UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL

***CAMPUS* ARAPIRACA**

QUÍMICA – LICENCIATURA

ANDRESSA VITAL DOS SANTOS

RELATO DE EXPERIÊNCIA SOBRE A APLICAÇÃO DA METODOLOGIA APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS (ABP) NO CURSO DE QUÍMICA DA UFAL PARTINDO DA RESOLUÇÃO DO CASO "ÁGUA QUE NEM PASSARINHO BEBE"

ARAPIRACA

2024

Andressa Vital dos Santos

Relato de experiência sobre a aplicação da metodologia Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) no curso de Química da UFAL partindo da resolução do caso “Água que nem passarinho bebe”

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), apresentado ao Curso de Química Licenciatura da Universidade Federal de Alagoas - Campus Arapiraca, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Licenciada em Química.

Orientadora: Prof.ª Dr.ª Silvia Helena Cardoso.

Arapiraca

2024

Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus Arapiraca
Biblioteca Setorial *Campus* Arapiraca - BSCA

S237r Santos, Andressa Vital dos
Relato de experiência sobre a aplicação da metodologia Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) no curso de Química da UFAL partindo da resolução do caso "Água que nem passarinho bebe" [recurso eletrônico] / Andressa Vital dos Santos. – Arapiraca, 2024.
49 f.: il.

Orientadora: Prof.ª Dr.ª Sílvia Helena Cardoso.
Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Universidade Federal de Alagoas, *Campus* Arapiraca, Arapiraca, 2024.
Disponível em: Universidade Digital (UD) / RD- BSCA– UFAL (*Campus* Arapiraca).
Referências: f. 41-46.
Anexos: f. 47-49.

1. Biorremediação. 2. Ensino de química. 3. Estudo de caso. 4. BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos). I. Cardoso, Sílvia Helena. II. Título.

CDU 54

Bibliotecário responsável: Nestor Antonio Alves Junior
CRB-4 / 1557

Andressa Vital dos Santos

Relato de experiência sobre a aplicação da metodologia Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) no curso de Química da UFAL partindo da resolução do caso "Água que nem passarinho bebe"

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Alagoas – Campus Arapiraca, como requisito parcial a obtenção do título de Licenciada em Química.

Data de aprovação: 06/02/2024

Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente
SILVIA HELENA CARDOSO
Data: 01/04/2024 09:12:52-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof.ª Dr.ª Silvia Helena Cardoso
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus Arapiraca
(Orientadora)

Documento assinado digitalmente
IARA TERRA DE OLIVEIRA
Data: 12/05/2024 01:54:57-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof.ª Dr.ª Iara Terra de Oliveira
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus Arapiraca
(Examinadora)

Documento assinado digitalmente
DIOGENES MENESES DOS SANTOS
Data: 02/04/2024 08:06:19-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Diógenes Meneses dos Santos
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus Arapiraca
(Examinador)

A ele, que dedicou seu tempo, sua coragem e força para me ajudar, que é minha maior saudade e me impele a seguir em frente, Adren (*in memoriam).*

AGRADECIMENTOS

Rendo graças e louvores ao bom Deus pela minha vida, coragem e força. À Maria Santíssima por ser meu espelho de doçura, serviço e amor. "*Tuus totus ego sum, et omnia mea, tua sunt*".

Aos meus pais, em especial à minha mãe, Maria, pelo exemplo de caráter e lealdade sem igual.

Aos meus irmãos Adren (*in memorian*), Adriana e Allef pelos grandes e pequenos esforços, que sem eles, com certeza eu não estaria aqui.

À Universidade Federal de Alagoas pela oportunidade de formação acadêmica e profissional. À Pró-Reitoria Estudantil da Universidade pelo apoio financeiro.

À minha orientadora Prof.ª Dr.ª Silvia Helena Cardoso por quem tenho grande admiração e agradeço imensamente pelas orientações e por tudo que aprendi ao decorrer deste curso.

Aos meus professores, em especial aqueles que me concederam espaço na Iniciação Científica: Profº Me. Anderson Francisco Vitorino no projeto FLY-LIBRAS; Profª Drª Iara Terra de Oliveira no Programa Residência Pedagógica (PRP) e Prof. Dr. Rafael Saraiva Nunes no projeto Meninas na Biorrefinaria.

Aos meus colegas de turma, em especial Luiz e Vinícius que estiveram comigo na construção inicial do manuscrito e me ajudaram na resolução do caso. Que enorme privilégio foi formarmos uma equipe!

Agradeço ao meu amigo e cunhado Valdenir por sua contribuição na leitura deste trabalho, bem como pela motivação e confiança nos meus esforços.

Aos meus alunos, que me impulsionam a me tornar uma professora melhor todos os dias.

Por fim, agradeço a todos que de forma indireta puderam tornar possível esse momento.

Deus abençoe a todos!

RESUMO

O presente trabalho trata-se de um relato de experiência a respeito da implementação da metodologia Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) como uma proposta para o Ensino Superior de Química na Universidade Federal de Alagoas (UFAL). A proposta metodológica foi aplicada no semestre 2020.1, ao decorrer do sexto e sétimo período em uma turma de Química Licenciatura, no contexto das disciplinas de Projetos Integradores 5 e 6. Então, utilizou - se uma variante do método ABP, que denomina - se Estudo de Caso (EC), na qual o estudante empenha-se na resolução de um caso proposto, aplicado ao seu contexto social e contemplando assuntos da área em estudo. A partir de uma abordagem problematizadora, o caso simula um acontecimento e posiciona o estudante de forma ativa para solucionar a situação. O caso em análise foi "água que nem passarinho bebe" desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Ensino de Química do Instituto de São Carlos (GPEQSC) e escolhido de forma arbitrária pelo nosso grupo composto por 3 integrantes. A partir da escolha do caso, organizamos tarefas de pesquisas pelo Periódico Capes e em outras fontes, selecionamos artigos, monografias e teses, levando em conta a viabilidade temática para subsidiar noções de pesquisa bibliográfica. Sequencialmente, começamos a investigação para solucionar o caso que se tratava de uma contaminação em águas subterrâneas por compostos oriundos do petróleo, como Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e os isômeros de Xileno (BTEX). Dos possíveis caminhos e vias de degradação, três formas de remediação foram escolhidas: Carvão Ativado, Oxidação Química e Biorremediação. Esta última foi escolhida como proposta para a resolução do caso, por ser uma técnica mais vantajosa tanto pela via de degradação dos compostos associados quanto pelo custo financeiro. Por fim, o uso de metodologias ativas como o ABP/EC possibilita que o professor trabalhe com uma abordagem menos conteudista. A proposta surge como uma ferramenta didática eficiente que possibilita o desenvolvimento de habilidades como capacidade de trabalhar em grupo, pensamento crítico, resolução de problemas, autonomia, investigação, estratégia, pesquisa e produção. Competências essas, que favorecem a compreensão dos conteúdos de Química pelos estudantes, dentro e fora dos ambientes universitários.

Palavras-chave: estudo de caso; BTEX; biorremediação; ensino de química.

ABSTRACT

This work is an experience report regarding the implementation of the Problem-Based Learning (PBL) methodology as a proposal for Higher Education in Chemistry at the Universidade Federal de Alagoas (UFAL). The methodological proposal was applied in the 2020.1 semester, during the sixth and seventh period in a Chemistry Degree class, in the context of the disciplines of Integrative Projects 5 and 6. Then, a variant of the ABP method was used, which is called Study Case Study (CS), in which the student strives to solve a proposed case, applied to their social context and covering issues in the area under study. Using a problematizing approach, the case simulates an event and positions the student actively to resolve the situation. The case under analysis was "water that not even a bird drinks" developed by the Grupo de Pesquisa em Ensino de Química do Instituto de São Carlos (GPEQSC) and chosen arbitrarily by our group made up of 3 members. From the choice of the case, we organize research tasks through Periódico Capes and other sources, we select articles, monographs and theses, taking into account thematic feasibility to support notions of bibliographic research. Sequentially, we began the investigation to solve the case that involved contamination in groundwater by compounds originating from petroleum, such as Benzene, Toluene, Ethylbenzene and Xylene isomers (BTEX). Of the possible degradation pathways and pathways, three forms of remediation were chosen: Activated Carbon, Chemical Oxidation and Bioremediation. The latter was chosen as a proposal for resolving the case, asit is a more advantageous technique both in terms of the degradation of the associated compounds and the financial cost. Finally, the use of active methodologies such as ABP/EC allows the teacher to work with a less content-based approach. The proposal appears as an efficient teaching tool that enables the development of skills such as the ability to work in groups, critical thinking, problem solving, autonomy, investigation, strategy, research and production. These skills favor the understanding of chemistry content by students inside and outside university environments.

Key - words: case study; BTEX; bioremediation; chemistry teaching.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1- Fórmulas moleculares dos compostos Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos (BTEX).....20
Figura 2 - Diagrama de orbitais em cadeias abertas e fechadas.....21
Figura 3 - Ilustração do método de adsorção do carvão ativado.....24

LISTAS DE QUADROS

Quadro 1 - Materiais bibliográficos obtidos do Periódico Capes.....33
Quadro 2 - Materiais bibliográficos obtidos de outras fontes.....34
Quadro 3 - Indagações para a produção do manuscrito.....36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetro físico-químico de coeficiente de partição para os hidrocarbonetos.....22
Tabela 2 - Estequiometria da degradação aeróbica dos compostos BTEX.....27

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABP	Aprendizagem Baseada em Problemas
BTEX	Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos
CA	Carvão Ativado
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EC	Estudo de Caso
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
PBL	Problem Based Learning
TDIC	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
USEPA	United States Environmental Protection Agency

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....12

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....14

2.1 ENSINO SUPERIOR DE QUÍMICA.....14

2.2 METODOLOGIA APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS.....16

2.3 ESTUDO DE CASO.....18

2.4 POTENCIAL DO ESTUDO DE CASO NO ENSINO DE CIÊNCIAS E DE QUÍMICA.....18

2.5 CONCEITOS DE QUÍMICA IMPORTANTES PARA A RESOLUÇÃO DO CASO 19

2.5.1 Compostos Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos (BTEX).....19

2.5.2 Técnicas de Remediação da Contaminação por BTEX.....23

2.5.2.1 *Carvão Ativado*.....23

2.5.2.2 *Oxidação Química*.....25

2.5.2.3 *Biorremediação*.....26

3 OBJETIVO GERAL.....28

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....28

4 JUSTIFICATIVA.....29

5 METODOLOGIA.....31

5.1 IDENTIFICAÇÃO DO ESPAÇO DE PESQUISA, PÚBLICO E DO CASO EM ESTUDO.....31

5.2 CAMINHOS PARA A RESOLUÇÃO DO CASO.....31

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....33

6.1 LEVANTAMENTO DE DADOS EM PERIÓDICOS.....33

6.2 PRODUÇÃO DO MANUSCRITO PARA O VII CONEDU.....36

6.3 INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA.....37

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....39

REFERÊNCIAS.....40

ANEXO A - ESTUDO DE CASO: ÁGUA QUE NEM PASSARINHO BEBE....46

ANEXO B - CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO NO VII CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO.....48

1 INTRODUÇÃO

A Química, considerada por muitos discentes e docentes uma ciência de difícil compreensão e interpretação, tem aplicações em muitas esferas da sociedade, a começar pelos processos mais triviais e comuns do cotidiano, como o amadurecimento de frutas à técnicas um pouco mais sofisticadas como separação de misturas no âmbito industrial e remediação de espaços ambientais. A Química, portanto, está em tudo que consumimos, que utilizamos ou que fazemos uso de forma direta ou indireta.

