

EXPLORAÇÃO DAS POTENCIALIDADES DO USO DE ESTUDOS DE CASO COMO FERRAMENTA METODOLÓGICA A PARTIR DA RESOLUÇÃO DO CASO "ÁGUA QUE NEM PASSARINHO BEBE"

Andressa Vital dos Santos¹
Luiz Alberto Santos Ferreira²
Vinícius Antonio Balbino Barbosa³
Silvia Helena Cardoso⁴

RESUMO

A metodologia ativa Estudos de Caso (EC) apresenta diversas vantagens por permitir a inserção do aluno em uma narrativa relevante à sua realidade prática, enquanto desenvolve nele habilidades importantes a sua cidadania. A difusão deste método nas universidades de todo o mundo se deu a partir das potencialidades que ele apresenta. Neste trabalho, foi proposta uma resolução para um EC intitulado *Água que nem passarinho bebe*, que se trata da contaminação de águas subterrâneas por compostos BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos). A partir de levantamento bibliográfico e discussões entre a equipe e a orientadora do trabalho, chegou-se à conclusão de que o método mais viável seria o de biorremediação.

Palavras-chave: BTEX, Contaminação, Remediação, Estudos de Caso.

INTRODUÇÃO

O uso de Estudos de Caso (EC) desperta o interesse como uma metodologia ativa utilizada no Ensino de Ciências por possibilitar o desenvolvimento de habilidades importantes no contexto educativo. A partir do envolvimento dos estudantes na resolução de uma problemática envolta por uma narrativa, o EC permite que os alunos possam aprimorar competências que dizem respeito ao pensamento crítico e à argumentação. Além disso, viabiliza a construção de uma base teórica eficiente e coesa, a partir do incentivo a pesquisas bibliográficas em fontes fidedignas. O EC oportuniza ainda o protagonismo do aluno e sua interação com questões sociais e ambientais que exercem influência na sua realidade prática.

Para a construção deste trabalho, foi realizado um levantamento bibliográfico em diferentes fontes, tal como Periódicos Capes, revistas e sites, de modo a obter fundamentação

¹ Graduanda do Curso de Química – Licenciatura da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, andressa.santos@arapiraca.ufal.br;

² Graduando do Curso de Química – Licenciatura da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, luiz.alberto@arapiraca.ufal.br;

³ Graduando do Curso de Química – Licenciatura da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, vinicius.balbino@arapiraca.ufal.br;

⁴ Doutora do Curso de Química pela Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF, silvia.cardoso@arapiraca.ufal.br.

teórica e metodológica para a resolução e discussão do caso, ampliando de forma crítica e construtiva o saber científico pela ótica do caso a ser resolvido. A partir disso, levando em conta os resultados obtidos e o conhecimento prévio construído durante o curso de graduação, surgiram ideias que poderiam auxiliar a alcançar uma resolução do caso "Água que nem passarinho bebe", que trata da contaminação da água subterrânea da cidade de Joinville, em Santa Catarina, por compostos BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos), provavelmente pelo vazamento de tanques antigos de postos de combustíveis presentes na cidade. Neste sentido, foram selecionadas três técnicas possíveis de solução para o problema de descontaminação da água, a saber adsorção por carvão ativado (CA), oxidação química e a biorremediação, utilizando-se o conceito de remediação.

Assim, este trabalho teve como objetivos 1) propor uma ou mais soluções para o estudo de caso escolhido, de acordo com a realidade exposta na narrativa do caso; 2) realizar levantamento bibliográfico sobre o tema estudado; 3) desenvolver habilidades e competências que proporcionem o desenvolvimento de conhecimentos específicos e atitudinais nos estudantes; 4) incentivar a colaboração por meio de trabalho em equipe; 5) analisar as vantagens da utilização do Estudo de Caso como metodologia aplicada ao Ensino de Química.

