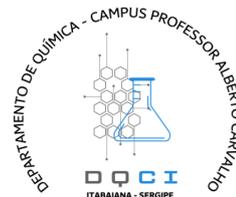


**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CAMPUS UNIVERSITÁRIO
PROFESSOR ALBERTO CARVALHO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA - DQCI**



JOSÉ LUIZ DO ESPÍRITO SANTO OLIVEIRA

**O USO DE BIOSORVENTES NA REMOÇÃO DO CORANTE
AZUL DE METILENO: UM CASO INVESTIGATIVO**

**ITABAIANA – SE
OUTUBRO DE 2023**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CAMPUS UNIVERSITÁRIO
PROFESSOR ALBERTO CARVALHO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA - DQCI



JOSÉ LUIZ DO ESPÍRITO SANTO OLIVEIRA

O USO DE BIORREAGENTES NA REMOÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO: UM CASO INVESTIGATIVO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Química da Universidade Federal de Sergipe – *campus* Professor Alberto Carvalho, como requisito para aprovação na atividade de Trabalho de Conclusão de Curso, conforme anexo VII da Resolução n. 27/2020 do CONEPE.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Ivy Calandrelly Nobre

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Valéria Priscila de Barros

ITABAIANA – SE
OUTUBRO DE 2023

JOSÉ LUIZ DO ESPÍRITO SANTO OLIVEIRA

O USO DE BIORREAGENTES NA REMOÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO: UM CASO INVESTIGATIVO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para cumprimento, conforme anexo VII da Resolução n. 27/2020 do CONEPE que aprova alterações no Projeto Pedagógico do Curso de Graduação em Química Licenciatura do campus Universitário Professor Alberto Carvalho.

Área de concentração: Ensino de Química

Data de Aprovação: 04/10/2023

Banca Examinadora:

Prof.^a Dr.^a Ivy Calandrelli Nobre (Orientadora) - UFS

Profa.^a Dra.^a Valéria Priscila de Barros (Coorientadora) - UFS

Profa.^a Dra.^a Jane de Jesus da Silveira Moreira - UFS

Prof. Dr. Erivanildo Lopes da Silva - UFS

ITABAIANA – SE

OUTUBRO DE 2023

DEDICATÓRIA

“Dedico esse trabalho ao meu ‘EU’ interior, por ser persistente e não desistir desse longo caminho. ‘

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus, e segundo ao meu “Eu” interior por não desistir das lutas diárias.

Tenho muito a agradecer a minha família, meus pais Enedino e Marilene, às minhas irmãs(os) Verônica, Tatiane, M. Juliana, Bruno, Dailaine, Luciana e Bruna, por todo carinho e apoio durante esse período. Meus sobrinhos Ana Paula, Rafaela, Mariane, Cleiton, Elias, Arthur, Beatriz, M. Eloá, J. Lucas, e Gabriel, por toda fofura. As tias, primas e demais familiares que contribuíram para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Ao meu irmão de consideração, Valdenberg Oliveira, por toda a parceria, carinho, confiança, conselhos, brincadeiras, momentos de lazer e alegria.

Aos meus amigos(as) Gleicequelle Ribeiro, Gabrielle Santos, Junior Santana, Aelson Oliveira, Ronisson Anjos e Caroline Santos, obrigado pelas “resenhas”, brincadeiras, conselhos, além de todo o apoio e amizade incondicional durante essa caminhada.

As minhas amigas que fiz durante a graduação Lucimar Andrade e Carmem dos Santos, por todo companheirismo, brincadeiras, risadas e fofocas, mas principalmente por estarem um do lado do outro em todos os momentos ‘ruins ou bons’.

As minhas orientadoras, Prof.^a Dr.^a Ivy Calandrelí Nobre e Profa.^a Dra.^a Valéria Priscila de Barros, pela troca de experiências, oportunidades, ensinamentos, paciência e conselhos.

Agradeço aos Prof. Dr. João Paulo Mendonça Lima, por todas contribuições para o desenvolvimento do meu trabalho. Além dele, agradeço aos professores Profa.^a Dra.^a Jane de Jesus da Silveira Moreira e ao Prof. Dr. Erivanildo Lopes da Silva, por todas as contribuições e conselho durante a defesa do trabalho e pesquisa.

Ao Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências (LaPECi) da Universidade Federal de Sergipe (UFS), pelo acolhimento e ajuda na validação do material. E aos professores e técnicos da Universidade Federal de Sergipe/*Campus* professor Alberto Carvalho, por compartilharem seus conhecimentos.

EPÍGRAFE

“Educar verdadeiramente não é ensinar fatos novos ou enumerar fórmulas prontas, mas sim preparar a mente para pensar.”

(Albert Einstein)

ABREVIATURAS E SIGLAS

AM- Azul de Metileno

IC - Ensino de Ciências

LaPECi - Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências

UFS – Universidade Federal de Sergipe

UFAL - Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

UEP - Universidade Estadual da Paraíba

UFRPE - Universidade Federal de Pernambuco

PPGECIMA - Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática

PPGEFHC - Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

IC- Caso Investigativo

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Tipos de classificação de Estudo de Casos.....	8
Figura 1: Esquema das etapas metodológicas desta pesquisa.....	14
Figura 3: Esquema das etapas da escrita do Caso Investigativo.....	15
Figura 4: Esquema das etapas da validação do Caso Investigativo.....	17
Figura 5: Recorte do material enviado para validação.....	19
Figura 6: Diagrama referente aos passos seguidos no Plano de Ensino.....	41
Figura 1: Processos de adsorção em um sólido adsorvente.....	84
Figura 2: Origem dos biossorventes.....	86
Figura 3: Representação da fórmula estrutural do azul de metileno.....	89

QUADROS

Quadro 01: Perfil dos avaliadores escolhidos para validação do material.....	18
Quadro 02: Organização das categorias e subcategorias referente as avaliações.....	25
Quadro 03: Respostas dos avaliadores referente as subcategorias Narrativa do Caso e Atualidade do Caso.....	25
Quadro 04: Respostas dos avaliadores referente a subcategorias Interesse pela Questão e Empatia pelos personagens.....	28
Quadro 05: Respostas dos avaliadores referente a subcategoria Citações e Elementos criativos e Agradabilidade da Leitura.....	30
Quadro 06: Respostas referente as subcategorias Relevância para os Alunos, Utilidade Pedagógica e Tomada de Decisão.....	32
Quadro 07: Respostas dos avaliadores referente a subcategoria Conflito e Tensão e Generalização.....	36
Quadro 08: Contribuições dos avaliadores referentes a categoria Sugestões e Melhorias.....	38
Quadro 09: Detalhamento do Pano de Ensino.....	42
Quadro 01: Número de encontros e duração de cada encontro.....	64
Quadro 02: Modelo de Diário de Bordo de Caso.....	95
Quadro 10: Perguntas que foram inseridas no material enviado aos avaliadores.....	95

RESUMO

É de fundamental importância que os alunos recebam uma formação que satisfaça todas as suas necessidades educacionais e que promova o seu crescimento pessoal e intelectual. E para que isso ocorra devem ser trabalhados dentro de sala de aula questões como globalização, questões ambientais, éticas, culturas, artes, trabalho em equipe, dentre outros. Diante do exposto, há diversas aplicações de metodologias de ensino no meio educacional em que o aluno tem papel ativo no seu processo de aprendizagem. Uma dessas metodologias é o uso de Estudos de Casos Investigativos, como uma perspectiva de ensino que torne o aluno um cidadão mais crítico e reflexivo. Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo elaborar e validar um Caso Investigativo (IC), como material didático utilizando a temática adsorção, para ser utilizado nas disciplinas de Química do Ensino Superior. A metodologia foi desenvolvida em duas etapas, sendo a criação e a validação do caso. O desenvolvimento do caso seguiu as diretrizes de um ‘‘ bom caso’’ encontrando na literatura diversos trabalhos que auxiliou na escrita do caso intitulado ‘‘A indústria Valberg Têxtil: o descarte inadequado de corante no rio Pedra da Raposa’’ e a validação ocorreu através da aplicação de um questionário incorporado ao material, juntamente com os comentários e as respostas fornecidas pelo Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências LaPECi/UFS. A partir dos dados coletados, iniciou-se o processo de análise das respostas dos avaliadores V1, V2 e V3, separando alguns desses dados em categorias, de modo a facilitar o entendimento sobre estes e organizá-los. Diante do exposto, foi identificado nas respostas dos avaliadores que o caso atendia as características de um ‘‘bom caso’’ proposto por Herreid (1998). Os avaliadores expressaram que o caso abordava questões interdisciplinares, trazendo à tona questões pedagógicas, ecológicas e políticas. Além disso, sendo um caso propício para os alunos desenvolverem tomada de decisão a respeito do problema retratado no caso. Fica claro, portanto, que o caso abarca questões de elementos visuais, escrita, citações e que aborda uma questão de interesse pelos alunos, o que contribui para uma experiência de aprendizado, promovendo o envolvimento dos alunos, e estimulando o pensamento crítico.

PALAVRAS-CHAVE: Casos Investigativos; Metodologias ativas; Adsorção.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	6
2.1. Objetivo geral.....	6
2.2. Objetivos específicos.....	6
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	7
3.1. Metodologias ativas no Ensino	7
3.2. Estudo de Casos	7
3.3. Elaboração de Casos Investigativos	10
3.4. Casos Investigativos no Ensino de Ciências	12
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	14
4.1. Contexto da Pesquisa.....	15
4.1.1. Primeira etapa (Elaboração do caso)	15
4.1.2. Segunda etapa (Validação do caso)	17
4.2. Pesquisa qualitativa	20
4.3. Instrumento de coleta de dados.....	21
4.4. Instrumento de análise de dados	21
4.5. Caminho realizado na apresentação dos resultados.....	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1. Narrativa e temporalidade do caso	25
5.2. Imersão e empatia com os figurantes da narrativa.....	27
5.3. Artes textual e linguagem do caso	30
5.4. Praticabilidade e potencial didático	32
5.5. Transferência de conceitos para diversos contextos	36
5.6. Avaliação crítica e propostas para melhorias.....	38
5.7. Material desenvolvido para aplicação	41
6. CONCLUSÃO	46
7. REFERÊNCIAS	47
Apêndice A: Caso- A indústria Valberg Têxtil: o descarte inadequado de corante no rio Pedra da Raposa.	52
Apêndice B: Plano de Ensino em “Modo de Sugestão”	60

ANEXO A	110
ANEXO B	112
ANEXO C	121

1. INTRODUÇÃO

É de fundamental importância que os alunos, dentro do âmbito escolar, tenham um processo de aprendizagem eficaz em sua formação. Dentro do espaço educacional deve ser trabalhado e discutido todos os possíveis meios de aprendizagem que favoreçam o crescimento pessoal e intelectual dos alunos. A aprendizagem ocorre em todos os ambientes, porém, dentro do âmbito escolar ocorre um aprimoramento das habilidades, conhecimentos, técnicas e valores através do estudo, do ensino, da vivência ou da experiência. Diante do exposto, para que isso ocorra o ambiente escolar deve abordar metodologias que enfatize o papel ativo do aluno em sala de aula (Tabile & Jacometo, 2017).

A preocupação com aplicações de metodologias de ensino no âmbito educacional em que privilegiem o papel do aluno no processo de aprendizagem vem ganhando destaque no mundo inteiro (Brito, 2010).

Segundo Pilleti & Rossato (2011), ensinar é provocar o desequilíbrio da mente dos estudantes para que ele busque o reequilíbrio, reestruturando conceitos, permitindo assim que eles aprendam.

De acordo com Silva; Zanon (2000, p.62):

Segundo nosso pensamento, as atividades práticas podem assumir uma importância fundamental na promoção de aprendizagens significativas e, por isso, consideramos importante valorizar propostas alternativas de ensino que demonstrem essa potencialidade de experimentação: a de ajudar os alunos a aprender através do estabelecimento de inter-relações entre os saberes teóricos e práticos que se mostrem dinâmicos, processuais e significativos.

Acredita-se que a admissão de um ensino de qualidade em sala de aula requer uma boa prática pedagógica. Sendo assim, a utilização de atividades didáticas que levam à participação ativa dos alunos em sala de aula podem ser uma forma de colaborar para que esse objetivo seja alcançado (Brito, 2010).

As atividades que são trabalhadas em sala de aula devem promover aos estudantes, qualidades, como: habilidades no sentido de manipular, organizar e investigar (Azevedo, 2004).

Além do mais, de acordo com Zabala e Arnau (2010), o papel do ensino é de orientar formação integral e a educação para a vida, de modo que os alunos sejam capazes de responder eficazmente aos diversos tipos de situações com as quais se

depararem no futuro. Segundo Skinner (1972), o estudante precisa aprender a respeito do mundo em que vive e deve ser posto em contato com ele.

As metodologias ativas de aprendizagem consistem no aluno sendo o protagonista central, enquanto os professores são mediadores ou facilitadores do processo. O aluno é instigado a participar da aula, por trabalhos em grupo ou discussão de problemas (Bacich e Morán, 2018).

Metodologias ativas tem um conceito amplo, que pode se referir a uma variedade de estratégias de ensino, como: aprendizagem baseada em problemas, problematização, aprendizagem baseada em projetos, aprendizagem por pares, pensamento de design, método do caso e sala de aula invertida, dentre outras (Bacich e Morán, 2018).

As metodologias ativas têm o potencial de despertar a curiosidade, à medida que os alunos se inserem na teorização e trazem elementos novos, ainda não considerados nas aulas ou na própria perspectiva do professor (Alves-Mazzotti, 2006).

Na sala de aula deve ser trabalhado com os alunos questões como globalização, ética, trabalho em equipe, aspectos regionais e artísticos. E para que isso ocorra, o ensino deve atender as necessidades pedagógicas dos alunos dentro e fora da sala de aula (Moehlecke, 2012).

Dentro do âmbito escolar deve haver estratégias e metodologias que possibilitem os alunos se tornarem pessoas mais críticas e ativas para sociedade. Diante disso, uma dessas metodologias é a utilização de Estudos de Casos Investigativos no ensino. Os Casos Investigativos (CI) são relatos que expõem situações reais ou imaginárias que não revelam um desfecho conclusivo, possibilitando aos alunos explorar em maior profundidade o tópico, estimulando-os a enfrentar os dilemas, buscar soluções para os desafios e tomar decisões embasadas nos conhecimentos que foram aprimorados ao longo das fases de resolução (Sá; Queiroz, 2010).

Em uma aplicação de Casos Investigativos em sala de aula, o estudante é direcionado a investigar e identificar os problemas, obter informações, debater as alternativas, levantar hipóteses, encontrar possíveis soluções e, sendo assim, chegar a uma tomada de decisão (Sá; Queiroz, 2009).

Os Casos Investigativos, quando utilizado e aplicado corretamente pode desenvolver habilidades significativas nos alunos. Apesar de poder ser resolvido

individualmente, os Casos Investigativos é uma abordagem pedagógica que promove mudanças significativas nos alunos, estimulando-os a desenvolver pensamentos críticos e favorecendo, assim, seu crescimento educacional (Tabile & Jacometo, 2017).

Dentro da sala de aula, pode-se trabalhar com Casos Investigativos o qual concede a possibilidade de articular a problematização com a vivência dos alunos. Além do mais, ele oferece uma perspectiva de se trabalhar com diversas situações problemas. Uma dessas possibilidades, é trabalhar e abordar questões ambientais, como por exemplo, a problematização do descarte de corantes em rios, lagos e mares pelo processo de tingimento têxtil (Brito, 2010).

O setor têxtil é uma das atividades industriais que tem maior potencial poluente. Destaca-se em função do extenso parque industrial que gera grandes volumes de efluentes de composição extremamente heterogênea. Tais efluentes, quando não são corretamente tratados, podem causar sérios problemas de contaminação ambiental, levando, assim, a grandes calamidades aquáticas (Samsami, 2020; Hussain, 2019).

Segundo Tonetto (2018, p. 17), os efluentes têxteis possuem alta carga de contaminação e uma forte coloração que impede a penetração da luz no ambiente aquático, dificultando a fotossíntese e diminuindo a quantidade de oxigênio dissolvido.

Os métodos de tratamentos desses efluentes, muitas vezes, apresentam custo muito elevado, como por exemplo o uso do carvão ativado. Sendo assim, a busca por métodos alternativos e de baixo custo, vem ganhando destaque no mundo inteiro. (Maidana et al., 2015).

Um dos métodos alternativos que vêm sendo investigado, por exemplo, é adsorção. Utilizando o processo de adsorção no tratamento de efluentes, ou seja, de água residuárias, pode-se utilizar os biossorventes no processo (Rahman, 2022).

Os biossorventes são oriundos de alguma forma biológica, como vegetais, crustáceos, microrganismos. Um exemplo de biossorventes é a farinha da casca de banana, pois em sua composição há grupos carboxila, hidroxilas e fosfatos, dentre outros. Esses grupos garantem uma capacidade de adsorção de metais traços e compostos orgânicos os quais podem ser usados no tratamento de efluentes (Rahman, 2022).

Considerando o que foi apresentado até o momento, torna-se evidente que os Casos Investigativos oferecem a oportunidade de estudar e analisar diversas situações.

Além disso, é notável a viabilidade de incorporar a utilização de Casos Investigativos no curso de Química. Em face das discussões previamente mencionadas, surge a seguinte indagação a ser explorada ao longo deste trabalho:

É viável a elaboração de Casos Investigativos com o intuito de instruir os alunos acerca do fenômeno de adsorção, por meio da aplicação de biossorventes na remoção de corantes empregados no processo têxtil?

O presente trabalho justifica-se pelo uso de metodologias ativas que estimulem a criatividade e a participação dos alunos. Desse modo, o uso de Casos Investigativos no Ensino de Química pode estimular e enfatizar a criatividade dos alunos nas resoluções de problemas, sejam eles ambientais, econômicos ou sociais (André, 2008).

Segundo Herreid, 2005 a utilização de casos como um método de ensino, é capaz de promover e aperfeiçoar as habilidades de argumentações dos alunos. Há diversas variações de Estudos de Casos Investigativos, e uma delas, são os casos de Caráter Interrompidos, que consistem no fornecimento gradativo de informações aos alunos. Escolheu-se esse método pois os alunos utilizam aos conhecimentos previamente adquiridos pelas partes do caso que já foram aplicadas, para solucionar os desafios das próximas etapas.

A utilização de Casos Investigativos em cursos universitários, tendem a favorecer aos alunos uma gama de possibilidades, ferramentas e perspectivas para uma boa formação sociocientíficas. Além disso, durante as resoluções dos problemas, os estudantes tendem a tomar decisões mais positivas, desenvolvendo, assim, senso crítico e racional (Queiróz, 2007).

Utilizando-se Casos Investigativos têm-se a possibilidade de estudar e analisar diversos problemas, principalmente questões ambientais. Diante disso, observa-se que é viável a alternativa de se trabalhar com Casos Investigativos no curso de Química para abordar a temática do uso de biossorventes na remoção de efluentes gerados pelo processo de tingimento têxtil.

Os biossorventes, sendo um material reaproveitado de produtos descartáveis e orgânicos, representam uma alternativa atraente a ser utilizar no processo de tratamento de corantes têxteis (Costa, 2021).

A alternativa de abordar a temática do uso de biossorventes na remoção de corantes está relacionada à utilização do processo de adsorção para a sua remoção.

Portanto, é um tema que pode ser explorado em sala de aula, uma vez que algumas áreas do curso superior de Química tratam desses assuntos (Costa, 2021).

Diante do exposto, pretendesse apresentar um Caso Investigativo que possa trabalhar a temática Adsorção em sala de aula, utilizando a problemática do descarte de corantes pelo processo de tingimento têxtil.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Validar um Caso Investigativo (IC), como material didático utilizando a temática adsorção, para ser utilizado nas disciplinas de Química do Ensino Superior.

2.2. Objetivos específicos

- i.** Elaborar um caso fictício de Caráter Interrompido, para trabalhar e estudar os processos de adsorção dos corantes têxtil utilizando biossorventes;
- ii.** Validar um Caso Investigativo por meio do grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências.
- iii.** Corrigir e melhorar o Caso Investigativo por meio das avaliações e contribuições feitas no material pelo grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Metodologias ativas no Ensino

As metodologias ativas em um ambiente escolar são fundamentais para o desenvolvimento do aluno em sala de aula. Morán (2015) nos relata que para o avanço da qualidade do ensino deve-se buscar ferramentas que possam ajudar a devolver as habilidades dos alunos. E, sendo assim, o aluno em sala de aula terá um envolvimento ativo, criador e construtivo, desenvolvendo o seu conhecimento cognitivo a partir dos conteúdos abordados em sala de aula.

Segundo Pastorio e Souza (2019), são consideradas metodologias ativas aquelas que envolvem os alunos em atividades diferenciadas, isto é, que envolvem vários aspectos e maneiras de ensino a fim de desenvolver habilidades diversificadas, tornando-os, assim, alunos mais ativos, proativos, comunicativos e investigadores.

As metodologias ativas utilizam-se de experiências reais ou simuladas, visando obter sucesso ao solucionar problemas provenientes das atividades essenciais da prática social, em diferentes contextos (Paiva, 2016).

Bacich e Morán (2018, p. 80) afirmam que as metodologias ativas constituem alternativas pedagógicas que colocam o foco do processo de ensino e de aprendizagem no aprendiz, envolvendo-o na aprendizagem por descoberta, investigação ou resolução de problema.

Como discutido, no ambiente escolar devem haver estratégias e metodologias que possibilitem que os alunos dentro da sala de aula aprendam a pesquisar, elaborar e resolver problemas de diversos contextos. Diante disto, uma dessas metodologias é a utilização de Estudos de Casos Investigativos no ensino, que é uma abordagem metodológica capaz de ativar o lado crítico do aluno.

3.2. Estudo de Casos

O método de Estudo de Casos é uma variante do método Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP). O ABP teve origem na Escola de Medicina da

Universidade de McMaster, Ontário, há aproximadamente trinta anos (Herreid, 2003). Diante disto, diversas escolas e faculdades adotaram esse método para aplicação em sala de aula para resolução de problemas.

O Estudo de Casos tem implicações favoráveis porque mostra como é fazer ciência, ou seja, ensina a coletar informações, trabalhar com dados incompletos, criar e refinar hipóteses, fazer previsões etc. (Herreid, 2004).

Há diversas diferenças entre o método ABP e Estudos de Casos. O método de ABP, por exemplo, propõe a solução do problema de forma genérica, ou coloca questões abertas, o professor não realiza direcionamento, a discussão é mantida dentro do grupo de estudantes, o estudante costuma pesquisar muitas informações para a resolução do problema. Por outro lado, o Estudo de Casos, geralmente é restrito a um conteúdo específico, possui questões que guiam o estudo, o professor realiza algum direcionamento durante as discussões, possui questões que guiam o estudo (Spricigo, 2014).

Segundo o autor Yin (2010), os Estudos de Caso podem ser exploratórios, analíticos ou descritivos, como mostra detalhamento na figura 1 a seguir.

Figura 2: Tipos de classificação de Estudo de Casos



Fonte: Adaptado de Francisco/2017.

- i.** Exploratórios: trata-se de um modelo de Casos que, embora não se resume à exploração, permite ao investigador elencar elementos que lhe permitam diagnosticar um caso com perspectivas de generalização naturalística;
- ii.** Descritivos: possibilitam, ao investigador, a descrição de fenômenos contemporâneos dentro de seu contexto real.
- iii.** Analíticos: é comum utilizar mais de um objeto de análise. A finalidade é reunir e apresentar dados que enriquecem as discussões, além de produzir

novos insights, reflexões, possíveis novas áreas de trabalho e auxiliar na tomada de decisão.

Os casos possuem amplas potencialidades didáticas, pedagógicas e educacionais, sendo assim, aplicadas em diferentes áreas do conhecimento para a inovação do processo de ensino aprendizagem. Os mesmos utilizam narrativas que contém elementos e características específicos para que estimulem os alunos a tomarem decisões bem fundamentadas, despertando o pensamento crítico para se posicionarem e tomarem decisões frente a questões científicas e sociocientíficas aplicação (Sá; Francisco; Queiróz, 2007).

Um aspecto importante dos casos é o fato de ser um método flexível, isto é, pode ser utilizado em uma série de situações e, ainda assim, explorar diversos conteúdos. Todavia, para que as necessidades do ensino sejam alcançadas, a escolha do assunto do caso deve ser relevante no contexto da disciplina. Os alunos também devem estar aptos a enfrentar, tanto no que diz respeito ao conhecimento do conteúdo científico, quanto àquele sobre questões éticas, sociais e econômicas abarcadas na aplicação (Sá; Francisco; Queiróz, 2007).

Existem diversas variações de Casos Investigativos. Uma delas, ainda pouco conhecida no contexto nacional, é a de Casos Interrompidos, no qual as informações acerca do problema são adicionadas em etapas. Outro diferencial da variação é que a narrativa é construída com base em conteúdo existente em um artigo original de pesquisa da área em questão, ou seja, um caso que trata de um problema que foi realmente enfrentado por pesquisadores de determinada área (Sá et al., 2009), o que pode elevar a utilidade pedagógica do caso.

Na literatura foi encontrado e desenvolvidos diversos estilos de casos os quais são utilizados para trabalhar uma série de situações e, ainda assim, explorar diversos conteúdo. Alguns estilos não apresentam uma solução explícita no caso, em que a ideia é justamente incentivar o leitor a expor soluções para o problema central. Nesse estilo os alunos se agrupam e discutem uma solução para o caso.

O segundo estilo tem o mesmo formato, no entanto, ele traz a solução explícita ao caso, inclui a forma como a foi feita a solução e como foi tomada a decisão. Esse estilo é o chamado “caso-exemplo”, uma situação também real, mas que inclui a

solução. Neste caso, o objetivo é estimular os “porquês” e os “como” da decisão tomada e sobre as possíveis alternativas que não foram adotadas (Sá; Francisco; Queiróz, 2007).

Em um Estudo de Caso Investigativo uma das partes principais é a identificação do problema no caso. Em alguns casos apresentam um único problema a ser solucionado, outros exigem a consideração de uma série de questões essenciais para resolvê-los. Sendo assim, de acordo com Sá (2010), podemos identificar os problemas nos Estudos de Casos, e esses problemas podem ser abordados em três tipos principais de Casos Investigativos :

- i. Casos estruturados e de múltiplos problemas: Os casos estruturados caracterizam-se por indicar de forma bem definida no contexto da narrativa o problema a ser resolvido; podem apresentar múltiplas alternativas de solução, cabendo ao estudante a tarefa de analisá-las e optar pela mais viável.
- ii. Os casos mal-estruturados: não definem de forma objetiva o problema principal, ficando a cargo dos estudantes a tarefa de identificá-lo para, só então, analisar as possíveis alternativas de solução e decidir pela que julgar mais adequada.
- iii. Os casos de múltiplos-problemas: não apresentam um único e bem definido problema a ser solucionado. Na análise de casos dessa natureza, o estudante percebe a necessidade de solucionar outros problemas inerentes ao problema principal apresentado no contexto do caso.