Trata-se de uma ciência que possui uma linguagem própria, que com suas fórmulas, equações e símbolos exige do discente e/ou docente, curiosidade, um certo grau de abstração e capacidade investigativa e crítica muito maior que a maioria das disciplinas. Por exigir habilidades múltiplas, a Química apresenta certo teor de dificuldade para a maioria dos alunos, sejam eles do nível básico ou superior.

Essas dificuldades podem estar associadas ao tipo de ensino tradicional utilizado, sendo esta a abordagem de muitos professores, esse modelo de ensino é precisamente pouco dialogado e descontextualizado com a realidade vivenciada, o professor torna-se um expositor que conduz a sala de aula e os alunos meros espectadores, cuja as ideias são muitas vezes inibidas pelas do professor, que executa a aula como um monólogo (Escrivão Filho; Ribeiro, 2008).

O ensino dito tradicional leva o aluno a uma dependência do material didático e ao domínio apenas dos conteúdos trabalhados em sala de aula, cujos os professores não dialogam a respeito de seus conhecimentos empíricos e contextos sociais (Faria; Souza Neto, 2020)

No entanto, apesar da Química ser uma ciência que exige alto nível de intelectualidade, é, na perspectiva de Alves (1933), uma especialização, um refinamento de potenciais comuns, essencial a todos os homens dotados de racionalidade.

Desse modo, mostra-se necessário que o professor seja capaz de adotar variados tipos de metodologias, especialmente, ativas e mais dinâmicas, as quais poderão promover mudanças didáticas que sejam capazes de manter o aluno comprometido com o seu processo de ensino aprendizagem. Como dito por Bacich e Moran (2018): “A vida é um processo de aprendizagem ativa, de enfrentamento de desafios cada vez mais complexos”, nesse sentido a escola e a universidade deve estar preparada para ensinar esses indivíduos a atuarem na sociedade e enfrentar esses desafios.

Portanto, instigados por investigar como metodologias distintas da tradicional, tal como o Estudo de Caso (EC) versado sob a metodologia Aprendizagem Baseada em

Problemas (ABP), poderiam surgir como propostas para o Ensino Superior em Química. A seção de revisão da literatura trará informações que possam nortear para o posterior uso dessa metodologia, elencando sobre (i) o uso de metodologias ativas no Ensino Superior; (ii) o potencial do EC para o ensino de Ciências e de Química; (iii) e a problematização do tema "EC", fomentando subsídios para resolução de um caso.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ENSINO SUPERIOR DE QUÍMICA

A Universidade no Brasil é um espaço que vem contribuindo para a produção do conhecimento e para a socialização do saber em diversas áreas do país (Fávero, 1999). Ela própria protagoniza e torna - se o vetor de desenvolvimento social, educacional e econômico, ampliando sua missão básica institucional, aprimorando o desenvolvimento da pesquisa e da extensão, através de práticas inovadoras para resolução de problemas e a abertura de novas possibilidades na sociedade (Audy, 2017).

O ingresso no Ensino Superior é um marco na vida dos estudantes, pois possibilita que estes se engajem em novos e aprimorados conhecimentos para obter uma carreira profissional. Seja ele graduando em licenciatura ou bacharelado, o Ensino Superior deve promover a universalidade da educação básica ao possibilitar a formação e a capacitação de profissionais, bem como propiciar a realização de pesquisas pedagógicas e desenvolvimento de atividades de extensão (Brasil, 1996, Art. 43).

Deste modo, ao estimular a criação e reflexão do pensamento científico e incentivar trabalhos de pesquisa, o Ensino Superior torna-se o acesso a novas realidades educacionais. Nesse viés, segundo Zucco, Pessine e Andrade (1999), a universidade como geradora de intelectuais, docentes ou não, contribui para o contínuo desenvolvimento da humanidade bem como para a conformação de seu presente. E deve ser instrumento de ação e construção de um novo modelo de país.

Nessa perspectiva, de acordo com a Lei das Diretrizes e Bases da Educação (LDB), as universidades são instituições pluridisciplinares, que atuam na formação dos quadros dos profissionais por meio da pesquisa, da extensão e do domínio e cultivo do saber humano, e nesse sentido se caracterizam por sua produção intelectual e atuação na sociedade (Brasil, 1996, Art. 52).

Na graduação, adota-se três eixos estruturantes indissociáveis: pesquisa, ensino e extensão que se inter-relacionam nas mais variadas áreas do conhecimento. Esses três pilares juntos visam aproximar, articular e integrar as realidades sejam elas acadêmicas ou socioeconômicas, de modo que os conteúdos do curso sejam essencialmente fornecidos na formação inerente em todos os campos da vida social (Gifted, 2016).

Sabendo construir uma sintonia entre esses eixos, o graduando em licenciatura será capaz de adquirir e produzir conhecimento e articular o seu desenvolvimento pautado nas práticas pedagógicas utilizadas pelos professores.

Nesse contexto, cabe inferir que a universidade deve ser um espaço no qual os processos de aprendizagem visam ensinar o estudante "como aprender" determinados assuntos (Zucco; Pessine; Andrade, 1999), propiciando autonomia na prática pedagógica. Concretamente, como afirma Pereira (1999), as universidades devem assumir a formação do "professor investigador", um profissional dotado de uma postura interrogativa e que se revele um pesquisador de sua própria ação docente.

De acordo com o Projeto Pedagógico do Curso - PPC de Química da Universidade Federal de Alagoas Campus Arapiraca (2018, p. 16), o Ensino Superior em Química deve estar atrelado ao desenvolvimento de atitudes de confiança na capacidade de cada discente, deve contribuir para a formação ética dos alunos e na construção de conhecimentos conjuntos.

Além disso, encontram-se também no PPC do curso de Química Licenciatura a previsão de componentes curriculares e disciplinas que visam a aquisição de conhecimentos específicos, humanísticos, pedagógicos e de formação docente, além daqueles socioculturais e ambientais.

De fato, a universidade deve ser porta de acesso às novas habilidades que poderão ser desenvolvidas e empenhadas às competências adquiridas no decorrer da formação do futuro docente. Neste sentido, como afirma Seixas *et al.* (2017), "se a instituição e o projeto pedagógico do curso preveem que seus alunos sejam proativos, torna-se necessário adotar metodologias que propiciem o desenvolvimento nos alunos dessa postura de autonomia".

Portanto, a metodologia de ensino aprendizagem deve acompanhar os objetivos pretendidos pela instituição de ensino, bem como deve ser coerente com a aprendizagem dos alunos (Seixas *et al*., 2017). As perspectivas na formação dos graduandos, ultrapassam o domínio dos conteúdos e podem ser viabilizadas nas posturas e processos que constituem o desenvolvimento profissional (Polidori; Marinho-Araújo; Barreyro, 2006).

Pensar na utilização de metodologias ativas na formação do aluno universitário traz discussões e reflexões de extrema relevância. O docente contemporâneo, como afirma Borges e Alencar (2014), deve repensar a construção do conhecimento, na qual a mediação e interação são pressupostos essenciais. Pois as "metodologias podem favorecer a autonomia do educando, despertando a curiosidade, estimulando tomadas de decisões individuais e coletivas, advindos das atividades essenciais da prática social e em contextos do estudante" (Borges; Alencar, 2014).

Existem muitas possibilidades de metodologias ativas que o professor de Ensino Superior pode utilizar como ferramenta para democratizar o espaço em sala de aula, que vão desde aulas expositivas e dialogadas à dramatização, resolução de problemas, debates, leituras e interpretação (Borges; Alencar, 2014).

De acordo com Bacich e Moran (2018), as metodologias ativas se destacam por promover o protagonismo do aluno, seu envolvimento direto, participativo e reflexivo no processo de aprendizagem, experimentando, desenhando e criando com a orientação do professor. Trata-se de um pressuposto de aprendizagem tecnológica ativa que busca tornar o estudante mais ativo, rompendo com o ensino exclusivamente expositivo, imutável, repetitivo e não pensante (Silva; Silva Neto; Leite, 2020). A saber: sala de aula invertida, que é uma abordagem de ensino na qual os estudantes têm acesso aos conteúdos e as instruções utilizando - se das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação - TDIC, antes de frequentar as aulas (Bacich; Moran, 2018); gamificação, uma alternativa lúdica na qual a aprendizagem é alcançada por meio de jogos manuais ou tecnológicos; a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), que associa situações do cotidiano à uma problemática, na qual o aluno trabalha na resolução de uma situação - problema; dentre outros métodos muito eficazes.

No entanto, apesar de ter muitas vantagens quando comparadas ao ensino tradicional, as metodologias ativas enfrentam muitos problemas para a sua aplicação e o primeiro desses é conseguir motivar o aluno (Seixas, 2017, p. 586). Por se tratarem de métodos inovadores, os alunos podem ter uma postura de oposição à metodologia, já que estão acostumados ao modelo tradicional.

Com a utilização da gamificação no Ensino Superior, Fragelli (2018) afirma que, inicialmente, os alunos apresentaram estranheza, no entanto conforme a mecânica e dinâmica do jogo foi sendo apresentada, todos se mostraram receptivos e quiseram participar.

Por outro lado, muitos professores também podem estar habituados a ministrar aulas tradicionais, sentido insegurança ao tentar outros modelos de ensino. Outro fator importante, é o diálogo entre os agentes e gestores para promover a utilização de outras metodologias e a utilização de recursos tecnológicos como as TDICs, portanto ainda deve - se pensar em formação continuada de professores para que haja uma aprendizagem mais coerente com os avanços do mundo contemporâneo.

2.2 METODOLOGIA APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS

Na tentativa de adotar metodologias de ensino mais eficientes que permitissem que os alunos pudessem atuar de forma ativa na construção do seu processo de aprendizagem, surgiu a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), também conhecida como "Problem Based Learning" (PBL). Sua origem data de aproximadamente 30 anos, na Escola de Medicina da Universidade de McMaster, Ontário, sendo que por muito tempo ficou restrita à formação de profissionais da área médica (Sá; Queiroz,2007).

Trata-se de uma metodologia construtivista desenvolvida com o intuito de estimular o contato dos alunos com problemas reais do seu campo de atuação profissional ou simplesmente de sua vivência em sociedade, uma abordagem que prioriza as características de organização dos processos de aprendizagem enfatizando narrativas de cunho científico, ético, social e econômico (Nunes, 1990; Sá; Queiroz, 2007).