REFERENCIAL TEÓRICO

O grande interesse pela metodologia do Estudo de Caso (EC) surgiu a partir da necessidade de ferramentas que permitam que o ensino esteja entrelaçado com a realidade prática do aluno, dando a ele a possibilidade de reconhecer a importância das Ciências da Natureza no seu cotidiano, e que permitam, também, o desenvolvimento de habilidades extremamente necessárias à futura atuação como profissional.

Salette Linhares Queiroz, uma das pesquisadoras responsáveis pela difusão do método de Estudo de caso no Brasil, discute em seu livro *Estudos de Caso Aplicados ao Ensino de Ciências da Natureza* o processo de desenvolvimento e divulgação do EC a partir do seu sucesso como ferramenta pedagógica na formação de profissionais da saúde na Universidade de Manchester, em Ontário – Canadá, na década de 1960. O método surgiu como uma variante do método Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) e acabou alcançando universidades de diversos países graças ao seu potencial como ferramenta pedagógica, sendo divulgado em periódicos importantes como *Journal of College Science Teaching* e *Journal of Chemical Education*.

A difusão do método de Estudo de Caso no Brasil se deu principalmente pelo Grupo de Pesquisas Em Ensino de Química de São Carlos (GPEQSC). O grupo divulga artigos e materiais voltados ao uso de EC no Ensino de Química, incluindo casos investigativos que tratam de variadas situações-problema.

A aplicação do método se dá a partir do desenvolvimento de uma sequência didática que gira em torno de uma narrativa. Essa narrativa trata de situações reais, que exigem do aluno a capacidade de entender o problema, analisar suas causas e propor soluções que contemplem os objetivos do caso. É um método que põe o estudante em situações em que ele é “incentivado a se familiarizar com personagens e circunstâncias mencionados em um caso, de modo a compreender os fatos, valores e contextos nele presentes com o intuito de solucioná-lo” (SÁ *et al.*, 2007, p. 731).

A popularização do EC no Ensino de Ciências representa a possibilidade de trabalhar conteúdos formativos, em que os alunos não só entram em contato com o conteúdo e as informações importantes relacionadas a ele, mas também a possibilidade de promover o desenvolvimento de habilidades essenciais para o exercício de sua cidadania.

Considerando, então, as necessidades impostas pelos novos modelos de ensino e as habilidades e competências que o EC pode desenvolver nos alunos, foi proposta a resolução do caso *Água que nem passarinho bebe*, de autoria de Adriana C. Queiroz, Andréia F. Afonso e Pietra Mori. Para melhor compreendê-lo, foi necessário buscar e filtrar informações sobre os compostos BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos), que correspondiam à principal problemática do caso escolhido.

Os compostos BTEX pertencem ao grupo dos hidrocarbonetos monoaromáticos e estão entre os contaminantes mais relacionados a desastres de poluição ao meio ambiente. Apresentam grande perigo devido à sua alta mobilidade em água, solo e ar. São altamente tóxicos e sua contaminação na natureza se dá, principalmente, por meio de derramamentos e vazamentos de gasolina em locais onde existem postos de combustíveis. A contaminação de águas subterrâneas por compostos BTEX é perigosa para o ser humano graças à toxicidade destes compostos, causando danos para a saúde humana como convulsões, complicações cardíacas, envenenamento severo, náuseas, vômito, dentre outros efeitos.

METODOLOGIA

O método de Estudo de Caso (EC) foi aplicado durante as disciplinas de Projetos Integradores 5 e Projetos Integradores 6, do curso de Química da Universidade Federal de

Alagoas - *Campus* Arapiraca. Inicialmente, foi proposta a divisão da turma em equipes. Através de um sorteio, foram formadas 9 equipes com 3 alunos cada, de modo a manter a paridade. Após a formação das equipes, foi proposta a análise e seleção do estudo de caso por equipe e, a partir da seleção, a determinação da necessidade de proposição de uma ou mais soluções. Nesta perspectiva, a equipe acessou o endereço eletrônico <http://www.gpeqsc.com.br/>, pertencente ao Grupo de Pesquisas em Ensino de Química do Instituto de Química de São Carlos (GPEQSC), um dos grupos responsáveis pela divulgação de estudos de caso no Ensino de Ciências e o caso “Água que nem passarinho bebe”, com autoria de Queiroz, Afonso e Micheletti, que trata da contaminação de águas subterrâneas por postos de combustível, foi selecionado.

