



AS CONTRIBUIÇÕES DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE FOTOCATÁLISE HETEROGÊNEA PARA O ENSINO DE QUÍMICA

Lidiane Maria dos Santos¹, Rodrigo Ferreira Marinho²

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Campus Uruaçu / lidiane.santos@ifg.edu.br

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Campus Jataí/rodrigo.marinho@ifg.edu.br

Resumo:

Este trabalho tem como objetivo apresentar as contribuições de uma sequência didática (SD) aplicada para os discentes do segundo ano do Curso Técnico de Química do Instituto Federal de Goiás de Uruaçu, na disciplina de Química Ambiental, sobre a fotocatalise heterogênea, estruturada na dinâmica de três etapas pedagógicas. Na etapa 1, foi feita a problematização inicial com o intuito de verificar o conhecimento prévio dos estudantes sobre o tema; na etapa 2, estudou-se os conteúdos com a apresentação do mecanismo de ação dos fotocatalisadores apresentados para a compreensão do tema; na parte 3, houve a aplicação do conhecimento destinado a abordar sistematicamente o conhecimento incorporado pelo estudante. A aplicação desta SD demonstrou que os conteúdos aplicados de forma dialogada estimulam o envolvimento dos estudantes com a aprendizagem, proporcionando senso crítico e trazendo novas perspectivas a respeito das técnicas de tratamento de água residuais.

Palavras-chave: Química ambiental. Fotocatálise heterogênea. Semicondutor.

Introdução

No processo de ensino e aprendizagem de Química, encara-se uma realidade onde estudantes apresentam grandes dificuldades nesta disciplina e diversas variáveis estão envolvidas nessa problemática. Diante desse cenário, encontram-se fatores como a dificuldade de associação entre teoria e prática, a não participação de forma ativa do processo de ensino-aprendizagem e a ausência do reconhecimento da presença de aspectos da Química no cotidiano.

A Educação Ambiental pautada pela descontextualização, ou seja, que não leva em consideração o dia a dia dos alunos (Pinto et al., 2020), pode ser entendida como uma temática distante da sua realidade, tornando cada vez mais difícil sua compreensão (Barbosa e Pires, 2016). Leite e Lima (2015) sugerem que a contextualização se concretiza quando o ponto de partida é a realidade dos educandos, à qual retorna aos sujeitos envolvidos no processo de ensino-aprendizagem com possibilidades de intervenção na realidade concreta, uma vez que dispõe de conhecimento para tal apreendido pela educação.

Diante desta perspectiva, este artigo trata-se do estudo das contribuições de uma sequência didática (SD) para o ensino dos conceitos de tratamento de águas residuais através

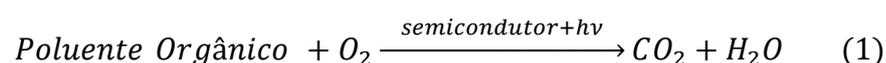
da fotocatalise heterogênea, uma tecnologia promissora no tratamento de efluentes industriais e na descontaminação ambiental. A SD desenvolvida e aplicada para estudantes do 2º ano do Curso Técnico Integrado em Química do Instituto Federal de Goiás, Campus Uruaçu, situado no município de Uruaçu-GO. O objetivo do trabalho foi verificar as contribuições da SD baseada na temática de fotocatalise heterogênea, por meio de uma abordagem contextualizada.

Fotocatalise heterogênea

A poluição dos recursos hídricos é um problema socioambiental de importância global na sociedade moderna. Os níveis crescentes de descargas de águas residuais não tratadas, ou mesmo parcialmente tratadas em estações de esgoto, são problemas ambientais cada vez mais preocupantes e afetam a saúde humana (França et al., 2016). Em geral, a descarga de poluentes orgânicos é originada no refino de petróleo, processamento têxtil e manufatura de produtos químicos, que causam sérios danos à biota aquática e a saúde humana (Oliveira et al., 2012; Chequer et al., 2013). Em vista disso, um grande esforço tem sido feito para desenvolver novas tecnologias destinadas a tratamento de substâncias persistentes no meio ambiente, onde a fotocatalise heterogênea tem sido destaque (França et al., 2016).