A ABP é essencialmente pautada em motivar a aprendizagem dos discentes e promover a adoção de habilidades e atitudes que possibilitem a construção do conhecimento ao invés de memorizá-lo (Escrivão Filho; Ribeiro, 2008). Na prática pedagógica defende uma abordagem por investigação, valorizando as concepções dos alunos e os lança em defesa da construção de suas próprias ideias.

Buscando propiciar saberes atualizados, a ABP sugere que "o ensino deve enfatizar questões como globalização, ética, treinamento em equipe interdisciplinar, necessidade de atualização e ampliação constantes dos conhecimentos, incluindo aspectos regionais", como descreve Sá e Queiroz (2007). Além disso, uma característica importante da ABP é que a situação-problema sempre necessitará de conceitos que levarão a solucioná-lo, portanto implica na busca por informações e conceitos, evidente que de forma autônoma e planejada, junto a docentes e profissionais especializados (Escrivão Filho; Ribeiro, 2008).

Saindo do ensino estritamente tradicional, que se conceitua por ser expositivo e passivo, na qual as aulas são centralizadas no professor, o método ABP, desafia os alunos por meio de problemas antes da apresentação da teoria buscando conduzi-lo por meio de pesquisas a propor soluções, propiciando, assim, que os alunos tenham autonomia para conduzir seu aprendizado e trabalhem em equipes (Escrivão Filho; Ribeiro, 2008).

Vale destacar que a aprendizagem por meio da transmissão é importante, mas a aprendizagem por questionamentos e experimentação é mais relevante, pois é capaz de gerar uma compreensão mais ampla e profunda dos conteúdos estudados em sala de aula (Bacich; Moran, 2018).

Portanto, o professor pode colaborar para o processo de aprendizagem adotando, a partir de um planejamento estruturado, diferentes estratégias de aprendizagem para abordar determinados conteúdos, propostas que podem ir muito além das observadas no modelo tradicional de ensino (Silva; Silva Neto; Leite, 2020).

2.3 ESTUDO DE CASO

O Estudo de Caso (EC) é uma variante do método ABP (Sá; Queiroz, 2007), que aplicados ao Ensino de Ciências emprega o uso de narrativas para explanar situações que simulem a vida real, para que os alunos busquem caminhos prováveis que levem a uma resolução adequada dos problemas elencados (Selbach *et al.,* 2021). Apresenta-se como uma nova maneira de despertar o interesse e o engajamento dos discentes no ensino-aprendizagem, e em maior grau possibilita o desenvolvimento de habilidades como argumentação, trabalho em equipe, leitura, escrita e outros (Sá; Queiroz,2010).

> Os EC podem propiciar a propagação do método que demonstra potencial para romper com a fragmentação do ensino, por intermédio de uma enorme gama de conteúdos e contextos da vivência dos alunos que os levam a ser protagonistas na construção do conhecimento (Selbach *et al.,* 2021).

Com o uso de metodologias como o EC, o estudante pode demonstrar tal nível de comprometimento e interesse que os professores relatam que há aumento da motivação e envolvimento, além de revelarem atitudes de perseverança, criatividade e pensamentos divergentes com seus pares (Sousa, 2018). Portanto, sua utilização traz ganhos notórios para a educação.

O objetivo do EC é tornar possível a capacidade de analisar criticamente e estabelecer relações entre o conhecimento científico e a abordagem humanística, proporcionando uma reflexão das estratégias de ensino com base na CTS - Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (Selbach *et al.,* 2021).

2.4 POTENCIAL DO ESTUDO DE CASO NO ENSINO DE CIÊNCIAS E DE QUÍMICA

O EC tem grande impacto no Ensino de Ciências e se revela muito promissor para o Ensino de Química (Selbach *et al.,* 2021), pois o crescente uso de narrativas investigativas reforçam a capacidade de argumentação (Sá; Queiroz, 2007) e favorece os alunos na capacidade discursiva (Selbach *et al.,* 2021).

Outrossim, a abordagem de discussões problematizadoras em sala de aula proporciona aos alunos maior envolvimento e comprometimento, favorecendo a capacidade reflexiva e o pensamento crítico sobre os contextos reais que se apresentam em sociedade (Silva; Silva Neto; Leite, 2020).

Vale ainda ressaltar que o EC, tem por principal particularidade a promoção de uma aprendizagem cooperativa, construtiva e ativa mediante a busca por novos conhecimentos, além do que estimula o auto estudo e proporciona trabalho em equipe (Carletto, 2016). Portanto, é inegável a sua importância como instrumento de investigação para o ensino de Ciências e de Química.

2.5 CONCEITOS DE QUÍMICA IMPORTANTES PARA A RESOLUÇÃO DO CASO

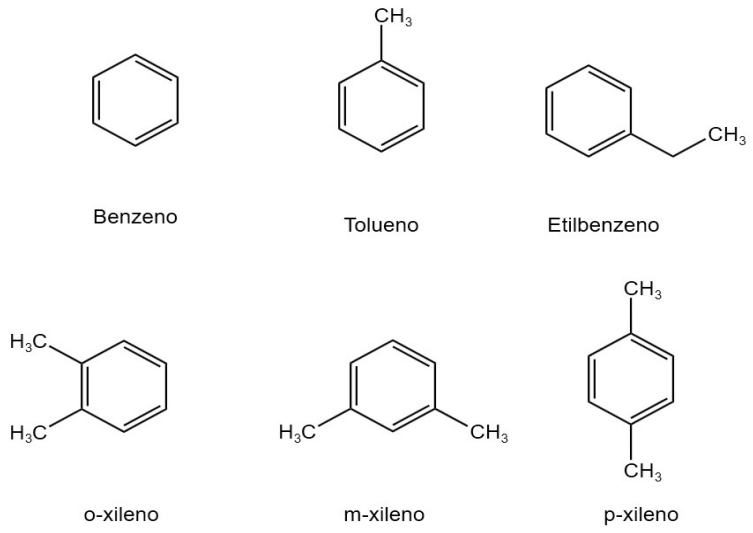
Nessa perspectiva, o caso trata da contaminação da água subterrânea, por compostos BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos), que estão entre os contaminantes mais relacionados a desastres de poluição ao meio ambiente. Estes compostos apresentam grande perigo devido a sua alta mobilidade em água, 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 estes compostos é perigosa para o ser humano devido à toxicidade.

Neste contexto, tivemos como objetivo analisar os compostos BTEX, bem como pesquisar os métodos mais viáveis para a descontaminação da água por estes poluentes, apontando, por fim, qual método seria o mais eficiente para a resolução do caso.

2.5.1 **Compostos Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos (BTEX)**

Os compostos BTEX são hidrocarbonetos monoaromáticos provenientes de petróleo (RITSER; BATTISTINI, 2016), entre estes compostos estão compreendidos o Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e uma mistura dos isômeros *orto*, *meta* e *para*-Xilenos, conforme apresentado na Figura 1. Considerados como poluentes orgânicos por apresentarem alto teor de toxicidade e alguns serem carcinogênicos muito perigosos, podem ser liberados pelo vazamento, derramamento ou acidentes envolvendo tanques de armazenamento de gasolina, causando, portanto, a contaminação do solo e da água subterrânea.

Figura 1- Fórmulas moleculares dos compostos Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos (BTEX).



Fonte: A autora (2024).

De acordo com a Resolução do conselho nacional do Meio Ambiente (Conama) 420/2009, o benzeno é considerado o mais tóxico dentre os BTEX com padrão de potabilidade de 5 $\mu g.L^{-1}$ (Brasil, 2009). Sendo amplamente utilizado na Indústria Química e empregado na produção de plásticos, borrachas, tintas, solventes e diversos outros produtos, a *United States Environmental Protection Agency* – USEPA, define o benzeno como um composto incolor, volátil, inflamável, responsável por vários efeitos tóxicos, incluindo depressão do sistema nervoso central, irritabilidade nos olhos e vias aéreas, sendo potencialmente cancerígeno com classificação A (USEPA, 2013).

A determinação estrutural do benzeno se deu por Kekulé em 1931, foi a estrutura que melhor o satisfez. Quimicamente, o benzeno consiste em uma substância orgânica planar, a qual possui um conjunto de átomos de carbono, cuja fórmula molecular é C_6H_6, em um sistema de elétrons π deslocalizados e alternância de ligações simples e duplas. No entanto, essa estrutura do benzeno apresenta mais estabilidade termodinâmica do que sugere a estrutura de Kekulé (Solomons; Fryhle, 1934).

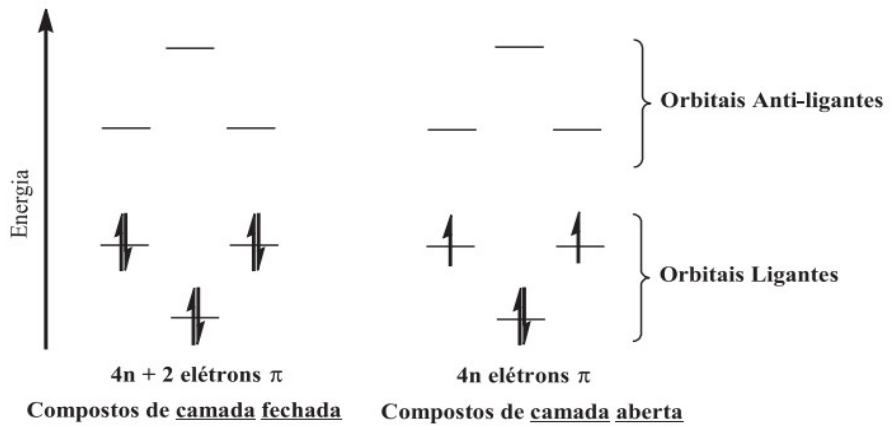
O Tolueno (C_7H_8) é amplamente empregado na Indústria Química para a fabricação de tintas, vernizes e outros produtos, no entanto apresenta riscos à saúde humana por provocar problemas neurológicos, hepáticos e renais. O Etilbenzeno (C_8H_{10}) é menos tóxico do que o

benzeno e o tolueno, mas pode provocar irritação nos olhos, pele e sistema respiratório. É utilizado, principalmente, como matéria-prima na Indústria Petroquímica. Apesar de serem menos perigosos que os demais, os isômeros principais *orto*-xileno, *meta*-xileno e *para*-xileno (C_8H_{10}) podem também causar doenças no fígado, rins e sistema nervoso e são empregados na Indústria Química para a produção de solventes, resinas e outros produtos (Rosales *et al.,* 2014). Todos são líquidos voláteis, inflamáveis, incolores e não carcinogênicos (USEPA, 2013). O padrão de potabilidade para esses compostos é de 700μg.L^{-1} para o tolueno, 300μg.L^{-1} para o etilbenzeno e 500μg.L^{-1} para os xilenos em solos e águas subterrâneas.