Após a seleção do caso, a equipe iniciou um levantamento bibliográfico a respeito do tema gerador. O levantamento foi realizado na base de dados Periódicos Capes, a qual possui acervo de textos que compreendem trabalhos acadêmicos e científicos, bem aceitos na sociedade acadêmica. Essa plataforma permite o acesso a diversos materiais no meio eletrônico, democratizando o acesso ao conhecimento científico.

Nesta plataforma, foram realizadas pesquisas utilizando as seguintes palavras-chaves: btex e água; btex e contaminação; btex e remediação, que forneceram 76, 27 e 16 artigos, respectivamente, sendo necessário realizar uma filtração dos resultados para possibilitar a seleção dos trabalhos mais atuais e pertinentes ao tema. Após a adoção do critério de filtração, sendo esse por tempo de publicação (2010-2021), foi obtido um número consideravelmente menor de resultados, exibindo agora 46 materiais para as palavras-chaves btex e água, 20 para btex e contaminação e 14 para btex e remediação.

A partir da seleção dos artigos e trabalhos na plataforma da Capes o grupo levantou hipóteses de solução específica do caso, investigou a viabilidade das propostas em reuniões periódicas com a orientadora, selecionou o melhor caminho até construir a proposta para a resolução do caso em questão. Finalmente as propostas foram apresentadas pelas equipes, por videoconferência, à classe, bem como foi produzido um manuscrito no fim das duas disciplinas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram selecionados inicialmente 5 artigos. Em seguida, outras fontes forneceram mais 8 artigos e 5 dissertações e teses que foram utilizados para subsidiar a proposta de resolução

do caso e permitiram a expansão do acervo da equipe. Os cinco trabalhos encontrados estão organizados na Tabela 1, com seus respectivos autores, palavras-chave e datas de publicação.

Fonte e Data	Palavras-chave	Título	Autores
Periódicos Capes; Eng. Agríc., Jaboticabal (2010)	gasolina, contaminação, barreiras reativas.	Ação dos meios Reativos Peróxido de Hidrogênio e Carvão Ativado na Remediação de Solos Contaminados por BTEX.	LOURENÇO, E. S. O.; CARDOSO, D. L.; MATEUS, F. H.
Periódicos Capes; Rev. Ambient. Água (2014)	contaminação da água potável, microextração líquido-líquido.	Análise de BTEX em água: comparação entre duas colunas cromatográficas.	CARVALHO, D. A. C. <i>et al.</i>
UTFPR (2016)	BTEX. Sodium Persulfate. ISCO. Oil Contamination. Groundwater.	Aplicação in-situ de persulfato de sódio para oxidação de BTEX em áreas contaminadas por hidrocarbonetos derivados do petróleo.	RITSER, D. R.; BATTISTINI, F.
Teses USP (2017)	BTEX. Biodegradação. Vias metabólicas.	Avaliação da capacidade de biodegradação de benzeno, tolueno, etilbenzeno e isômeros de xileno por bactérias isoladas de área contaminada.	OLIVEIRA, L.
Periódicos Capes; Revista Águas Subterrâneas (2013)	Áreas contaminadas, Amostragem de água subterrânea, Bailer, Baixa vazão, Amostragem passiva.	Avaliação e Comparação dos Métodos mais Utilizados para Amostragem de BTEX em Água Subterrânea e sua Eficácia no Gerenciamento de Áreas Contaminadas.	LIMA, M. P. <i>et al.</i>
Scielo – Eng. Sanitária e Ambiental (2009)	Biorremediação; gasolina; etanol; nitrato; BTEX; águas subterrâneas	Biorremediação de águas subterrâneas impactadas por gasolina e etanol com o uso de nitrato.	COSTA, A. H. R.; NUNES, C. C.; CORSEUIL H. X..
Scielo - Cad. Saúde Pública (2002)	Poluição da Água; Indicadores de Contaminação; Contaminação	Estudo da contaminação de poços rasos por combustíveis orgânicos e possíveis consequências para à saúde pública no Município de Itaguaí, Rio de Janeiro, Brasil.	SILVA, R. L. B. S. <i>et al.</i>

