domínio do Método Científico, pois os protocolos estanques e desprovidos de situações problema impedem qualquer possibilidade de formular hipóteses, podendo o potencial argumentativo e criativo dos indivíduos submetidos a essa abordagem. Essa forma de conduzir o ensino experimental é, portanto, depreciativa do fazer científico, porque não é capaz de explorá-lo, exercitá-lo, vivenciá-lo. As práticas laboratoriais aplicadas da maneira “manual de receitas” têm como único mérito, não menos importante, mas restrito, o desenvolvimento de habilidades técnicas.

Tal postura, tão arraigada na prática docente do ensino superior, vai contra os novos paradigmas de formação, já que segundo Alarcão (2001), a sociedade emergente requer uma formação diferenciada, inovadora e capaz de mobilizar mais ativamente seus atores. Isso implica dizer que os processos de aprendizagem devem ocorrer de forma ativa, responsável, experienciada (vivenciada), para favorecer atitudes autônomas, dialogantes e colaborativas em uma dinâmica de investigação, de descoberta e construção de saberes. Não se trata de transformar os alunos em investigadores, mas de despertar neles o espírito de investigação com as suas características de atenção aos fenômenos, à análise rigorosa e o espírito crítico (Alarcão, 2001).

Assim, com a proposição de uma nova abordagem experimental – chamada aqui de experimentação integradora – baseada no tripé do conhecimento químico e nos princípios da Química Verde foi possível obter um material didático experimental capaz de servir de apoio aos professores interessados em desenvolver aulas com uma perspectiva formativa diferenciada, haja visto que a metodologia teve boa aceitação entre os alunos, que julgaram-na mais proveitosa em relação aos critérios acima mencionados, comparativamente a metodologia tradicional.

1. Referências:

ANASTAS, Paul T.; WARNER, John.C. **Green Chemistry: theory and practice**. New York: Oxford University Press, 1998. 135 p.

ALARCÃO, Isabel. **Escola Reflexiva e Nova Racionalidade**. Porto Alegre. Artmed. 2001. 203 p.

ANTONIN, V.C.; MORASHASHI, A.C.; MALPASS, G.R.P. Compreensão de Alunos de Graduação sobre conceitos de Química Verde. In: **3rd International Workshop Advances in Cleaner Production** “Cleaner Production Initiatives and Challenges for a Sustainable World”. Sao Paulo, 18 a 20 de maio, 2011.

ASTOLFI, Jean-Pierre *et al.* **As palavras-chave da didática das ciências**. Lisboa. Instituto Piaget.2002. 208p.

BACHELARD, Gaston. **A Formação do Espírito Científico**. Contribuições para uma psicanálise do conhecimento. 9ª Ed. Traduzido por: Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro. Contraponto. 1996. 316 p.

BECKER, Fernando. **A epistemologia do professor. O cotidiano da escola**. 14.a Ed. Petrópolis:Vozes, 2009. 344 p.

BRASIL. Resolução CNE/CES 8, de 11 de março de 2002.Estabelece as **Diretrizes Curriculares para cursos de Bacharelado e Licenciatura em Química**. Ministério da Educação e do Desporto.Brasília, DF.Acesso em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/rces08_02.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2013.

FOUREZ, Gérard. **Introdução a Filosofia e a Ética das Ciências**. Traduzido por: Luiz Paulo Rouanet. São Paulo. Editora UNESP. 1995. 305p.

FRANCISCO Jr. Wilmo; FERREIRA, Luís, H.; HARTWIG, Dácio R. Experimentação Problematizadora: Fundamentos Teóricos e Práticos para a Aplicação em Salas de Aula de Ciências. **Química Nova na Escola**, n.30, p.34-41, 2008.

GIORDAN, Marcelo. O papel da Experimentação no ensino de Ciências. **Química Nova na Escola**, n.10, p.43-49,1999

KIRCHHOFF, Mary. Promoting Sustainability throught Grenn Chemistry. **Elsevier**. n. 44, p. 237-243. 2005.

JOHNSTONE, A.H. Chemical education research in Glasgow in perspective. **Chemistry Education Research and Practice**. Vol, 7, n. 2, p. 49-63, jan/2006.

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

MORTIMER, Eduardo.F; MACHADO, Andréia.H; ROMANELLI, Lilavate.I. Propostas Curriculares de Química do Estado de Minas Gerais: Fundamentos e Pressupostos. **Química Nova**. v.23, n.2, p.273-283, 2000.

PIAGET, Jean. **Psicologia e Pedagogia**. 10ª ed. Traduzido por: Dirceu Accioly Lindoso e Rosa Maria Ribeiro da Silva. Rio de Janeiro. Forense Universitária. 2010. 163 p.

PRADO, Alexandre G.S. Química Verde, os desafios da química do novo milênio. **Química Nova**, vol.26, n.5, p.738-744, 2003.

ZANETIC, João. **Filosofia da Ciência**. São Paulo. USP. 2004. 82p.