A aromaticidade desses compostos pode explicada por se tratarem de substâncias de cadeia fechada e obedecerem a regra de Huckel, 4n + 2 = $\boldsymbol{\pi}$, na qual "$\boldsymbol{\pi}$" deve ser o número de elétrons $\boldsymbol{\pi}$ que têm na estrutura e "n" um número inteiro. Como cada um desses compostos possuem um anel benzeno, eles dispõem de uma estrutura planar de cadeia fechada, na qual todas as ligações carbono - hidrogênio são equivalentes, com hibridizados do tipo sp^2. Nessa conformação cada átomo de carbono está ligado a outros três átomos em um ângulo de ligação de 120º, são compostos monoaromáticos com 6 elétrons $\boldsymbol{\pi}$ na sua estrutura ciclohexatrieno. Portanto, respeitando a regra de Huckel, "n" deve ser igual a 1.

Desse modo, Huckel sugere que compostos hidrocarbonetos cíclicos possuem uma estabilidade "extra" de energia por terem a camada de valência fechada e sem elétrons desemparelhados. Caramori *et al*. (2009) apresenta em seu estudo sobre aromaticidade a diferença entre os orbitais de compostos de cadeia aberta e fechada, identifica - se isso na figura abaixo.

Figura 2 - Diagrama de orbitais em cadeias abertas e fechadas.



Fonte: Adaptado de Caramori *et al*. (2009).

Segundo o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), esses componentes são absorvidos pelo organismo por inalação, ingestão acidental ou em contato com a pele e mucosas, causando efeitos severos no Sistema Nervoso Central, como dores de cabeça, tonturas, vômitos, dificuldade respiratória, arritmia cardíaca, coma e até a morte (INMETRO, 2012).

O grande problema ambiental se dá em razão desses compostos possuírem alta mobilidade na fração de gasolina, e quando atingem o lençol freático geram grandes danos à saúde pública que utiliza desse recurso hídrico (Lourenço *et al*., 2010).

Na formulação da gasolina, certo teor de etanol é aderido à fase da gasolina na tentativa de minimizar a poluição atmosférica oriunda da combustão desses compostos provenientes do petróleo. A gasolina no Brasil de acordo com a lei 9.478/1997 deve possuir uma fração entre 18% a 27,5% de etanol, que é miscível em água em qualquer proporção. Pelo efeito co-solvente, o etanol pode aumentar a solubilização e migração dos compostos BTEX, fator que aumenta a probabilidade de contaminação das águas subterrâneas (Tiburtius; Peralta-Zamora; Leal, 2004).

A grandeza que informa a tendência de um soluto se distribuir entre fases líquidas, corresponde ao *coeficiente de partição*, o parâmetro utilizado foi para octanol-água. O *coeficiente de partição* é, portanto, a razão entre as concentrações dos solutos nas fases da água e do octanol. Na tabela abaixo, adaptada de Tiburtius, Peralta-Zamora e Leal (2004 *apud* Watts *et al*., 2000) podemos visualizar o *coeficiente de partição* octanol-água para os compostos BTEX.

Tabela 1 - Parâmetro físico-químico de coeficiente de partição para os hidrocarbonetos.

COMPOSTO	SOLUBILIDADE EM ÁGUA (mg/L) [a]	Log Ka $^{a}_{ow}$
Benzeno	1760	2,12
Tolueno	532	2,72
Etilbenzeno	150	3,15
Xileno	163-185	2,95 - 3,26

Fonte: Adaptado de Tiburtius; Peralta-Zamora e Leal (2004).

Para subsidiar a proposta de resolução do caso, a qual apresentaremos nos resultados e discussões, foi realizado um levantamento bibliográfico acerca da problemática destacada no

caso “água que nem passarinho bebe". Com isso, foram encontrados uma quantidade significativa de métodos para sua resolução, dentre os que apareceram na pesquisa, foram escolhidos para investigação três técnicas de remediação: o uso de carvão ativado, a oxidação química e a biorremediação.

2.5.2 **Técnicas de Remediação da Contaminação por BTEX**

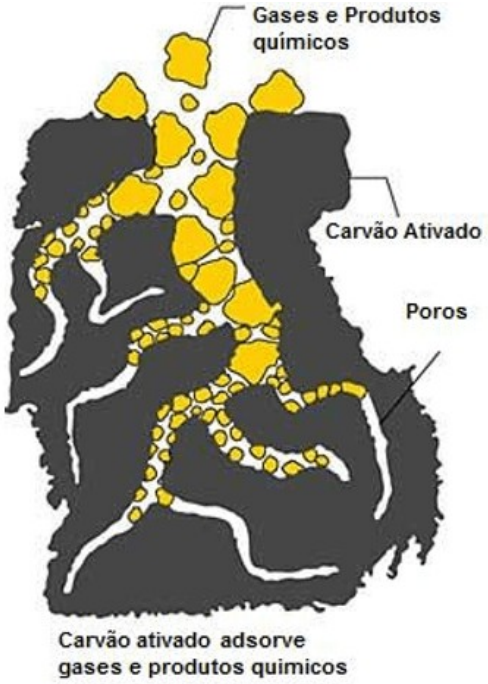
2.5.2.1 *Carvão Ativado*

A técnica que utiliza o carvão ativado (CA) ocorre pelo método de adsorção que permite reter efetivamente muitos materiais ou componentes indesejáveis na superfície do material. Por adsorção, entendemos como um processo de transferência de um ou mais constituintes de uma superfície de fase fluida para uma superfície de fase sólida, é, portanto, um fenômeno de superfície que ocorre por meio da afinidade entre as moléculas (Araújo *et al*., 2017).

O CA é produzido por meio da desidratação, seguida por carbonização e ativação de matérias-primas. Em escala comercial, geralmente de origem vegetal, pode –se utilizar madeira do pinus e do eucalipto em sua fabricação. Aliado a isso, estudos demonstram a eficiência do carvão ativado produzido por materiais agrícolas, como fibra de juta, torta de oliva, caroço e casca de nozes e caule de algodão (Werlang *et al.,* 2013)

Devido sua elevada área superficial e estrutura porosa, o carvão ativado atua na remoção de poluentes orgânicos, através da adsorção do poluente na superfície ativa dos poros (Machado, 2013). O CA é um material à base de carbono, projetado e processado para maximizar suas propriedades adsortivas, tal fenômeno ocorre quando há o contato entre um sólido (neste caso o CA) e uma fase fluida — podendo ser tanto gás quanto líquido, quando este contato acontece, o soluto desloca-se até a superfície do sólido de acordo com a figura 3.

Figura 3 - Ilustração do método de adsorção do carvão ativado.



Fonte: Ribas (2016).

A adsorção realizada pelo CA pode ser física (fisissorção), isto é, segundo Araújo *et al.* (2017), havendo forças mecânicas e efeitos atrativos por forças de Van der Waals ou dipolo-dipolo; pode ser química (quimissorção) que ocorre através de ligações químicas covalentes que se dá pelo compartilhamento de elétrons, e, iônicas, pela troca de elétrons durante o processo adsortivo (Araújo *et al*., 2017). A distinção pode simplesmente ser atribuída à natureza e intensidade das interações que ocorrem entre o material que adsorve e que é adsorvido (Mimura; Sales; Pinheiro, 2010). O CA é um adsorvente que pode ser reutilizado após a regeneração, porém, com repetidas regenerações realizadas, tem o seu potencial de adsorção enfraquecido. É utilizado de variadas maneiras e muito amplamente para a purificação da água.

O CA é objeto de estudo dos pesquisadores, por ser um eficiente adsorvente. Lopes (2012) utilizou duas variações do CA para realizar pesquisas experimentais para o tratamento em benzeno e tolueno. CA-1 (*in natura*) e CA-2 (tratado com ácido nítrico (HNO_3) para aumentar a quantidade de grupos oxigenados na sua área superficial). Considerando os adsorventes a base de CA, dados experimentais realizados por Lopes (2012) demonstraram a eficiência de 90% em cerca de 25 minutos após o contato, na remoção de poluentes orgânicos como o benzeno e tolueno.

No entanto, considerando a adsorção por CA-1 e CA-2, não há diferenças estatísticas significativas de eficiência (Lopes, 2012). Apesar da literatura, em outros trabalhos, considerar que a presença de grupos carboxílicos e grupamentos ácidos facilita a remoção de grupos aromáticos, o CA-2 neste trabalho consultado, não obteve desempenho superior ao *in natura* (Lopes, 2012).

2.5.2.2 *Oxidação Química*

A Oxidação Química, *in situ*, ISCO (do inglês: *in situ chemical oxidation*) é uma tecnologia baseada na introdução de agentes oxidantes em áreas contaminadas, como água subterrânea e solo, com a utilização de compostos químicos altamente oxidantes, como persulfato de sódio ($Na_2S_2O_8$), permanganato de potássio ($KMnO_4$), ozônio (O_3) e peróxido de hidrogênio (H_2O_2), essa técnica tem como finalidade degradar os compostos poluentes encontrados, em substâncias não tóxicas e comumente encontradas na natureza como dióxido de carbono, água e outros poluentes inorgânicos. O termo *in situ* propõe que a aplicação dos oxidantes se dá diretamente no meio contaminado, não sendo necessário a retirada de amostra.

A Oxidação pode também ser parcial, na qual os compostos podem ser parcialmente oxidados à substâncias mais biodegradáveis como aldeídos, álcoois, cetonas e ácidos carboxílicos. Porém, devido a curta persistência do oxidante, o contaminante às vezes acaba não sendo totalmente degradado.

Bertagi *et al.* (2021), demonstram a elevada capacidade do Persulfato de Sódio, especificamente do íon Persulfato (SO_4^{2-}), para a degradação de poluentes ambientais em solução aquosa, um agente químico que pode ser ativado em diversos processos que levam a formação de radicais fortemente oxidantes.

De acordo com Bertagi *et al*. (2021), o íon Persulfato pode reagir diretamente com alguns compostos orgânicos, como o Monóxido de Carbono (CO), gerando radical sulfato ($SO_4^{-\cdot}$) (Equação 1), portanto, a via de degradação começa no íon sulfato.

$$S_2O_8^{2-} + CO \rightarrow SO_4^{2-} + SO_4^{-\bullet} + CO \qquad (1)$$

$$S_2O_8^{2-} + CO \rightarrow 2\ SO_4^{-\bullet} + CO^{-} \qquad (2)$$

Vale destacar que deve - se ter cautela no manuseio desse material, em virtude da natureza Química, que são muito oxidantes e formam radicais extremamente reativos, como também nas características físico-químicas da matriz a ser remediada, nesse caso, águas subterrâneas (Bertagi *et al*., 2021).

Desse modo, utilizar oxidantes mais fortes levanta questões de segurança em relação ao manuseio. A oxidação química pode ser utilizada tanto como tratamento único ou como pré-tratamento, associada a outra técnica de remediação, como a biorremediação.