Periódicos UFRJ (2013)	Carvão Ativado Granular, Regeneração.	Estudo da regeneração com NaOH em carvão ativado saturado utilizado no tratamento de efluentes de refinaria de petróleo.	MACHADO, Larisse Maria de Oliveira
RBECT - Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia (2013)	Estudo de Caso; ensino de funções orgânicas; desenvolvimento de habilidades.	Estudo de Caso: uma proposta para abordagem de funções da Química Orgânica no Ensino Médio	ALBA, Juliana; SALGADO T. D. M.; PINO, J. C. D..
Periódicos Capes; Rev. Ambient. Água (2017)	água subterrânea, hidrocarbonetos, licenciamento ambiental, passivo ambiental.	Gerenciamento de áreas contaminadas por postos de combustíveis em Cuiabá, Mato Grosso, Brasil.	LIMA, S. D. L. <i>et al.</i>
Associação Brasileira de águas subterrâneas (2013)	Investigações forenses; água subterrânea; Idade da fonte; Gasolina; Etanol; Modelagem.	Investigações forenses e a estimativa da idade da fonte em áreas contaminadas por gasolina com etanol.	MULLER C. C.; ROSARIO, M.; CORSEUIL, H. X..
UFPA (2012)	Adsorção, Carvão Ativado, Benzeno.	Modificação da Superfície de Carvão Ativado Comercial (CAG) para a Aplicação na Adsorção de Benzeno e Tolueno.	C LOPES, Anna Sylmara
Periódicos Capes (2009)	----	Novas Tecnologias de Ativação para Oxidação Química In Situ com Persulfato de Sódio.	BLOCK, P. A.; BROWN, R. A.; ROBINSON, D.
e-xacta (2014)	Protocolo, Biorremediação, Corpos d'água	Protocolo Para Biorremediação de Águas Contaminadas por Petróleo e Derivados.	ARAÚJO. A. M. <i>et al.</i>
Revista HOLOS - IFRN - Instituto Federal do Rio Grande do Norte (2017)	Adsorção, Carvão Ativado, Processo.	Remoção do óleo da água produzida utilizando o carvão ativado comercial.	D.A. ARAÚJO <i>et al.</i>
XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS (2007)	água subterrânea; derivados de petróleo; técnicas de remediação.	Técnicas para Remediação de Aquíferos Contaminados por Vazamentos de Derivados de Petróleo em Postos de Combustíveis.	COUTINHO, R. C. P.; GOMES, C. C.

REGET/ Periódicos UFSM (2012)	Biodegradação. Micro-organismos. Poluentes. Educação Ambiental	Uso de Microrganismos para a Biorremediação de Ambientes Impactados.	PEREIRA, A. R. B.; FREITAS D. A. F..
Revista de Biotecnologia & Ciência (2018)	Biorremediação, Poluentes, Microrganismos, <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .	Uso de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> para biodegradação de poluentes contaminantes de água.	PINHO, A C <i>et al.</i>

Tabela 1: Materiais bibliográficos utilizados na construção da resolução.