A situação é alarmante quando há descartes de contaminantes emergentes, como fármacos, corantes, hormônios, produtos de higiene pessoal, antisépticos, detergentes e metabólitos, retardantes de chama, aditivos industriais, aditivos de gasolina, subprodutos de desinfetantes que vêm sendo lançados no ambiente, ocorrendo de forma indiscriminada. Os descartes desses contaminantes ocorrem de maneira contínua, lançados diariamente no meio ambiente. Assim, mesmo que a concentração encontrada destes fármacos seja quase indetectável, os efeitos nos organismos aquáticos podem passar despercebidos por algum tempo. Entretanto, esses efeitos podem progredir para estágios irreversíveis, alterando a sucessão natural e ecológica (Trovó, 2009).

A fotocatalise heterogênea pertence à classe dos Processos Oxidativos avançados (POA). Este processo é baseado na excitação eletrônica de certos óxidos semicondutores, quando um elétron é promovido da banda de valência (BV) para a banda de condução (BC), gerando um buraco (h^+) na BV (Equação 1), e envolve em geral a mineralização de contaminantes orgânicos, ou seja, é possível decompor certos resíduos orgânicos em gás carbônico (CO_2), sais inorgânicos e água (Machado et al., 2012).



Proposta de sequência didática

A organização da sequência didática das aulas se deu a fim de promover um processo de ensino aprendizagem que possibilitasse aos estudantes a construção progressiva de uma hierarquia de conceitos, partindo do básico ao mais complexo, de maneira que, ao final, os estudantes obtivessem uma aprendizagem significativa. O tema dessa proposta de sequência didática enquadra-se no campo da Química ambiental, disciplina do 2º ano do curso técnico integrado em Química.

A aplicação prática baseada no desenvolvimento dessa SD, focada no ensino e aprendizagem da fotocatalise heterogênea, ocorreu em etapas que se entrelaçam, promovendo a argumentação entre perguntas e respostas e evidenciando seu caráter investigativo. Para a elaboração de uma SD que auxilie a compreensão e o aprendizado, tem-se a problematização, a organização e a aplicação do conhecimento, segundo Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011).

Procedimentos metodológicos

Este trabalho trata-se de uma pesquisa do tipo qualitativa (Minayo, 2012) realizada com 27 alunos do 2º ano do ensino médio técnico integrado em Química do Instituto Federal de Goiás, Campus Uruaçu, município do interior do estado do Goiás, durante as aulas de Química Ambiental no 1º bimestre do ano letivo de 2020 na modalidade de Ensino Remoto Emergencial (ERE). As atividades propostas pela SD foram realizadas em dois encontros, com duração de 60 minutos para cada encontro. As etapas e particularidades destas encontram-se descritas a seguir:

Etapa 01 - Problematização: Neste encontro ocorreu a apresentação da proposta com a finalidade de que os estudantes estivessem cientes de todas as etapas da proposta de SD. Nesta etapa, foi realizada a problematização inicial quanto à aplicação de fotocatalise heterogênea a tratamento de águas residuais. Iniciou-se com explicações gerais sobre distribuição de recursos hídricos do planeta Terra e da demanda de água por atividades humana, métodos convencionais de tratamento de água, poluição de recursos hídricos e poluentes emergentes. Para a coleta de dados, foi aplicado um questionário inicial (QI), contendo cinco perguntas, com a finalidade de identificar as percepções dos alunos em torno do tema, estas questões foram aplicadas com o auxílio do Google formulários. As questões iniciais (QI) foram:

QI1: O que é semicondutor?

QI 2: O que são poluentes emergentes? Especifique.

QI 3: Dos métodos convencionais de tratamento de água, cite 3.

QI 4: Qual a diferença entre um radical e um íon?

QI 5: O que é uma reação de oxido-redução?

A partir das respostas fornecidas no momento de problematização, tem-se ciência dos conhecimentos prévios dos estudantes. Além disso, foi possível contextualizar os conteúdos de cada momento da SD com a realidade dos estudantes, mostrando a importância desta temática em seu cotidiano, para a sociedade e para a ciência. Esse momento inicial foi planejado para chamar a atenção e despertar a curiosidade dos estudantes para os demais momentos da proposta, como também para que estes se sentissem inseridos no contexto apresentado, objetivando suas participações ativas. Como estratégias de ensino foram utilizados neste momento, a exposição dialogada, questionário, apresentação de material didático via Google Meet.