3.3. Elaboração de Casos Investigativos

Na literatura encontra-se diversos Casos Investigativos elaborados por autores seguindo os critérios de um “bom caso”, como por exemplo, da autoria de Rodrigues Dias (2022), com o caso intitulado “ O sal da Traição” um Caso Investigativo com uma proposta sobre a temática de Química Forense.

Segundo os autores Tabile & Jacometo (2017), Casos Investigativos podem seguir duas perspectivas essenciais:

- i. Uma perspectiva interpretativa, que procura compreender como é o mundo do ponto de vista dos participantes;
- ii. Uma perspectiva pragmática, cuja intenção fundamental é proporcionar uma perspectiva global do objeto de estudo, do ponto de vista do investigador, tanto quanto possível completa e coerente.

Herreid (1998), em seu trabalho, relata que para desenvolver um caso existem duas maneiras para seguir. Uma das possibilidades é escrever o caso do zero. A vantagem é que serão incluídos na escrita somente os materiais essenciais para a resolução do caso. A outra maneira recomendada pelo autor é a elaboração do caso com base em materiais já pré-existentes, incluindo jornais, revistas, programas de televisão, reportagens, vídeos, romances e até desenhos animados. Na construção de um caso deve ser observado alguns critérios gerais de qualidade, como por exemplo: O objeto de estudo está bem definido? O estudo evidencia aspectos característicos fundamentais do caso? Os Casos Investigativos, no seu relato, procuram acrescentar conhecimento já existente?

No artigo de autoria de Herreid (1998), encontram-se as seguintes diretrizes para elaboração de um “bom caso”:

- i. ***Um bom caso narra uma história:*** o fim não deve existir ainda;
- ii. ***Um bom caso desperta o interesse pela questão:*** para que um caso pareça real, deve haver um drama, um suspense. O caso deve ter uma questão a ser resolvida;
- iii. ***Um bom caso deve ser atual:*** deve tratar de questões atuais, onde o estudante perceba que o problema é importante;
- iv. ***Um bom caso produz empatia com os personagens centrais:*** os personagens devem influenciar na maneira como certas decisões forem tomadas;
- v. ***Um bom caso inclui citações:*** é a melhor maneira de compreender uma situação e ganhar empatia para com os personagens. Deve-se adicionar vida e drama a todas as citações;

- vi. ***Um bom caso é relevante ao leitor:*** os casos escolhidos devem envolver situações que os estudantes provavelmente saibam enfrentar. Isto melhora o fator empatia e faz do caso algo que vale a pena estudar;
- vii. ***Um bom caso deve ter utilidade pedagógica:*** deve ser útil para o curso e para o estudante;
- viii. ***Um bom caso provoca um conflito:*** a maioria dos casos é fundamentada sobre algo controverso;
- ix. ***Um bom caso força uma decisão:*** deve haver urgência e seriedade envolvida na resolução dos casos;
- x. ***Um bom caso tem generalizações:*** deve ter aplicabilidade geral e não ser específico para apenas uma curiosidade;
- xi. ***Um bom caso é curto:*** os casos devem ser suficientemente longos para introduzir os fatos de um caso, mas não tão longos, que provoque uma análise tediosa.

3.4. Casos Investigativos no Ensino de Ciências

Utilizar Casos Investigativos como método para ensino dentro da sala de aula requer a participação total do aluno. O aluno para resolver algum caso utilizado em aula, ele terá contato com bibliográficas, para que possa analisar a situação sob o ponto de vista de seus aspectos positivos e negativos, antes de tomar qualquer decisão. Essa postura exige que o estudante desenvolva o caráter crítico e reflexivo necessários em sua vida acadêmica (Azevedo, 2004).

Além do mais, enquanto os alunos resolvem o caso eles desenvolverão dois aspectos: capacidade de analisar o caso e a capacidade de se comunicar com seu pensamento de maneira clara e efetiva (Duarte, 2008).

A utilização de Casos Investigativos como ensino no nível superior pode favorecer aos graduandos a capacidade de estudar um caso prático em equipe. E, sendo assim, dentro do grupo haverá debates entre os alunos proporcionando a flexibilidade mental e o reconhecimento da diversidade de interpretações diante do mesmo assunto (Tabile & Jacometo, 2017).

O Ensino de Química dentro do espaço educacional e universitário é bastante promissor para a formação dos discentes. Os processos metodológicos para abordar os conteúdos de química são bastante variáveis e depende da abordagem de cada professor. Mas a utilização de casos para o ensino de alguns conteúdos de química em sala de aula pode despertar o interesse do aluno. Segundo Sá e Queiroz (2009), destacam que os casos são utilizados para introduzir conteúdos disciplinares; desenvolver a capacidade de tomar decisões; demonstrar aplicações da química; estimular a comunicação oral e o debate; incentivar o trabalho em grupo e manifestar o pensamento crítico.

Os Casos Investigativos exigem que os alunos aprendam de uma maneira que talvez não lhe seja familiar. Em vez de receber passivamente informações, os estudantes tornam-se participantes ativos no processo de aprendizagem. Sendo assim, os licenciandos para resolver um caso dentro da sala de aula, devem cumprir algumas etapas básicas, que são: identificação e definição do problema; acesso, avaliação e uso de informações necessárias à resolução do problema; e apresentação da solução do problema (Sá e Queiróz, 2009).

Em um caso pode ser introduzido conteúdo específicos, fazendo com que os alunos possam aprender os conceitos químicos e possam ver a realidade de algumas situações abordadas nos casos. Vale salientar que todas as diferentes propostas envolvendo casos devem ser guiadas e condizentes com o planejamento, pois só assim, poderão atingir resultados de acordo com os objetivos pretendidos (Francisco, 2017).

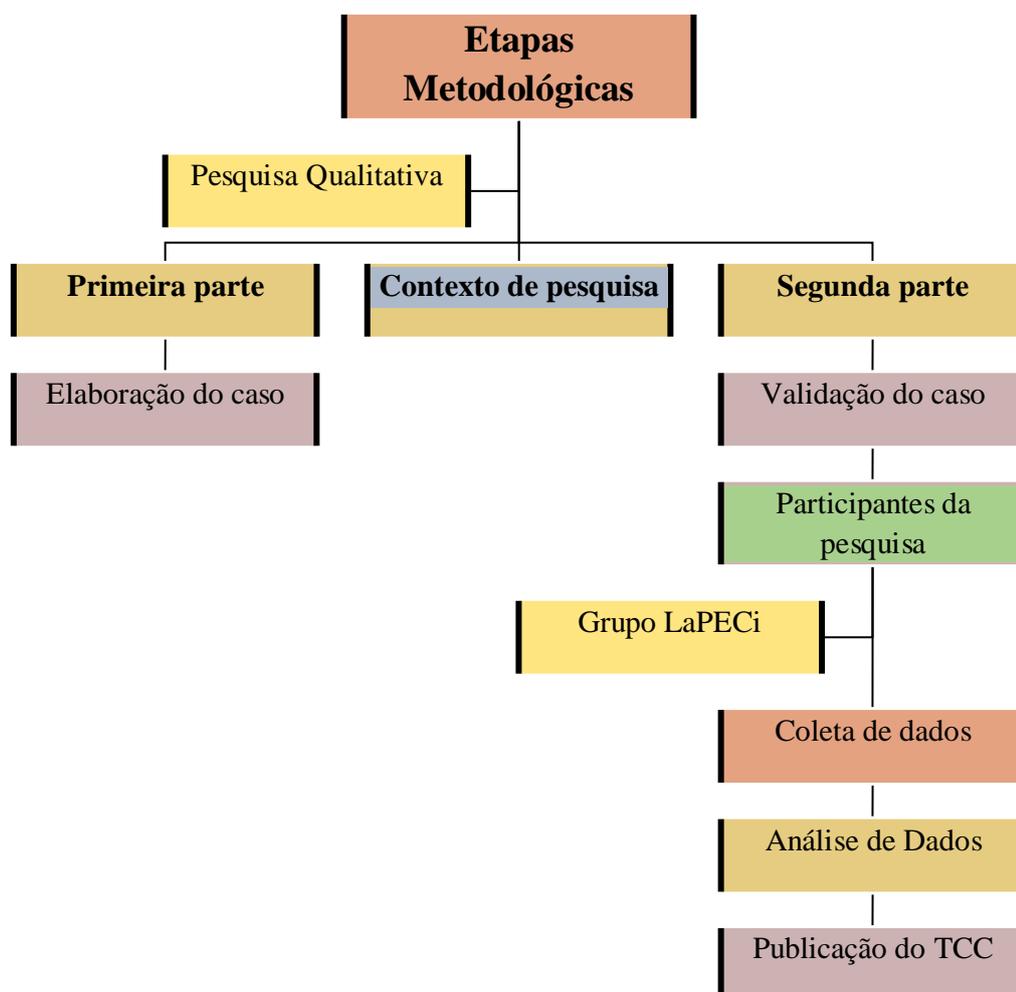
No trabalho desenvolvido pelos autores Selbach et al. (2021), em uma pesquisa de revisão sistemática, foi investigado contribuições dos casos em diversas áreas da Química em cursos de Licenciatura, Bacharelado e até mesmo Engenharia e cursos de formação continuada. Os autores apontam que os casos vêm sendo utilizados em uma vasta gama de áreas do curso de Química.

Esses casos devolvidos apresentam importantes contribuições para promover habilidades complementares àquelas que são tradicionalmente vinculadas ao ambiente acadêmico, de maneira a formar profissionais com capacidade para utilizar os conhecimentos e habilidades desenvolvidos em futuras situações profissionais (Selbach et al., 2021).

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O trabalho foi desenvolvido em etapas, como elaboração, validação, coleta e análise de dados. A elaboração consistiu na criação do Caso Investigativo intitulado ‘‘A indústria Valberg Têxtil: o descarte inadequado de corante no rio Pedra da Raposa’’, a validação e a coleta de dados seguiram por meio de um questionário adaptado conforme as diretrizes de um ‘‘bom caso’’ descritas por Herreid (1998). A análise dos dados foi realizada baseando-se na análise de conteúdo de Bardin (2016). Os passos seguiram conforme mostra no esquema da Figura 2.

Figura 3: Esquema das etapas metodológicas desta pesquisa.



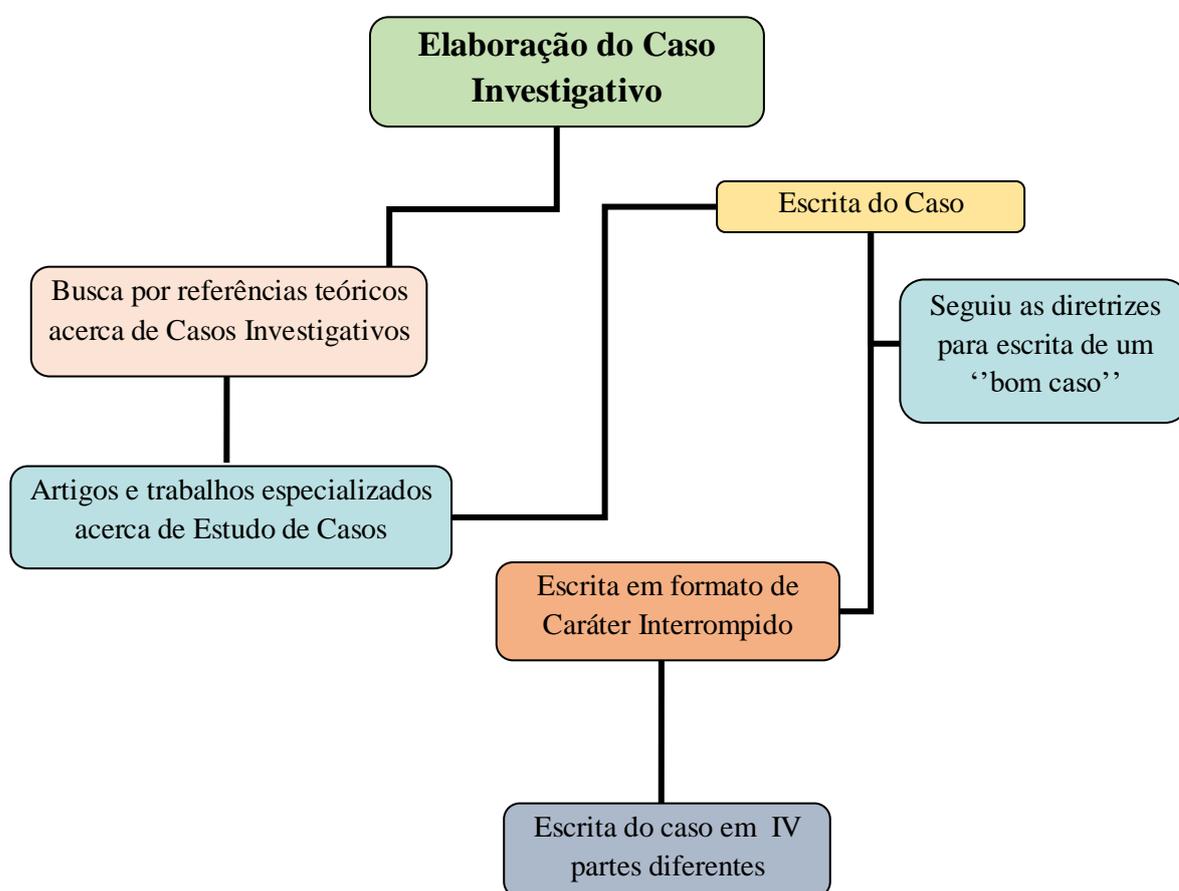
Fonte: Autor/2023

4.1. Contexto da Pesquisa

4.1.1. Primeira etapa (Elaboração do caso)

A primeira etapa desse trabalho teve como princípio a elaboração de um Caso Investigativo. Optou-se pela criação de Casos Investigativos devido ao fato do mesmo ser apontado como capaz de estimular a argumentação em situações de Ensino de Química (SÁ e QUEIROZ, 2009). Os passos para criação do Caso Investigativo seguiram conforme mostra na Imagem 3 do diagrama a seguir:

Figura 3: Esquema das etapas da escrita do Caso Investigativo.



Fonte: Autor/2023

Para aprofundamento teórico sobre Casos Investigativos, seguiu-se referenciais de fundamentos e princípios teóricos estabelecidos pela literatura especializada como Herreid, 1998 e 2005; Sá e Queiroz, 2009; Yin, 2001 e 2010 e Graham, 2010; Francisco, 2022.

O caso fictício foi desenvolvido pelo autor desse trabalho seguindo alguns critérios de um “bom caso” (Herreid, 1998). Na busca por referenciais teóricos que pudessem auxiliar na construção do caso, foi encontrado na literatura os trabalhos intitulados “What makes a good case (Herreid, 1998), Como escrever e usar estudos de caso para o ensino e aprendizagem no setor público (Graham, 2010), Estudo de Casos no ensino de química (Sá; Queiróz, 2009), e Estudos de caso no Ensino de Ciências Naturais e na Educação Ambiental (Queiroz; Sacchi, 2020); Uma reeleita das características para um “bom” caso: tecendo aproximações com as crônicas narrativas (Francisco, 2022)”, os quais auxiliaram na criação do caso descrito “A indústria Valberg Têxtil: o descarte inadequado de corante no rio Pedra da Raposa”, justamente por estes trabalhos já serem referenciais consolidados e amplamente discutidos por uma vasta gama de trabalhos que propõem o uso de Casos Investigativos. O caso completo que se encontra no (Apêndice A).

O caso fictício foi criado em formato de Caráter Interrompido baseando-se no trabalho de Herreid (2005), com intuito de que cada parte do caso possam auxiliar os alunos a compreensão do assunto, adquirindo fundamentação teórica para discussões e assim aplicar os conhecimentos desenvolvidos e investigados na etapa posterior.

O caso mencionado foi dividido em quatro partes diferentes:

- a. “O rio Pedra da Raposa está azul?”.
- b. “Cérebros trabalhando: a ideia do uso de biossorventes”.
- c. “Mãos à obra: analisando as opções”.
- d. “ O rio Pedra da Raposa agradece os cuidados”.

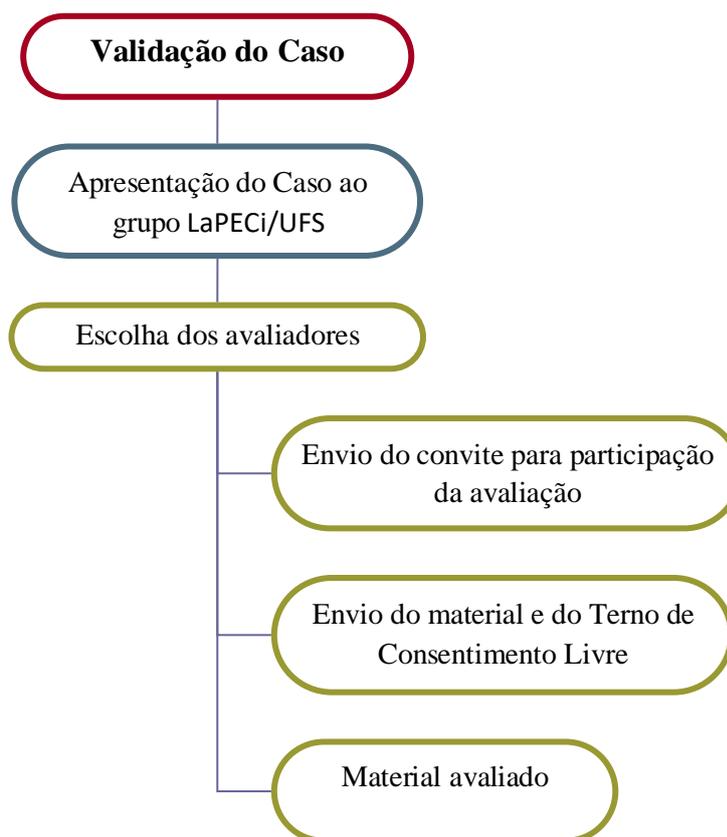
Todas as partes podem ser consideradas de fácil vocabulário e leitura, visto que existem diálogos e recursos visuais voltados para as ações dos personagens, como e-mails e conversas por mensagens de texto. Pode-se dizer que essas características também corroboram com o fator empatia com os personagens.

Esse material tem a possibilidade de ser utilizado nas aulas do Ensino Superior do curso de Química, podendo ser utilizado em aulas de Química Inorgânica, Físico-Química e Química Analítica. Além disso, esse material foi desenvolvido com o objetivo de ajudar na interação entre alunos e no desenvolvimento do trabalho em equipe, melhorando assim a relação entre aluno e aluno e aluno-professor.

4.1.2. Segunda etapa (Validação do caso)

Essa etapa teve como objetivo colher as sugestões e melhorias para o material, a partir da visão dos avaliadores. E sendo assim, através dessas orientações obteve melhorias no material. Os passos para a validação do Caso Investigativo seguiram conforme mostra na Imagem 4 do diagrama a seguir:

Figura 4: Esquema das etapas da validação do Caso Investigativo.



Fonte: Autor/2023

Os participantes que contribuíram para validação e coleta de dados nesta pesquisa foi o Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências (LaPECi) da Universidade Federal de Sergipe (UFS), que se dedica atualmente a contribuir para a área de Ensino de Ciências com pesquisas com rigor metodológico ao estudo de atividades investigativas, desenvolvimento de materiais didáticos em história da ciência, jogos educativos e pensamento crítico. De início, houve um encontro com o grupo, que ocorreu no dia 14/08/2023, na reunião estavam presentes professores da área de mestrado e doutorado.

Escolheu-se três avaliadores considerando a pertinência de suas produções e experiências no âmbito educacional, de modo que, uma descrição dos perfis dos validadores (as) é apresentada no Quadro 01 a seguir.

Quadro 01: Perfil dos avaliadores escolhidos para validação do material.

Validador (a)	Descrição dos perfis
V1	Graduação em Química Licenciatura pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Graduação em Pedagogia (FERA), Especialização em Ensino de Ciências (IC) e Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática (UFS).
V2	Graduação em Química Licenciatura pela Universidade Estadual da Paraíba (UEP). Mestre em Ensino de Ciências – Universidade Federal de Pernambuco (UFRPE), tem experiência na área de Ensino, com ênfase em Formação de Professores, atuando principalmente nos seguintes temas: História e Filosofia da Ciência; Formação de Conceitos a partir da Teoria da Atividade em Galperin, Leontiev e Vygotsky; Elaboração de materiais didáticos para o ensino de Química; Transposição e Sequência didática. Educação Inclusiva; Educação Prisional. inclusiva e Educação Prisional em eventos regionais e nacionais.
	Graduação em Química Licenciatura pela Universidade Federal de Sergipe (UFS), Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática

V3	(PPGECIMA/UFS) e Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (PPGEFHC/UFBA/UEFS).
----	--

Fonte: Autor/2023.

Para iniciar o processo de validação do Caso Investigativo, o pesquisador entrou em contato com os especialistas via e-mail, convidando-os a participar da validação do material. Após a confirmação, foi enviado o material e descrito os objetivos do mesmo, o material enviado aos avaliadores se encontra no respectivo Apêndice A.

Junto ao material foi enviado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), que tinha como objetivo respeitar as questões éticas da pesquisa, através da preservação do anonimato dos envolvidos, que se encontra no (Anexo C).

O material de validação foi enviado em formato de Word e PDF, contendo o Caso Investigativo e o questionário que foi inserido no material em formato de comentários. Esse questionário foi elaborado com base nos critérios e diretrizes elaboradas pelo autor Herreid (1998), para escrita de um “bom caso”, que se encontra no seu artigo denominado “What makes a good case”. Esse questionário foi apresentado junto com o material a ser analisado ao grupo LaPECi no dia 14/08/2023, e assim obteve as contribuições e melhorias necessárias para o questionário. A Figura 5, apresentada a seguir, demonstra como o material foi enviado para os validadores.

Figura 5: Recorte do material enviado para validação.

Parte IV

O rio Pedra da Raposa agradece os cuidados

Aelson com os resultados em mãos dos experimentos que foram realizados em seu laboratório sobre a remoção do corante pelo biossorvente, decidiu marcar uma reunião com os acionistas, Junior e Gabrielle para apresentar os resultados obtidos na sua experimentação.

De: Aelson.al@hotmail.com
 Para: Valbergtexil@gmail.com

Reunião para discussões dos resultados da proposta de remoção do corante pelo biossorvente

Prezado(a) Junior e Gabrielle,
 De início, gostaria de agradecer pela oportunidade de trabalhar para

Destinado aq\Validador V01:
Este caso tem utilidade pedagógica? Explique sua resposta.
 Aguardando comentários sobre:
 Responder Resolver

Destinado ao Validador V01:
Este caso provoca algum conflito? Em ato afirmativo, em quais parágrafos foi observado ?
 Aguardando comentários sobre:

Destinado ao Validador V01:
Para resolver o caso, você acha que é possível o aluno tomar uma decisão a respeito do problema mencionado no caso? Por quê?
 Aguardando comentários sobre:

Fonte: Autor/2023

A Figura 5 representa a versão enviada aos validadores, que pelo Quadro 01 é possível observar a identificação do validador como V1. Este recorte do material, apresentado na Figura 3 é uma representação de como os dados puderam ser coletados. Na codificação, os validadores são representados nas unidades de registro pelo código V1, V2 e V3 de modo que 1, 2 e 3 corresponde aos números atribuídos para cada validador, como forma de identificá-los e preservar o anonimato.

4.2. Pesquisa qualitativa

A metodologia de pesquisa deste trabalho consiste em uma abordagem qualitativa. Ela se dá por meio da coleta de dados, os quais passam por um processo de análise a fim de se ter uma compreensão melhor acerca do fenômeno a ser estudado (Flick, 2009).

Como o Estudo de Casos é baseado em fatos, é preciso garantir a observação dos conhecimentos reais e o registro deles. É o que torna possível a abordagem qualitativa que caso oferece para responder as questões “como” e “por quê” (Yin, 2001).

A pesquisa qualitativa tem característica importante que leva o contato direto do investigador ao investigado, uma vez que o investigador frequenta os locais em que naturalmente os dados são recolhidos no comportamento natural das pessoas como: observar, visitar, comer, conversar e entre outros (Bogdan; Biklen, 2013).

Além disso, a pesquisa qualitativa corresponde em um procedimento mais intuitivo, ou seja, mais maleável e mais adaptável a índices não previstos ou também à evolução de hipóteses. Assim este tipo de análise é utilizado nas fases de lançamento das hipóteses, já que permite sugerir possíveis relações entre um índice da mensagem e uma ou diversas variáveis do locutor, isto é, pesquisa qualitativa tem a finalidade de isolar causas e efeitos, operacionalizar suas causas teóricas, medir e quantificar fenômenos, desenvolver planos de pesquisas que permitam descobertas e formular leis gerais (Flick, 2009; Bogdan; Biklen, 2013).

4.3. Instrumento de coleta de dados

Existem várias técnicas de coletas de dados. Essas diferentes técnicas facilitam o caminho a ser percorrido durante a pesquisa. Segundo Flick (2009), a coleta de dados na pesquisa social pode ser realizada de quatro formas as quais são:

- i.** Realização de questionário para indivíduos;
- ii.** Utilização de pesquisas de levantamento;
- iii.** Entrevistas;
- iv.** Análise de documentação.

No presente trabalho foi utilizado para a coleta de dados o questionário, o qual de acordo com Flick (2009), tem por objetivo receber respostas comparáveis dos participantes inseridos. O questionário que foi inserido no material e enviado aos avaliadores se encontra no (Anexo A).

Para a elaboração do questionário seguiu os critérios de Flick (2009), onde nos mostra que para a confecção do questionário é necessário que as perguntas possam ter uma padronização típica das pesquisas quantitativas sendo perguntas curtas, de fácil vocabulário, multidimensionais e compreensíveis.

4.4. Instrumento de análise de dados

Nesta pesquisa seguiu o método de Análise de Conteúdo de Bardin (2016), o qual menciona as etapas: organização da análise; codificação; categorização; inferência e informatização da análise das comunicações dos dados obtidos. Este conjunto de etapas do método de Bardin propõe facilitar a compreensão acerca dos dados gerados, possibilitando uma melhor interpretação das informações coletadas (Bardin, 2016).