Considerando a seleção dos trabalhos realizados anteriormente os quais estão dispostos na Tabela 1, a fundamentação teórica para a resolução do caso foi construída estabelecendo uma base de informações a partir de monografias, artigos e dissertações, na qual foi encontrado três formas de remediação associadas ao caso, sendo aplicado a que melhor se incorporou a proposta. Esses materiais foram utilizados tanto para o direcionamento do trabalho da equipe na busca pela solução do caso, como na obtenção de informações específicas que diziam respeito aos conteúdos relacionados à problemática.

Estratégias para a resolução do caso

Após o levantamento bibliográfico realizado, foram selecionadas para investigação três técnicas de remediação: o uso de carvão ativado, a oxidação química, e a biorremediação.

A utilização do carvão ativado (CA) se dá pelo método de adsorção. Este fenômeno ocorre quando há o contato entre um sólido (neste caso o CA) e uma fase fluida — podendo ser tanto gasosa quanto líquida. Conforme Lopes (2012), quando este contato acontece, o soluto desloca-se até a superfície do sólido. A adsorção realizada pelo CA é física e isto o torna em um adsorvente que pode ser reutilizado após a regeneração, porém, segundo Machado (2013), com repetidas regenerações realizadas, o CA tem o seu potencial de adsorção enfraquecido.

De acordo com Ritser e Battistini (2016), diversas pesquisas têm sido realizadas com a finalidade de investigar a possibilidade da utilização de Processos Oxidativos Avançados (POAs) na remediação *in situ* em áreas contaminadas. A oxidação química baseia-se na utilização de compostos químicos altamente oxidantes nessas áreas, com a finalidade de degradar os compostos poluentes em substâncias não tóxicas e comumente encontradas na natureza. Segundo Block *et al.* (2009), o persulfato de sódio se apresenta como um dos

oxidantes que provocam interesse pela eficiência ao ser utilizado nesse processo, podendo destruir vasto conjunto de contaminantes de solo e água subterrânea. O composto oxidante é reduzido ao aceitar elétrons liberados a partir da oxidação da substância alvo. A oxidação química de compostos orgânicos como o BTEX provoca a sua conversão em compostos como dióxido de carbono e água. A oxidação pode também ser parcial, na qual os compostos podem ser parcialmente oxidados a substâncias mais biodegradáveis como aldeídos, álcoois, cetonas e ácidos carboxílicos. Porém, devido a curta persistência de uns oxidantes, o contaminante as vezes acaba não sendo totalmente degradado, e utilizar oxidantes mais fortes levanta questões de segurança em relação ao manuseio. Ela pode ser utilizada tanto como tratamento único ou como pré-tratamento, associada a outra técnica de remediação, como a biorremediação.

A biorremediação vem sendo avaliada como uma alternativa mais vantajosa para solucionar os impactos ambientais gerados pelos contaminantes provenientes do petróleo, tanto por ser uma técnica de baixo valor agregado, quanto por se tratar de um procedimento natural, realizado por plantas ou microrganismos que são lançados em corpos d'água como ferramentas de remediação (ARAÚJO et al. 2014).

A técnica tem por finalidade minimizar, através da degradação dessas substâncias, os efeitos causados pela poluição, e tornar mais rápida a extração dos agentes contaminantes sem agredir o meio ambiente. Como descrito por Pereira & Freitas (2012), os produtos finais de uma biorremediação efetiva, são água e gás carbônico, compostos que não apresentam toxicidade e que podem ser incorporados ao ambiente sem prejuízo aos organismos vivos. A biorremediação pode ser feita *in situ* e *ex situ*, dependendo da periculosidade associada ao transporte do contaminante.

Para analisar a eficiência de cada método, foram comparados aspectos como custo, tempo necessário para a remediação e os impactos que o método pode causar. Os três métodos apresentam níveis altos de eficiência, exibindo resultados satisfatórios para a descontaminação de águas subterrâneas por BTEX, de acordo com o levantamento bibliográfico realizado.