Etapa 02 - Organização: Nesta etapa foram apresentadas figuras, animações e estruturas químicas sobre a temática proposta, cuja duração foi de aproximadamente sessenta minutos. Posteriormente, houve um debate entre as equipes e incentivou-se uma discussão coletiva das respostas, demonstrando que a sala é capaz de encontrar as soluções para os problemas apresentados. Durante toda a atividade, adotou-se uma abordagem dialógica das situações-problema com os alunos, promovendo um intercâmbio de correlações com o cotidiano dos estudantes e a interdisciplinaridade para nortear o debate dos conhecimentos científicos.

Etapa 03 - Aplicação do conhecimento: Nesta última etapa de aplicação da SD, foi avaliada a aprendizagem dos estudantes no decorrer das aulas. Ao final das aulas, as perguntas foram realizadas com a finalidade de verificar a aprendizagem proporcionada pela SD. Ao final, foi solicitado (após a intervenção didática) que os alunos produzissem um texto, elaborado e entregue com o auxílio do Google formulários com o seguinte tema: “Aplicação da fotocatalise heterogênea para degradação de poluentes emergentes em recursos hídricos”.

Resultados e Discussão

Para a análise dos dados, consideramos as respostas dos 27 estudantes que preencheram os questionários inicial e dos 20 estudantes escreveram o texto como atividade final da SD. Os estudantes foram identificados por números, sendo que suas respostas foram

transcritas da forma original.

Os conhecimentos prévios dos estudantes foram avaliados inicialmente através do questionário inicial, com a finalidade de orientar a pesquisa-ação e trazer as possíveis relações existentes entre a Química e a Química ambiental com o cotidiano que nos permeia. Esta é a etapa 1 da SD.

Na aplicação do QI, a questão 1 – QI1, os estudantes foram solicitados a descrever seus conhecimentos sobre semicondutores, no entanto, como vimos, poucas respostas foram fornecidas. As respostas fornecidas foram incompletas e apresentaram dúvidas, como podemos perceber nos trechos transcritos abaixo.

QI1 (E3): *Algo que ele é condutor mas ao mesmo tempo não.*

QI1 (E8): *Semicondutor são condutores que conduz energia.*

QI1 (E10): *Acho que são sólidos que conduzem eletricidade*

Isso, provavelmente, se deve ao fato de grande parte dos alunos não compreenderem que os semicondutores são materiais que estão entre os condutores e isolantes, sendo capazes de mudar sua condição de condução elétrica com facilidade (Pozo e Crespo, 2009). Outras duas respostas merecem destaque, em função de suas aproximações com a resposta aceita cientificamente. São elas:

QI1 (E14): *São sólidos em que geralmente ficam na faixa intermediária de um condutor e um isolante.*

QI1 (E23): *São sólidos de condutividade intermediária, onde não conduzem muita energia.*

Podemos observar que E14 e E23 empregam em suas repostas os termos “sólidos” e “condutividade intermediária da eletricidade”, fazendo uso de argumentos científicos coerentes. Em todas as repostas, não foram fornecidos exemplos de uso de semicondutores, visto que estes materiais são empregados na indústria de eletrônicos, tão presente no cotidiano dos alunos (Santos, 2007). Isso revela a presença de um modelo de ensino tradicional e baseado numa perspectiva propedêutica em que o aluno não consegue associar a aplicabilidade dos conceitos em seu dia a dia (Kato e Kawasaki, 2011).

Na QI2, ao serem questionados se conheciam os poluentes emergentes, cerca de 82% dos alunos responderam baseados em aspectos gerais sobre poluentes, mas não especificaram a periculosidade dos materiais considerados poluentes emergentes. Apesar de indicarem o que são danosos às pessoas e ao meio ambiente, percebe-se certa insegurança na resposta, sinalizando ausência de domínio ao tema específico para poluentes emergenciais ou mesmo

relatando desconhecimento sobre o tema. Algumas respostas fornecidas que demonstram este entendimento foram:

QI2 (E3): *São poluentes mais agressivos*

QI2 (E6): *Não sei o que significa.*

QI2 (E20): *Não conheço sobre.*

QI2 (E26): *Poluentes que podem causar impactos negativos ao meio ambiente.*

Ainda na QI2, outras respostas foram fornecidas com maior grau de aceitabilidade científica e apresentando conhecimento de que os poluentes emergentes se trata de compostos químicos prejudiciais ao meio ambiente e trazendo a problemática de monitoramento destes poluentes (Santos et al., 2011).