Outros agentes oxidativos, como Permanganato de Potássio ($KMnO_4$) e Peróxido de Hidrogênio (H_2O_2) foram utilizados para remediação de solos contaminados por Benzeno, o estudo foi realizado por Bragato e Tenório (2007) e revela que os compostos oxidantes possuem capacidade de degradar totalmente o benzeno.

2.5.2.3 *Biorremediação*

O uso de microrganismos (bactérias e fungos) como ferramenta de remediação de áreas contaminadas, é chamado de biorremediação (Pereira; Freitas, 2012). Uma técnica que tem a finalidade de minimizar a toxicidade através da degradação de substâncias. Os efeitos causados pela poluição podem ser reduzidos, além disso torna mais rápida a extração dos agentes contaminantes sem agredir o meio ambiente.

A biorremediação pode ser feita *in situ*, quando a remediação é efetivada na área contaminada, trata - se de uma técnica muito versátil podendo ser realizada sem causar danos, devido ao uso de materiais orgânicos (Araújo *et al*., 2014). Pode ser realizada também *ex situ,* quando uma matriz é retirada para ser tratada à parte, que fica a critério do quão perigoso é transportar o contaminante.

Os microrganismos obtêm nutrientes e energia das substâncias orgânicas a serem degradadas, transformando-as em dióxido de carbono e água (Coutinho; Gomes, 2007). A taxa de biodegradação depende de alguns fatores ambientais, a saber: as características do poluente, temperatura, pH, disponibilidade de nutrientes, adaptação microbiana e etc (Oliveira, 2017).

As características do poluente como solubilidade, volatilidade e coeficiente de partição são fatores que devem ser levados em consideração para a remediação da área contaminada (Oliveira, 2017). Quanto mais solúvel for o poluente e mais concentrado estiver, mais lenta será a sua degradação, em contrapartida quanto mais volátil for o composto mais rápida será a sua degradação, de maneira análoga, as taxas de degradação se intensificam com o aumento da temperatura.

O Potencial Hidrogeniônico (pH), também interfere na eficiência da biodegradação. Segundo Oliveira (1976 *apud* Verstraete *et al*., 2017) a atividade microbiana é melhorada em pHs próximos à neutralidade, do mesmo modo, os microrganismos precisam de nutrientes,

como nitrogênio, fósforo e potássio, para que consigam sobreviver. A adaptação microbiana diz respeito ao tamanho da população, na qual quanto maior for o número de microrganismos, mais rápido será a degradação do contaminante.

A degradação dos compostos BTEX pode ocorrer por via aeróbica, ou seja, na presença de oxigênio, ou anaeróbica, sem oxigênio. Segundo Oliveira (2017) "as oxidações biológicas ocorrem a partir da incorporação das moléculas de oxigênio em compostos orgânicos através de reações de oxidação mediadas por enzimas oxigenasse", por essa rota de degradação é necessário a presença de oxigênio. Muitos trabalhos, inclusive o de Oliveira (2017), demonstram que a degradação aeróbica dos compostos BTEX é mais rápida. A estequiometria da reação envolvida na degradação dos compostos BTEX segue abaixo.

Tabela 2 - Estequiometria da degradação aeróbica dos compostos BTEX

POLUENTE ORGÂNICO	REAÇÃO GERAL
Benzeno	$C_6H_6 + 7{,}5\ O_2 \rightarrow 6CO_2 + 3H_2O$
Tolueno	$C_7H_8 + 9O_2 \rightarrow 7CO_2 + 4H_2O$
Etilbenzeno e Isômeros de Xileno	$C_8H_{10} + 10{,}5O_2 \rightarrow 8CO_2 + 5H_2O$

Adaptado de: Oliveira (2000 *apud* Langwaldt e Puhakka, 2001 *apud* Cunningham *et al*., 2003 *apud* Villatoro-Monzon *et al.,* 2006 *apud* Roychoudhury e Merrett, 2017).

Em seu estudo, Pinho *et al.* (2018) utilizou a cepa de *Pseudomonas aeruginosa* para remediar amostras de água com o pH próximos à neutralidade, o trabalho analisou o controle do poluente pela bactéria em água potável e comprovou que a eficácia da sua utilização.

3 OBJETIVO GERAL

Apresentar um relato de experiência da aplicação da ABP como estratégia metodológica durante as disciplinas de Projetos Integradores 5 e 6 no curso de Química da UFAL, com o uso do caso “água que nem passarinho bebe”.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Pesquisar sobre a aplicação da ABP como metodologia de ensino;
- Discutir as potencialidades do uso de Estudo de Caso (EC) quando aplicado ao ensino de Química;
- Mapear as habilidades adquiridas na resolução do caso "água que nem passarinho bebe" através de um instrumento de pesquisa (questionário) no âmbito das disciplinas de PI5 e PI6;
- Relacionar e comparar as principais *expertises* adquiridas e desenvolvidas durante a resolução do caso.

4 JUSTIFICATIVA

Em um cenário de rápidas mudanças, em que a quantidade de informações é avassaladora, observamos o surgimento de novas exigências, impostas pela sociedade atual de modo a suprir as diferentes necessidades que surgem com o avanço da tecnologia. Nesse contexto, é cada vez mais evidente a importância do protagonismo do estudante no seu processo educativo. Existe, portanto, a necessidade de procurar alternativas eficientes que possam oferecer resultados mais consistentes que permitam o desenvolvimento de diversas potencialidades, como é o caso da utilização de estudos de caso.

O EC confere ao estudante o desenvolvimento de autonomia e tomada de decisões quando impõe a ele a necessidade de compreender a importância da pesquisa, a partir da contextualização, da mobilização de sua empatia e de um levantamento bibliográfico ampliado, realizado a partir de fontes confiáveis, na busca por informações relevantes para a resolução da situação-problema. Na graduação, o aluno tem acesso a conhecimentos que o formam e promovem-no habilidades para lidar com situações desafiadoras ao decorrer de sua profissão.

Grande parte dos estudantes, enxergam a Química como uma ciência estritamente descritiva, fundamentada em símbolos, fórmulas, reações e regras, pois, sujeitos a metodologias repetitivas e mecanizadas, não tiveram a oportunidade de entrar em contato com o real papel dessa ciência no cotidiano e na sociedade. Os professores precisam desenvolver atividades que ajudem o aluno a observar a relevância dos conteúdos estudados em sala de aula, e com isso incentivar a aprendizagem de maneira simples, relevante e duradoura.

Nesse viés, o ensino de ciências exige uma linguagem própria, bem elaborada e assertiva perante as noções do meio científico, mas também exige daquele que ensina uma linguagem acessível e de fácil compreensão. No EC o conhecimento científico adere à realidade do indivíduo, com interdisciplinaridade e contextualização, tornam 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, é possível observar o desenvolvimento de habilidades cognitivas dos estudantes. Isto se dá, parcialmente, pelo fato de que durante a resolução de um estudo de caso o aluno deve se inserir na narrativa que lhe foi 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 proporciona ao estudante a possibilidade de interagir com os colegas com os quais se tem pouco contato, 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, o método de EC mostra potencial de conectar os alunos às questões sociais e ambientais de sua realidade prática, contemplando temas de alta importância socioambiental e científica. Geograficamente, um caso que deseje apresentar uma problemática presente no Nordeste pode inserir o aparecimento de óleo nas praias de alagoas e de estados vizinhos, temática bastante intrigante que pode ser motivo de debate institucional, bem como da comunidade dos estudantes e professores que desejam contemplar propostas contextualizadas e comunicativas com a realidade local do nordeste do Brasil.

São essas potencialidades desenvolvidas pelo método de Estudo de Caso que o fazem ser uma ferramenta altamente desejável em contexto escolar, visto que contemplam toda a vivência do aluno como ser humano.

Desse modo, a metodologia do EC foi incorporada sendo uma experiência que norteou esse relato em formato de monografia. Cuja a análise acerca das habilidades e potencialidades adquiridas com a sua utilização, bem como a proposta de resolução do caso estão elencadas neste trabalho.

5 METODOLOGIA

5.1 IDENTIFICAÇÃO DO ESPAÇO DE PESQUISA, PÚBLICO E DO CASO EM ESTUDO

Através da disciplina de Projetos Integradores, à nós, estudantes do curso de Licenciatura em Química da UFAL nos períodos 5 e 6, foi proposto a utilização dessa metodologia de EC. Fomos divididos em 9 equipes, cada equipe composta por 3 alunos, que tinham como objetivo trabalhar na resolução de um caso. Utilizamos os estudos de caso dispostos no site http://www.gpeqsc.com.br/, pertencente ao Grupo de Pesquisas em Ensino de Química do Instituto de São Carlos (GPEQSC), que são estudantes de pós-graduação responsáveis pela divulgação de EC no Ensino de Ciências, com orientação da professora Salete Linhares de Queiroz produzem materiais como estudos de casos das mais amplas categorias.

Com isso, o caso "Água que nem passarinho bebe", com autoria de Queiroz, Afonso e Micheletti, que trata da contaminação de águas subterrâneas por postos de combustíveis, foi selecionado. O caso salienta que uma vez presente no lençol freático, os combustíveis causam grande prejuízo ambiental e sérios danos à saúde da população de Joinville, pois a água utilizada pelos moradores é oriunda de poços artesianos onde há contaminação.

O texto nos deixa, pistas para procurar métodos de remediação para solucionar o caso, entre elas, os sintomas apresentados pelos moradores e o laudo feito pela Central de Análises do Departamento de Química da Universidade Federal de Santa Catarina que alega a presença de hidrocarbonetos monoaromáticos, os compostos BTEX, e que, em tese, a contaminação se deu pelo vazamento de 64 postos de combustíveis.

Desse modo, qual método de remediação seria mais eficiente para solucionar o problema? E quais características desses compostos poderíamos levar em consideração na análise? Variadas outras proposições podem ser apresentadas, no entanto foi a partir destas que se basearam as nossas pesquisas, as quais foram realizadas em periódicos variados.

5.2 CAMINHOS PARA A RESOLUÇÃO DO CASO

Alguns materiais foram compartilhados conosco em reuniões quinzenais via *Google Meet* e fóruns de discussões foram abertos no AVA (*Moodle*) pela nossa orientadora (profª Silvia H Cardoso). Nesse espaço cada um de nós, estudantes, conseguimos expressar nossas

impressões sobre os materiais distribuídos, esclarecer dúvidas e fazer apontamentos sobre materiais estudados para a resolução do caso em questão.

Produzimos um resumo do livro "Estudo de Casos Aplicados ao Ensino de Ciências da Natureza" desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Ensino de Química do Instituto de São Carlos (GPEQSC), cuja leitura foi solicitada como material de apoio. Este resumo oportunizou entendimento sobre a metodologia EC, como produzir um bom caso e quais estratégias poderiam ser adotadas para fazer a resolução do caso.