Conforme afirmado por Pinho (2018), muitos microrganismos são utilizados para a biodegradação de gasolina, óleo diesel e resíduos de petróleo. *Pseudomonas* compreende o gênero mais abundante e em termos ecológicos o grupo de bactérias mais significativo do nosso planeta, a espécie *P. aeruginosa* tem sido sugerida por sua capacidade metabólica e pode ser empregada para a biorremediação, pois a partir de condições muito específicas, esta bactéria produz um biossurfactante, chamado por ramnolipídeo. Sendo um surfactante de origem microbiana, os ramnolipídeos apresentam propriedades físico-químicas e tensoativas

que lhes conferem um amplo espectro de aplicação. Outra espécie comumente utilizada do gênero das *pseudomonas*, é a *putida*, obtendo bons resultados na degradação de gasolina comercial por bactérias desta espécie.

Todos os compostos BTEX podem ser degradados por microrganismos aeróbios e a degradação pode ser descrita pelas seguintes reações gerais: benzeno ($C_6H_6 + 7,5O_2 \rightarrow 6CO_2 + 3H_2O$), tolueno ($C_7H_8 + 9O_2 \rightarrow 7CO_2 + 4H_2O$) e etilbenzeno e isômeros de xileno ($C_8H_{10} + 10,5O_2 \rightarrow 8CO_2 + 5H_2O$); sendo mineralizados a dióxido de carbono e água a partir de reações de oxidação-redução. Como descrito por Oliveira (2017), neste processo os hidrocarbonetos atuam como agentes redutores, doando elétrons, e o oxigênio molecular atua como agente oxidante, recebendo os elétrons. A adição de oxigênio a aquíferos contaminados é geralmente necessária para garantir a biodegradação dos compostos, visto que muitos aquíferos contaminados com petróleo e derivados são anaeróbios devido às baixas taxas de difusão do oxigênio e ao consumo das baixas concentrações de oxigênio pela respiração microbiana. O processo ocorre a partir da incorporação de moléculas de oxigênio nos compostos BTEX, a partir de reações de oxidação mediadas por enzimas *oxigenase*. As vias de degradação para os compostos BTEX são feitas por dois grupos de enzima: as dioxigenases e as monoxigenases. As dioxigenases atacam o anel aromático formando compostos 2-hidroxi. Já as monoxigenases atacam os substituintes metil ou etil do anel aromático, que podem ser transformados por várias oxidações em pirocatecóis ou fenilxioal, respectivamente.

Na oxidação do benzeno, o primeiro processo é a hidroxilação, catalisada por uma dioxigenase. A presença de um grupo substituinte no anel (metil, etil) possibilita dois mecanismos: ataque às cadeias laterais ou oxidação do anel aromático. Ambos mecanismos levam a formação de intermediários de catecol, como o 3-metilcatecol e 3-etilcatecol. Estes intermediários de catecol podem, conseqüentemente, ser clivados por uma enzima catecol 1,2-dioxigenase ou por uma enzima catecol 2,3-dioxigenase. O anel aberto pode então ser degradado, produzindo compostos de baixo peso molecular, como piruvato e acetaldeído, que podem ser oxidados via ciclo de Krebs.

Assim, a biorremediação provou ser a solução mais sustentável, *eco-friendly* e com alto custo-benefício dentre as técnicas consideradas.

Percepções da Equipe a Respeito do Estudo de Caso

O processo de resolução do Estudo de Caso contribuiu por auxiliar a equipe a observar a relevância dos conteúdos estudados em sala de aula, incentivando a aprendizagem de maneira simples, relevante e duradoura. Durante a execução do EC, foi possível perceber como o conhecimento científico adere à realidade do indivíduo, com interdisciplinaridade e contextualização, tornando o conteúdo menos teórico, de modo que a linguagem científica se associa ao conhecimento empírico para a formulação de resoluções criativas, eficazes e bem empregadas em um caso fictício.