As etapas do método proposto por Bardin (2016) são:

- i.** Organização da análise: nesta etapa ocorre uma leitura flutuante do documento que deseja analisar a fim de se obter algumas impressões e orientações sobre o mesmo.

- ii. A Codificação: consiste na transformação dos dados em unidades que permite uma descrição exata das características e enumerados (regras de contagem); classificados (escolha de categorias) e recorte (escolha de unidades).
- iii. A Categorização: faz uma classificação de elementos por classes com título genérico, ocorre o reagrupamento de acordo com os critérios já pré-definidos (pode ser semântico; léxico e expressivo).
- iv. A Inferência: que fornece ao leitor informações suplementares, isto é saber mais sobre seu texto.
- v. A informatização da análise das comunicações dos dados obtidos: que aborda sobre o papel da informática no processo de análise de conteúdo.

4.5. Caminho realizado na apresentação dos resultados

Como se trata de uma pesquisa de plano qualitativo, obteve-se uma diversidade de informações descritivas, o que tornou necessário a organização e redução dos dados para melhor interpretação dos resultados (Coutinho, 2016).

Cada etapa dos dados foi avaliada separadamente para que fique claro aos leitores a contribuição dos avaliadores em cada parte da pesquisa, evidenciando assim a diversificação das avaliações feitas pelos avaliadores.

Para apresentação das informações indicadas pelos processos de validação foram adotados quadros que resumem as contribuições indicadas pelos validadores. Acredita-se que essa forma de apresentar é mais organizada que no formato de um texto corrido.

As respostas dos avaliadores foram categorizadas, com o objetivo de facilitar o processo de análise de dados (Bardin, 2016). De forma objetiva para discutir as respostas obtidas através do questionário realizado aos avaliadores, foram criadas categorias para as respectivas perguntas do questionário e que foram discutidas separadamente.

Vale salientar que, cada categoria apresenta os pilares estruturadores que possibilitam a melhor interpretação dos resultados apresentados. Para organizar a

discussão, as avaliações dos especialistas foram alocadas a partir das seguintes categorias e as respectivas subcategorias como mostra detalhadamente no Quadro 02 a seguir:

Quadro 02: Organização das categorias e subcategorias referente as avaliações.

CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS	INFORMAÇÕES
Narrativa e temporalidade do caso	Narrativa do Caso	Refere-se à narrativa e ao desenvolvimento da história no caso.
	Atualidade do Caso	Se os avaliadores consideraram o caso como atual.
Imersão e empatia com os figurantes da narrativa Subcategorias	Interesse pela Questão	Se o caso despertou interesse dos avaliadores pela questão apresentada.
	Empatia pelos Personagens	Se os avaliadores sentiram empatia pelos personagens da história.
Artes textual e linguagem do caso	Citações e Elementos criativos	Se o caso incluiu citações, falas, cartas, figuras ou outros elementos visuais.
	Agradabilidade da Leitura	Se os avaliadores consideraram a leitura e o estudo do caso agradáveis.
Praticabilidade e	Relevância para os alunos	Se os avaliadores consideraram o caso relevante para os alunos.

potencial didático	Utilidade Pedagógica	Se os avaliadores acreditam que o caso tem utilidade pedagógica.
	Tomada de Decisão	Se é possível o aluno tomarem decisões em relação ao problema apresentado no caso
Transferência de conceitos para diversos contextos	Conflito e Tensão	Se o caso provocou conflito ou dilema entre os personagens ou na situação apresentada.
	Generalização	Se o caso pode ser generalizado para outras situações ou contextos.
Avaliação crítica e propostas para melhorias	Sugestões e Melhorias	Envolve sugestões dos avaliadores para melhorias do caso.

Fonte: Autor/2023

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Narrativa e temporalidade do caso

A seguir estão as unidades de registro dos avaliadores sobre o requisito “Este caso narra uma história?” e “Você considera esse caso como atual?” inseridos nas respectivas subcategorias, como mostra no Quadro 03:

Quadro 03: Respostas dos avaliadores referente as subcategorias Narrativa do Caso e Atualidade do Caso.

Categoria	Subcategorias	Unidade de Registro
Narrativa e temporalidade caso	Narrativa do Caso	V1: “[...] cada parte do caso narra uma etapa diferente da história e se fizermos uma leitura isolada de cada parte conseguimos compreender a situação-problema retratada [...]”
		V2: “Sim. O tema central é o descarte dos dejetos da indústria têxtil e possíveis soluções para o tratamento.”
		V3: “Sim, o caso narra uma história que possui cronologia própria e bastante acessível a compreensão.”
	Atualidade do Caso	V1: “O caso pode sim ser considerado atual por apresentar uma temática e situação problema do cotidiano de diferentes espaços geográficos.”
		V2: “Extremamente atual. Há elementos que a população precisa conhecer sobre poluição [...]”
		V3: “Sim, a problemática ambiental é um problema atual e sempre muito necessário”.

Fonte: Autor/2023.

De acordo com as respostas sobre a narrativa do caso, o avaliador V1 observou que o caso é narrado em partes e que podem ser considerados casos isolados, mas confrontou que todas contribuem para a narrativa geral, formando um único caso. Já o avaliador V2 concordou que o caso narra uma história e destacou o tema principal do caso. O avaliador V3 afirmou que o caso analisado narra uma história e manifestou ser uma narrativa bastante acessível.

Como o autor Herreid (2007; 2011) enfatiza que a narrativa desempenha um papel crucial na criação de caso eficazes, ele sugere que uma narrativa bem elaborada pode cativar a atenção dos alunos, tornando o caso mais envolvente e motivador. Além do mais, o mesmo defende o uso de casos como uma abordagem inovadora no Ensino de Ciências. Ele argumenta que os Casos Investigativos podem envolver os alunos em situações do mundo real, tornando o aprendizado mais prático e interessante.

A importância de Casos Investigativos com uma narrativa envolvente e de uma estrutura bem definida é fundamental para atender as perspectivas de um bom caso. Herreid (2005) ressalta que a estrutura adequada pode tornar um caso mais eficaz. É essencial que os casos sejam apresentados de maneira lógica e envolvente para manter o interesse dos alunos ao longo da narrativa. A narrativa bem elaborada pode ajudar os estudantes a se envolverem com os personagens e situações, tornando o aprendizado mais significativo.

A forma como Stake (2009) destaca a narrativa e a estrutura nos casos ressalta a importância de apresentar o caso de forma estruturada para envolver os alunos. Além disso, Sá e Queiroz (2010) enfatizam, em seu trabalho sobre o uso de Estudos de Caso Investigativos no ensino de Química, que uma narrativa bem elaborada pode criar um ambiente de aprendizado envolvente, permitindo que os alunos se identifiquem com os desafios enfrentados pelos personagens.

Uma história bem contada pode despertar a curiosidade dos alunos e tornar a questão central do caso mais significativa. Quando os alunos se sentem envolvidos com a narrativa, eles têm mais probabilidade de participar ativamente na resolução dos problemas apresentados. No caso em questão, a narrativa parece ser uma forma efetiva de despertar o interesse dos avaliadores, o que também indica que pode ser eficaz para os alunos. Isso contribui para a utilidade educacional do caso, tornando-o uma ferramenta valiosa para o ensino e aprendizagem dos estudantes.

Com relação a subcategoria “Atualidade do Caso”, o avaliador V1 observou que a temática da poluição da água por corantes utilizados na indústria têxtil é cotidiana e abrange diferentes regiões. Essa observação sugere que o problema abordado no caso é relevante em diversos contextos, sendo assim um caso atual. O avaliador V2 concordou com a atualidade do caso, especialmente no contexto mais amplo da poluição das águas. Essa perspectiva destaca que o caso em questão não se limita apenas a uma situação isolada, mas é notório que aborda um problema ambiental significativo e traz diversas discussões na sociedade. O avaliador V3 também reconheceu a atualidade do caso e o impacto ambiental como um fator motivador para se trabalhar em Casos Investigativos s.

Como no artigo, Herreid (1998; 2005) reforça a importância da atualidade em casos. Desenvolver o caso alinhado com questões do mundo real e desafios atuais é fundamental para envolver os alunos e estimular seu pensamento crítico.

A concordância dos avaliadores sobre a atualidade do caso é um ponto forte. Azevedo (2004) destaca a importância de abordar tópicos cotidianos e relevantes para envolver os alunos. O contexto atual, relacionado à poluição da água, é um excelente ponto de partida, pois os estudantes podem se identificar com o problema e entender sua importância para a sociedade.

Com base nas respostas dos avaliadores e nas diretrizes de Herreid (1998), fica claro que o caso em análise é considerado atual e relevante. A temática da poluição da água por corantes é uma preocupação contemporânea, fortalecendo a utilidade pedagógica do caso, pois ele não apenas ensina conceitos de química, mas também destaca sua aplicação no mundo real.

5.2. Imersão e empatia com os figurantes da narrativa

Os registros das unidades de avaliação relacionados aos requisitos “Este caso lhe despertou algum interesse pela questão?” e “Este caso lhe despertou empatia pelos personagens centrais?” tal como inseridos nas subcategorias, são expostos conforme mostra no Quadro 04:

Quadro 04: Respostas dos avaliadores referente a subcategorias Interesse pela Questão e Empatia pelos Personagens.

Categoria	Subcategorias	Unidade de Registro
<p>Imersão e empatia com os figurantes da narrativa</p>	<p>Interesse pela Questão</p>	<p>V1: <i>"A temática abordada no caso faz parte do nosso cotidiano. Isso nos leva a refletir também sobre as peças de roupas que temos e que também liberam tinta durante o processo de lavagem [...]".</i></p>
		<p>V2: <i>"Sim. Considerando que a empresa foi multada em várias situações, pelo descarte dos dejetos [...]".</i></p>
		<p>V3: <i>"Sim, o dano ambiental é o principal gerador de interesse para mim. O impacto que o descarte pode gerar ao ambiente, incluindo as pessoas que podem ser prejudicadas pela perda de qualidade das águas do rio, me motivou a continuar lendo o caso e adoraria participar dele enquanto aluno."</i></p>
	<p>Empatia pelos Personagens</p>	<p>V1: <i>"Sim. É possível se colocar na posição dos personagens diante do dilema apresentado."</i></p>
		<p>V2: <i>"Despertou totalmente." [...]</i></p>
		<p>V3: <i>"Sim, me coloquei no lugar de Aelson de frente para um problema como esse. Mas também me coloquei no lugar da população que usufrui de alguma forma do rio." [...]</i></p>

Fonte: Autor/2023.

De acordo com as respostas dos avaliadores na subcategoria "Interesse pela Questão", embora o avaliador V1 não tenha abordado diretamente a palavra "interesse", suas observações sobre a narrativa e a temática abordada no caso podem ser observadas como indicadores de interesse na problemática do caso. O que sugere que a história apresentada tem o potencial de envolver os alunos, despertando sua

curiosidade e interesse em seguir a resolução dos problemas. Já o avaliador V2 enfatizou o interesse pela questão abordada, como também pelo interesse especialmente no contexto da poluição das águas, além do mais, reforçou grandes ideias positivas sobre o contexto do caso. O avaliador V3 demonstrou interesse na narrativa e no impacto ambiental. Neste contexto, o interesse no impacto ambiental que o caso traz à tona, indica que a questão abordada tem o potencial de ser envolvente, pois está relacionada a uma preocupação global cada vez mais relevante.

Os autores Azevedo (2004) e Moehlecke (2012) enfatizam a relevância de abordar questões que despertem o interesse dos alunos para promover uma aprendizagem significativa. Além disso, o trabalho de Velloso et al. (2009) discute como a elaboração de argumentos sólidos e expressados no caso pode ser um bom motivo para devolver o interesse dos alunos na questão em discussão.

Herreid em seus trabalhos (2005; 2011) destaca que a escolha da questão central é fundamental para o sucesso de Casos Investigativos. Questões que são significativas, desafiadoras e relacionadas a situações do mundo real tendem a gerar maior interesse e envolvimento dos alunos. Portanto, mostra que o contexto que o caso traz sobre a poluição da água por corantes é positivo

Na subcategoria ‘Empatia pelos Personagens’, o avaliador V1 destacou que o caso a ser analisado gera empatia pelos personagens centrais e a situação problema abordada no caso, o que pode tornar a experiência de aprendizado mais envolvente. Já o avaliador V2 concorda que o caso despertou total interesse, isso indica que os personagens foram construídos de forma a criar uma conexão emocional com os alunos, incentivando-os a se envolverem ativamente na resolução do problema apresentado. O avaliador V3 também demonstrou empatia pelos personagens, incluindo a população que depende do rio. Podendo ser observado que, essa empatia que ele desenvolveu não se limita apenas aos personagens principais, mas também estende à comunidade afetada pelo problema, o que pode ampliar a compreensão e o interesse dos alunos na situação.

A empatia pelos personagens é um elemento importante na construção de conexões emocionais e no estímulo à reflexão (Queiroz & Sacchi, 2020). Criar empatia pelos personagens centrais é uma estratégia eficaz para engajar os alunos no caso. Sá e Queiroz (2009) enfatizam que os estudantes precisam se sentir cativados na resolução do problema. Ao sentir empatia pelos personagens, os alunos podem se identificar com seus desafios e estar mais dispostos a participar ativamente na busca por soluções.

Com base nas respostas dos avaliadores e nas diretrizes de Herreid (1998), fica notório que o caso abordado e analisado conseguiu criar empatia pelos personagens e a problemática do caso. Pode-se observar que os avaliadores demonstraram sentimentos como de empatia e disposição, por exemplo, em ajudar os personagens, isso indica que o caso pode ser envolvente.

5.3. Artes textual e linguagem do caso

Apresentam-se os registros das unidades de avaliação em relação aos requisitos “Este caso incluiu citações como falas, cartas ou figuras?” e “Você considera a leitura e estudo desse caso agradável?” conforme foram inseridos nas subcategorias, indicadas no Quadro 05:

Quadro 05: Respostas dos avaliadores referente a subcategoria Citações e Elementos criativos e Agradabilidade da Leitura.

Categoria	Subcategorias	Unidade de Registro
Artes textuais e Linguagem do caso	Citações e Elementos criativos	V1: <i>"Cada parte ou caso apresentam diversos elemento que são considerados citações como o proposto por Herreid."</i>
		V2: <i>"Em parte. Senti a necessidade do laudo técnico da Instituição fiscalizadora e da empresa contratada, para em seguida sugerir o tratamento dos efluentes."</i>
		V3: <i>"Sim, durante o caso são mostrados diálogos e formas de comunicação criativas. Normalmente não vemos a comunicação ser mostrada no formato de e-mail."</i>
	Agradabilidade da Leitura	V1: <i>"O texto apresenta uma leitura leve e com elementos que necessitam ser investigados, o que desperta a curiosidade."</i>
		V2: <i>"A leitura é agradável e acessível. Provoca vários</i>

		<i>questionamentos sobre políticas públicas sobre a questão ambiental no nosso país."</i>
		V3: <i>"Sim, a leitura é fluida e a divisão em parte torna ele compreensível e as etapas estão bem organizadas."</i>

Fonte: Autor/2023.

A inclusão de citações, figuras e elementos visuais pode enriquecer um Caso Investigativo (Francisco, 2022). Com base nas informações da subcategoria ‘Citações e Elementos criativos’, o avaliador V1 notou e enfatizou a presença de elementos de citação ao longo da narrativa do caso. Isso sugere que o caso incorpora referências ou fontes que podem enriquecer a compreensão do problema e fornecer informações adicionais aos alunos. Como foi citado na fala do avaliador V1, no artigo de Herreid (1998), ele apresenta diretrizes específicas para a criação de casos, ele destaca a importância de incluir elementos de citação e referências precisas para enriquecer a narrativa do caso.

Já o avaliador V2 destacou que a necessidade da presença de mais informações técnicas, como laudos técnicos, por exemplo. O que pode ser percebido que mesmo o caso tendo diversos elementos, poderia ser inseridos mais informações como laudos técnicos. O avaliador V3 comentou que a comunicação é mostrada de forma criativa. A criatividade na apresentação dos elementos de comunicação, como e-mails fictícios entre personagens, pode tornar o caso mais envolvente e realista, aproximando os alunos da situação problemática.

A presença de elementos de citação é fundamental para estabelecer a credibilidade do caso. Isso se aplica especialmente a casos que envolvem informações técnicas, pois os alunos precisam saber que as informações apresentadas são baseadas em fontes confiáveis (Herreid, 2007).

Na subcategoria ‘Agradabilidade da Leitura’, o avaliador V1 observou que o texto apresenta uma leitura leve e com elementos que necessitam ser investigados o que desperta a curiosidade do aluno. Essa observação é consistente com a ideia de que um caso bem elaborado deve ser envolvente e motivar os alunos a explorar mais profundamente o assunto (Herreid, 2004; 2007).

O avaliador V2 destacou que a leitura do caso é agradável e acessível, provocando assim vários questionamentos sobre políticas públicas sobre a questão ambiental do país. Isso mostra como o caso não apenas envolve solução, mas também os estimula a pensar criticamente sobre questões sociais e políticas as quais podem ser discutidas. Essa é uma característica importante de um caso eficaz, que deve promover a reflexão crítica (Herreid, 2004).

Já o avaliador V3 concordou que a leitura é fluida e que a divisão em partes torna o caso compreensível, além de destacar que as etapas estão bem organizadas. Essa observação ressalta a importância da estrutura e organização de um Caso Investigativo. Uma estrutura clara ajuda os alunos a acompanhar a narrativa e a compreender os conceitos apresentados (Francisco, 2022).

Sá e Queiroz (2009) discutem como casos podem ser usados para promover a argumentação, o que pode ser facilitado por uma leitura envolvente. Uma leitura agradável contribui para uma experiência de aprendizado mais eficaz.

5.4. Praticabilidade e potencial didático

Os registros das unidades de avaliação em relação aos requisitos “Você acha que esse caso é relevante aos alunos?”, “Este caso tem utilidade pedagógica?” e “Para resolver o caso, você acha que é possível o aluno tomar uma decisão a respeito do problema mencionado no caso?” conforme incluídas nas subcategorias, estão demonstrada no Quadro 06:

Quadro 06: Respostas referente as subcategorias Relevância para os Alunos, Utilidade Pedagógica e Tomada de Decisão.

Categoria	Subcategorias	Unidade de Registro
	<p>Relevância para os alunos</p>	<p>V1: <i>"O caso apresenta uma temática relevante aos alunos por apresentar uma problemática que faz parte do cotidiano". [...] "Vale ressaltar que a mediação do professor durante o debate é de suma importância."</i></p>

Praticabilidade e Potencial didático		V2: <i>"Esse material tem grande potencial para desenvolver o pensamento crítico e reflexivo dos estudantes da Educação Básica e Ensino Superior."</i>
		V3: <i>"Sim, concordo quando sugere que o público mais adequado seja os estudantes de ensino superior [...]'"</i>
	Utilidade pedagógica	V1: <i>"O caso apresenta sim uma utilidade pedagógica."</i>
		V2: <i>"Material de alto valor pedagógico."</i>
		V3: <i>"Sim, essencialmente no ensino superior. Provoca tomada de decisão e postura investigativa."</i>
	Tomada de Decisão	V1: <i>"Sim, é possível propor soluções para a problemática."</i>
		V2: <i>"O estudante pode levantar hipóteses. Considerando que não há elementos concretos sobre os contaminantes."</i>
		V3: <i>"Fica evidente o problema desse caso e com isso levará os alunos a tomarem uma decisão a respeito."</i>

Fonte: Autor/2023.

Na subcategoria ‘Relevância para os Alunos’, o avaliador V1 ressaltou que o caso apresenta uma problemática do cotidiano. Isso indica que o caso aborda uma questão atual e preocupante, que pode ser facilmente relacionada ao cotidiano dos alunos. A problemática do descarte de corantes não apenas apresenta um desafio científico, mas também tem implicações ambientais, tornando-a relevante em várias áreas do ensino. Além dos mais, o avaliador V1 destaca uma fala importante ‘[...] Vale ressaltar que a mediação do professor durante o debate é de suma importância’. A mediação do professor desempenha um papel fundamental nesse processo, orientando

os alunos na aplicação dessas habilidades ao caso. Henrique (2008) enfatiza a importância do papel do professor como facilitador do processo de aprendizagem. Sua abordagem sugere que os professores desempenham um papel ativo na orientação dos alunos durante a atividade, ajudando-os a compreender os conceitos e a tomar decisões para obtenção de bons resultados. O autor Morán (2015) destaca que utilizar Casos Investigativos em sala de aula requer uma orientação adequada do professor para garantir que os alunos alcancem os objetivos de aprendizagem pretendidos.

O avaliador V2 comentou que o caso apresenta um potencial para desenvolver o pensamento crítico dos estudantes. Como Herreid (2005) destaca que o uso de Casos Investigativos deve promover habilidades de pensamento crítico. Desafiado assim os alunos a analisar informações, tomar decisões, justificar suas escolhas, o que é essencial para o desenvolvimento do pensamento crítico. Já o avaliador V3 destacou que o caso é mais adequado para estudantes de Ensino Superior, por exemplo, pode ser devido ao conhecimento técnico necessário. Essa observação destaca a importância de adaptar o caso ao público-alvo. Como Mahdi (et al., 2020) discute a importância de selecionar casos apropriados para o nível de ensino e o conhecimento dos alunos. Isso pode otimizar o impacto pedagógico do caso.

O autor Francisco (2017) argumenta que os casos devem ser desafiadores e motivadores para os estudantes. O tema do descarte de corantes, sendo um problema real e relevante, pode estimular os alunos a se envolverem no processo de aprendizado.

Com relação a subcategoria ‘Utilidade Pedagógica’, o avaliador V1 enfatizou que o caso apresenta e confirma utilidade pedagógica. A utilidade pedagógica de um caso é percebida quando ele desafia os alunos a resolver problemas do mundo real, incentivando a análise crítica e a tomada de decisões (Herreid, 2005).

Já o avaliador V2 destacou na sua fala que o material possui valor pedagógico. Isso sugere que o caso pode ser uma ferramenta eficaz para desenvolver habilidades cognitivas e promover a aprendizagem significativa (Herreid, 2005). Além disso, a utilização de Estudos de Casos é consistente com as metodologias ativas de ensino, que têm ganhado destaque na educação devido à sua capacidade de envolver os alunos de maneira ativa e participativa (Bacich & Morán, 2018).

O avaliador V3, afirmou que o caso é útil no Ensino Superior e que pode promover a tomada de decisão e a postura investigativa pelos alunos. Esse comentário

do avaliador, ressalta a adequação de alguns Casos Investigativos para alunos de Nível Superior, já que algumas questões precisam de uma base sólida de conhecimento para analisar as possibilidades de resolver o caso (Herreid, 2011). Além disso, a tomada de decisões está associada com a ideia de que os casos podem ajudar os alunos a desenvolverem habilidades de resolução de problemas com mais facilidade (Herreid, 2004).

Os Casos Investigativos são projetados para apresentar situações complexas e desafiadoras, frequentemente envolvendo problemas com várias soluções possíveis. Isso incentiva os alunos a analisar informações, considerar alternativas e tomar decisões (Herreid, 2004). Além disso, essa abordagem pedagógica que ajuda os alunos a entenderem as consequências de suas decisões, promovendo o pensamento crítico e a responsabilidade (Jaques et al., 2005).

Ao enfrentar um caso, os alunos são desafiados a buscar informações relevantes, aplicar o método científico e adotar uma abordagem investigativa para entender e resolver o problema. Isso não apenas estimula o aprendizado ativo, mas também prepara os alunos para enfrentar desafios complexos (Herreid, 2011).

Na subcategoria ‘‘Tomada de Decisão’’, o avaliador V1 afirma que é possível os alunos propor soluções para a problemática apresentada no caso. Isso está de acordo com a abordagem típica dos Estudos de Casos Investigativos, que frequentemente desafiam os alunos a considerar várias soluções possíveis e a justificar suas escolhas (Herreid, 2004). No entanto, vale ressaltar que a mediação do professor durante o debate é crucial, como mencionado pelo avaliador.

Já o avaliador V2 menciona que os estudantes podem levantar hipóteses, pois considerando que o caso não apresenta elementos concretos sobre os contaminantes. Isso mostra a natureza exploratória que os Casos Investigativos podem oferecer, onde os alunos são incentivados a formular hipóteses e buscar evidências para apoiar suas ideias (Herreid, 2007).

Avaliador V3 destaca que o problema mencionado no caso poderá levar os alunos a tomarem uma decisão a respeito da problemática do caso. Essa é uma observação importante, pois a tomada de decisão é uma habilidade crítica (Piletti & Rossato, 2011). E isso está alinhado com abordagens pedagógicas ativas, onde os alunos são desafiados a resolver problemas (Bacich & Morán, 2018).

No trabalho de Sá e Queiroz (2007) é discutido como os casos podem ser usados para desenvolver habilidades argumentativas, o que pode incluir a tomada de decisões. Isso permite que os alunos se tornem participantes ativos na busca por soluções.

5.5. Transferência de conceitos para diversos contextos

Os registros das unidades de avaliação em relação aos requisitos “Este caso provoca algum conflito? Em caso afirmativo, em quais parágrafos?” e “Este caso apresenta possibilidade de generalização?” estão incluídas nas subcategorias, conforme demonstrado no Quadro 07:

Quadro 07: Respostas dos avaliadores referente a subcategoria Conflito e Tensão e Generalização.

Categoria	Subcategorias	Unidade de Registro
Transferência de conceitos para diversos contextos	Conflito e Tensão	V3: <i>"O conflito foi instalado nos últimos parágrafos da Parte I. Quando o Aelson é tensionado a resolver o problema, porém, utilizando poucos recursos, porém, como sugeri anteriormente, acredito que o conflito pode ser potencializado quando a dimensão humana é explicitada nesse quadro de impacto ambiental." [...] "E outra, será que o rio pode ser 100% recuperado?[...]"</i>
	Generalização	V1: <i>"O caso apresenta generalização pois se trata de uma problemática que pode ocorrer em diferentes localidades [...]"</i>
		V2: <i>"Não. Pois é um caso específico dessa indústria."</i>
		V3: <i>"Sim, pode ser generalizado para qualquer curso de química de ensino superior. Pois o foco é a tomada de decisão e habilidades de pesquisa dos participantes."</i>

Fonte: Autor/2023.

Com relação a subcategoria “Conflito e Tensão”, o avaliador V3 realça o conflito presente na Parte I do caso, quando ele fala “*O conflito foi instalado nos últimos parágrafos da Parte I [...]*”. No entanto, o mesmo sugere que o conflito presente mostrado no caso possa ser mais destacado, afinal, isso é fundamental, pois adiciona uma complexidade ética ao caso, fazendo com que os alunos possam não apenas as identificar questões técnicas, mas também as implicações sociais e morais de suas decisões (Francisco, 2022).