Além das reuniões semanais, nossa orientadora procurou engajar-nos na proposta do EC e ensinar-nos a efetuar pesquisas bibliográficas em fontes fidedignas, como o Periódico Capes. Então, com o caso em mãos, iniciamos um levantamento bibliográfico a respeito do tema gerador, os compostos BTEX. O levantamento foi realizado na base de dados Periódicos Capes, no 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.

A partir da seleção dos artigos e trabalhos na plataforma da Capes e outros periódicos, levantamos hipóteses de solução específica do caso, investigamos a viabilidade das propostas em reuniões periódicas com a orientadora, selecionamos 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.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 LEVANTAMENTO DE DADOS EM PERIÓDICOS

Foram selecionados inicialmente 5 artigos na plataforma Periódico Capes. Em seguida, outras fontes, como o Google acadêmico, forneceram mais 8 artigos e 5 dissertações ou/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 no Periódico Capes estão organizados no Quadro 1.

Quadro 1 - Materiais bibliográficos obtidos do Periódico Capes.

FONTE E DATA	PALAVRAS-CHAVE	TÍTULO	AUTORES
Periódico 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. *et al*.
Periódico 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. *et al*.
Periódico 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. *et al.*
Periódico 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. *et al*.
Periódico Capes (2009)	----	Novas Tecnologias de Ativação para Oxidação Química In Situ com Persulfato de Sódio.	BLOCK, P. A. *et al*.

Fonte: A autora (2024).

Os artigos encontrados no Periódico Capes foram filtrados até o ano de 2021, no entanto os artigos que foram usados têm recorte entre os anos de 2009 - 2017, quando foram utilizadas as palavras-chave: “contaminação”, “água” e “BTEX”, e em outro momento “biorremediação” “contamination” e “water”. Cada membro da nossa equipe selecionou até cinco artigos no periódico. Desses, quando discutidos em grupo foram escolhidos os cinco

principais (Quadro 1) em razão da sua viabilidade científica e temática associada ao trabalho de pesquisa.

Outros 13 materiais encontrados em outras fontes estão dispostos no Quadro 2, com seus respectivos autores, palavras-chave e datas de publicação.

Quadro 2 - Materiais bibliográficos obtidos de outras fontes.

FONTE E DATA	PALAVRAS-CHAVE	TÍTULO	AUTORES
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.
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. *et al*.
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 *et al*.
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. *et al*.
UFPA (2012)	Adsorção, Carvão Ativado, Benzeno.	Modificação da Superfície de Carvão Ativado Comercial (CAG) para a Aplicação na Adsorção de Benzeno e Tolueno.	LOPES, A. S. C.

e-xacta (2014)	Protocolo, Biorremediação, Corpos d'água	Protocolo Para Biorremediação de Águas Contaminadas por Petróleo e Derivados.	ARAÚJO. A. M. *et al*.
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.	ARAÚJO, D. A. *et al*.
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, Pseudomonas aeruginosa.	Uso de *Pseudomonas aeruginosa* para biodegradação de poluentes contaminantes de água.	PINHO, A. C. et al.

Fonte: A autora (2024).

Os artigos foram selecionados entre os anos 2002 - 2018, cada membro do grupo fez pesquisas associadas ao trabalho de pesquisa em diferentes fontes que estão dispostos no quadro acima, algumas das palavras-chave utilizadas foram: “biorremediação”, “poluentes orgânicos”, “biodegradação”, “compostos BTEX”, “carvão ativado” e “oxidação química”.

A fundamentação teórica para a resolução do caso foi construída estabelecendo uma base de informações a partir das monografias, artigos e dissertações, que serviram para o direcionamento do trabalho da equipe na busca pela resolução do caso, como também para a obtenção de informações específicas que diziam respeito aos conteúdos relacionados a problemática.

Mediante a leitura da literatura destacada, a biorremediação, a qual se baseia na remediação de áreas afetadas por meio de micro-organismos, foi avaliada como a técnica mais promissora, se apresentando uma alternativa mais vantajosa para solucionar os impactos ambientais gerados pelos compostos em detrimento das outras técnicas. A escolha se deve em razão de o carvão ativado dispor alto custo de regeneração e perda de eficiência e a oxidação química apesar de possuir boa disponibilidade, alta eficiência diante de um grande número de contaminantes e curto período de tratamento, esta técnica pode ser parcial não degradando todo o contaminante, por conta de sua grande persistência, outrossim levanta questões de

segurança relativas ao manuseio de oxidantes fortes. Portanto, a biorremediação foi a que melhor se incorporou, tanto por ser uma técnica de baixo custo financeiro, quanto por poder utilizar materiais orgânicos que se degradam facilmente em compostos pouco nocivos como CO_2 e água, em vez de produtos tóxicos.

6.2 PRODUÇÃO DO MANUSCRITO PARA O VII CONEDU

Tendo sido concluída a disciplina de PI5, vislumbrou-se em PI6 a escrita de um trabalho acadêmico com vista na submissão em congresso acadêmico. Nesta etapa, as 9 equipes começaram a produzir um manuscrito.

As pesquisas feitas anteriormente foram importantes e necessárias para construção do Referencial Teórico, parte fundamental de um artigo acadêmico por conter bases e fundamentos do objeto de estudo, algumas perguntas foram apontadas pela professora orientadora, que serviram para nortear-nos e articular as ideias. Abaixo um quadro traz as indagações utilizadas.

Quadro 3 - Indagações para a produção do manuscrito

Item	Perguntas
1	Qual é a definição do método de estudo de caso ?
2	Quais foram as principais áreas a usarem essa estratégia metodológica?
3	Quando e quem foram os primeiros autores a utilizarem essa metodologia no Ensino de Química?
4	Quais são as principais vantagens desta metodologia em relação às demais e em relação à metodologia tradicional ?
5	Que habilidades são desenvolvidas pelos estudantes com o uso desta metodologia?
6	Qual foi a percepção da equipe acerca da utilização desta metodologia durante o nosso trabalho em PI5 e PI6?

Fonte: A autora (2024).

Posteriormente foi solicitado que fizéssemos o envio da versão preliminar do manuscrito que deveria conter alinhado todos os elementos do texto completo. Após enviado para a avaliação os artigos foram devolvidos com correções e sugestões de alteração e modificações. Ao final da disciplina de PI6, foi enviado a versão final do artigo corrigido para finalização da disciplina e, posteriormente houve a submissão do trabalho ao VII CONEDU.

Do meu ponto de vista, todos os membros da equipe dividiram tarefas e cumpriram em tempo hábil a construção do manuscrito da forma que fora proposto pela orientadora, analisando a literatura e extraindo informações essenciais para a escrita do trabalho. Foram ampliadas habilidades como capacidade de escrita, de pesquisa e de trabalho em equipe, de modo que cada um pôde contribuir desde a resolução da problemática até à escrita do manuscrito.

Nesse sentido, a ABP possibilitou incentivo ao estudo autônomo e a prática da pesquisa bibliográfica, o desenvolvimento de habilidades de trabalho em equipe que são essenciais no ambiente acadêmico, a promoção de habilidades comunicativas com maior interação professor-aluno e aluno-aluno, e, ainda, respeito à pluralidade de ideias e a diversidade de visões. (Escrivão Filho; Ribeiro, 2008).

Ao colocar-nos em maior contato com situações da prática profissional, o método aproximou a teoria com a prática e promoveu maior empoderamento sobre o conhecimento, bem como numa perspectiva profissional fora do ambiente universitário.

6.3 INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA

Para título de avaliação e análise da metodologia empregada nas disciplinas, um questionário foi distribuído para nós, alunos, para que respondêssemos individualmente, destacando se a metodologia empregada favoreceu ou não o aprendizado; quais foram as maiores dificuldades encontradas, bem como quais potencialidades e habilidades foram adquiridas no decorrer da proposta pedagógica.

O formulário de pesquisa foi respondido de forma individual, para descrição e análise dos relatos desta pesquisa os estudantes foram enumerados em A1 (autor deste trabalho), A2 e A3 que correspondem respectivamente à alunos 1, 2 e 3. E a partir de uma análise qualitativa, foi possível constatar que despertamos habilidades muito importantes, no que diz respeito à pesquisa, à comunicação e ao trabalho em equipe. Como evidenciado em uma das falas (A1):

> Capacidade de trabalhar em grupo era até então algo difícil para mim, aprender a lidar com diferentes ideias, modos de escrita e visões distintas de resoluções. Aprendi a valorizar as ideias dos meus colegas, dar espaço de fala, ser ouvida e ser corrigida também, aprendi muito com eles!

Nesta perspectiva, mostra-se muito claramente que o EC pode despertar noções de coletividade e aprendizagem com o outro, esse outro que convive em espaços e realidades diversas, possui ideias e conceitos diferentes.

Quando perguntados se a metodologia favoreceu a aprendizagem dos conteúdos da disciplina de química, respondemos de forma afirmativa, à exemplo, destacamos os conteúdos de química orgânica, como hidrocarbonetos aromáticos, noções de nomenclatura de compostos orgânicos e reações associadas às substâncias estudadas. Nesse sentido, foi possível reforçar conteúdos já estudados, bem como foi consenso que a metodologia possibilitou inserir outros conhecimentos ainda não discutidos e que puderam ser debatidos em equipe, com os demais alunos da turma e com a orientadora das disciplinas de Projetos Integradores.

A respeito das dificuldades que foram encontradas no desenvolvimento da atividade, respondemos segundo a perspectiva e experiência de cada um, como é demonstrado nas seguintes falas: "surgiram dificuldades na construção do material, no sentido do que pesquisar e quais ideias seriam relevantes para colocar na resolução do caso" (A1) e também "a dificuldade se deu com maior ocorrência no início das atividades, onde foi necessário interpretar e entender o que se era pedido no caso" (A2).

Nesta perspectiva, cada aluno alega ter tido uma dificuldade que de certa forma foi perpassada durante a atividade e novas habilidades de pesquisa e resolução de problemas foram formadas. Habilidades importantes e inerentes a todos os estudantes, sejam do ensino básico ou superior. Outrossim, o instrumento de avaliação sugeriu-nos a produção do manuscrito com vista a publicação, sobre isso, foi descrito por A3:

> a produção de manuscrito com a intenção de publicar em revistas ou apresentar em congressos com certeza trouxe melhorias [...] durante a produção, pois era necessário sempre visualizar o melhor resultado para o trabalho [...].

Portanto, tivemos mais empenho na elaboração do material ao associá-lo a apresentação em congresso, além do mais nos comprometemos em utilizar cada vez mais uma linguagem culta e sofisticada para escrever o manuscrito, já que poderíamos apresentá-lo a outros pesquisadores da área do Ensino de Química.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho idealizamos apresentar uma proposta de Ensino de Química versada sob o olhar das metodologias ativas, exclusivamente o Estudo de Caso, que vem surgindo como um método satisfatório para fugir do ensino tradicional veiculado na grande maioria das instituições do país.