Ademais, a partir da análise de metodologias como o EC, em comparação com a abordagem clássica de ensino, foi possível observar o desenvolvimento de habilidades cognitivas dos componentes do grupo. Isto se dá, parcialmente, pelo fato de que durante a resolução de um estudo de caso fomos inseridos na narrativa apresentada, não só para solucionar a problemática, mas também para poder compreendê-la em sua total magnitude. Contudo, o resultado não se mostra apenas de modo individual, o uso dos estudos de caso, ainda proporcionou aos integrantes da equipe a possibilidade de interagir entre si, auxiliando assim, no desenvolvimento de habilidades sociais e colaborativas do indivíduo enquanto ser social.

Desse modo, além de oferecer meios para o desenvolvimento do protagonismo, criticidade e habilidades de raciocínio e cooperação, os EC mostram potencial de conectar os alunos às questões sociais e ambientais de sua realidade prática, contemplando temas de alta importância socioambiental e científica. São essas potencialidades desenvolvidas pelo método de EC que o fazem ser uma ferramenta altamente desejável em contexto escolar, visto que contemplam toda a vivência do aluno como ser humano.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando em conta a análise e comparação da eficiência dos métodos apresentados, pode-se afirmar que os objetivos do trabalho foram contemplados pela solução proposta. Foi possível propor uma solução eficiente para o estudo de caso, a partir de levantamento bibliográfico e da colaboração entre os integrantes da equipe e a orientadora, enquanto desenvolvemos habilidades e competências. O uso do estudo de caso na construção de conhecimento científico foi muito positivo por promover a interação com o objeto de estudo de maneira contextualizada e atual, permitindo a discussão dos conceitos e métodos científicos que poderiam ser utilizados para a resolução do caso escolhido. Por outro lado, foi necessário dedicar quantidade considerável de tempo para a resolução do caso, que exigiu

levantamento bibliográfico, levantamento de hipóteses, discussões sobre quais métodos eram possíveis e quais eram mais viáveis para a situação analisada. Em suma, o uso de estudo de caso para o desenvolvimento da pesquisa foi muito proveitoso e permitiu o aprimoramento de habilidades de pensamento crítico e de resolução de problemas.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, Ana Mara. *et al.* Protocolo Para Biorremediação de Águas Contaminadas por Petróleo e Derivados. **E-Xacta**, Belo Horizonte, v. 7, n. 1, p. 55-63, 31 maio 2014.
- BLOCK, P. A.; BROWN, R. A.; ROBINSON, D. Novas Tecnologias de Ativação para Oxidação Química In Situ com Persulfato de Sódio. *Águas Subterrâneas*, [S. l.], v. 1, 2009. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22094>. Acesso em: 25 ago. 2021.
- BOSSI, Marlon Lima. *et al.* Avaliação e comparação dos métodos mais utilizados para amostragem de BTEX em água subterrânea e sua eficácia no gerenciamento de áreas contaminadas. **Águas Subterrâneas**, São Paulo, dez. 2013.
- CARVALHO, Danielle de Almeida. *et al.* Análise de BTEX em água: comparação entre duas colunas cromatográficas. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [S.L.], v. 9, n. 1, p. 149-160, 26 mar. 2014. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrograficas (IPABHi).
- MULLER, Camila Correia; ROSARIO, Mario do; CORSEUIL, Henry Xavier. **INVESTIGAÇÕES FORENSES E A ESTIMATIVA DA IDADE DA FONTE EM ÁREAS CONTAMINADAS POR GASOLINA COM ETANOL**. *Águas Subterrâneas*, [S.L.], v. 27, n. 3, p. 88-100, 21 dez. 2013. Lepidus Tecnologia.
- COSTA, Ana Hilda Romero; NUNES, Cristina Cardoso; CORSEUIL, Henry Xavier. Biorremediação de águas subterrâneas impactadas por gasolina e etanol com o uso de nitrato. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.L.], v. 14, n. 2, p. 265-274, jun. 2009. FapUNIFESP (SciELO).
- COUTINHO, R. C.; GOMES, C. C. Técnicas para remediação de aquíferos contaminados por vazamentos de derivados de petróleo em postos de combustíveis. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/e8d4cbabe081d15db94e34b6f4ced288_c28f9077c5a2df48c3fbcca60de14314.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2021.
- CURBELO GARNICA, Alfredo Ismael et al. **REMOÇÃO DO ÓLEO DA ÁGUA PRODUZIDA UTILIZANDO O CARVÃO ATIVADO COMERCIAL**. *HOLOS*, [S.l.], v. 8, p. 12-31, dez. 2017. ISSN 1807-1600. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/5891>>. Acesso em: 18 abr. 2021.
- LIMA, Suzy Darley de. *et al.* Gerenciamento de áreas contaminadas por postos de combustíveis em Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. *Ambiente e Agua - An Interdisciplinary*