Outra fala do avaliador “[...] *E outra, será que o rio pode ser 100% recuperado? [...]*” também abre espaço para discussões sobre os limites da restauração ambiental, que é um tópico relevante em casos ambientais (Samsami et al., 2020).

O autor Herreid (2004) discute que a presença de conflito em um caso pode incentivar os alunos a analisar diferentes perspectivas e a desenvolver habilidades de tomada de decisão.

Na subcategoria “Generalização”, o avaliador V1 argumenta que o caso apresenta possibilidades de generalização, pois trata de uma problemática que pode ocorrer em diferentes localidades e que causa impactos ao meio ambiente em uma escala menor. Esse ponto de vista está alinhado com a ideia de que muitos Estudos de Casos podem ser generalizados, desde que os princípios e conceitos subjacentes sejam transferíveis para contextos similares (Yin, 2010).

O avaliador V2 por outro lado, argumenta que o caso não apresenta generalização, pois é específico dessa indústria. Essa perspectiva também tem validade, uma vez que alguns Estudos de Caso são projetados para explorar questões específicas em profundidade, sem a intenção de serem generalizáveis.

O avaliador V3 expressa a opinião de que o caso pode ser generalizado para qualquer curso de Química de Ensino Superior. Pois o foco é a tomada de decisão e habilidades de pesquisa dos participantes. Essa visão destaca a importância dos elementos pedagógicos do caso e como esses aspectos podem ser relevantes em várias disciplinas (Zabala e Arnau, 2010).

A questão da generalização em Estudos de Caso é uma questão complexa a ser discutida, o que na maioria dos casos dependem do objetivo e do contexto em que será aplicado. É notório que alguns casos são desenvolvidos para serem generalizados, enquanto outros têm um foco ou objetivos mais específicos. Mas diante disto, podemos

perceber que é importante destacar que os casos se adaptem de acordo com os objetivos pedagógicos específicos a serem analisados e respectivas necessidades dos alunos.

Herreid (1998) dispõem em suas diretrizes para elaboração de um caso, que o caso pode ser generalizado, ensinando, assim, os alunos a desenvolverem habilidades de resolução de problemas, como também o pensamento crítico e tomada de decisão. O que está alinhado com a perspectiva do Avaliador V3 que diz que o caso pode ser generalizado para cursos de Química de Ensino Superior.

Já o autor Yin (2018) relata que em relação à generalização em Estudos de Caso, não deve ser apensar aplicar resultados de um único caso a grandes populações, mas sim a aplicação cuidadosa a contextos semelhantes. O que está aliado a perspectiva do Avaliador V2 que vê o caso como específico dessa indústria e, portanto, não facilmente generalizável.

5.6. Avaliação crítica e propostas para melhorias

A seguir estão os registros das unidades de avaliação em relação ao requisito, “Você tem alguma sugestão para melhorar esse Casos Investigativos?” conforme inseridos na subcategoria, como demonstrado no Quadro 08:

Quadro 08: Contribuições dos avaliadores referentes a categoria “Sugestões e Melhorias”.

Categoria	Unidade de Registro
	<p>V1: “[...]sugiro que cada parte seja um caso. Os casos podem ser aplicados como sequência didática, rotação por estações, modo de grupos e etc.”</p> <p>V1: “Na parte III sugiro que análise se não cabe a suposição de um dado sobre o resultado do experimento de modo que a proposta leve o aluno a questionar qual parâmetro se aproximou mais do resultado proposto na literatura.”</p>

<p>Avaliação crítica e propostas para melhorias</p>	<p>Sugestões e Melhorias</p>	<p>V2: <i>"Elaborar um parecer técnico da Instituição fiscalizadora, justificando as multas. Fundamentar o parecer com a legislação ambiental vigente."</i></p> <p>V2: <i>" [...] considerando que a empresa foi multada em várias situações, pelo descarte dos dejetos [...]". A Instituição ambiental, teria que apresentar o laudo do contaminante, orientar e aplicar a multa. A cor azul é apenas um indicador da presença de "alguma" substância. Mas a Instituição fiscalizadora não pode aplicar a multa apenas pelo aspecto visual. Nessa mesma lógica, uma água translúcida está ausente de poluente? Me colocando no lugar dos sócios da indústria, eu recorria da multa e solicitava o laudo técnico oficial. Daí eu contratava uma empresa especializada pra confrontar os dados".</i></p>
		<p>V3: <i>"[...] nesse sentido, sugiro que na Parte I o rio seja mais humanizado, ou seja, que as relações humano e natureza sejam explicitadas ou que a pesquisa sobre esse ponto seja provocada de forma mais explícita nas perguntas. Acredito que a sensibilização seja potencializada quando se evidencia a importância do rio para as comunidades próximas. Penso que isso amenizaria o caráter apenas empresarial e técnico das escolhas dos personagens."</i></p>

Fonte: Autor/2023.

Como observadas na categoria ‘‘Melhorias e Sugestões’’, os avaliadores forneceram sugestões para melhorar o Caso Investigativo. Isso demonstra um pensamento crítico e pode ajudar a aprimorar a qualidade do material.

O avaliador V1 sugere que cada parte do caso possa ser tratada como um caso separado e que diferentes abordagens pedagógicas, como sequência didática e rotação

por estações, podem ser aplicadas. Isso está alinhado com a ideia de que os Casos Investigativos podem ser flexíveis o suficiente para se adaptar a várias estratégias de ensino, proporcionando uma aprendizagem mais envolvente (Francisco, 2022).

A sugestão do avaliador V1 de incluir suposições sobre os resultados do experimento que levem os alunos a questionar quais parâmetros se aproximam mais do resultado proposto na literatura, é valiosa. Isso promove a reflexão crítica e a investigação, que são componentes essenciais de um Caso Investigativo bem projetado (Mahdi *et al.*, 2020).

O avaliador V2 destaca a importância de elaborar um parecer técnico da instituição fiscalizadora e fundamentá-lo com a legislação ambiental vigente. Essa sugestão destaca a relevância de incorporar elementos legais e técnicos sólidos em Casos Investigativos relacionados ao meio ambiente, proporcionando aos alunos uma visão realista das complexidades legais e técnicas, envolvidas em questões ambientais (Francisco, 2022).

O avaliador V3 ressalta a importância de humanizar o rio na Parte 1 do caso, tornando explícita a relação entre os seres humanos e a natureza. Essa sugestão está alinhada com a ideia de que os Casos Investigativos são mais eficazes quando os alunos podem se relacionar com os personagens e a situação apresentada (Herreid, 2005). Também, destaca a necessidade de explorar o impacto ambiental em um contexto mais amplo, indo além das considerações puramente empresariais.

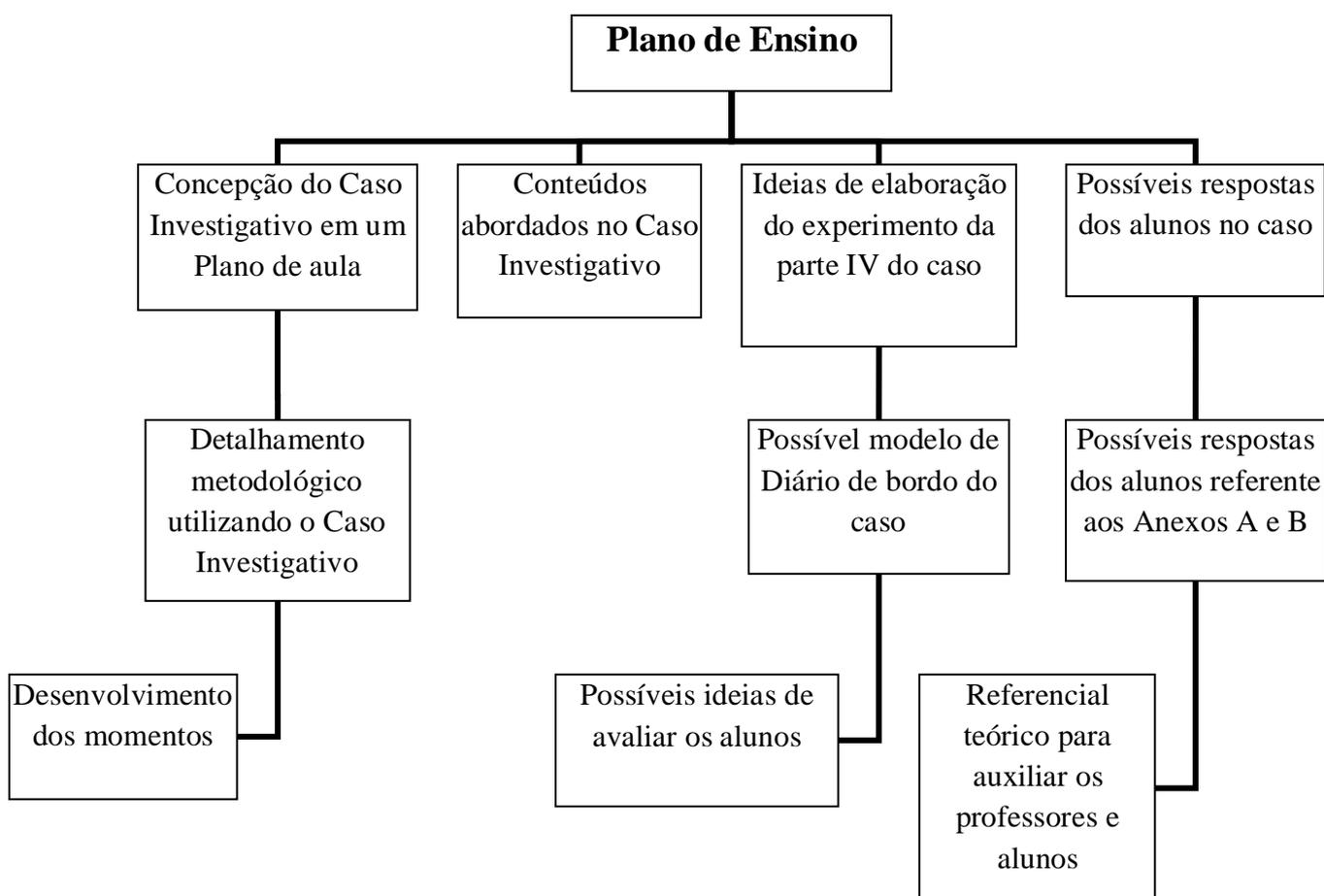
Essas análises mostram como as sugestões dos avaliadores se relacionam com os princípios e abordagens sugeridos por Francisco (2022) e Herreid (1998) na criação de casos. Elas enfatizam a importância da flexibilidade, da reflexão crítica, da incorporação de elementos técnicos e legais e da conexão emocional com os personagens e a situação apresentada para promover o aprendizado significativo dos alunos.

Além do mais, no caso apresentado, como se trata do descarte de corantes em rios por indústrias têxteis, pode-se trabalhar a questão interdisciplinares. Incluindo assim a colaboração entre especialistas em química e os alunos para entender a natureza dos corantes e seus efeitos, ecologia para avaliar o impacto ambiental, direito ambiental para analisar as regulamentações e responsabilidades legais, a economia para considerar os custos das soluções e outras disciplinas relevantes (Cesco, 2014).

5.7. Material desenvolvido para aplicação

Diante das discussões e contribuições dos avaliadores, foi desenvolvido um Plano de Ensino inserindo o caso fictício, esse plano tem como objetivo ajudar os docentes que irão utilizar o Caso Investigativo. O mesmo foi criado em ‘‘Modo de Sugestão’’, que tem uma estrutura inicial que pode ser ajustada e personalizada de acordo com as necessidades específicas do curso, dos alunos e dos objetivos de aprendizado, o Plano de Ensino detalhado se encontra na Apêndice B. Na Figura 6 mostra o diagrama de como foi realizado o desenvolvimento do Plano de Ensino.

Figura 6: Diagrama referente aos passos seguidos no Plano de Ensino



Fonte: Autor/2023

De acordo com o autor Spudeit, 2014, um Plano de Ensino é um documento que detalha o planejamento de um material, descrevendo os objetivos, conteúdos, estratégias de ensino, avaliação e outros elementos essenciais para o processo de ensino-aprendizagem. Na escrita e desenvolvimento desse Plano de Ensino, foi planejado com estratégias que pudesse utilizar o caso fictício intitulado “A indústria Valberg Têxtil: o descarte inadequado de corante no rio Pedra da Raposa” em decorrer dos momentos e de maneira que os docentes sentissem mais confiantes em utilizá-lo. No Quadro 09 está detalhado os momentos e os objetivos do Plano de Ensino.

Quadro 09: Detalhamento do Plano de Ensino

Atividade	Descrição	Objetivos
1º Momento	Familiarização dos alunos com o uso de Casos Investigativos e apresentação das atividades.	-Familiarização dos alunos com o uso do Caso Investigativo
	Aplicação da primeira parte do caso fictício: "O rio Pedra da Raposa está azul?"	-Aplicação da primeira parte do caso.
	Entrega do "Guia sobre o caso a ser respondido" (ANEXO A)	
2º Momento	Discussão das respostas da parte 1 do caso e temas ambientais relacionados ao processo de tingimento têxtil.	-Avaliar as respostas da Parte 1 e discussão do ANEXO A.
	Aplicação da segunda parte do caso: "Cérebros trabalhando: a ideia do uso de bioissorventes"	-Aplicação da segunda parte do caso. -Exploração de questões ambientais.
3º Momento	Discussão das respostas da parte 2 do caso e tópicos sobre a origem e uso de bioissorventes.	-Avaliar as respostas da Parte 2 do caso. -Aplicação da terceira parte do caso.
	Aplicação da terceira parte do caso: "Mãos à obra: analisando as opções"	-Compreensão dos bioissorventes no tratamento de corantes.

4º Momento	Realização do experimento proposto pelos alunos e aplicação da parte 4 do caso: "O rio Pedra da Raposa agradece os cuidados"	-Realização do experimento proposto pelos alunos. -Aplicação da quarta parte do caso.
5º Momento	Apresentação, análise e discussões dos resultados dos experimentos, entrega do "Diário de Bordo do Caso" E resposta ao questionário do ANEXO B.	-Apresentação dos resultados. - Coleta do "Diário de Bordo do caso". - Responder ao questionário do ANEXO B.
ANEXO A	Guia para a análise e resolução de caso	-Base para os alunos responderem os casos
ANEXO B	Questionário para avaliação das medidas e plano de ação	-Tomada de decisão dos alunos
Experimento proposto na parte IV do caso		
Materiais e Equipamentos	Procedimentos	Objetivo do Experimento
Cascas de uma dúzia de bananas	- Higienizar as cascas de banana. - Cortar as cascas em pedaços de 2 a 5 cm. - Pesar as cascas in natura. - Secar as cascas por 96 horas a 60°C em estufa com recirculação de ar. - Calcular o teor de umidade. - Triturar o material seco em um liquidificador. - Peneirar o material.	-Preparar a farinha de banana
Espectrofotômetro UV-Vis	Prensar a farinha de banana em formato de pastilhas com KBr a 1%. - Ler os espectros de absorção na região do infravermelho.	-Realizar espectroscopia na farinha de banana na região do infravermelho

Ponto de Carga Zero	Determinar o ponto de carga zero da farinha de banana	-Determinar o ponto de carga zero do adsorvente	
Ensaio cinéticos	Avaliar a remoção do corante Azul de Metileno por bioadsorção em farinha de banana em ensaios cinéticos.	Estudar a bioadsorção da farinha de banana com corante Azul de Metileno	
Espectrofotômetro UV-Vis	Realizar análises no espectrofotômetro UV-VIS das soluções de azul de metileno antes e após a adsorção.	-Realizar análises espectrofotométricas do corante Azul de Metileno	
Avaliação dos alunos			
Material	Metodologia	Tempo utilizado	Crterios de Avaliao
Power Point, Open Office	Apresentao oral dos resultados.	Aproximadamente 30 minutos	Avaliao da apresentao oral dos resultados dos grupos -Participao em sala de aula, discussao das respostas dos casos e diário de resoluo dos casos
Referencial Teórico	Lista de referncias utilizadas para aprofundamento dos temas abordados		-Aprofundamos teórico

Fonte: Autor/2023

Esse Plano de Ensino foi adaptado seguindo os critérios de metodologias ativas de ensino, que enfatiza a aprendizagem por meio da resoluo de problemas e da investigao. A estruturaao do plano, com vrios momentos e atividades, permite que os alunos mergulhem profundamente no problema e apliquem conceitos cientficos para encontrar solues.

Os experimentos práticos permitiram que os alunos coletem dados sobre a eficácia da farinha de banana como adsorvente e seu ponto de carga zero, por exemplo. As atividades no ensino visam ao desenvolvimento pessoal e cognitivo do aluno, propiciando a atuação em cooperação na sociedade e, conseqüentemente, promovem a reflexão e a construção do raciocínio lógico (Gonçalves, 2020).

A experimentação é uma metodologia que permite aos alunos visualizarem, de forma prática, os conceitos teóricos apresentados em sala. Frequentemente, as atividades de laboratório seguem roteiros predefinidos, que podem limitar o pensamento crítico e a capacidade de questionar. No entanto, é crucial que os experimentos didáticos promovam a abordagem investigativa, auxiliando os alunos na compreensão das conexões conceituais da disciplina. Isso proporciona aos estudantes a oportunidade de aprender tanto com seus erros quanto com seus acertos (Gonçalves, 2020).

A sugestão de avaliação dos alunos com base na participação em sala de aula, discussão das respostas dos casos, apresentações orais e no "Diário de Bordo de Caso" reflete uma abordagem bastante incentivadora, assim os alunos terão uma participação ativa nas atividades.

Ao longo do plano de aula, os alunos iram investigar o problema do descarte inadequado de corantes pela indústria têxtil no rio Pedra da Raposa. Eles estudaram a eficácia da farinha de banana como adsorvente e exploraram a utilização de biossorventes para tratar corantes.

Em suma, a abordagem proposta neste Plano de Ensino é bastante promissora para envolver os alunos em uma investigação científica prática, abordando uma questão ambiental relevante. Além disso, o mesmo pode promover o pensamento crítico, a aplicação de conceitos científicos e a comunicação entre os alunos, preparando os mesmos para enfrentar problemas do mundo real.

6. CONCLUSÃO

Fica claro, portanto, com base nas discussões, conclui-se que o caso analisado apresenta uma narrativa bem estruturada, favorecendo o engajamento dos alunos e aborda uma questão atual e relevante, promovendo o desenvolvimento de habilidades críticas e interdisciplinares. Além do mais, o caso possui todos os elementos necessários para despertar o interesse dos alunos, criar empatia pelos personagens e aborda uma questão relevante.

A análise detalhada das várias categorias de avaliação e sugestões oferecidas pelos avaliadores revela a complexidade e riqueza envolvidas na criação de Casos Investigativos eficaz. Portanto, ao abordar diretrizes como flexibilidade, a reflexão crítica, a incorporação de elementos técnicos e legais sólidos e a conexão emocional com a narrativa e personagens, emergem como fatores essenciais na elaboração de Estudos de Caso bem-sucedidos.

É notório que a partir do que foi analisado e discutido neste trabalho o caso fictício de caráter Interrompido “ A indústria Valberg Têxtil: o descarte inadequado de corante no rio Pedra da Raposa”, pode ser utilizado em sala de aula para trabalhar a temática “Adsorção” por meio dos respectivos fatores que apresentam e compõem o caso.

As sugestões dos respectivos avaliadores foram analisadas para futuras melhorias do caso, afim de desenvolver um material de qualidade para proporcionar uma experiência de aprendizado enriquecedora e relevante para os alunos.

7. REFERÊNCIAS

ALVES-MAZZOTTI, Alda Judith. **Usos e abusos dos estudos de caso**. Cadernos de pesquisa, v. 36, n. 129, p. 637-651, 2006.

ANDRÉ, Marli Eliza Dalmazo Afonso. **Estudo de Caso em pesquisa e avaliação educacional**: Editora Liber Livros: Brasília, 2008. 68 p.

AZEVEDO, M.C.P.S. (2004). **Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula**. In: **Carvalho, A. M. P., Azevedo, M. C. P. S., Nascimento, V. B., Cappechi, M. C. M., Vannutchi, A. I., Castro, R. S., Pietrocola, M., Vianna, D. M. & Araújo, R. S.** Ensino de Ciências: unindo pesquisa e prática: (19-33). São Paulo: Thompson.

BACICH, L.; MORÁN, J. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico prática**. Porto Alegre: Penso, 2018, p. 1-25.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Livro. Edição revista e ampliada, 2016.

BRITO, J. Q. A.; SÁ, L. P. Estratégias promotoras da argumentação sobre questões sócio-científicas com alunos do Ensino Médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 9, n. 3, 2010.

BOGDAN, R. C; BIKLEN. S. K. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora; 1994.

CHARLEY, H. Pectin. In: WILEY, J. **Food Science**. ed.2. New York: John Wiley & Sons, p.564, 1982.

CESCO, Susana; MOREIRA, Roberto José; LIMA, Eli de Fátima Napoleão de. **Interdisciplinaridade, entre o conceito e a prática um estudo de caso**. Revista brasileira de ciências sociais, v. 29, p. 57-71, 2014.

COCATO, M.; FARIA A.: Aprendizagem Baseada em Projeto. In. COSTA, OLIVEIRA e CECY, (Orgs) **Metodologias Ativas: aplicações e vivências em Educação Farmacêutica**. São Paulo. Abenfarbio. 2013.

COUTINHO, C. P. **Metodologia de Investigação em Ciências Sociais e Humanas: teoria e prática**. 2ª ed. Coimbra: Almedina, 2016.

COSTA, A. D. S., Nascimento, A. V. D., Cruz, E. B., Terra, L. L., & Ramalho, M. (2013). **O uso do método Estudo de Casona Ciência da Informação no Brasil**. **Ribeirão Preto**, 4 (1), 49-69.

COSTA, H.P.S.; SILVA, M.G.C.; VIEIRA, M.G.A. **Biosorption of aluminum ions from aqueous solutions using non-conventional low-cost materials: A review**. *Journal of Water Process Engineering*, v.40, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.101925>. Acessado em 21 de março de 2023.

DUARTE, J. **Estudos de caso em educação. Investigação em profundidade com recursos reduzidos e outro modo de generalização.** Revista Lusófona da Educação, n. 11, p. 113-132, 2008.

FLICK, Uwe. **Qualidade na pesquisa qualitativa: coleção pesquisa qualitativa.** Bookman editora, 2009.

FRANCISCO, W. Na “pele” de sherlock holmes: em busca de um ensino de química mais investigativo e desafiador. **Revista eletrônica Ludus Scientiae -(RELuS)**, V. 1, N. 1, jan./jul. 2017.

FRANCISCO, Welington. Uma Releitura das Características para um “Bom” Caso: Tecendo Aproximações com as Crônicas Narrativas. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 8, n. 1, p. 183-201, 2022.

GRAHAM, A. **Estudo de Caso: Como escrever e usar estudos de caso para o ensino e aprendizagem no setor público.** Brasília: ENAP, 2010.

GONÇALVES, Raquel Pereira Neves; GOI, Mara Elisângela Jappe. Experimentação no ensino de química na educação básica: uma revisão de literatura. **Revista Debates em ensino de Química**, v. 6, n. 1, p. 136-152, 2020.

HENRIQUE, Daniel Christian; CUNHA, Sieglinde Kindl da. Práticas didático-pedagógicas no ensino de empreendedorismo em cursos de graduação e pós-graduação nacionais e internacionais. **RAM. Revista de Administração Mackenzie**, v. 9, p. 112-136, 2008.

HERREID, Clyde Freeman et al. In case you are interested: results of a survey of case study teachers. **Journal of College Science Teaching**, v. 40, n. 4, p. 76, 2011.

HERREID, Clyde Freeman (Ed.). **Start with a story: The case study method of teaching college science.** NSTA press, 2007.

HERREID, C. F. **Can case studies be used to teach critical thinking?** Journal of College Science Teaching, v. 33, n. 6, p. 12-14, 2004.

HERREID, C. F. The Death of problem-based learning? **Journal of College Science Teaching**, v. 32, n. 6, p. 364-366, 2003.

HERREID, C. F. The interrupted case method. Journal of College Science Teaching, v. 35, n. 2, p. 4-5, 2005.

HERREID, Clyde Freeman. What makes a good case. **Journal of college science teaching**, v. 27, n. 3, 1997.

JAQUES, Patrícia Augustin; VICARI, Rosa Maria. PAT: Um agente pedagógico animado para interagir afetivamente com o aluno. **RENOTE: revista novas tecnologias na educação [recurso eletrônico].** Porto Alegre, RS, 2005.

MAIDANA, W.; KREUTZ, C.; BERNARDI, R. Análise de clarificação de efluentes industriais utilizando gerador eletrônico de ozônio. In: **Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química - COBEQ 2014. Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 2, p. 6940-6947, 2015.

MAHDI, Omar Rabeea; NASSAR, Islam A.; ALMUSLAMANI, Hashem Ali Issa. The Role of Using Case Studies Method in Improving Students' Critical Thinking Skills in Higher Education. **International Journal of Higher Education**, v. 9, n. 2, p. 297-308, 2020.

MORAIS, R; GALIAZZI, M.C. **Análise textual Discursiva**. Ijuí: Unijuí, 2011.

MOEHLECKE, Sabrina. O ensino médio e as novas diretrizes curriculares nacionais: entre recorrências e novas inquietações. **Revista brasileira de educação**, v. 17, p. 39-58, 2012.

MORÁN, José. Mudando a educação com metodologias ativas. **Coleção mídias contemporâneas. Convergências midiáticas, educação e cidadania: aproximações jovens**, v. 2, n. 1, p. 15-33, 2015.

OLIVEIRA, G. S.; CUNHA, A. M. O.; CORDEIRO, E. M.; SAAD, N. S. Grupo Focal: uma técnica de coleta de dados numa investigação qualitativa?. In: **Cadernos da Fucamp**, UNIFUCAMP, v.19, n.41, p.1-13, Monte Carmelo, MG, 2020.

_____. Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília: Ministério da Educação e do Desporto, 2006.
PEIXOTO, F.P.; MARINHO, G.; RODRIGUES, K. **Corantes têxteis: uma revisão**.

PAIVA, Marlla Rúbya Ferreira et al. Metodologias ativas de ensino-aprendizagem: revisão integrativa. **SANARE-Revista de Políticas Públicas**, v. 15, n. 2, 2016.