QI2 (E5): *São compostos químicos que causam diversos efeitos sob o meio ambiente e aos humanos.*

QI2 (E22): *Compostos químicos que não são monitorados ao descartar, mas que podem causar efeitos no meio ambiente*

QI2 (E23): *Compostos químicos contaminantes.*

Para a QI3, 100% responderam e de forma correta. Isto se deve ao fato de o tema dessa questão ter sido abordado na disciplina “Gerenciamento e Tratamento de Água Efluentes e Resíduos” e “Química I”, ambas as disciplinas estudadas no 1º ano do Ensino Médio (IFG, 2015). Logo as respostas foram fornecidas com segurança e coerência. Nas transcrições a seguir podemos verificar isso:

QI3 (E2): *Coagulação, floculação, decantação, filtração.*

QI3 (E8): *Floculação, decantação e filtração*

QI3 (E16): *Decantação, filtração e floculação*

QI3 (E23): *Floculação, Filtração e sedimentação*

QI3 (E26): *Decantação, filtração e floculação.*

A QI4, sobre a diferença entre um íon e um radical, houve vários equívocos nas respostas fornecidas, o que causou preocupação a respeito de conteúdos anteriores já vistos no curso Técnico em Química e abordados constantemente, como a carga do elétron (Atkins, Jones e Laverman, 2018). Como podemos observar a seguir:

QI4 (E5): *não me recordo*

QI4 (E12): *O radical e só elétrons neutro e o íons são cargas positivas.*

QI4 (E14): *radical: grupo de átomos eletronicamente neutros; íon: são átomos que ganham*

ou perdem elétrons.

QI4 (E15): *Essa eu não lembro*

QI4 (E18): *Radial é átomos neutros e íon tem carga podendo perder ou ganhar elétrons.*

No caso específico de respostas que trazem os elétrons como partículas neutras, isso se deve ao fato da aprendizagem estar centrada na descontextualização dos conteúdos, por exemplo, podemos levar o estudante a relacionar a carga dos elétrons com os polos positivos e negativos das pilhas, comumente utilizadas em seus cotidianos, fazendo-os não somente memorizar, mas sendo capazes de explicar os fenômenos cotidianos.

Observa-se a partir das respostas fornecidas, ainda para QI4, que o conceito de íons tem consonância, porém para definições de radicais não há definições claras. Isto deve-se a ausência de estudos sobre formações de radicais que muitas vezes são abordados apenas no 3º ano do Ensino Médio, em Química III – Química Orgânica (IFG, 2015). Duas respostas merecem destaques, pois apesar de não serem completas, estão aceitáveis cientificamente, são elas:

QI4 (E7): *radial é livre, íon é átomo eletricamente carregado*

QI4 (E20): *Um radical tem elétrons livres*

As respostas fornecidas à questão QI5 apresentaram coerência, retratando as transferências de elétrons entre espécies químicas e cientificamente estreitas. Isso ocorre porque tal questão faz parte dos currículos dos 1º e 2º anos do Ensino Médio. Algumas respostas podem ser visualizadas a seguir:

QI5 (E7): *transferência de elétrons entre átomos.*

QI5 (E8): *É onde tal elemento em sua reação pode ganhar ou perder elétrons.*

QI5 (E9): *Transferência de elétrons entre átomos, íons ou moléculas.*

QI5 (E25): *Algo ligado ao oxigênio, porém não sei explicar o que seja.*

Com base na avaliação do questionário inicial, a etapa 2 foi aplicada, apresentando estruturas químicas de compostos considerados poluentes emergentes, imagem que caracteriza um semicondutor, esquema de ativação do semicondutor para a fotocatalise heterogênea e exemplos de catalisadores utilizados para este processo. Todas as discussões verbais foram direcionadas para sanar dúvidas e propiciar conhecimento no que tange ao ensino de Química e sua correlação com o cotidiano e demais áreas do conhecimento. As perguntas foram feitas para os estudantes e respondidas em conjunto com eles, “pois aquilo que ficou nas entrelinhas, agora deverá ser problematizado e retomado, na busca de uma contextualização mais

aprofundada, crítica, totalizadora e concreta” (Geraldo, 2009, p. 157 e 158).