Journal Of Applied Science, [S.L.], v. 12, n. 2, p. 299, 22 fev. 2017. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrograficas (IPABHi).

LOPES, Anna Sylmara da Costa. **Modificação da Superfície de Carvão Ativado Comercial (CAG) para a Aplicação na Adsorção de Benzeno e Tolueno.** 2012. 91 f. Dissertação (mestrado) - Curso de Engenharia Química, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.

LOTTERMANN, Selbach Ágatha; PRESTES, Daniel Daniele; AZEVEDO, Ribeiro Daniel das Chagas de; GREFF, Passos Camila. O método de Estudos de Caso na promoção da argumentação no Ensino Superior de Química: uma revisão bibliográfica. **Química Nova na Escola**, [S.L.], v. 43, n. 1, p. 38-50, fev. 2021. Sociedade Brasileira de Química (SBQ).

LOURENÇO, Edneia S. de O.; CARDOSO, Décio L.; MATEUS, Fabiano H. Ação dos meios reativos peróxido de hidrogênio e carvão ativado na remediação de solos contaminados por BTEX. **Engenharia Agrícola**, [S.L.], v. 30, n. 1, p. 130-137, fev. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-69162010000100014>.

MACHADO, Larisse Maria de Oliveira. ESTUDO DA REGENERAÇÃO COM NaOH EM CARVÃO ATIVADO SATURADO UTILIZADO NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE REFINARIA DE PETRÓLEO. 2013. 130 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

OLIVEIRA, Luciana de. **Avaliação da capacidade de biodegradação de benzeno, tolueno, etilbenzeno e isômeros de xileno por bactérias isoladas de área contaminada.** 2017. 88 f. Tese (Doutorado) - Curso de Biologia, Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

PEREIRA, Aline Ramalho Brandão; FREITAS, Diego Antônio França de. Uso de microorganismos para a biorremediação de ambientes impactados. **Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Minas Gerais, v. 6, n. 6, p. 975-1006, 2012.

PINHO, Ana Clara Dantas de *et al.* **Uso de Pseudomonas aeruginosa para biodegradação de poluentes contaminantes de água.** Revista de Biotecnologia & Ciência, Goiás, v. 7, p. 8-16, 10 maio 2018. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/biociencia/article/view/6866>. Acesso em: 05 maio 2021.

RITSER, Douglas Renan; BATTISTINI, Felipe. Aplicação in-situ de persulfato de sódio para oxidação de BTEX em áreas contaminadas por hidrocarbonetos derivados do petróleo. 2016. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Processos Ambientais) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

SÁ, Luciana Passos; FRANCISCO, Cristiane Andretta; QUEIROZ, Salette Linhares. Estudos de Caso em Química. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 731-739, mar. 2007.

SILVA, Rosimar Lima Brandão. *et al.* Estudo da contaminação de poços rasos por combustíveis orgânicos e possíveis conseqüências para a saúde pública no Município de Itaguaí, Rio de Janeiro, Brasil. Cadernos de Saúde Pública, [S.L.], v. 18, n. 6, p. 1599-1607, dez. 2002. FapUNIFESP (SciELO).