PASTORIO, D.P; SOUZA, L.A.V.D. **As metodologias ativas nas pesquisas de ensino: uma revisão de literatura no ENPEC**. Atas do XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (XII ENPEC), Natal: Rio Grande do Norte, 2019.

PILETTI, N.; ROSSATO, S. M. **Psicologia da aprendizagem: da Teoria do condicionamento ao Construtivismo**. São Paulo: Contexto; 2011.

QUEIROZ, S. L.; SACCHI, F. G. **Estudos de caso no ensino de ciências naturais e na educação ambiental**. São Carlos: Diagrama Editorial, 2020.

RAHMAN, O.; RAHMAN, M.M.; MANIRUZZAMAN, M. Removal of dye and heavy metals from industrial wastewater by activated charcoal-banana rachis cellulose nanocrystal composites filter. **International Journal of Environmental Analytical Chemistry**, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/03067319.2022.2039647>. Acessado em 19 de abril de 2023.

RODRIGUES DIAS, Raquel et al. **Uso de Casos Investigativos na Aprendizagem Química em Tempos de Pós Pandemia**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso.

SÁ, L.P. **Estudo de Casos na promoção da argumentação sobre questões sócio-científicas no ensino superior de química**. 2010. 278f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.

SÁ, L. P.; FERREIRA, J. Q. & QUEIROZ, S. L. “**Os professores de ciências devem ensinar os alunos a argumentar?**” *Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Florianópolis – SC, 2009.

SÁ, L. P. & QUEIROZ, S. L. “Atividades pedagógicas voltadas ao aprimoramento de habilidades argumentativas de graduandos em química”. *Livro de Resumos da 30ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. Águas de Lindóia - SP, 2007c.

SÁ, Luciana Passos; QUEIROZ, Salette Linhares. *Estudo de Casos no ensino de química*. 2009.

SÁ, L. P.; FRANCISCO C. A.; QUEIROZ S. L. Estudos de caso em química. *Química Nova*, v. 30, n. 3, p. 731, 2007

SAMSAMI, S.; MOHAMADIZANIANI, M.; SARRAFZADEH, M-H.; RENE, E.R.; FIROOZBAHR, M. Recent advances in the treatment of dye-containing wastewater from textile industries: Overview and perspectives. *Process Safety and Environmental Protection*, v.143, p.138-163, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.05.034>. Acessado em 10 de março de 2023.

SELBACH, A. L.; DANIEL, D. P. RIBEIRO, D. C. A.; PASSOS, C. G. O método de Estudos de Caso na promoção da argumentação no Ensino Superior de Química: uma revisão bibliográfica. *Química Nova na Escola*, v. 43, n. 1, p. 38-50, 2021.

SILVA, L. H. A. ZANON, L. B. **A experimentação no ensino de Ciências**. In: SCHNETZLER, R. P.; ARAGÃO, R. M. R. (Org.). *Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens*. Campinas: R. Vieira, 2000.

SPUDEIT, Daniela. *Elaboração do plano de ensino e do plano de aula*. Rio de Janeiro, p. 1-8, 2014.

SPRICIGO, Cinthia Bittencourt. **Estudo de Casocomo abordagem em ensino**. Pontifícia Universidade Católica do Paraná PUCPR, 2014. Disponível em: <https://www.pucpr.br/wp-content/uploads/2017/10/estudo-de-caso-como-abordagem-de-ensino.pdf>. Acessado em: 21 de julho de 2023.

STAKE, R. **A arte da investigação com estudos de caso**. 2. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2009. (Originalmente publicado em 1995).

TABILE, A. F.; JACOMETO, M. C. D. **Fatores influenciadores no processo de aprendizagem: um Estudo de Caso**. *Rev. Psicopedagogia*, 2017; 34(103): 75-86.
Skinner BF. *Tecnologia do ensino*. São Paulo: Herde; 1972.

TONETTO, Maria Luísa. **Tratamento de águas residuais da indústria têxtil utilizando celulose bacteriana**. 2018. 43f. TCC (graduação em Engenharia de Energia)

– Centro de Ciências, Tecnologias e Saúde. Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2018.

VELLOSO, A. M. S.; SÁ, L. P.; MOTHEO, A. J. & QUEIROZ, S. L. “Argumentos elaborados sobre o tema “corrosão” por estudantes de um curso superior de Química”. *Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias*, 8 (2): 593, 2009.

YIN, R. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. (Originalmente publicado em 1984).

YIN, Robert K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. 4ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

YIN, Robert K. **Case study research and Applications Design and methods**. 2018.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso: projeto e métodos**. 2005.

Yin, R. (1984). *Case study research: Design and methods*. Newbury Park, CA: Sage.
Stake, R. E., Easley, J. (1978). *Case Studies in Science Education, Volume I: The Case Reports*. Champaign, IL: University of Illinois at Urbana.

ZABALA, A.; ARNAU, L. **Como aprender e ensinar competências**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

APÊNDICES

Apêndice A: Caso- A indústria Valberg Têxtil: o descarte inadequado de corante no rio Pedra da Raposa.



Universidade Federal de Sergipe
Campus Professor Alberto Carvalho
Departamento de Química – DQCI

A indústria Valberg Têxtil: o descarte inadequado de corante no rio Pedra da Raposa.



Autoria: José Luiz do Espírito Santo Oliveira

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Ivy Calandrelly Nobre

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Valéria Priscila de Barros

Outubro/2023

Quadro 1: parte 1 do caso “O rio Pedra da Raposa está azul?”.

Parte: I



“O rio Pedra da Raposa está azul?”.

A indústria Valberg Têxtil é uma das melhores indústria da região, localizada na região metropolitana do estado de Sergipe, a qual apresenta um capital de aproximadamente R\$ 10 milhões. É composta por dois acionistas, o Junior e a Gabrielle, e diversos funcionários de diferentes áreas. Essa empresa exporta camisas, jeans e bermudas de diversos modelos para China, Estados Unidos, e Japão.

Entretanto, a indústria Valberg Têxtil atualmente está sendo acionada juridicamente pelo descarte inadequado de resíduos no rio “Pedra da Raposa “, localizado no fundo da indústria. A indústria produz diariamente cerca de 300 mil peças de roupas, sendo que para a produção de uma única peça jeans há um consumo de aproximadamente 100 litros de água. O descarte de toda essa água contaminada com corante é despejado no rio Pedra da Raposa, sem passar primeiro por um processo de tratamento desses efluentes, ameaçando toda a vida aquática presente no rio.

O tingimento das peças de roupas produz grandes quantidades de resíduos com elevadas cargas orgânicas e inorgânicas, além da coloração, podendo diminuir a transparência da água, impedindo a penetração da radiação solar. E esses rejeitos coloridos diminuem a atividade fotossintética causando danos aos organismos aquáticos.

Diante disso, os acionistas da empresa, preocupados com a situação e sem entender sobre o assunto, decidiram contratar um especialista na área para solucionar o caso. Então os acionistas decidiram chamar o especialista na área Aelson para uma entrevista.

Chegando na empresa, Aelson foi recepcionado e direcionado para uma sala de reuniões. Lá, então, os acionistas lhe contaram o que estava acontecendo.

- Bom dia, senhor Aelson! Meu nome é Junior e essa é a Gabrielle, precisamos de seus serviços para solucionar um problema da nossa indústria.

- Em que posso ajudá-los? respondeu Aelson, intrigado.

Junior, então falou:

- A nossa indústria Valberg Têxtil está em apuros, recebendo diversos processos judiciais, devido ao descarte dos resíduos produzidos na nossa empresa no rio Pedra da Raposa. Estamos preocupados com o rio e com os funcionários, não podemos fechar a indústria, temos diversos funcionários que dependem dessa renda para sobreviver.

Gabrielle, falou:

- Não sabíamos que esses corantes que descartamos no rio podem prejudicar a vida aquática. Então, estamos contratando os seus serviços para nos ajudar. Entretanto, queremos uma solução que não demande muito custo para a empresa.

Os acionistas quando contrataram o especialista, lhe passaram alguns requisitos para solucionar o problema:

- I. Que seja um processo fácil;
- II. De baixo custo;

Agora é a vez de vocês! Se coloque no lugar do especialista Aelson, e explique para os acionistas Junior e Gabrielle:

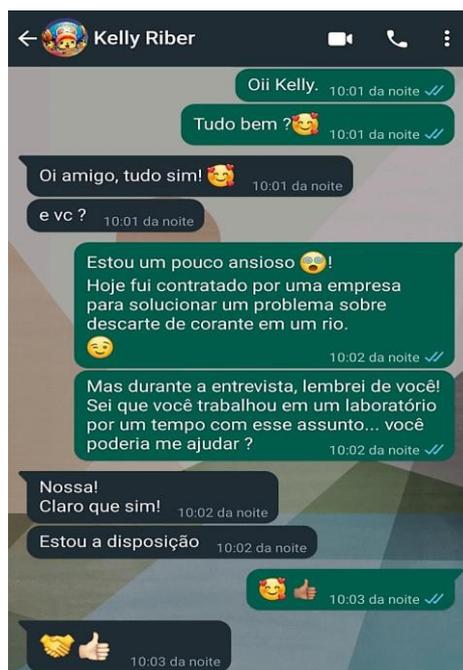
- **Quais os principais poluentes gerados por essa indústria?**
- **Quais malefícios os corantes trazem a água?**
- **Qual a composição dos corantes utilizados nessa indústria?**
- **O que são esses corantes?**

Quadro 2: parte 2 do caso ‘‘Cérebros trabalhando: a ideia do uso de biossorventes’’

Parte: II

Cérebros trabalhando: a ideia do uso de biossorventes

No fim da reunião, Aelson foi correndo para o seu laboratório e, imediatamente, enviou uma mensagem de ajuda para Kelly Riber, sua amiga de faculdade e pesquisadora na área da química inorgânica, com a qual mantém contato até os dias atuais.



Então, Aelson passou um bom tempo estudando sobre o assunto em artigos, sites, revistas etc., procurando soluções para o problema e, na semana seguinte, ele marcou uma reunião com a cientista Kelly Riber para discutirem sobre o assunto.

Na reunião, Aelson disse:

- Kelly, preciso encontrar uma solução rápida para esse problema. Estudei bastante sobre o tema, mas você tem alguma ideia para compartilhar comigo?

Kelly respondeu:

- Sim. Eu trabalhei um bom tempo com o uso de biossorventes. É um material bastante aplicável, além de ser viável para o seu problema. Estudos mostram a eficiência do mesmo no tratamento de corantes em águas residuais pelo processo de adsorção.

Kelly, explicou, de forma geral, as principais propriedades e características de um bioissorvente, quando foi interrompida por Aelson, que estava visivelmente animado com a proposta.

- Nossa que legal. Então, quer dizer que há estudos com o uso de bioissorventes na remoção de corantes? Mas eu não entendo muito bem sobre esse assunto, pode me explicar melhor?

Agora é a vez de vocês! Se coloque no lugar da pesquisadora Kelly Riber e expliquem para Aelson:

- **O que é um Bioissorvente?**
- **Qual é sua origem?**
- **Como são produzidos?**
- **De que são feitos?**

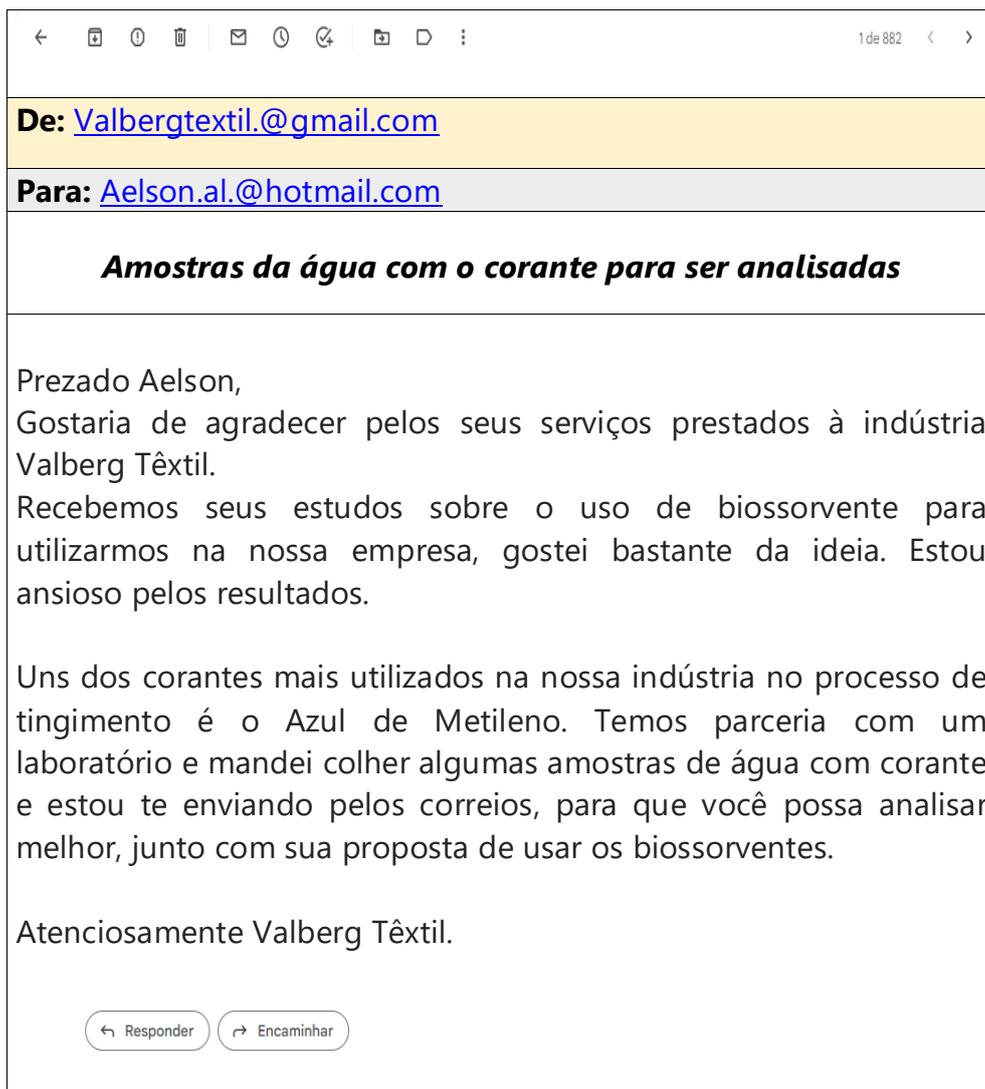
Fonte: Autor/2023

Quadro 3: parte 3 do caso “Mãos à obra: analisando as opções”.

Parte: III

Mãos à obra: analisando as opções

Após algumas semanas, Aelson enviou para os acionistas um estudo com resultados sobre o uso de biossorventes para remoção de corante. Em seguida, Aelson recebeu um e-mail de retorno sobre a proposta.



Após o recebimento do retorno dos acionistas, Aelson recebeu as amostras e foi para seu laboratório dar início as análises de caracterização da amostra. Em seu laboratório, Aelson dispõe de uma pequena equipe de dois técnicos, e dos seguintes equipamentos de análises: pHmetro, Espectrofotômetro no Infravermelho, Espectrofotômetro UV/VIS, Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).

Amostra

- Frasco com as amostras de água contaminada.

Biossorvente

- Farinha da casca de banana;

Aelson então propôs a sua equipe de laboratório, composta por Carmen e Lucimar, a realização de um experimento utilizando a amostra e o biossorvente. Sua equipe entusiasmada em realizar o experimento e preocupadas com a indústria Valberg Têxtil, iniciaram a experimentação o mais rápido possível.

Agora é a vez de vocês! Se coloquem no lugar da equipe de laboratório de Aelson, elaborem e executem um experimento com os equipamentos presente no laboratório, utilizando a amostra da água contaminada e o Biossorvente.

Escolham dois equipamentos que julguem mais adequados para caracterizar as amostras dos biossorventes e do corante. Justifiquem suas respostas.

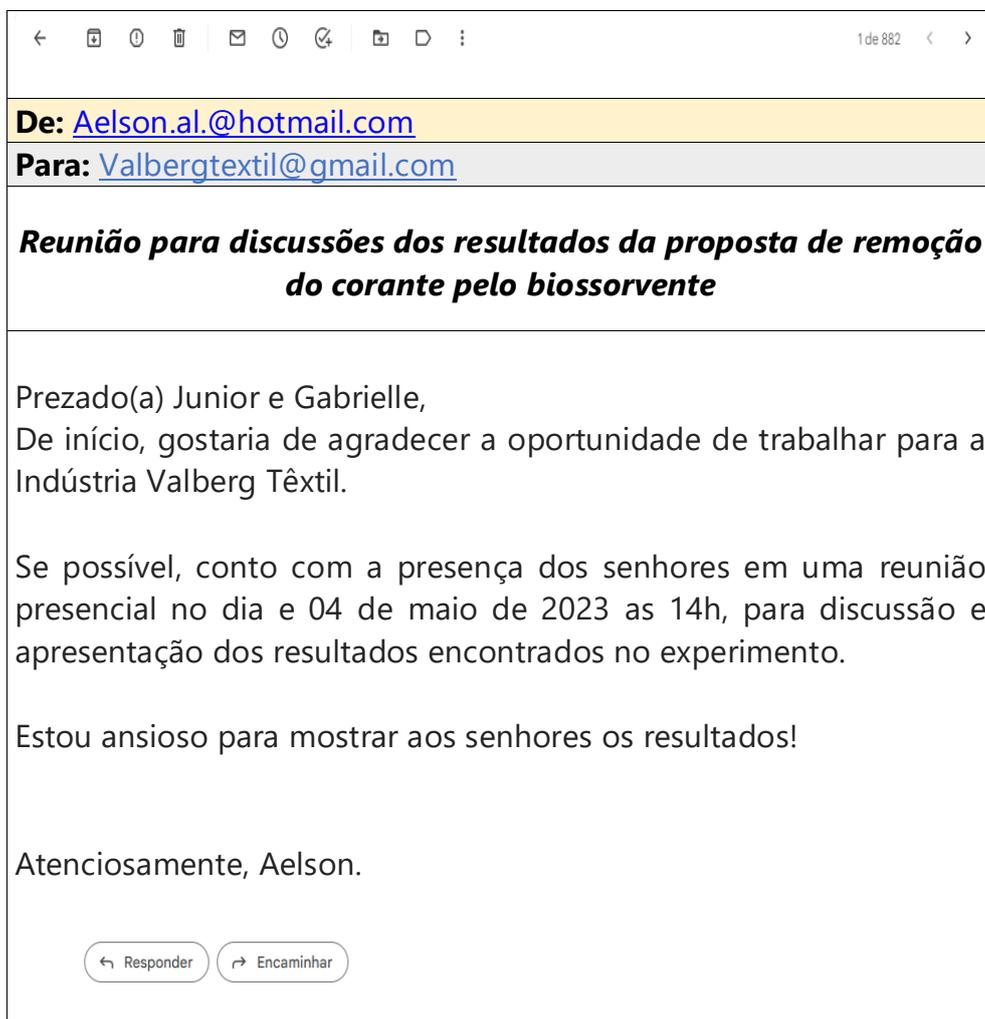
Fonte: Autor/2023

Quadro 4: parte 4 do caso “ O rio Pedra da Raposa agradece os cuidados”

Parte IV

O rio Pedra da Raposa agradece os cuidados

Aelson com os resultados em mãos dos experimentos que foram realizados em seu laboratório sobre a remoção do corante pelo biossorvente, decidiu marcar uma reunião com os acionistas, Junior e Gabrielle para apresentar os resultados obtidos na sua experimentação.



Agora é a vez de vocês! Se coloquem no lugar do especialista Aelson, montem uma apresentação para explicar para os acionistas Junior e Gabrielle, os resultados que foram obtidos na experimentação, utilizando os biossorventes para o tratamento

Fonte: Autor/2023.

APÊNDICE B

Apêndice B: Plano de Ensino em “Modo de Sugestão”



Universidade Federal de Sergipe
Campus Professor Alberto Carvalho
Departamento de Química – DQCI

PLANO DE ENSINO

Olá, prezado!
Apresento o Plano de
Ensino em “Modo de
Sugestão”, desenvolvido
para auxiliá-lo em
decorrer de todas as
aulas.



Autoria: José Luiz do Espírito Santo Oliveira

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Ivy Calandrelly Nobre

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Valéria Priscila de Barros

Outubro/2023

SUMÁRIO

1. CONCEPÇÃO DE APLICAÇÃO DO CASO INVESTIGATIVO EM UM PLANO DE AULA	64
2. DETALHAMENTO METODOLÓGICO UTILIZANDO O RECURSO CASO INVESTIGATIVOS	68
2.1. Desenvolvendo o primeiro momento	68
2.2. Desenvolvendo o segundo momento	71
2.3. Desenvolvendo o terceiro momento	73
2.4. Desenvolvendo o quarto momento	75
2.5. Desenvolvendo o quinto momento	77
3. CONTEÚDOS ABORDADOS NO CASO INVESTIGATIVO	81
3.1. Indústria Têxtil.....	81
3.2. Água e reuso da água.....	81
3.3. Efluentes.....	82
3.4. Reaproveitamento sustentável dos Resíduos Agrícolas	83
3.5. Adsorção.....	83
3.6. Biossorventes	85
3.7. Corante Azul de Metileno	89
4. POSSÍVEIS IDEIAS DE ELABORAÇÃO DO EXPERIMENTO DO CASO INVESTIGATIVO PROPOSTO NA PARTE IV DO CASO	91
4.1. Possíveis matérias utilizados para o experimento	91
4.2. Preparo da farinha de banana	91
4.3. Espectroscopia na região do infravermelho da farinha de banana	92
4.4. Ponto de carga zero (PCZ)	92
4.5. Estudo da biossorção com a farinha de banana com corante azul de metileno	93
4.6. Análises no espectrofotômetro UV-VIS.....	93
5. POSSÍVEL MODELO DE “DIÁRIO DE BORDO DE CASO”	95
5.1. Roteiro para elaboração do Diário de Bordo de Caso	95
6. POSSÍVEIS IDEIAS PARA AVALIAR OS ALUNOS NAS APRESENTAÇÕES DOS RESULTADOS	97
6.1. Instruções para a apresentação oral dos resultados	97
6.2. Avaliação dos alunos em decorrer das aulas.....	97

7. POSSÍVEIS RESPOSTAS DAS PERGUNTAS REALIZADAS NO CASOS INVESTIGATIVOS.....	98
7.1. Respostas das perguntas da primeira parte do Caso	98
7.2. Respostas das perguntas da segunda parte do Caso	100
8. POSSÍVEIS RESPOSTAS DOS ALUNOS DO “GUIA DO CASO” REFERENTE AO ANEXO A.	102
9. POSSÍVEIS RESPOSTAS DOS ALUNOS PARA O ANEXO B	104
10. REFERENCIAL TEÓRICO QUE POSSAM SER UTILIZADOS PARA APROFUNDAMENTO DOS ALUNOS SOBRE OS TEMAS ABORDADOS NO CASO INVESTIGATIVO	106
11. REFERÊNCIAS.....	107



Olá, prezado professor(a),

Este Plano de Ensino foi construído com o objetivo de auxiliá-lo(a) em decorrer da aplicação do Caso Investigativo. São sugestões que poderão trazer mais tranquilidade e confiança aplicando o caso.

Neste material você encontrará um caso fictício abordado os seguintes temas:

- Industrias têxtil;
- Corantes utilizados nas indústrias têxtil;
- Adsorção;
- Malefícios que esses corantes utilizados nas indústrias têxtil trazem ao ambiente e ao meio aquático;
- Utilização dos Biossorventes como meio viável no tratamento destes corantes.

O caso fictício intitulado “**A indústria Valberg Têxtil: o descarte inadequado de corante no rio Pedra da Raposa**” está dividido em quatro partes diferentes e cada uma delas irá levá-lo a uma experiencia incrível com os alunos. Espero que goste!

Bom trabalho!

1. CONCEPÇÃO DE APLICAÇÃO DO CASO INVESTIGATIVO EM UM PLANO DE AULA

Há diversas maneiras, estratégias e métodos de se ministrar uma aula usando recursos, como experimentação, slides, vídeos, softwares, entre outros. Nesta pesquisa tem como uso a utilização de um Caso Investigativo. Em uma aula utilizando esse Caso Investigativo pode-se ser viável utilizar da seguinte forma, como mostra no Quadro 01 a seguir:

Quadro 01: Número de encontros e duração de cada encontro.

Encontros	Duração
1º Encontro	1 horas (60 minutos)
2º Encontro	2 horas (120 minutos)
3º Encontro	2 horas (120 minutos)
4º Encontro	4 horas (240 minutos)
5º Encontro	3 horas (180 minutos)

Fonte: Autor/2023



Destinado ao professor(a),

Prezado professor(a), em seguida está descrito brevemente o que ocorrerá em cada encontro e o objetivo do mesmo.

Lembrando que poderá ser modificado conforme as necessidades da turma!

Para resolução da parte um e dois do caso seria viável ser resolvido individual pelos alunos.

1º Momento

Os alunos serão instruídos a como proceder durante o trabalho com os casos, quais as atividades terão que trazer para cada encontro e discutir como serão apresentados os resultados no final do mesmo. Em seguida, poderá ser aplicado a primeira parte do caso fictício: Parte 1 do caso ‘‘O rio pedra da Raposa está azul?’’. As perguntas que contém no caso poderão ser respondidas pelos alunos em sala de aula e a pesquisa finalizada em casa, sendo trazida para discussões no segundo momento. Em seguida, será entregue um ‘‘ Guia sobre o caso a ser estudado’’, é um questionário com perguntas referentes ao caso em questão, ANEXO A, será respondido pelos alunos.

- **Objetivo do primeiro momento:**

Familiarização dos alunos com o uso do Caso Investigativo e apresentação de como serão desenvolvidas as atividades propostas para cada encontro. E ademais, a aplicação da primeira parte do caso a ser trabalhado.

2º Momento

No segundo momento, serão discutidas as respostas que os alunos trouxeram sobre a parte 1 do caso, aplicado no primeiro momento, seguido da discussão do ANEXO A. Na sequência, será aplicado a segunda parte do caso: Parte 2 do caso: ‘‘Cérebros trabalhando: a ideia do uso de biossorventes’’. As perguntas que estão no caso poderão ser respondidas pelos alunos em sala de aula, enquanto a pesquisa poderá ser finalizada em casa e será trazida para discussões no terceiro momento. Neste segundo momento, questões ambientais como o processo de tingimento têxtil, descarte dos corantes, malefícios que esses corantes trazem ao ambiente aquático, junto com as respostas dos alunos, podem ser discutidos, utilizando slides, por exemplo.