As imagens dos corantes alimentícios, o *Ponceau 4R* (*Color Index* - CI 16255) e a *Tartrazina* (*Color Index* - CI 16185) foram utilizadas para exemplificar os poluentes emergentes por se tratar de substâncias presentes no cotidiano dos alunos em doces, gomas de mascar, geléias, pudins, sucos, mostarda, refrigerantes, medicamentos e cosméticos, entre outros. Questionados verbalmente sobre os efeitos adversos à saúde humana e ao meio ambiente destes corantes, os alunos relataram não ter conhecimento dos efeitos à saúde humana, mas atribuíram à desastres ecológicos como o lançamento dessas substâncias em recursos hídricos. Observou-se a partir da análise das respostas dos estudantes, que as concepções prévias da maioria a respeito do tema proposto atribuem-se como perigoso o descarte inadequado de compostos químicos e que necessita de cuidados para assegurar a proteção de todos.

Com relação à estrutura química destes corantes, foram apresentados os estudos referentes à estabilidade química devido a presença da ressonância, através do deslocamento dos elétrons no grupo cromóforo, sendo responsável pela resistência à degradação biológica, dificultando a remoção de cor quando lançados em efluentes gerados por indústrias alimentícias. Outro fator observado nas estruturas foi a presença de grupos sulfônicos caracterizados pela presença do grupo funcional $-SO_3H$ que apresenta alta solubilidade em água. Através desta exposição, o aluno E27 expressou “*Qual tratamento é responsável por decompor estas substâncias?*”. A partir desta pergunta, foi apresentado o mecanismo de ação da fotocatalise heterogênea como tecnologia promissora para o tratamento dos poluentes emergentes, visto que tratamentos convencionais de tratamento de água não conseguem eliminar estes poluentes devido suas baixas concentrações e alta resistência que deriva de sua estabilidade química (Peralta-Zamora, 2012).

Conforme analisado pelas respostas fornecidas à Q11, foi necessário a explicação e análise do que é um semicondutor e como é ação fotoquímica deste. Na Figura 1a, apresenta-se uma ilustração da imagem que apresenta a diferença entre materiais condutores, semicondutores e não condutores e um esquema simplificado para a fotoativação de um semicondutor em fotocatalise heterogênea foi apresentado na Figura 1b.

Utilizando a Figura 1a, foi apresentado o semicondutor e a relação com os materiais isolantes e condutores. Os semicondutores são sólidos geralmente cristalinos de condutividade elétrica intermediária entre condutores e isolantes. Um dos exemplos utilizados de semicondutor foi o TiO_2 é um semicondutor amplamente utilizado em fotocatalise heterogênea.

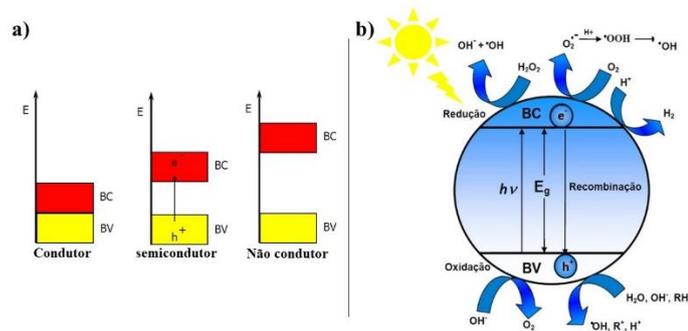


Figura 1: a) Esquema mostrando a diferença entre materiais condutores, semicondutores e não condutores. b) Esquema simplificado para a fotoativação de um semicondutor a partir de energia solar. Fonte: (Machado et al., 2012).

A Figura 1b foi explicada detalhadamente e através disso a equação química 1 foi reescrita com o auxílio dos alunos, através de discussões verbais, com a finalidade de fixar o processo químico da fotocatalise representado através dessa equação. Os produtos da equação 1, são resultados dos processos de oxidação que ocorrem na banda de valência do fotocatalisador, em que chamamos de mineralização, estes são os produtos de interesse em uma reação de fotocatalise, pois revela que a carga orgânica presente nos poluentes orgânicos foi completamente destruída.

Buscando apresentar a fotocatalise como tecnologia sustentável, foi relatado o uso da energia solar para ativação do semicondutor. A conversão de energia solar por via fotocatalítica chama atenção devido a possibilidade de produzir, de forma sustentável, combustíveis e outros produtos químicos valiosos, bem como ser aplicada para remediação ambiental (França et al., 2016).