A nossa perspectiva é colaborar com os estudos e pesquisas feitas para transpor os limites e barreiras que a educação vem sendo retida. Para isso, propomos a resolução de um estudo de caso, denominado "água que nem passarinho bebe" e através do nosso relato de experiência evidenciamos as potencialidades e *expertises* alcançadas durante a utilização da metodologia.

Fica evidente a importância de metodologias que engajem o alunado na construção do conhecimento e que oportunize desenvolver habilidades de investigação, de pesquisa e comunicação em grupo e com os seus pares. Neste sentido, 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.

No entanto, torna-se necessário dedicar quantidade considerável de tempo para a resolução do caso, que exige levantamento bibliográfico, levantamento de hipóteses, discussões sobre quais métodos seriam viáveis e quais seriam mais acessíveis para a situação analisada.

Levando em conta a análise e comparação da eficiência dos métodos apresentados, podemos afirmar que os objetivos do trabalho foram contemplados pela solução proposta. Através da análise da literatura estudada e da colaboração entre os integrantes da equipe e a orientadora, foi possível propormos uma solução eficiente para o estudo de caso, determinando que a biorremediação foi notadamente a proposta que melhor incorporou.

O trabalho também nos oportunizou aprimorar conhecimento na área de Química orgânica, em relação aos compostos orgânicos de cadeia fechada, isomeria, aromaticidade e posições *orto, meta e para* de radicais no anel benzeno, reações químicas e os parâmetros físico-químicos das substâncias estudadas.

Em suma, percebemos, a partir do instrumento de avaliação aplicado, que o uso do 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, habilidades

que nos fizeram transcender os conteúdos e a linguagem científica e alcançar valores sociais e comunicativos que se fundem no contato com a universidade.

REFERÊNCIAS

ALBA, Juliana *et al*. Estudo de caso: uma proposta para abordagem de funções da química orgânica no ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Curitiba, PR: Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), v. 6, n. 2, p. 76-96, 29 ago. 2013. DOI: http://dx.doi.org/10.3895/s1982-873x2013000200005.

ARAÚJO, Ana Mara *et al*. Protocolo para biorremediação de águas contaminadas por petróleo e derivados. **E-Xacta**, [*s.l.*], v. 7, n. 1, p. 55-63, 31 maio 2014. DOI: http://dx.doi.org/10.18674/exacta.v7i1.973.

AUDY, J. A inovação, o desenvolvimento e o papel da universidade. **Estudos Avançados**, [*s. l.*], v. 31, n. 90, p. 75-87, 2017. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/137885. Acesso em: 22 jan. 2024.

BACICH, Lilian; MORAN, José (org.). **Metodologia ativas para uma educação inovadora**: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre, RS: Penso, 2018. 430 p. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7722229/mod_resource/content/1/Metodologias-Ativas-para-uma-Educacao-Inovadora-Bacich-e-Moran.pdf. Acesso em: 22 mar. 2024.

BERTAGI, Letícia; BASILIO, Amanda; PERALTA-ZAMORA, Patricio. Aplicações ambientais de persulfato: remediação de águas subterrâneas e solos contaminados. **Química Nova**, São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, v. 44, n. 9, p. 1159-1167, maio 2021. DOI: http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170769.

BOSSI, M. L. *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**, [*s. l.*], 19 dez. 2013. Disponível em: https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/27479. Acesso em: 13 jan. 2024.

BORGES, Tiago Silva; ALENCAR, Gidélia. Metodologias ativas na promoção da formação crítica do estudante: o uso das metodologias ativas como recurso didático na formação crítica do estudante do ensino superior. **Cairu em Revista**, [*s. l*], p. 119-143, ago. 2014. Disponível em: https://ufsj.edu.br/portal2repositorio/File/napecco/Metodologias/Metodologias%20Ativas%20na%20Promocao%20da%20Formacao.pdf. Acesso em: 22 mar. 2024.

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.

BRAGATO, Marcia; TENÓRIO, Jorge Alberto Soares. Comparação entre permanganato de potássio e peróxido de hidrogênio na descontaminação in-situ de benzeno em solo. **Tratamento e Disposicão Final de Resíduos**, São Paulo, n. 7, p. 15-20, ago. 2007. Disponível em: https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/447/382. Acesso em: 22 mar. 2024.

BRASIL. Senado Federal. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional.** Brasília, DF: Senado Federal, 2005. Disponível em: https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/70320/65.pdf. Acesso em: 22 mar. 2024.

BRASIL. Presidência da República. **Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, DF: Presidência da República, 1996. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em: 22 mar. 2024

CARAMORI, Giovanni Finoto; OLIVEIRA, Kleber Thiago de. Aromaticidade – evolução histórica do conceito e critérios quantitativos. **Química Nova**, São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, v. 32, n. 7, p. 1871-1884, 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/j/qn/a/Q5msxtL66xLr5jPN8Qjs53S/?format=pdf. Acesso em: 21 mar. 2024.

CARLETTO, Bianca Mendes. **Aprendizagem baseada em problema**: aplicação e avaliação desta metodologia para o ensino de estequiometria. 2016. 70 f. Monografia (Licenciatura em Química) - Departamento de Ciências Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, ES, 2016. Disponível em: https://quimica.saomateus.ufes.br/sites/quimica.saomateus.ufes.br/files/field/anexo/aprendizagem_baseada_em_problema_aplicacao_e_avaliacao_desta_metodologia_para_o_ensino_de_estequiometria_biancacarletto.pdf. Acesso em: 21 mar. 2024.

CARVALHO, Danielle de Almeida *et al*. Análise de BTEX em água: comparação entre duas colunas cromatográficas. **Revista Ambiente & Água**, v. 9, p. 149-160, 2014. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/k46S7hwFbQmGgwwgHCKtgQv/. Acesso em: 22 mar. 2024.

CONAMA. **Resolução nº 420**, **de 28 de dezembro de 2009**. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Brasília, DF: CONAMA, 2009. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/wp-content/uploads/sites/17/2017/09/resolucao-conama-420-2009-gerenciamento-de-acs.pdf. Acesso em: 23 mar. 2024.

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 Sanitária e Ambiental**, v. 14, p. 265-274, 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/j/esa/a/Kcy8W9txQHWtdrc8xj7HGsx/?lang=pt. Acesso em: 22 mar. 2024.

COUTINHO, Rômulo César Pinheiro; GOMES, Carisia Carvalho. Técnicas para remediação de aquíferos contaminados por vazamentos de derivados de petróleo em postos de combustíveis. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17., 2007, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo: ABRH, 2007. p. 1-19. Disponível em: https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=3&ID=19&SUMARIO=367. Acesso em: 22 mar. 2024.

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, 2017. DOI:

10.15628/holos.2017.5891. Disponível em: https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/5891. Acesso em: 22 mar. 2024.

ESCRIVÃO FILHO, Edmundo; RIBEIRO, L. R. C. Aprendendo com PBL: Aprendizagem Baseada em Problemas: relato de uma experiência em cursos de engenharia da EESC-USP. *In*: CICLO DE PALESTRAS "O ENSINO NO CAMPUS DA USP - SÃO CARLOS: INOVAÇÕES E INOVADORES", 2008, São Carlos, SP. **Anais**. São Carlos, SP: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2008. Disponível em: https://repositorio.usp.br/item/002412259. Acesso em: 23 mar. 2024.

FARIA, F. L. de; SOUZA NETO, A. A pedagogia da Escola da Ponte: um olhar para a avaliação e a autonomia no ensino de química. **Debates em Educação**, Maceió, AL: Universidade Federal de Alagoas, v. 12, p. 351–365, 2020. Número especial, 2. DOI: http://dx.doi.org/10.28998/2175-6600.2020v12nesp2p351-365.

FÁVERO, Maria de Lourdes de Albuquerque. A universidade do Brasil: um itinerário marcado de lutas. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, n. 10, p. 16-32, abr. 1999. Disponível em: http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1413-24781999000100003&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 22 mar. 2024.

FRAGELLI, Thaís Branquinho Oliveira. Gamificação como um processo de mudança no estilo de ensino aprendizagem no ensino superior: um relato de experiência. **Revista Internacional de Educação Superior**, Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas , v. 4, n. 1, p. 221-233, 9 jan. 2018. DOI: http://dx.doi.org/10.22348/riesup.v4i1.8650843.

GIFTED, Álaze Gabriel. Os três pilares da docência no ensino superior: o ensino, a pesquisa e a extensão. **Revista Ágora**: Revista Acadêmica de Formação de Professores, Unimes Virtual, v. 1, n. 2, p. 1-20, jul. 2016. Disponível em: https://periodicos.unimesvirtual.com.br/index.php/formacao/article/view/558/596. Acesso em: 22 jan. 2024.

INMETRO. **Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos - FISPQ**. Rio de Janeiro: INMETRO, 2023. Material de referência certificado de BTEX - benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (orto-, meta- e para-) em metanol. Disponível em: http://ftp.inmetro.gov.br/metcientifica/mrc-descricao/mrc-8298-informacoes.pdf. Acesso em: 25 nov. 2023.

LIMA, Suzy Darley de *et al*. Gerenciamento de áreas contaminadas por postos de combustíveis em Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, p. 299-315, 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/kbh9gRmfBkkHypzXXf4FFJy/abstract/?lang=pt. Acesso em: 22 mar. 2024.

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 em Engenharia Química) - Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, 2012. Disponível em: https://repositorio.ufpa.br/handle/2011/4635. Acesso em: 22 mar. 2024.

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. DOI: 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 em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: http://repositorio.poli.ufrj.br/dissertacoes/dissertpoli638.pdf. Acesso em: 23 mar. 2024.

MIMURA, Aparecida Maria Simões; SALES, Janilson Ribeiro Castro; PINHEIRO, Paulo César. Atividades experimentais simples envolvendo adsorção sobre carvão. **Química Nova na Escola**, [*s. l*], v. 32, n. 1, p. 53-56, fev. 2010. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc32_1/10-EEQ-2209.pdf. Acesso em: 22 mar. 2024.

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. Disponível em: https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/27418. Acesso em: 22 mar. 2024.

NUNES, Terezinha. Construtivismo e alfabetização: um balanço crítico. **Educação em Revista**, n. 12, p. 21-32, 1990. Disponível em: https://periodicos.ufmg.br/index.php/edrevista/article/view/43562/34176. Acesso em: 22 mar. 2024.

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 em Ciências) - Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/42/42132/tde-02022018-160943/publico/LucianadeOliveira_Doutorado_I.pdf. Acesso em: 22 mar. 2024.

PEREIRA, A. R. B.; FREITAS, D. A. F. de. Uso de micro-organismos para a biorremediação de ambientes impactados. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, *[s. l.]*, v. 6, n. 6, p. 995–1006, 2012. DOI: 10.5902/223611704818. Disponível em: https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/4818. Acesso em: 22 jan. 2024.