- **Objetivo do segundo momento:**

Aplicar a segunda parte do caso a ser trabalhado. E que os alunos conheçam o processo de tingimento têxtil, maléficos e composição dos corantes.

3º Momento

No terceiro momento será discutido as respostas que os alunos trouxeram sobre a parte 2 do caso que foi aplicado no segundo momento, e em seguida será aplicado à parte 3 do caso. “Mãos à obra: analisando as opções”. Neste terceiro momento pode ser discutido a origem, produção e efeitos dos biossorventes no processo de tratamento de corantes têxtil.

- **Objetivo do terceiro momento:**

É a discussão da parte dois do caso e aplicação da parte 3 do caso a ser trabalhado. E que os alunos conheçam o estudo e utilização de biossorventes para o tratamento de corantes.

4º Momento

No quarto momento será realizado o experimento que os alunos irão trazer, como no caso foi solicitado que os alunos confeccionem o roteiro do experimento. Após realização do experimento, será aplicado à parte 4 do caso “ O rio Pedra da Raposa agradece os cuidados”.

- **Objetivo do quarto momento:**

É a aplicação da parte 4 do caso a ser estudado e realização do experimento proposto pelos alunos.

5º Momento

Apresentação, análise e discussões dos resultados dos experimentos, entrega do “Diário de Bordo do caso” e responder o questionário do ANEXO B.

- **Objetivo do quinto momento:**

Realizarem as apresentações dos resultados.



Destinado ao professor(a),

Prezado professor(a), em seguida está descrito detalhado os momentos junto com o caso fictício **“A indústria Valberg Têxtil: o descarte inadequado de corante no rio Pedra da Raposa”**.

2. DETALHAMENTO METODOLÓGICO UTILIZANDO O RECURSO CASO INVESTIGATIVOS

2.1. Desenvolvendo o primeiro momento

No primeiro momento os alunos serão instruídos de como proceder durante o trabalho com os casos, quais as atividades terão que trazer em cada parte respondida e como serão apresentados os resultados no final do caso.

Diante disto, será pedido aos alunos da turma para confeccionar um “Diário de Bordo do Caso”. Este “Diário” deverá deixar claro ao leitor o processo que conduzirá à resolução do caso, incluindo informações obtidas neste processo e reflexões sobre o seu andamento, além da produção individual de um texto sobre o assunto envolvido no caso para ser entregue no último encontro. No último encontro será pedido que cada grupo faça uma apresentação dos seus dados coletados durante todos os encontros, além de mostrar seus respectivos resultados das amostras, os alunos poderão utilizar meios para a apresentação como vídeos, slide, entre outros.

Em seguida será aplicado a primeira parte do caso fictício: Parte 1 do caso “O rio Pedra da Raposa está azul? presente no Quadro 1. Em adiante, um “Guia sobre o caso a ser estudado” ANEXO A, é um questionário adaptado conforme Sá e Queiroz (2009), com perguntas referentes ao caso em questão, que será respondido e discutido nesse encontro.

Para ajudar a resolver cada parte do caso os alunos devem responderem junto o ANEXO A. O mesmo tem como objetivo auxiliar aos alunos a identificarem quais informações importantes está presente em cada parte do caso a ser estudado.

Após a discussão será pedido que os alunos respondam as perguntas que estão aplicadas no caso, na parte 1 e tragam para a discussão no segundo encontro.

Como é possível observar, a parte 1 do caso Fictício Interrompido, objetiva o estudo da problematização do descarte dos corantes no processo de produção têxtil. Diante disto, aplicado a primeira parte do caso, como mostra no Quadro 1 a seguir:

Quadro 1: parte 1 do caso ‘‘O rio Pedra da Raposa está azul?’’.

Parte: I



‘‘O rio Pedra da Raposa está azul?’’.

A industria Valberg Têxtil é uma das melhores industria da região, localizada na região metropolitana do estado de Sergipe, a qual apresenta um capital de aproximadamente R\$ 10 milhões. É composta por dois acionistas, o Junior e a Gabrielle, e diversos funcionários de diferentes áreas. Essa empresa exporta camisas, jeans e bermudas de diversos modelos para China, Estados Unidos, e Jpo.

Entretanto, a industria Valberg Têxtil atualmente está sendo acionada juridicamente pelo descarte inadequado de resíduos no rio ‘‘Pedra da Raposa ’’, localizado no fundo da industria. A industria produz diariamente cerca de 300 mil peças de roupas, sendo que para a produção de uma única peça jeans há um consumo de aproximadamente 100 litros de gua. O descarte de toda essa água contaminada com corante  despejado no rio Pedra da Raposa, sem passar primeiro por um processo de tratamento desses efluentes, ameaçando toda a vida aquática presente no rio.

O tingimento das peças de roupas produz grandes quantidades de resíduos com elevadas cargas orgânicas e inorgânicas, além da coloração, podendo diminuir a transparência da água, impedindo a penetração da radiação solar. E esses rejeitos coloridos diminuem a atividade fotossintética causando danos aos organismos aquáticos.

Diante disso, os acionistas da empresa, preocupados com a situação e sem entender sobre o assunto, decidiram contratar um especialista na área para solucionar o caso. Então os acionistas decidiram chamar o especialista na rea Aelson para uma entrevista.

Chegando na empresa, Aelson foi recepcionado e direcionado para uma sala de reuniões. Lá, então, os acionistas lhe contaram o que estava acontecendo.

- Bom dia, senhor Aelson! Meu nome é Junior e essa é a Gabrielle, precisamos de seus serviços para solucionar um problema da nossa indústria.

- Em que posso ajudá-los? respondeu Aelson, intrigado.

Junior, então falou:

- A nossa indústria Valberg Têxtil está em apuros, recebendo diversos processos judiciais, devido ao descarte dos resíduos produzidos na nossa empresa no rio Pedra da Raposa. Estamos preocupados com o rio e com os funcionários, não podemos fechar a indústria, temos diversos funcionários que dependem dessa renda para sobreviver.

Gabrielle, falou:

- Não sabíamos que esses corantes que descartamos no rio podem prejudicar a vida aquática. Então, estamos contratando os seus serviços para nos ajudar. Entretanto, queremos uma solução que não demande muito custo para a empresa.

Os acionistas quando contrataram o especialista, lhe passaram alguns requisitos para solucionar o problema:

III. Que seja um processo fácil;

IV. De baixo custo;

Agora é a vez de vocês! Se coloque no lugar do especialista Aelson, e explique para os acionistas Junior e Gabrielle:

- **Quais os principais poluentes gerados por essa indústria?**
- **Quais malefícios os corantes trazem a água?**
- **Qual a composição dos corantes utilizados nessa indústria?**
- **O que são esses corantes?**

2.2. Desenvolvendo o segundo momento

No segundo momento será discutido as respostas que os alunos trouxeram sobre a parte 1 do caso que foi aplicado no primeiro momento e discutir os temas abordados no caso com os alunos. E em seguida será aplicado a segunda parte do caso: Parte 2 do caso: “Cérebros trabalhando: a ideia do uso de biossorventes”. As perguntas que estão no caso poderá serão respondidas pelos alunos em sala de aula e terminarem a pesquisa em casa e trazidos para discussões no terceiro momento.

A parte 2 do caso dá continuidade a história de Aelson, personagem principal, e objetiva resolver o problema do descarte dos corantes no rio pela indústria Valberg Têxtil. Nessa parte os alunos irão conhecer o estudo e utilização de biossorventes para a remoção e tratamentos dos corantes.

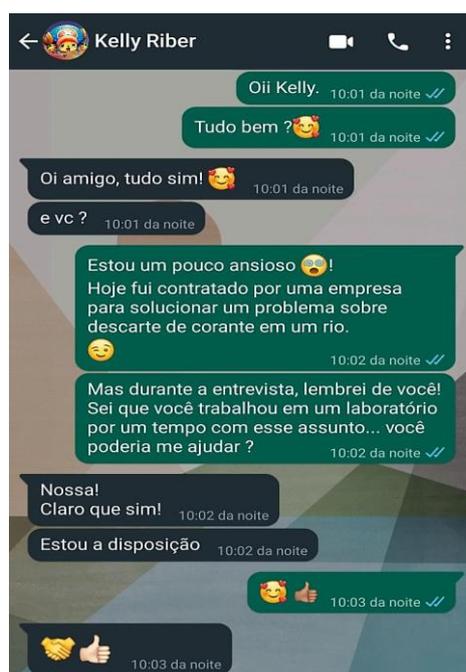
Em seguida será aplicado a segunda parte: Parte 2 do caso: “Cérebros trabalhando: a ideia do uso de biossorventes”, como mostrado no Quadro 2 a seguir:

Quadro 2: parte 2 do caso ‘‘Cérebros trabalhando: a ideia do uso de biossorventes’’

Parte: II

Cérebros trabalhando: a ideia do uso de biossorventes

No fim da reunião, Aelson foi correndo para o seu laboratório e, imediatamente, enviou uma mensagem de ajuda para Kelly Riber, sua amiga de faculdade e pesquisadora na área da química inorgânica, com a qual mantém contato até os dias atuais.



Então, Aelson passou um bom tempo estudando sobre o assunto em artigos, sites, revistas etc., procurando soluções para o problema e, na semana seguinte, ele marcou uma reunião com a cientista Kelly Riber para discutirem sobre o assunto.

Na reunião, Aelson disse:

- Kelly, preciso encontrar uma solução rápida para esse problema. Estudei bastante sobre o tema, mas você tem alguma ideia para compartilhar comigo?

Kelly respondeu:

- Sim. Eu trabalhei um bom tempo com o uso de biossorventes. É um material bastante aplicável, além de ser viável para o seu problema. Estudos mostram a eficiência do mesmo no tratamento de corantes em águas residuais pelo processo de adsorção.

Kelly, explicou, de forma geral, as principais propriedades e características de um biossorvente, quando foi interrompida por Aelson, que estava visivelmente animado com a proposta.

- Nossa que legal. Então, quer dizer que há estudos com o uso de biossorventes na remoção de corantes? Mas eu não entendo muito bem sobre esse assunto, pode me explicar melhor?

Agora é a vez de vocês! Se coloque no lugar da pesquisadora Kelly Riber e expliquem para Aelson:

- **O que é um Biossorvente?**
- **Qual é sua origem?**
- **Como são produzidos?**
- **De que são feitos?**

Fonte: Autor/2023

2.3. Desenvolvendo o terceiro momento

No terceiro momento será discutido as respostas que os alunos trouxeram sobre a parte 2 do caso que foi aplicado no segundo momento e discutir os temas abordados no caso com os alunos, e em seguida será aplicado a terceira parte: parte 3 do caso “Mãos à obra: analisando as opções”.

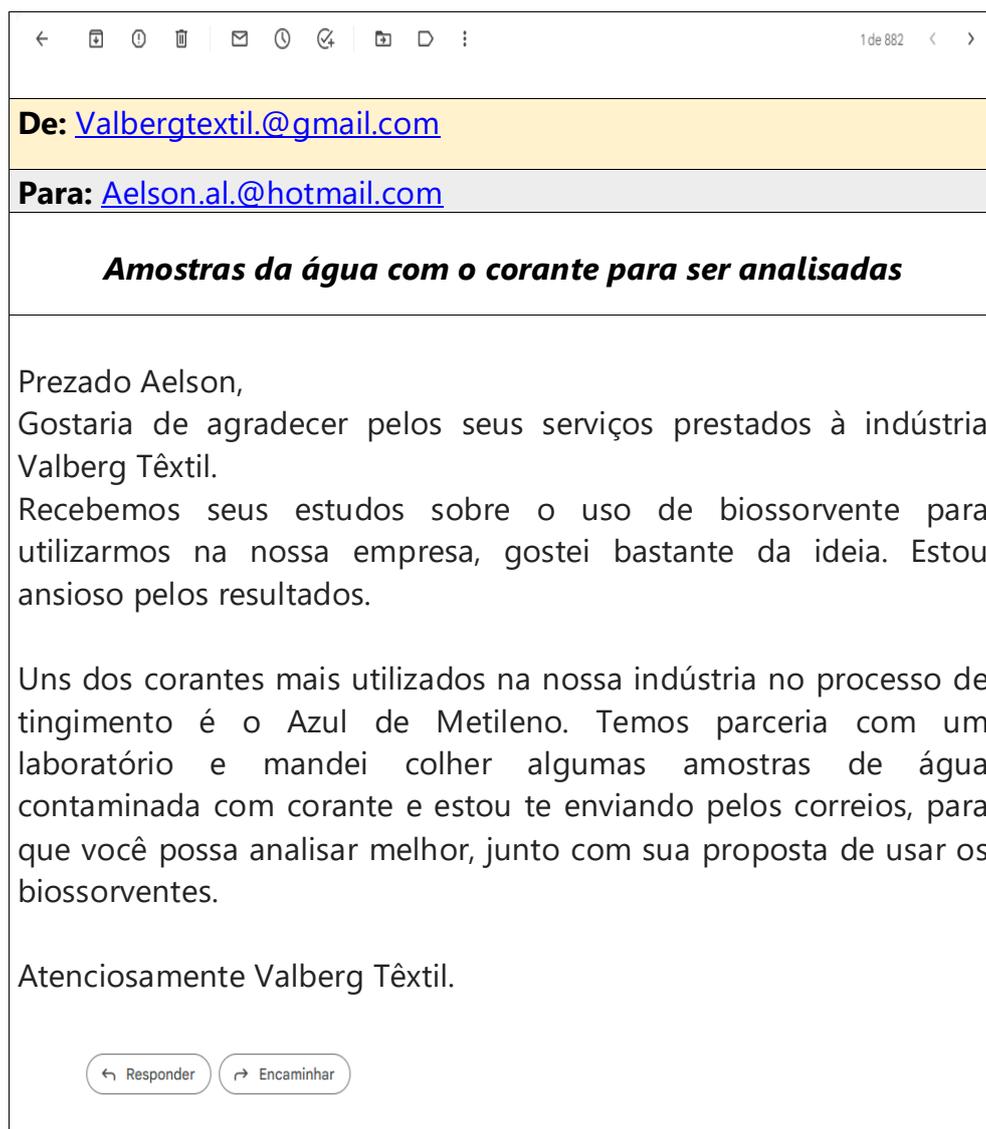
A parte 3 do caso, nessa etapa, a perspectiva é de que os estudantes possam avaliar os diferentes equipamentos disponíveis no laboratório e quais serão necessários para a realização da caracterização da amostra. E estudar as amostras, e suas propriedades e elaborarem e realizarem um experimento para caracterizarem as amostras. A parte 3 do caso Aelson, entra em contato com a empresa e recebe um retorno positivo da empresa em relação de se trabalhar com os biossorventes na Industria Valberg Têxtil. Em seguida será aplicado a terceira parte: “Mãos à obra: analisando as opções”, como mostra no Quadro 3 a seguir:

Quadro 3: parte 3 do caso “Mãos à obra: analisando as opções”.

Parte: III

Mãos à obra: analisando as opções

Após algumas semanas, Aelson enviou para os acionistas um estudo com resultados sobre o uso de biossorventes para remoção de corante. Em seguida, Aelson recebeu um e-mail de retorno sobre a proposta.



Após o recebimento do retorno dos acionistas, Aelson recebeu as amostras e foi para seu laboratório dar início as análises de caracterização da amostra. Em seu laboratório, Aelson dispõe de uma pequena equipe de dois técnicos, e dos seguintes equipamentos de análises: pHmetro, Espectrofotômetro no Infravermelho,

Amostra

- Frasco com amostra de água contaminada.

Biossorvente

- Farinha da casca de banana.

Aelson então propôs a sua equipe de laboratório, composta por Carmen e Lucimar, a realização de um experimento utilizando a amostra e o Biossorvente. Sua equipe entusiasmada em realizar o experimento e preocupadas com a indústria Valberg Têxtil, iniciaram a experimentação o mais rápido possível.

Agora é a vez de vocês! Se coloquem no lugar da equipe de laboratório de Aelson, elaborem e executem um experimento com os equipamentos presente no laboratório, utilizando a amostra da água contaminada e o Biossorvente.

Escolham dois equipamentos que julguem mais adequados para caracterizar as amostras dos biossorventes e do corante. Justifiquem suas respostas.

Fonte: Autor/2023

2.4. Desenvolvendo o quarto momento

No quarto momento será realização do experimento que os alunos irão trazer. Após realização do experimento, será aplicado a quarta parte: parte 4 do caso “ O rio Pedra da Raposa agradece os cuidados’.

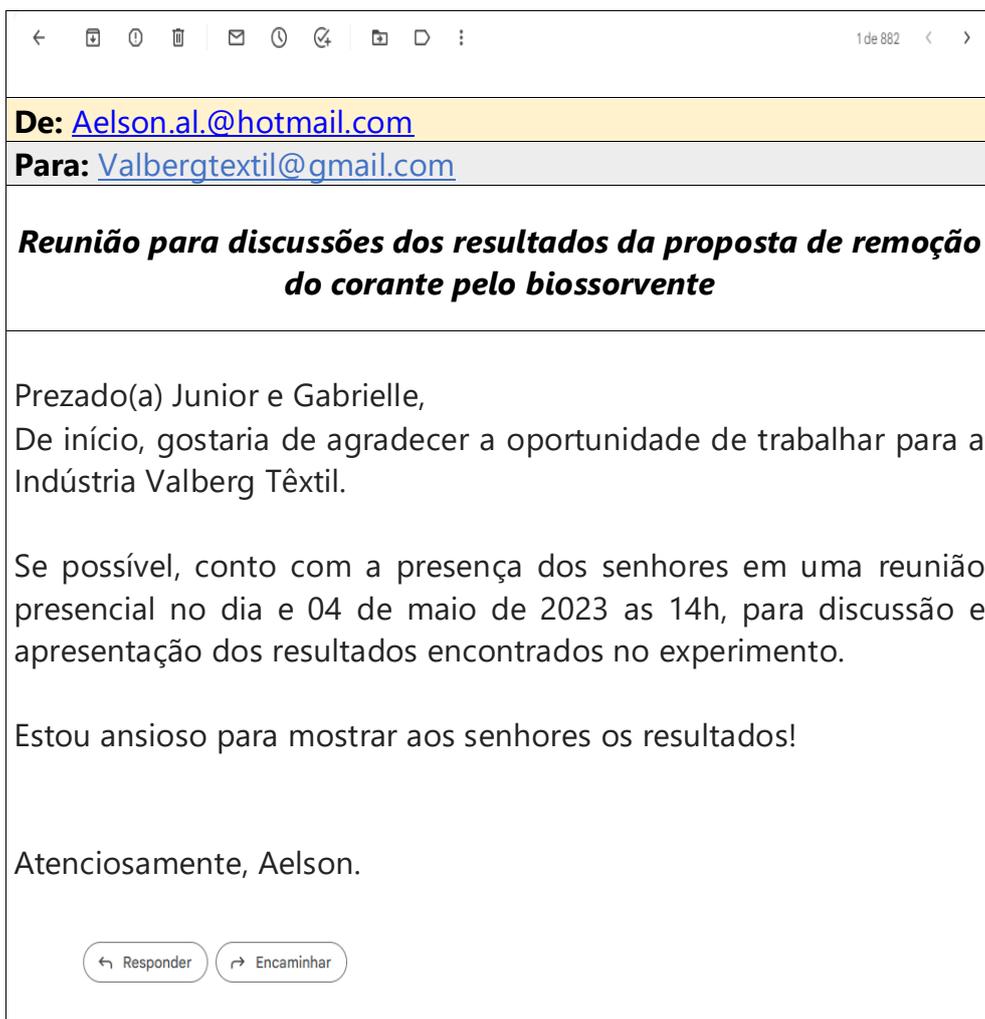
Na parte 4 do caso, Aelson propôs aos acionistas Junior e Gabrielle, uma reunião para discutirem os resultados encontrados em seus experimentos utilizando as amostras I e II. Em seguida será aplicado a quarta parte: “O rio Pedra da Raposa agradece os cuidados”, como mostra no Quadro 4 a seguir:

Quadro 4: parte 4 do caso “ O rio Pedra da Raposa agradece os cuidados”

Parte IV

O rio Pedra da Raposa agradece os cuidados

Aelson com os resultados em mãos dos experimentos que foram realizados em seu laboratório sobre a remoção do corante pelo biossorvente, decidiu marcar uma reunião com os acionistas, Junior e Gabrielle para apresentar os resultados obtidos na sua experimentação.



Agora é a vez de vocês! Se coloquem no lugar do especialista Aelson, montem uma apresentação para explicar para os acionistas Junior e Gabrielle, os resultados que foram obtidos na experimentação, utilizando os biossorventes para o tratamento

Fonte: Autor/2023

2.5. Desenvolvendo o quinto momento

Discussões, análise e apresentação dos resultados dos experimentos, e entrega do Diário de Bordo do Caso.

Realizaram a apresentação oral dos resultados em grupo, podendo ser utilizado para apresentação, slides, quadro, dentre outras matérias.

O grupo deverá trazer para sala o diário de resolução dos casos, onde deverá constar todas as anotações junto com as referências utilizadas. Neste momento os alunos entregaram o ‘Diário de Bordo do Caso’. Em seguida, será pedido pra eles responderem a questionário do (ANEXO B).



Destinado ao professor(a),

Prezado professor(a), em seguida estão os Anexos A e B que serão entregues aos alunos. Os anexos deveram ser entregues impressos aos alunos.

O Anexo A, será entregue no primeiro encontro junto com a primeira parte do caso, que ajudará os alunos nas resoluções da parte um e dois do caso.

E o Anexo B, será entregue no quinto encontro. Lembrando que a resolução dos Anexos A e B deverá ser individual pelos alunos.

ANEXO A

GUIA PARA A ANÁLISE E RESOLUÇÃO DE CASO

Após a leitura considere os seguintes itens:

A- Reconhecer assuntos em potencial.

- a) Listar termos ou frases que pareçam serem importantes para compreensão do assunto que o caso aborda.
- b) Como o problema apresentado no seu caso encontra-se vinculado a questões:
 - Sociais
 - Econômicas
 - Ambientais
 - Éticas
 - Justifique a sua resposta

B- Pontos específicos do caso

- Quem são os personagens do caso ?
- Onde situa-se o caso ?
- O que é produzido na indústria ?
- Onde é feito o descarte dos corantes mencionado no caso ?

C- Problema descritos nos casos

- a) Sobre o que é essa parte do caso?
- b) Quais são os temas principais desta parte do caso?
- c) Faça um julgamento da gravidade do problema descrito no seu caso. Justifique a sua resposta.

ANEXO B

- A.** Que medida vocês acharam mais adequada para resolução do seu caso? Por que vocês acharam mais adequado resolver dessa forma? Explique detalhadamente.

- B.** Que outras medidas vocês consideraram importantes e que deveriam ser tomadas?

- C.** Apresente as vantagens e desvantagens da opção que você escolheu para resolução do problema, em relação a outras possíveis soluções.

- D.** Como a aplicação da medida que vocês escolheram se reflete no dia-a-dia das pessoas envolvidas no caso, levando em consideração aspectos sociais e econômicos.

- E.** Estabeleçam um plano de ação. Ou seja, apresentem um cenário utilizando os personagens do caso e as medidas que vocês julgaram adequadas para sua resolução.



Destinado ao professor(a),

Prezado professor (a), na parte I do caso poderá ser discutido em sala de aula os seguintes assuntos:

Na parte I:

Educação Ambiental; poluentes gerados pela produção das indústrias têxtil; Descarte inadequado dos corantes em rios, lagos e mares; maléficos que os corantes trazem ao meio aquático; Composição dos corantes.

Já na parte II do caso poderá discutir os seguintes assuntos:

Resíduos agrícolas; Produção e origem dos Biossorventes; como são produzidos e de que são feitos esses Biossorventes; Processo de interação entre os corantes e os Biossorventes; Adsorção

Já na parte III você poderá observar se os alunos conseguem atender seguintes questões:

Capacidade de elaboração de um experimento; Julgamento de critérios de escolha de equipamentos analíticos; Realização de experimento e análise dos espectros de adsorção entre o Biossorvente e o corante; Processo de adsorção entre as amostras.

Na parte IV poderá analisar as seguintes questões:

Discussão dos resultados; Capacidade de apresentação dos resultados pelos alunos; Resolução do problema

3. CONTEÚDOS ABORDADOS NO CASO INVESTIGATIVO

3.1. Indústria Têxtil

A indústria têxtil é fundamental para economia, gerando emprego e rentabilidade, fornecendo assim diversos produtos para o mercado, sendo essencial para o desenvolvimento do mundo (Raichurkar, 2015).

A China, Índia, Paquistão e Vietnã são os principais fabricantes de produtos têxteis. Mas sendo a Índia, o maior fabricante e exportador de produtos têxteis do mundo e é quem investe mais em equipamentos de fiação e tecelagem perdendo apenas para China (Raichurkar, 2015).

Já o Brasil, a indústria têxtil é relevante à geração de produtos e de empregos. Essa atividade fabril se consolidou fortemente, tornando o País um importante produtor mundial de artigos têxteis, trazendo assim rentabilidade econômica para a sociedade brasileira (Raichurkar, 2015).

Apesar da sua função de produção e de desenvolvimento econômico, a indústria têxtil traz junto com a sua produção, problemas ambientais como o consumo elevado de água e o descarte. Nos processos das indústrias têxteis, grande parte da água consumida não é incorporada ao produto final e cerca de 80% se torna efluente altamente heterogêneo e poluente (Maidana et al., 2015).

Atualmente, essas indústrias têm utilizado seus tratamentos baseados em processos físicos e biológicos que, apesar de apresentarem certa eficiência na remediação de efluentes, apresentam inúmeras limitações (Maidana et al., 2015).

3.2. Água e reuso da água

A água sendo essencial para a sobrevivência de todos os seres vivos. Apesar de ser um dos recursos mais abundantes do planeta, deve haver alguns cuidados com o mesmo para que podemos ter sempre água limpa e potável (Silva, 2016).

Atualmente, o crescimento da demanda comercial e a demanda de compra do consumidor poderão vir a ser os maiores influenciadores no aumento de consumo de

água nas indústrias têxtil. O lançamento de efluentes domésticos ou industriais sem o tratamento adequado nos corpos receptores afeta diretamente a disponibilidade de água doce, pois resulta na sua poluição, podendo ser capaz de afetar a qualidade da água ao ponto de impedir o seu uso para diversas atividades, principalmente para consumo humano (Silva, 2016).

E assim com o aumento populacional e de produção, vem sendo colocado grande pressão sobre a disponibilidade e reuso da água. Na produção por exemplo, a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas. No entanto, essa diversificação no uso da água, quando realizada de forma inadequada, provoca alterações na qualidade da mesma, comprometendo os recursos hídricos e por consequência seus usos para os diversos fins (Souza, et al., 2014).