Na 3ª etapa da SD, a aplicação do conhecimento, não houve atribuição de notas, uma vez que os estudantes ainda estão em processo de aprendizagem e é interessante deixar os educandos participarem de forma espontânea. Dos 27 estudantes participantes inicialmente, 20 responderam à atividade final. Provavelmente a desmotivação dos 7 participantes em responder essa atividade deu-se pelo fato de que os estudantes estejam sobrecarregados, pois tem sido motivo de muitas queixas o excesso de atividades assíncronas no Sistema Remoto Emergencial.

Na atividade final, representada pelo texto, verificamos que ainda os alunos não conseguiram explicar com clareza a definição de um semicondutor, provavelmente pelo tempo curto de aplicação da SD e profundidade do tema. No entanto, observamos que os estudantes conseguiram associar o uso do semicondutor à fotocatalise ambiental e utilizaram exemplos de compostos.

Também podemos observar nos trechos dos textos apresentados a seguir, concepções mais elaboradas sobre a fotocatalise heterogênea e sua importância para degradação de poluentes emergentes, bem como a atribuição das reações de oxido-redução e importância dos radicais livres neste processo.

Trecho do texto (E12): *Fotocatálise heterogênea se baseia em um aumento da velocidade de uma fotoreação usando um catalisador. Seu princípio consiste na ativação de semicondutor por luz solar ou artificial.*

Trecho do texto (E10): *Inicialmente, o princípio do uso da fotocatalise heterogênea é onde envolve a ativação de um semicondutor por luz solar ou artificial. Ela apresenta grande potencial de aplicação como método de descontaminação na fase aquosa, onde a fotocatalise heterogênea tem potencialidade de aplicação à remediação de solos e águas contaminadas.*

Trecho do texto (E13): *A importância é que ele é um ótimo, já que ela é um tipo de fotoreação, com alto poder de oxiredução, através da utilização do composto TiO_2 , por este motivo este mesmo processo vem sendo utilizado para remediações dos sistemas aquáticos*

Podemos inferir com base na atividade final que os conceitos químicos ampliaram seu conhecimento e proporcionaram senso crítico, trazendo novas perspectivas. Isso se deve às discussões relacionadas as questões problematizadoras com o uso de questionamentos verbais e utilizando a contextualização baseadas em temas ambientais durante a aula para motivação da turma. A motivação foi percebida através do interesse em perguntar ou não, e a participação dos alunos durante os encontros. Apesar de algumas questões do QI não terem sido respondidas por alguns alunos, durante a explicação a maioria questionou e correlacionou com conteúdo já visto no curso. A motivação também pode ser percebida ao final da atividade, com 74% dos participantes respondendo essa atividade (Moraes e Do Carmo, 2016).

Considerações finais

A sequência didática desenvolvida proporcionou aos estudantes do 2º ano do curso Técnico em Química, além dos conceitos científicos inerentes à Química ambiental, a explorar os conhecimentos do cotidiano e inseri-los em discussões próprias das Ciências.

Na primeira etapa da SD, os estudantes tiveram a oportunidade de conhecer uma problemática recente da poluição de recursos hídricos.

A partir da segunda etapa, foi possível sanar as dúvidas decorrentes do questionário inicial e contextualizar a importância da fotocatalise para o cotidiano do aluno, visto que as

questões ambientais interferem e são habitualmente abordadas em nossas vidas.

Na terceira e última etapa da SD, os alunos puderam verificar seus conhecimentos adquiridos ao longo dos encontros através da confecção de textos relativos ao tema, adicionando formas aprimoradas de seus conhecimentos prévios e inserindo novas informações obtidas na SD. Houve um reconhecimento da importância ambiental que o conhecimento Químico pode promover, uma vez que os meios de tratamento de água são importantes para a vida da população.

A partir dos resultados obtidos, considera-se que a aplicação da atividade “As contribuições de uma sequência didática sobre fotocatalise heterogênea para o ensino de Química” uma ferramenta auxiliar e complementar para o processo de ensino-aprendizagem no ensino de Química, contribui para a aprendizagem dos alunos.

Referências

ATHINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. **Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**. Bookman, 2018.

BARBOSA, L. S.; PIRES, D. A. T. A importância da experimentação e da contextualização no ensino de ciências e no ensino de química. **Revista CTS IFG Luziânia**, n. 1, p. 1-11, 2016.