PEREIRA, Júlio Emílio Diniz. As licenciaturas e as novas políticas educacionais para a formação docente. **Educação & Sociedade**, Belo Horizonte, MG, n. 68, p. 109-125, dez. 1999. Disponível em: https://www.scielo.br/j/es/a/F3tFhqSS5bXWc5pHQ3sxkxJ/. Acesso em: 23 mar. 2024.

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

POLIDORI, Marlis Morosini; MARINHO-ARAUJO, Claisy M.; BARREYRO, Gladys Beatriz. SINAES: perspectivas e desafios na avaliação da educação superior brasileira. **Ensaio**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 53, p. 425-436, dez. 2006. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ensaio/a/mrycNktVzr36Nn5njkqjSZv/. Acesso em: 22 mar. 2024.

RIBAS, Marielen Cozer. **Remoção de corantes têxteis pelo processo de adsorção utilizando carvão ativado produzido a partir de subprodutos agroindustriais - estudos em batelada e coluna de leito fixo**. 2016. 159 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2016. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/147505. Acesso em: 23 mar. 2024.

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 (Tecnólogo em Tecnologia em Processos Ambientais) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2016. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9599/1/CT_COAMB_2016_1_3.pdf. Acesso em: 23 mar. 2024

ROSALES, R. M.; MARTÍNEZ-PAGÁN, P.; FAZ, A.; BECH, J. Study of subsoil in former petrol stations in SE of Spain: Physicochemical characterization and hydrocarbon contamination assessment. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 147, p. 306–320, 2014. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.gexplo.2014.10.006. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0375674214003410. Acesso em: 22 mar. 2024.

SÁ, L. P.; FRANCISCO, C. A.; QUEIROZ, S. L. Estudos de caso em química. **Química Nova**, São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, v. 30, n. 3, p. 731-739, 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/j/qn/a/nyCvcHWck6yN3pNq6KpKMtd/. Acesso em: 23 mar. 2024.

SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. **Estudo de casos no ensino de química**. São Paulo: Átomo, 2010.

SEIXAS, Eugênia Patrícia de Almeida; ARAÚJO, Maria Valéria Pereira de; BRITO, Max Leandro de Araújo; FONSECA, Géssica Fabiely. Dificuldades e desafios na aplicação de metodologias ativas no ensino de turismo: um estudo em instituição de ensino superior. **Turismo - Visão e Ação**, Itajaí, RS: Editora UNIVALI, v. 19, n. 3, p. 566, 10 out. 2017. DOI: http://dx.doi.org/10.14210/rtva.v19n3.p566-588.

SELBACH, Ágatha Lottermann; DANIEL, Daniele Prestes; RIBEIRO, Daniel das Chagas de Azevedo; PASSOS, Camila Greff. O método de estudos de caso na promoção da argumentação no ensino superior de química: uma revisão bibliográfica. **Química Nova**, São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, v. 43, n. 1, p. 38-50, fev. 2021. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc43_1/06-AEQ-88-20.pdf. Acesso em 23 mar. 2024.

SILVA, Bruna; SILVA NETO, Sebastião; LEITE, Bruno. Sala de aula invertida no ensino da química orgânica: um estudo de caso. **Química Nova**, São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, v. 44, n. 4, p. 493-501, 2020. (SBQ). DOI: http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170677.

SILVA, Rosimar Lima Brandão. *et al*. Estudo da contaminação de poços rasos por combustíveis orgânicos e possíveis consequências 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. Disponível em: https://www.scielo.br/j/csp/a/c3GsXsDn8rSsJGjsMqDsNNq/abstract/?lang=pt. Acesso em: 23 mar. 2024.

SOLOMONS, T. W.Graham; FRYHLE, Craig B. **Química orgânica**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1934. 602 p.

SOUSA, Fernando. Inovação no ensino por projeto: um estudo de caso de resolução criativa de problemas. **Revista Internacional de Educación para la Justicia Social (Riejs)**, Madri, SP: Servicio de Publicaciones de la Universidad Autonoma de Madrid, v. 7, n. 2, p. 61-76, 1 dez. 2018. DOI: http://dx.doi.org/10.15366/riejs2018.7.2.004. Disponível em: https://revistas.uam.es/riejs/article/view/10305. Acesso em 21 mar. 2024.

TIBURTIUS, E. R. L.; PERALTA-ZAMORA, P.; LEAL, E. S.; Contaminação de águas por BTXs e processos utilizados na remediação de sítios contaminados. Quimica Nova, São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, v. 27, n. 3, p. 441-446, 2004. Disponível em: https://www.scielo.br/j/qn/a/h7HvjWYzJWXH4BhGkxDw8cf/. Acesso em: 23 mar. 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS. **Projeto pedagógico do curso de Química Licenciatura**. Maceió, AL: UFAL, 2019. Disponível em: https://ufal.br/estudante/graduacao/projetos-pedagogicos/campus-arapiraca/ppc-quimica-licenciatura-2018.pdf/view. Acesso em 10 mar. 2024.

USEPA. **Mn and Btex reference value arrays (Final Reports)**. Washington, DC: USEPA, 2013. Disponível em: https://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=250571. Acesso em 23 mar. 2024.

WERLANG, E. B. *et al*. Produção de carvão ativado a partir de resíduos vegetais. **Revista Jovens Pesquisadores**, v. 3, n. 1, 16 jul. 2013. Disponível em: https://online.unisc.br/seer/index.php/jovenspesquisadores/article/view/3600. Acesso em 23 mar. 2024

ZUCCO, César; PESSINE, Francisco B. T.; ANDRADE, Jailson B. de. Diretrizes curriculares para os cursos de química. **Química Nova**, São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, v. 3, n. 22, p. 454-461, 8 abr. 1999. Disponível em: https://www.scielo.br/j/qn/a/dhRNrdN6jpDyDgDcF4bY4BC/. Acesso em 23 mar. 2024.

ANEXO A - ESTUDO DE CASO: ÁGUA QUE NEM PASSARINHO BEBE

A exploração de águas subterrâneas no Brasil vem aumentando acentuadamente. Estima-se a existência de 80 mil poços tubulares que fornecem água para diversas finalidades, principalmente para o abastecimento urbano. O Brasil, por sua vez, possui cerca de 35 mil postos de combustível, sendo a contaminação de águas subterrâneas por vazamento desses combustíveis um caso preocupante do ponto de vista ambiental e de saúde pública, uma vez que os constituintes dos derivados de petróleo são extremamente nocivos à saúde humana, sendo que grande parte da população faz uso desse recurso hídrico.

Há aproximadamente dois meses, os moradores da cidade de Joinville, em Santa Catarina, têm percebido que a água que chega em suas casas (oriunda de um poço artesiano) está suja, com um cheiro forte e com gosto amargo. Muitas pessoas, desde então, começaram a ter reações alérgicas sem explicação aparente além de ter se intensificado a procura pelos postos de saúde devido às náuseas, vômitos e coceiras pelo corpo dos moradores. O presidente da Associação de Moradores do Piraí e arredores, o seu Ananias, juntamente com alguns vizinhos, foi à Câmara pedir ao vereador eleito pelo bairro, o Sr. Raimundo Monich, que alguma providência fosse tomada:

– Seu Raimundo, nossa água do bairro está ruim, ruim... O bairro também é seu!

Faça alguma coisa! – disse o Seu Ananias, apoiado moralmente pelos vizinhos dentro do gabinete do vereador.

O vereador, então, encomendou à Central de Análises do Departamento de Química da Universidade Federal de Santa Catarina um laudo completo sobre as águas subterrâneas da cidade. Assim que saiu o resultado do laudo, o vereador marcou uma reunião com o prefeito de Joinville, Hermann Pinto. O laudo concluiu que na água havia hidrocarbonetos monoaromáticos, benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (compostos BTEX), constituintes da gasolina, possivelmente provenientes de contaminação por tanques antigos de postos de combustíveis presentes na cidade. A população de Joinville ficou alarmada com o estudo inicialmente feito que, ao se ampliar, constatou que, dos 65 postos da cidade, somente um não tinha nenhum problema de contaminação do lençol freático.

O Sr. Raimundo se encontrou, então, com o prefeito, que também se mostrou muito

preocupado com a situação:

– Sr. Pinto, necessitamos de medidas urgentes da prefeitura para resolver o problema do vazamento dos postos de combustíveis! – disse o vereador.

– Claro Sr. Raimundo! Já estamos providenciando a troca dos tanques de armazenamento dos postos mais antigos, que certamente já devem ter ultrapassado a vida útil de 25 anos – respondeu o prefeito.

– Mas os moradores e eu exigimos também que seja feito um monitoramento desses postos e a retirada dos combustíveis que foram lançados em nossas águas, pois tememos pela saúde de nosso povo! – retrucou o Sr. Raimundo.

– Sr. Raimundo, em vista deste grave problema, assim que soube do resultado do laudo já solicitei uma equipe de especialistas neste assunto para vir até nossa cidade e cuidar desta situação!

– Que bom Sr. Pinto! O povo de Joinville vai acompanhar este caso de perto.

– E eu, como prefeito, me responsabilizo por manter o povo informado e aumentarei o número de médicos nos postos de saúde para melhor atender à população prejudicada.

Um dia depois, a equipe de engenheiros e químicos da Universidade Federal de Santa Catarina chegou à cidade para tentar solucionar o problema.

Vocês são os especialistas contratados pela prefeitura de Joinville e devem apresentar os métodos possíveis e viáveis para a descontaminação das águas subterrâneas, apontando o método mais eficiente para resolver o problema.

Autoria: Adriana C. Queiroz, Andréia F. Afonso e Pietra Mori

Fonte: GPEQSC (2012).

ANEXO B - CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO NO VII CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO.

Conedu
VII Congresso Nacional de Educação
#Conedu em CASA

CERTIFICADO
CERTIFICADO
CERTIFICADO

CONFIRA A AUTENTICIDADE DESTE CERTIFICADO
WWW.PORTALREALIZE.COM.BR

Certificamos que o trabalho intitulado: EXPLORAÇÃO DAS POTENCIALIDADES DO USO DE ESTUDOS DE CASO COMO FERRAMENTA METODOLÓGICA A PARTIR DA RESOLUÇÃO DO CASO "ÁGUA QUE NEM PASSARINHO BEBE" do(s) autor(es): ANDRESSA VITAL DOS SANTOS, LUIZ ALBERTO SANTOS FERREIRA, VINÍCIUS ANTONIO BALBINO BARBOSA e orientado por SILVIA HELENA CARDOSO, foi apresentado na modalidade Comunicação Oral (CO) no VII CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (Edição 2021), evento realizado Online, no período de 02 a 04 de Dezembro de 2021.

Identificador: 162f9a1a5231cd391a600403adf91313

Online, 04 de Dezembro de 2021.

Paula Castro.
Profa. Dra. Paula Almeida de Castro (UEPB)
Coordenadora Geral do VII CONEDU

Fonte: CONEDU (2021).