Para tanto, para solucionar esses problemas deve-se criar estratégias e opções técnicas, desenvolvendo e selecionando alternativas de reuso dos efluentes e implementando planos de reuso. Esses tais efluentes industriais, que serão reutilizados pela própria indústria, ou descartados em corpos de água, devem antes se submeter a processos físico-químicos e microbiológicos de tratamento (Guerra Filho, 2006).

3.3. Efluentes

As águas residuais provenientes das indústrias têxteis impõem sérios problemas ambientais e correspondem a uma das principais fontes de contaminação aquosa de composição heterogênea. O tingimento e as operações de acabamento da indústria têxtil produzem grandes quantidades de resíduos com elevadas cargas orgânica e inorgânica, além de coloração (Gili et al., 2015).

Os processos da produção das matérias produzidos pela indústria têxtil apresenta alto consumo de produtos químicos, diversidade de equipamentos e matérias-primas, produzindo assim diversos contaminantes. Os compostos presentes nos efluentes provenientes da indústria têxtil podem diminuir a transparência da água, impedindo a penetração da radiação solar. Os rejeitos coloridos diminuem a atividade fotossintética e provocam distúrbios na solubilidade dos gases, causando danos aos organismos aquáticos. Os efluentes líquidos produzidos pela atividade têxtil se caracterizam por apresentar flutuações em vários parâmetros como a Demanda Química de Oxigênio

(DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), pH, cor, salinidade e temperatura, e sua composição química depende de diferentes compostos orgânicos e corantes utilizados nos processos têxteis (Silva, 2016).

A remoção destes efluentes têxteis deve ocorrer antes do lançamento em corpos aquáticos para evitar a contaminação de reservatórios e elevação do custo em estações de tratamento de água destinadas ao atendimento da população em geral. O tratamento de efluentes implica basicamente na aplicação de técnicas para atingir eficiência de remoção de poluentes e reduzir custos operacionais com confiabilidade técnica (Queiroz, 2016).

3.4. Reaproveitamento sustentável dos Resíduos Agrícolas

Existe uma preocupação do ponto de vista ambiental, econômica e social em reaproveitar os grandes volumes de resíduos agrícolas que são gerados diariamente a partir dos processos produtivos e do consumo populacional. Tais resíduos, se não aproveitados, podem aumentar o potencial poluidor associado à disposição inadequada que, além da poluição de solos e de corpos hídricos, acarreta também problemas de saúde pública (Moreira, 2018).

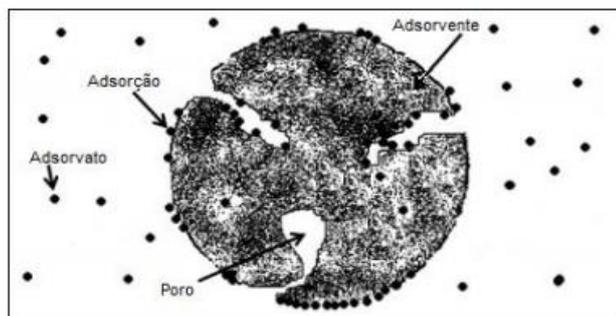
No Brasil, mesmo com os avanços nos estudos de reaproveitamento dos resíduos agroindustriais, a biomassa residual de atividades agrícolas ainda é pouco aproveitada, sendo muitas vezes descartada para decomposição natural, gerando alguns passivos ambientais como a geração de gás carbônico e metano (Manasa, 2022; Cordeiro, 2019). Nesse contexto, o uso de diferentes resíduos, consiste numa alternativa interessante para obter materiais com elevada área superficial para serem usados em diversas aplicações.

3.5. Adsorção

A adsorção é um processo de separação que vem se destacando por ser um método eficaz e econômico no tratamento de efluentes. Adsorção ocorre quando uma molécula de soluto, presente em uma solução, acumula-se na superfície de um sólido devido à ação de forças de superfícies não balanceadas. Esse fenômeno acontece

quando uma superfície é colocada em contato com uma solução. O sólido é denominado adsorvente e a solução que começa a ser adsorvida é o adsorvato, como mostrado na Figura 1 a seguir (Syeda, 2022; Costa, 2021; Nascimento, 2014).

Figura 1: Processos de adsorção em um sólido adsorvente.



Fonte: (Souza, 2013)

A adsorção é conceituada como o processo de separação de vários componentes em nível molecular, sendo uma prática de baixo custo energético. Este processo é caracterizado pelo contato entre o soluto (adsorvato) que se desloca mediante a difusão da fase fluida até a fase líquido sólida. Isto ocorre mediante a diferença de concentração entre a solução e a superfície do adsorvente (Nascimento, 2014).

O soluto, após alcançar a superfície, é difundido entre os micróporos do adsorvente, sendo adsorvido pelos sítios ativos. O potencial de remoção da solução é definido pela área superficial dos sítios ativos e do tamanho da molécula do material escolhido. Na adsorção a acumulação desse material na superfície pode ocorrer de modo químico ou físico (Nascimento, 2014).

O processo de adsorção apresenta suas fases diferentes, cujos constituintes são distribuídos distintivamente. Na adsorção, as moléculas são distribuídas de maneira regular, porém, permanecem confinadas à superfície dos micróporos que se localizam ao redor dos poros que são de um a quatro vezes maiores do que as moléculas, o que não torna este processo homogêneo. Na fase adsorvida, a mobilidade é distinta (Santos, 2020; Nascimento, 2014).

Na adsorção, dentre as características físico-químicas, destacam-se a composição química, a carga superficial, os sítios ativos, e as características relacionadas à textura do adsorvente, como área superficial, diâmetro e volume dos poros (Santos, 2020).

Podem-se distinguir duas formas de adsorção: adsorção física e adsorção química. Na adsorção física, ou fisiossorção, há uma interação por forças dispersivas de London entre o adsorvato e o adsorvente (Santos, 2020; Nascimento, 2014).

Essencialmente, o processo de sorção para os contaminantes tem quatro fases: Adsorção de migração e transferência de íons metálicos a partir da solução aquosa para a superfície adsorvente; a difusão através da camada limite na superfície do adsorvente; sobre os centros ativos adsorvente; difusão intra-partícula nas camadas da superfície solvente (Schneider, 2018).

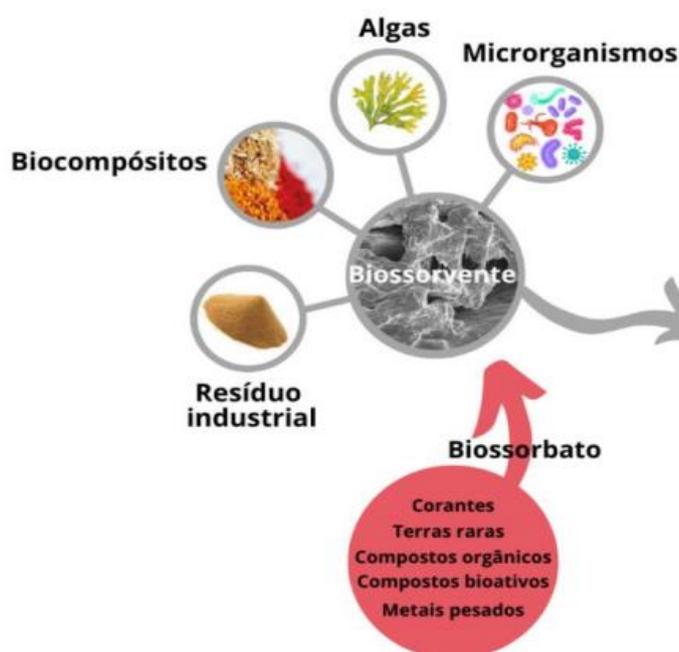
O mecanismo de adsorção de um corante envolve três etapas: o corante inicialmente migra através da solução para a superfície exterior do sólido adsorvente, posteriormente o líquido move-se por dentro dos poros desse sólido, e por fim é adsorvido nos sítios interiores da superfície das partículas do sólido (Nascimento, 2014; Schneider, 2018).

A bioadsorção é um tipo específico de adsorção caracterizada pela utilização de materiais de origem biológica como adsorventes na remoção de um soluto de efluentes. Este processo é comumente utilizado como método de tratamento de polimento, ou seja, quando o efluente já passou por alguma etapa de tratamento e contém baixas concentrações de metais, porém ainda acima dos limites estabelecidos nas legislações para descarte. Nessas condições, a bioadsorção tem eficiência superior à apresentada por outros processos de tratamento (Nascimento, 2014; Schneider, 2018).

3.6. Biossorventes

A principal vantagem dos biossorventes com relação aos adsorventes sintéticos, é que os adsorventes de origem natural são abundantes, e por serem resíduos agrícolas, não oferecem valor comercial. O termo biossorvente engloba toda a biomassa, seja ela ativa (com atividade metabólica) ou inativa (sem atividade metabólica). Todos os biossorventes são oriundos de alguma forma biológica, como vegetais, crustáceos, microrganismos e animais, como mostrado na Figura 2 a seguir (Syeda, 2022; Costa, 2021).

Figura 2: Origem dos biossorventes



Fonte: (Souza,2013)

Estes biossorventes são fibrosos, de tal forma que seus sítios ativos ficam mais disponíveis para a adsorção de espécies químicas de interesse (adsorbato), desta forma, os biossorventes apresentam capacidades de adsorção comparáveis aos adsorventes comerciais (Syeda, 2022; Costa, 2021).

Uma tecnologia que vem emergindo na remoção de íons metálicos de soluções contaminadas é de grande importância, uma vez que apresenta baixo custo de operação, alta eficiência e possível regeneração do biossorventes.

A intensidade da capacidade de adsorção depende tanto das características químicas e físicas do adsorbente, como das propriedades do adsorbato. As substâncias interagem com o adsorbente de forma diferente dependendo das condições do meio a serem utilizadas e do biossorvente empregado (Syeda, 2022; Costa, 2021).

Dentre as vantagens apresentadas na utilização de biossorvente de baixo custo é possível destacar algumas a seguir:

(i) Possuem inexpressivo valor comercial decorrente do fato de serem sobras de processos produtivos ou por estarem disponíveis na natureza em quantidades apreciáveis.

(ii) Normalmente o biossorvente a ser utilizado tem origem regionalizada (determinada pela condição climática, tipo de solo, relevo etc.), podendo ser aproveitado por indústrias situadas na mesma região, resultando na minimização dos custos com transporte;

(iii) São de beneficiamento simples e robusto, sem que ocorra necessidade de emprego de insumos químicos de elevado custo durante a etapa de preparação dos mesmos. São oriundos de fontes renováveis, o que garante o reabastecimento dos mesmos;

(iv) Podem ser reutilizados após os processos de dessorção (dependendo de sua estrutura, resistência química e ainda do tipo de interação com o adsorvato).

Em consonância disto, podemos observar também parâmetros que definem um biossorvente, se tem aplicabilidade ou não, está a capacidade de adsorção do mesmo. A capacidade de adsorção é afetada por fatores como:

(a) Tempo de Contato: tempo no qual ocorre o contato entre o biossorvente e o adsorvato. O contato entre os mesmos é otimizado através da utilização de sistemas de agitação. A adsorção é máxima quando o sistema atingir o equilíbrio, ou seja, momento no qual a concentração de adsorvato torna-se constante na solução.

(b) pH do meio: o pH do meio de adsorção tem sua importância fundamentada nas alterações proporcionadas tanto no biossorvente como no íon metálico. No biossorvente essa influência pode ativar ou desativar sítios ativos presentes, modificando a forma como esses se apresentam para o metal. No caso dos íons metálicos a elevação do pH pode gerar a formação de hidróxidos insolúveis do metal que não reagem com o biossorvente.

(c) Massa do biossorvente: a quantidade de massa de biossorvente utilizada influencia na quantidade de sítios ativos presentes, mas também proporciona outros fenômenos como associação entre partículas de adsorvente, reduzindo o número de pontos de adsorção.

(d) Concentração inicial de íons metálicos: esta variável é extremamente importante, pois a diferença dessa concentração em relação à concentração dos íons metálicos nas imediações da superfície do biossorvente gera força motriz de difusão que ajuda a conduzir os íons até os sítios de adsorção. Um bom adsorvente é aquele que

possui um grande número de sítios ativos disponíveis para interação com a espécie de interesse (MOREIRA, 2020).

Os sítios são pontos de adsorção constituídos por um ou mais grupos funcionais químicos distribuídos pela superfície do biossorvente. Alguns biossorventes podem ter as suas superfícies modificadas quimicamente com o objetivo de aumentar a quantidade de sítios ativos e por consequência aumentar a capacidade de adsorção de íons metálicos. As principais modificações incluem deslignificação, esterificação de grupos carboxila e fosfatos, metilação de grupos aminos e hidrólises de grupos carboxilatos (Moreira, 2020).

Na natureza existe um grande número de biossorventes que no seu estado *in natura* e empregados adequadamente fornecem valores de capacidade de adsorção semelhantes ou superiores aos apresentados por materiais quimicamente modificados.

Os biossorventes apresentam na sua parede celular uma grande variedade de grupos orgânicos. Estes biossorventes são fibrosos, de tal forma que seus sítios ativos ficam mais disponíveis para a adsorção de espécies químicas de interesse. A vantagem dos biossorventes com relação aos adsorventes sintéticos, é que os adsorventes de origem natural são abundantes, e por serem resíduos de produtos agrícolas, não apresentam valor comercial (Maidana, 2015).

O uso da casca de banana como biossorvente na remoção de corante, apresentam como característica fundamental uma alta capacidade de remoção, e um baixo custo (Costa, 2021).

O uso da casca de banana como biossorvente reduz o impacto ambiental de duas formas, isto é, a biomassa residual, que muitas vezes se torna um poluente pelo acúmulo, é retirada do local onde foi gerada ou depositada, e os efluentes contaminados, por sua vez, podem ser tratados com a mesma. No tratamento de efluentes, ou seja, de água residuárias a utilização do biossorvente da casca de banana por ter substâncias químicas (sacarose, glicose e vitaminas) que conseguem atuar como os dos íons metálicos de efluentes líquidos, favorecendo assim a adsorção (Costa, 2021).

3.7. Corante Azul de Metileno

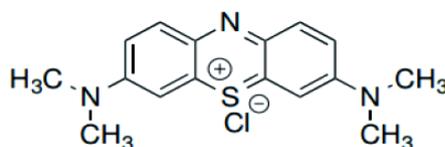
Atualmente, existe por volta de 10 mil tipos de corantes diferentes, utilizados principalmente nas indústrias químicas, os quais após aplicações são descartados, em associação com outros efluentes, ocasionando grandes impactos no meio ambiente. Um desses corantes é o azul de metileno (Rafatullah et.al, 2010).

Os corantes sintéticos são comumente utilizados em setores industriais, sendo a indústria têxtil um dos principais. A indústria têxtil emprega corantes no processo de tingimento de seus produtos, contudo, esta etapa necessita de grande demanda de água, que é retirada de corpos hídricos. No processo de tingimento é gerado uma grande quantidade de efluente colorido, o qual é despejado de volta nos mananciais. Estes resíduos de coloração intensa, em ambientes aquáticos, podem interferir no processo de fotossíntese, aumentar a concentração de sólidos em suspensão, elevar a demanda química e bioquímica de oxigênio – DQO e DBO, respectivamente – além de tornar ácido o pH do meio (Guaratini, 2000; Zanoni, 2016).

Não obstante, conforme as resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357 de 2005, a coloração a partir de resíduos de efluentes deve ser visualmente inobservável e as concentrações de alguns componentes presentes nos corantes como, benzeno, atrazina, sulfetos e cloretos devem atender aos parâmetros da legislação ambiental (Guaratini, 2000).

O Azul de Metileno (AM) é um corante catiônico, e possui uma variedade de aplicações, sendo utilizado no tingimento de algodão, lã e papel etc. Este corante é um composto aromático heterocíclico, sólido, verde escuro, solúvel em água, inodoro, com fórmula molecular $C_{16}H_{18}ClN_3S$ e massa molar igual a $319,85 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$. O azul de metileno é um corante catiônico da classe dos fenotiazinas, com diversas aplicações nas áreas da química e cadeia carbônica aromática polinucleada (Leal, 2011).

Figura 3: Representação da fórmula estrutural do azul de metileno.



Fonte: Leal, 2011.



Destinado ao professor (a),

Prezado professor (a), na parte IV do caso fictício, foi proposto aos alunos que eles elaborassem um experimento utilizando às amostras I e II (farinha da casca de banana e corante Azul de Metileno). Para realizar esse experimento será preciso de alguns materiais e equipamentos. Então lembre-se de organizar e agendar as salas, verificar se há esses materiais e equipamentos presentes no laboratório da sua instituição.

Se não houver essas amostras em seu laboratório, poderá utilizar outras amostras como:

Para a amostra I:

Farinha da casca de maracujá, amendoim ou ovos.

Para a amostra II:

Brilhante Azul FCF (Azul 5G)

Além dos mais, poderá dividir a turma em grupos para que possam discutir e dividir as tarefas enquanto realizam os experimentos.

Pedir que os alunos planejem a execução do experimento e leiam atentamente as instruções do roteiro experimental para realizar a prática;

Sugerir que os alunos registrem todos os momentos da atividade experimental com fotos e anotações.

4. POSSÍVEIS IDEIAS DE ELABORAÇÃO DO EXPERIMENTO DO CASO INVESTIGATIVO PROPOSTO NA PARTE IV DO CASO

4.1. Possíveis matérias utilizados para o experimento

- Cascas de uma dúzia de bananas;
- Faca de serra;
- Vasilha plástica;
- Esponja de limpeza;
- Pisseta;
- Micropipeta;
- 2 Béqueres 100 mL;
- 2 Béqueres 50 mL;
- 4 Erlenmeyer 50 mL;
- 2 Funis de haste longa;
- 4 Papeis de filtro;
- 2 Suportes universais;
- 2 Argolas;
- 2 Espátulas de metal;
- 2 Varetas de vidro;
- 2 Pipetas de Pasteur;
- 2 Cubetas de quartzo;
- Papel higiênico;
- Balança analítica;
- Forma inox;
- Papel alumínio;
- Estufa;
- Liquidificador;
- Peneira de cozinha;
- Sacos plásticos;
- Espectrofotômetro UV-Vis

4.2. Preparo da farinha de banana

As bananas empregadas nesse trabalho poderão ser adquiridas no mercado local da cidade. As frutas serão previamente higienizadas, descascadas e as cascas separadas para o preparo das amostras. Em seguida o material será cortado em pedaços de 2 a 5 cm com a ajuda de uma faca inox, em seguida realizar a pesagem das cascas *in natura* e a secagem por 96 h a 60 °C em estufa com recirculação de ar (Ahmad, 2018; Caretta, 2010).

Após a secagem, as cascas serão novamente pesadas para calcular o Teor de umidade, a partir da equação:

$$\%U = \frac{P1 - P2}{P1} \times 100$$

Dados que: %U = teor de umidade, P1 = peso da amostra antes da secagem e P2 = peso da amostra a temperatura ambiente após 96 h de secagem a 60 °C.

O material seco obtido será triturado em liquidificador comercial de 2 velocidades por aproximadamente 5 minutos e peneirado em peneira de uso doméstico (Karthi, 2022; Ahmad, 2018).

4.3. Espectroscopia na região do infravermelho da farinha de banana

Os espectros de adsorção da casca de banana na região do infravermelho podem ser obtidos através da prensagem da farinha de banana em formato de pastilhas com KBr a 1% (em massa) e leitura em um Espectrofotômetro de Infravermelho com Transformada de Fourier (FT-IR).

4.4. Ponto de carga zero (PCZ)

O ponto de carga zero (PCZ) é um parâmetro que indica o valor de pH no qual um determinado sólido apresenta carga igual a zero em sua superfície. Este parâmetro é importante porque permite prever a carga na superfície do adsorvente em função do pH.

Para a determinação do ponto de carga zero ou ponto isoelétrico poderá ser utilizada metodologia adaptada de Zanoni (2016). A metodologia consiste em adicionar 3 g do material bioissorvente (farinha de banana) em 50 mL de água destilada em erlenmeyer de 250 mL variando pH (2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11 e 12), com solução de NaOH e HCl a 0,1 mol L⁻¹ em duplicata. Após período de uma hora em repouso, foram determinados os valores de pH em cada erlenmeyer.

4.5. Estudo da bioissorção com a farinha de banana com corante azul de metileno

A avaliação da remoção do corante Azul de Metileno na solução aquosa por bioissorção em farinha de banana poderá ser realizada por meio de ensaios cinéticos, em regime de batelada com agitação constante a 30°C.

Para esse estudo 1,0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10 mg do bioissorvente farinha da casca de banana que serão adicionados em 10 mL de solução contendo azul de metileno na concentração inicial de 0,40 mg L⁻¹ em água e pH 6,9. As soluções ficarão durante 4h sob agitação constante e serão registradas as mudanças nos tempos 0, 2 e 4 horas, após 4h de agitação as soluções serão filtradas.

4.6. Análises no espectrofotômetro UV-VIS

Uma cubeta de quartzo será preenchida com água destilada (branco) utilizando-se micropipeta. Em seguida, será levada para o espectrofotômetro UV-VIS.

O espectro será tirado das soluções de azul de metileno antes e após a adsorção. Para isso, preencha uma cubeta com uma das soluções, logo após, será tirado o espectro. Em seguida, a cubeta deverá ser lavada e secada.



Destinado ao professor(a),

Prezado professor(a), a seguir está detalhado porquê utilizar esses procedinetos.

Determinação do pH:

Use o pHmetro para medir o pH das amostras de corante (Amostra II) antes e depois do contato com o biossorventes (Amostra I). Isso ajudará a verificar se a adsorção do corante alterou o pH da solução.

Análise por Espectrofotometria UV/VIS:

Utilize o Espectrofotômetro UV/VIS para medir a concentração do corante nas amostras de corante (Amostra II) antes e depois do contato com o biossorvente (Amostra I). Isso permitirá avaliar a capacidade do biossorvente em adsorver o corante, observando a diminuição da concentração na solução após o contato.

Prezado professor(a), em seguida está proposto um modelo de “Diário de Bordo de Caso”.

Lembrando que esse diário será para os alunos escreverem suas anotações sobre cada parte do caso, além das anotações gerais sobre a resolução do caso.

Esse diário deverá ser entregue impresso aos alunos.

Lembrando que no quinto momento o diário será entregue com as respostas individuais dos alunos ao professor.

5. POSSÍVEL MODELO DE “DIÁRIO DE BORDO DE CASO”

O diário de bordo é um meio de os estudantes registrarem as suas atividades, reflexões, comentários sobre o modo como o trabalho que se desenvolveu em grupo ou individualmente se processou. O registro escrito permite criar o hábito de pensar as práticas, de se pensar a própria aprendizagem.

5.1. Roteiro para elaboração do Diário de Bordo de Caso

- i. Faça uma descrição rigorosa da atividade;
- ii. Adicione as referências requeridas: dia, hora, local, recursos;
- iii. Incluir uma reflexão crítica e comentários significativos.

Quadro 02: Modelo de Diário de Bordo de Caso

DIÁRIO DE BORDO DE CASO		
Aluno (a):		
Professor (a):		
Caso: A indústria Valberg Têxtil: o descarte inadequado de corante no rio Pedra da Raposa.		
ATIVIDADE REALIZADA	REFERÊNCIAS REQUEIRIDAS	ANOTAÇÕES
Parte 1 do caso: “O rio Pedra da Raposa está azul?”.		

<p>Parte 2 do caso: “Cérebros trabalhando: a ideia do uso de bioissorventes”.</p>		
<p>Parte 3 do caso: “Mãos à obra: analisando as opções”.</p>		
<p>Parte 4 do caso: “ O rio Pedra da Raposa agradece os cuidados”.</p>		
<p>OBSERVAÇÕES GERAIS</p>		

Fonte: Autor/2023

Destinado ao professor(a),

Prezado professor(a), os alunos deveram ser analisados em decorrer de cada momento, não só somente nas apresentações de trabalho.

A participação ativa do aluno em sala de aula é fundamental para bons resultados.

As apresentações dos alunos poderão ser em grupos, já que os experimentos foram em formato de grupos.

6. POSSÍVEIS IDEIAS PARA AVALIAR OS ALUNOS NAS APRESENTAÇÕES DOS RESULTADOS

6.1. Instruções para a apresentação oral dos resultados

Cada grupo poderá ter no máximo de tempo 30 minutos para a apresentação. O membro do grupo que fará a apresentação será sorteado no início de cada apresentação;

As apresentações devem ser feitas em Power Point ou Open Office. Caso o grupo queira utilizar outros programas, deverá consultar a professora/monitores da disciplina.

6.2. Avaliação dos alunos em decorrer das aulas

- **Participação em sala de aula:** avaliação individual, 2,0 ponto.
- **Discussão das respostas dos casos em sala de aula:** avaliação individual, 1,5 pontos.
- **Apresentação oral:** avaliação coletiva, 2,5 pontos.
- **Diário de resolução dos casos:** avaliação individual, 4,0 pontos.



Destinado ao professor(a),

Prezado professor(a), em seguida estão as possíveis respostas dos alunos referentes as perguntas que estão em cada parte do Casos Investigativos .

Lembre-se que as respostas dos alunos podem ser diferentes das que estão nesse Plano de Ensino, porém, não significam que estarão incorretas. As respostas dos alunos poderão ser analisadas conforme o aprofundamento teórico de cada um.

7. POSSÍVEIS RESPOSTAS DAS PERGUNTAS REALIZADAS NO CASOS INVESTIGATIVOS

7.1. Respostas das perguntas da primeira parte do Caso

- a) Quais os principais poluentes gerados por essa indústria?

R: O principal poluentes gerados por essa indústria é a contaminação do rio pelo processo de tingimento têxtil, utilizando corantes. O processo de tingimento pode ser realizado de três maneiras diferentes, na forma de tecidos, fios e em massa. O tingimento usa uma quantidade significativa de corantes, que não são completamente absorvidos pela peça. Dessa forma, com a lavagem da peça tingida, a água é contaminada com os produtos químicos do corante. Além disso, os corantes têxteis são altamente tóxicos e difíceis de serem degradados (Cardoso, 2010).

- b) Quais malefícios os corantes trazem a água?

R: O descarte dos efluentes têxteis sem tratamento nos ambientes aquáticos podem levar rapidamente ao esgotamento do oxigênio dissolvido, tendo como consequência o desequilíbrio desse ecossistema. A presença de corantes nessas águas, impede a penetração da luz solar nas camadas mais profundas, alterando a atividade fotossintética do meio, resultando em deterioração da qualidade dessa água, diminuindo a solubilidade de oxigênio, e resultando em efeitos tóxicos sobre a fauna e flora aquática (Tan et al., 2016).