CHEQUER, F. M. D.; OLIVEIRA, G. A. R.; FERRAZ, E. R. A.; CARDOSO, J. C.; ZANONI, M. V. B.; OLIVEIRA, D. P. Textile dyes: dyeing process and environmental impact. In: GÜNAY, M. (Ed.). **Eco-Friendly textile dyeing and finishing**. Rijeka: InTech, 2013. p.151-176.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. e PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências fundamentos e métodos**. 4 ed. São Paulo: Cortez, 364p. 2011.

FRANÇA, M. D.; SANTOS, L. M.; SILVA, T. A.; BORGES, K. A.; SILVA, V. M.; PATROCINIO, A. O. T.; TROVÓ, A. G.; MACHADO, A. E. H. Efficient Mineralization of Paracetamol Using the Nanocomposite TiO₂/Zn(II) Phthalocyanine as Photocatalyst. **Journal of the Brazilian Chemical Society** v. 26, n. 7, p. 1094-1102, 2016.

GERALDO, A. C. H. **Didática de ciências naturais na perspectiva histórico-crítica**. Campinas, São Paulo: Autores Associados, 2009.

IFG –INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS. **Projeto pedagógico do curso técnico em química integrado ao ensino médio em tempo integral** (2015). Disponível em: <http://cursos.ifg.edu.br/info/tecint/tecnico-quimica/CP-URUACU>. Acesso em 17 de novembro de 2020.

KATO, D. S. e KAWASAKI, C. S. As concepções de contextualização do ensino em documentos curriculares oficiais e de professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 1, 2011.

LEITE, L. R.; LIMA, J. O. G. O aprendizado da química na concepção de professores e alunos do ensino médio: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, n. 243, p. 380-398, 2015.

MACHADO, A. E. H.; SANTOS, L. M.; BORGES, K. A.; BATISTA, P. S.; PAIVA, V. A. B.; MÜLLER JR., P. S.; OLIVEIRA, D. F. M.; FRANÇA, M. D. Potential applications for solar photocatalysis: from environmental remediation to energy conversion. In: BABATUNDE, E. B. (Ed.). **Solar Radiation**. Rijeka: InTech, 2012. p.339 - 378.

MINAYO, M. C. de S. **Análise qualitativa: teoria, passos e fidedignidade**. Ciência & saúde coletiva, v. 17, p. 621-626, 2012.

MORAES, R.; DO CARMO GALIAZZI, Ma. **Análise textual: discursiva**. Editora Unijuí, 2016.

OLIVEIRA, D. F. M.; BATISTA, P. S.; MULLER, P. S.; VELANI, V.; FRANCA, M. D.; DE SOUZA, D. R.; MACHADO, A. E. H. Evaluating the effectiveness of photocatalysts based on titanium dioxide in the degradation of the dye Ponceau 4R. **Dyes and Pigments**, v. 92, n. 1, p. 563-572, 2012.

PERALTA-ZAMORA, P.; VAZ, S. R. DURIGAN, M. A. B. Degradação de poluentes emergentes por processos Fenton e foto-Fenton. **Química Nova**, v. 35, n. 7, 2012.

PINTO F. S.; SOUZA, J. R. T.; VALENTE, J. A. DE S. E CARVALHO, R. H. Análise de competências e habilidades de itens associados ao ensino de Química na prova de Ciências da Natureza do Enem aplicados nos anos de 2013 a 2016. **Brazilian Journal of Development**, n. 2, p. 7358-7366, 2020.

POZO, J. I.; CRESPO, M. Á. G. **A aprendizagem e o Ensino de Ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. Artmed, 2009.

SANTOS, W. L. P. dos. **Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios**. Revista brasileira de educação, v. 12, n. 36, p. 474-492, 2007.

SANTOS, W. L. P. dos.; GALIAZZI, M. C.; PINHEIRO JUNIOR, E. M.; SOUZA, M. L.; PORTUGAL, S. **O enfoque CTS e a Educação Ambiental: Possibilidades de ambientalização da sala de aula de ciências**. In: SANTOS, W.L. P.; MALDANER, O. A (org.). Ensino de Química em Foco. Ijuí: Unijuí, 2011.

TROVÓ, A. G. **Fotodegradação de fármacos por processos oxidativos avançados utilizando fonte de irradiação artificial e solar: Avaliação química e toxicológica**. Instituto de Química Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2009. 198 p.