Alguns destes corantes são carcinogênicos e/ou mutagênicos, por conter compostos como fenóis, benzeno, tolueno e outros hidrocarbonetos. Além disso, resíduos da indústria têxtil contendo corantes podem ainda apresentar metais pesados em níveis acima dos permitidos pelas leis ambientais (Tan et al., 2016).

- c) Qual a composição dos corantes utilizados nas indústrias?

R: Existem vários tipos de corantes têxteis diferentes, que podem ser classificados de acordo com sua estrutura química ou pelo método de fixação nas fibras dos tecidos. Desta forma de acordo com Guaratini e Zanoni (2000) temos a seguinte classificação:

- *Corantes Ácidos:* São corantes solúveis, possuem pelo menos um grupo sulfônico ($-SO_3^-$) em sua estrutura química, e apresentam uma forte afinidade com a fibra celulósica do tecido.
- *Corantes Azoicos:* São corantes insolúveis em água, neste caso a fibra tem que ser impregnada com um agente de acoplagem para que o corante se fixe nela. Eles possuem no mínimo um grupo azo em sua constituição ($-N=N-$).
- *Corantes Branqueadores:* Apresentam grupos carboxílicos azometino ($-N=CH-$) ou etilênicos ($-CH=CH-$) ligados à anéis aromáticos em suas estruturas químicas.
- *Corantes a Cuba:* São insolúveis em água, são aplicados com ditonito em solução alcalina para se fixar à fibra de tecido. Apresentam mais de um anel aromático em sua estrutura química.
- *Corantes Diretos:* São corantes solúveis em água que possuem mais de uma cadeia química azo, interagindo com a fibra de tecido por forças de Van der Waals.
- *Corantes Dispersivos:* São insolúveis em água, e aplicados através de suspensão. Não apresentam grupos azos em suas cadeias químicas.
- *Corantes de Enxofre:* São insolúveis em água e apresentam em sua estrutura química polissulfetos.
- *Corantes Pré-Metalizados:* Apresentam íons metálicos ligados em suas estruturas químicas.
- *Corantes Reativos:* Possuem grupos químicos eletrofílicos reativos, que formam ligações covalentes com os principais sítios de ligação da fibra do tecido. Contêm a função antraquinona e azo como grupos cromóforos.

d) O que são esses corantes?

R: A classificação dos corantes têxteis pode ser feita de duas maneiras: pela sua estrutura química, ou pelo modo como é fixado à fibra têxtil. Segundo Alfredo (2013), a classificação pela estrutura química, ou pelo seu grupo cromóforo é a mais apropriada para classificar um corante, sendo que através desse tipo de classificação os corantes são identificados rapidamente, pois estão agrupados em categorias com características semelhantes e assim podem ser reconhecidos facilmente na indústria têxtil.

Existem mais de 100 mil corantes comerciais, dos quais cerca de 2.000 estão disponíveis para a indústria têxtil. São produzidos anualmente cerca de 700 mil toneladas de corantes das quais se estimam até 10% de perdas durante a sua aplicação.

Os corantes são projetados para apresentarem alta estabilidade, serem resistentes à luz, agentes químicos e biológicos, sendo moléculas grandes e complexas cujas estruturas e propriedades nem sempre são conhecidas (Guaratini, 2000; Zanoni, 2016).

7.2. Respostas das perguntas da segunda parte do Caso

a) O que é um biossorvente?

R: O termo biossorvente engloba toda a biomassa, seja ela ativa (com atividade metabólica) ou inativa (sem atividade metabólica). Os biossorventes econômicos, em larga escala, podem ser definidos como materiais que são abundantes na natureza ou que podem ser encontrados como subprodutos ou resíduos industriais e que normalmente não requerem pré-tratamento.

As biomassas que promovem a biossorção são chamadas de biossorventes como exemplos, a casca do coco verde, fibra de coco, casca de amendoim, casca de banana, casca de arroz e a serragem de madeira (Moreira, 2018).

b) De onde é sua origem?

R: Os biossorventes podem ser de origem, florestais: Cascas, serragem, cavacos e restos de plantações (galhos, raízes). Agrícolas: Casca de polpa de vegetais, cascas e pó de grãos secos e resíduos de safra. Industriais: polpa e cascas de frutas, subprodutos de diferentes indústrias fermentativas (leveduras). Urbanos Rejeitos domésticos urbanos e Lixo orgânico (Vagheti, 2009).

c) Como são produzidos?

R: Os biossorventes geralmente são preparados a partir de biomassa naturalmente abundante, a biomassa é seca, passando em seguida por um processo de moagem simples, fornecendo partículas de biossorvente estáveis e com granulometria desejada (Vagheti, 2009).

d) De que são feitos?

R: As biomassas que promovem a biossorção são chamadas de biossorventes como exemplos, a casca do coco verde, fibra de coco, casca de amendoim, casca de banana,

casca de arroz e a serragem de madeira. Biomassa morta tem sido utilizada por muitos pesquisadores como um bioissorvente eficaz para a remoção de diferentes poluentes. Sua adsorção ocorre de forma mais facilitada do que as que empregam biomassa viva. Biomassas vivas incluem fungos, algas e outras culturas microbianas com diferentes cepas também são usadas como bioissorventes de baixo custo (Syeda, 2022; Costa, 2021).

Entre os micro-organismos considerados como bons bioissorventes se encontram os fungos filamentosos, esta classe de micro-organismos pode ser cultivada em resíduos agroindustriais como cascas de banana, de arroz entre outros, este processo de fermentação em estado sólido pode levar a produção de ácidos orgânicos, ácido cítrico, ácido gálico, e também produção de enzimas, como amilases, glucoses isomerases, pectinases, glucanases e lipases (Vaghetti, 2009).

8. POSSÍVEIS RESPOSTAS DOS ALUNOS DO “GUIA DO CASO” REFERENTE AO ANEXO A.

A. Reconhecer assuntos em potencial.

- a) Listar termos ou frases que pareçam serem importantes para compreensão do assunto que o caso aborda.
- b) Como o problema apresentado no seu caso encontra-se vinculado a questões:
- Sociais
 - Econômicas
 - *Ambientais*
 - Éticas
 - Justifique a sua resposta

R: Ambientais. O descarte de corante em rios afeta questões ambientais, como morte de seres aquáticos, poluição da água que podem ser utilizadas por populações vizinhas, entre outros.

B. Pontos específicos do caso

- Quem são os personagens do caso ?

R: Os personagens do caso são: Gabrielle e Junior (acionistas), Aelson (especialista ambiental), Kelly Riber (pesquisara na área dos biossorventes), e Carmen e Lucimar (técnicos de laboratório).

- Onde situa-se o caso ?

R: No rio Pedra da Raposa, localizada no fundo da indústria na região metropolitana do estado de Sergipe.

- O que é produzido na indústria ?

R: A indústria produz diariamente cerca de 300 mil peças, como camisa, jeans, bermudas de diversos modelos.

- Onde é feito o descarte dos corantes mencionado no caso ?

R: No Rio Pedra da Raposa.

C. Discutir sucintamente com seu grupo o seguinte

- d) Sobre o que é essa parte do caso?

Exemplo de resposta utilizando a parte 2 do caso.

R: Essa parte do caso está discutindo a respeito da utilização do uso de biossorventes para o tratamento de corantes.

- e) Quais são os temas principais desta parte do caso?

R: Produção, origem, dos que são feitos os Biossorventes.

- f) Faça um julgamento da gravidade do problema descrito na parte desse caso. Justifique a sua resposta.

R: O descarte inadequado desses corantes no ambiente aquático pode prejudicar a vida marinha.

9. POSSÍVEIS RESPOSTAS DOS ALUNOS PARA O ANEXO B

- A.** Que medida vocês acharam mais adequada para resolução do seu caso? Por que vocês acharam mais adequado resolver dessa forma? Explique detalhadamente.

R: Utilizar bioissorventes como tratamento de corantes.

Para resolver o problema da Industria Valberg Têxtil, pode ser utilizado os bioissorventes para tratamento dos corantes produzidos pela mesma, devido ao seu baixo valor comercial, ser resíduo agrícola de alta demanda de consumo e de fácil preparo.

- B.** Que outras medidas vocês consideram importantes e que deveriam ser tomadas?

R: Leis mais rigorosas; Corantes alternativos e orgânicos; utilizar peças de roupa de coloração mais clara, pois diminui a concentração do corante na utilização;

- C.** Apresente as vantagens e desvantagens da opção que você escolheu para resolução do problema, em relação a outras possíveis soluções.

R: Vantagens: baixo custo, processo de produção rápida, consome menos energia na produção.

Desvantagens: descarte do bioissorvente após utilização no tratamento dos corantes.

- D.** Como a aplicação da medida que vocês escolheram se reflete no dia-a-dia das pessoas envolvidas no caso, levando em consideração aspectos sociais e econômicos.

R: economia; cumprimento de lei; conservação do ambiente aquático; reutilização do resíduo orgânico produzido no comercio local da indústria.

E. Estabeleçam um plano de ação. Ou seja, apresentem um cenário utilizando os personagens do caso e as medidas que vocês julgaram adequadas para sua resolução.

R:

- *Adotar medidas alternativas.*
- *Utilizar os biossorventes.*
- *Tratar os corantes utilizados no processo de tingimento têxtil.*

R: Cenário

A indústria Valberg Têxtil adotou a medida de utilizar os biossorventes no tratamento dos corantes que são utilizados no processo de tingimento têxtil.

Após a medida tomada gerar bons resultados na remoção dos corantes, os acionistas Junior e Gabrielle, então decidiram fazer uma pesquisa mais ampla sobre os biossorventes, além de utilizar a casca de banana, eles decidiram utilizar outros resíduos agrícolas como a casca do mamão, maracujá, amendoim ou ovos.

Os acionistas entraram em contato novamente com o especialista Aelson, para contratar seus serviços novamente. Aelson, junto com sua equipe realizou testes com os novos resíduos agrícolas com o corante Azul de Metileno.

Aelson então, concluiu que os mesmos também são eficientes no tratamento dos corantes.



Destinado ao professor(a),

Prezado professor(a), saiba mais sobre os assuntos abordados nesse Casos Investigativos , utilizando essas referências teóricas e compartilhe com a sua turma de aplicação. As referências são essas a seguir:

10. REFERENCIAL TEÓRICO QUE POSSAM SER UTILIZADOS PARA APROFUNDAMENTO DOS ALUNOS SOBRE OS TEMAS ABORDADOS NO CASO INVESTIGATIVO

CARETTA, T.O. **Avaliação do potencial das cascas de maracujá amarelo e de mexerica como biossorventes de metais pesados.** 2010. 64 f. Dissertação (Mestrado em Química dos Recursos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2010.

CUNHA, Bruna dos Santos. **Utilização De Biossorventes Alternativos Na Remoção De Corantes Têxteis.** 2014. 63 f. TCC (Graduação)-Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

SALLET, Keli Taís et al. **Utilização de casca de banana para adsorção do corante azul de metileno.** CRICTE, 2017.

SILVA, Giovani Santana et al. **Biossorção de Cr (VI) pela casca de banana nanica no tratamento de efluentes.** Interfaces Científicas-Saúde e Ambiente, v. 5, n. 1, p. 153-162, 2016.

TESSARO, Maristela. **Estudo da remoção do azul de metileno utilizando bagaço de malte como biossorvente.** 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

ZANONI, M.V.B.; YAMANAKA, H. **Corantes: caracterização química, toxicológica, métodos de detecção e tratamento.** São Paulo: Cultura Acadêmica, 2016. 344 p.

11. REFERÊNCIAS

ALFREDO, Ana P. C. **Adsorção de azul de metileno em casca de batata utilizando sistema em batelada e coluna de leito fixo.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, 2013.

CARDOSO, Natali F. **Remoção do corante azul de metileno de efluentes aquosos utilizando casca de pinhão in natura carbonizada como adsorvente.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

COSTA, H.P.S.; SILVA, M.G.C.; VIEIRA, M.G.A. **Biosorption of aluminum ions from aqueous solutions using non-conventional low-cost materials: A review.** *Journal of Water Process Engineering*, v.40, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.101925>. Acessado em 21 de março de 2023.

CORDEIRO, J.L.C., FIUZA JUNIOR, R.A. **Produção de Carvões Ativado Derivados de Biomassa e sua Aplicação em Processos de Adsorção.** *Cadernos De Prospecção*, v.12, n.5, p. 1584, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.9771/cp.v12i5.29050> Acessado em 14 de março de 2023. Acessado em 19 de março de 2023.

CUNHA, Bruna dos Santos. Utilização De Biossorventes Alternativos Na Remoção De Corantes Têxteis. 2014. 63 f. **TCC (Graduação)-Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.**

DE SOUZA, Cristina Giatti Marques et al. **Biossorção de Poluentes Ambientais, 2013.** Disponível em: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-03-9.c11>. Acessado em: 05/06/2023.

GILI, Itamar et al. **Tratamento de efluentes por eletrólise: Estudo de Caso para efluentes têxteis.** Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Santa Catarina. 2015.

GUARATINI, C.C.I.; ZANONI, M.V.B. Corantes têxteis. *Química Nova*, Araraquara, v. 23, n. 1, p. 71-78, 2000. Disponível em: http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=1434. Acessado em 04 de abril de 2023.

GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. B. **Corantes têxteis.** *Química Nova*, v.23, n. 01, p. 71-78, 2000.

GUERRA FILHO, D. **Águas Residuárias: uma Alternativa Racional de Reúso.** *Cadernos UniFOA*, Volta Redonda, ano 1, n° 1. jul. 2006. Disponível em 74 <http://www.unifoa.edu.br/pesquisa/caderno/edicao/01/17.pdf> . Acesso em: 11 mar 2023.

LEAL, Paulo Vitor Brandão; DOS ANJOS, Jeancarlo Pereira; MAGRIOTIS, Zuy Maria. Estudo da adsorção do corante azul de metileno em caulinita rosa. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 2, n. 3, p. 38-42, 2011.

MAIDANA, W.; KREUTZ, C.; BERNARDI, R. Análise de clarificação de efluentes industriais utilizando gerador eletrônico de ozônio. In: **Anais do XX Congresso**

Brasileiro de Engenharia Química - COBEQ 2014. Blucher Chemical Engineering Proceedings, v. 1, n. 2, p. 6940-6947, 2015.

MOREIRA, D.A.; SOUZA, J.A.R.; SILVA, É.L.; GONÇALVES, J.M.; REZENDE, D.C.V.; OLIVEIRA, W.M.; RIBEIRO, W.A.S.; REZENDE, J.G.F. Biossorção de metais pesados pela casca de ovo de galinhas poedeiras. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.9, n.7, p.289-295, 2018. Disponível em: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.007.0027>. Acessado em 04 de março de 2023.

MOREIRA, D.R. **Desenvolvimento de adsorventes naturais para tratamento de efluentes de galvanoplastia**. [Dissertação]. PUCRS- Programa de pós-graduação em engenharia e tecnologia de materiais. Porto Alegre, março de 2020.

MANASA, P.; SAMBASIVAM, S.; RAN, F. Recent progress on biomass waste derived activated carbon electrode materials for supercapacitors applications—**A review**. *Journal of Energy Storage*, v.54, p. 105290, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.105290>. Acessado em 21 de abril de 2023.

NASCIMENTO, R.F.; LIMA, A.C.A.; VIDAL, C.B.; MELO, D.Q.; RAULINO, G.S.C. **Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais**. E-book. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014. 256 p. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/10267>. Acesso em: 27 de março de 2023.

QUEIROZ, Marluce Teixeira Andrade et al. Gestão de resíduos na indústria têxtil e sua relação com a qualidade da água: Estudo de Caso. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, v. 8, n. 15, p. 114-135, 2016.

RAICHURKAR, Pramod; RAMACHANDRAN, M. Recent trends and developments in textile industry in India. **International Journal on Textile Engineering & Processes**, v. 1, n. 4, p. 47-50, 2015.

RAFATULLAH, M.; SULAIMAN, S.; HASHIM, R.; AHMAD, A. Adsorption of methylene blue on low-cost adsorbents: **A review**. *Journal of Hazardous Materials*, v.177, n.1-3, p.70-80, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.12.047>. Acessado em 09 de março de 2023.

SANTOS, M.R. **Avaliação da eficiência dos carvões ativados Produzidos a partir da casca da banana nanica (*Musa paradisíaca*) na biossorção de íons chumbo em água**. [dissertação]. IFG, Instituto federal de educação, ciência e Tecnologia goiano, Rio Verde, 2020.

SILVA, Rivaldo Antônio Jerônimo da. **Modelo de gestão ambiental para reúso de águas de lavanderias do agreste de Pernambuco**. 2016. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, PE.

SCHNEIDER, J.K. **Utilização de biomassas brasileiras para produção de carvão ativado de alta qualidade: caracterização e aplicação como adsorvente**. [Tese de doutorado]. UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

SYEDA, H.I.; SULTAN, I.; RAZAVI, K.S.; YAP, P. Biosorption of heavy metals from aqueous solution by various chemically modified agricultural wastes: **A review**. *Journal of Water Process Engineering*, v.46, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102446>. Acessado em 14 de março de 2023.

SOUZA, Juliana Rosa de et al. A importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: caso Rio Almada, sul da Bahia, Brasil. **REDE-Revista Eletrônica do Prodema**, v. 8, n. 1, 2014.

TAN, L.; HE, M.; SONG, L.; FU, X.; SHI, S. Aerobic decolorization, degradation and detoxification of azo dyes by a newly isolated salt-tolerant yeast *Scheffersomyces spartinae* TLHS-SF1. **Bioresource Technology**, v. 203, p. 287-294, 2016.

ZANONI, M.V.B.; YAMANAKA, H. **Corantes: caracterização química, toxicológica, métodos de detecção e tratamento**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2016. 344 p.



Prezado professor(a)

Por aqui finalizamos!

Espero ter contribuído com seu trabalho.

Até breve!

ANEXO A
Questionário aplicado aos avaliadores

Quadro 10: Perguntas que foram inseridas no material enviado aos avaliadores.

QUANTIDADE DE PERGUNTAS	PERGUNTAS
1	Este caso narra uma história? Explique sua resposta.
2	Este caso lhe despertou algum interesse pela questão? Explique sua resposta
3	Você considera esse caso como atual? Explique sua resposta
4	Este caso lhe despertou empatia pelos personagens centrais? Explique sua resposta.
5	Este caso incluiu citações como falas, cartas ou figuras? Explique sua resposta.
6	Você acha que este caso é relevante aos alunos? Explique sua resposta.
7	Este caso tem utilidade pedagógica? Explique sua resposta.
8	Este caso provoca algum conflito? Em ato afirmativo, em quais parágrafos foi observado ?
9	Para resolver o caso, você acha que é possível o aluno tomar uma decisão a respeito do problema mencionado no caso? Por quê?

10	Este caso apresenta possibilidades de generalização? Explique sua resposta.
11	Você considera a leitura e estudo desse caso agradável? Explique sua resposta.
12	Você tem alguma sugestão para melhorar esse Estudo de Caso? Se sim, quais?

Fonte: Autor/2023.

ANEXO B

Respostas dos avaliadores V1, V2 e V3 referentes ao questionário

Respostas do Avaliador V1

1. Este caso narra uma história? Explique sua resposta.

“Cada parte do caso pode ser considerado um caso? Cada parte do caso narra uma etapa diferente da história e se fizermos uma leitura isolada de cada parte conseguimos compreender a situação-problema retratada. Pode ser aplicada uma sequência de casos com a mesma temática. Mas considero cada parte um caso com a mesma temática sob diferentes vertentes. Todas as partes apresentam elementos de uma narrativa.”

2. Este caso lhe despertou algum interesse pela questão? Explique sua resposta

“A temática abordada no caso faz parte do nosso cotidiano. Isso nos leva a refletir também sobre as peças de roupas que temos e que também liberam tinta durante o processo de lavagem. Mesmo quem em uma quantidade menor isso reflete um impacto ao meio ambiente.”

3. Você considera esse caso como atual? Explique sua resposta

“O caso pode sim ser considerado atual por apresentar uma temática e situação problema do cotidiano de diferentes espaços geográficos.”

4. Este caso lhe despertou empatia pelos personagens centrais? Explique sua resposta.

“Sim. É possível se colocar na posição dos personagens diante do dilema apresentado. E como cidadãos críticos também é possível nos colocarmos diante da problemática no intuito de propor soluções.”

5. Este caso incluiu citações como falas, cartas ou figuras? Explique sua resposta.

“Cada parte ou caso apresentam diversos elementos que são considerados citações como proposto por Herreid.”

6. Você acha que este caso é relevante aos alunos? Explique sua resposta.

“O caso apresenta uma temática relevante aos alunos por apresentar uma problemática que faz parte do cotidiano. O fato do enredo está inserido em um contexto maior só ressalta ainda mais a importância de se debater sobre os impactos produzidos pelos corantes e resíduos lançados pelas fábricas. Vale ressaltar que a mediação do professor durante o debate é de suma importância.”

7. Este caso tem utilidade pedagógica? Explique sua resposta.

“O caso apresenta sim uma utilidade pedagógica, pois propõem possíveis soluções para a problemática. O aluno deve apreender sobre conceitos do cotidiano com um olhar mais científico de modo a construir argumentos que consolidem sua proposta de solução.”

8. Este caso provoca algum conflito? Em ato afirmativo, em quais parágrafos foi observado?

“O caso provoca sim alguns conflitos. Na parte III sugiro que analise se não cabe a suposição de um dado sobre o resultado do experimento de modo que a proposta leve o aluno a questionar qual parâmetro se aproximou mais do resultado proposto na literatura. Desse modo, estará permitindo que o aluno desenvolva a habilidade de construção dos argumentos que justifiquem os resultados.”

9. Para resolver o caso, você acha que é possível o aluno tomar uma decisão a respeito do problema mencionado no caso? Por quê?

“Sim. É possível propor soluções para a problemática. Entretanto, é importante que a mediação nas etapas de construção da proposta.”

10. Este caso apresenta possibilidades de generalização? Explique sua resposta.

“O caso apresenta generalização pois se trata de uma problemática que pode ocorrer em diferentes localidades e em uma escala menor também causa impactos ao meio ambiente.”

11. Você considera a leitura e estudo desse caso agradável? Explique sua resposta.

“O texto apresenta uma leitura leve e com elementos que necessitam ser investigados, o que desperta a curiosidade.”

12. Você tem alguma sugestão para melhorar esse Estudo de Caso? Se sim, quais?

“Verificar a definição de parte ou caso. Sugiro que cada parte seja um caso. Os casos podem ser aplicados como sequência didática, rotação por estações, modo de grupos e etc.”

Respostas do Avaliador V2

1. Este caso narra uma história? Explique sua resposta.

“Sim. O tema central é o descarte dos dejetos da indústria têxtil e possíveis soluções para o tratamento.”

2. Este caso lhe despertou algum interesse pela questão? Explique sua resposta

“Sim. Considerando que a empresa foi multada em várias situações, pelo descarte dos dejetos. A Instituição ambiental, teria que apresentar o laudo do contaminante, orientar e aplicar a multa. A cor azul é apenas um indicador da presença de “alguma” substância. Mas a Instituição fiscalizadora não pode aplicar a multa apenas pelo aspecto visual. Nessa mesma lógica, uma água translúcida está ausente de poluente? Me colocando no lugar dos sócios da indústria, eu recorria da multa e solicitava o laudo técnico oficial. Daí eu contratava uma empresa especializada pra confrontar os dados.”

3. Você considera esse caso como atual? Explique sua resposta

“Extremamente atual. Há elementos que a população precisa conhecer sobre poluição. O senso comum é que se uma água “boa” para o consumo é aquela em que a partir do aspecto visual, não tenha resíduos e translúcida. Sabemos que há microrganismos patogênicos que não altera o aspecto da água considerada boa para o consumo. Entra a concepção de água “suja” e “limpa”.

4. Este caso lhe despertou empatia pelos personagens centrais? Explique sua resposta.

“Despertou totalmente. As Instituições fiscalizadoras estão usando a falta de conhecimento dos sócios para punir. Me coloco a disposição dos sócios da empresa para o reembolso dos valores pagos proveniente das multas, uma vez que não houve

advertência e muito menos elementos necessários para afirmar que há danos as espécies aquáticas.’’

5. Este caso incluiu citações como falas, cartas ou figuras? Explique sua resposta.

“Em parte. Senti a necessidade do laudo técnico da Instituição fiscalizadora e da empresa contratada, para em seguida sugerir o tratamento dos efluentes.’’

6. Você acha que este caso é relevante aos alunos? Explique sua resposta.

“Esse material tem grande potencial para desenvolver o pensamento crítico e reflexivo dos estudantes da Educação Básica e Ensino Superior. Considerando que há vários elementos a serem discutidos: poluição das águas; aspecto físico-químico da água para validar o consumo humano! Política de Estado para fiscalização; Corrupção....são vários aspectos...o mesmo ocorre com as chaminés de indústrias. A população “julga” que está havendo poluição do ar pelo simples fato da “fumaça” expelida. Em muitos casos, são vapores de água.’’

7. Este caso tem utilidade pedagógica? Explique sua resposta.

“Material de alto valor pedagógico. A partir desse material há possibilidade em elaborar estratégia de ensino baseada em atividades investigativas, aprendizagem significativa (Ausubel) entre outras metodologias.’’

8. Este caso provoca algum conflito? Em ato afirmativo, em quais parágrafos foi observado?

“Necessidade de trazer mais elementos quanto aos agentes poluentes. Parecer técnico, laudos...”

9. Para resolver o caso, você acha que é possível o aluno tomar uma decisão a respeito do problema mencionado no caso? Por quê?

“O estudante pode levantar hipóteses. Considerando que não há elementos concretos sobre os contaminantes.”

10. Este caso apresenta possibilidades de generalização? Explique sua resposta.

“Não. Pois é um caso específico dessa indústria.”

11. Você considera a leitura e estudo desse caso agradável? Explique sua resposta.

“A leitura é agradável e acessível. Provoca vários questionamentos sobre políticas públicas sobre a questão ambiental no nosso país.”

12. Você tem alguma sugestão para melhorar esse Estudo de Caso? Se sim, quais?

“Elaborar um parecer técnico da Instituição fiscalizadora, justificando as multas. Fundamentar o parecer com a legislação ambiental vigente.”

Respostas do Avaliador V3

1. Este caso narra uma história? Explique sua resposta.

“Sim, o caso narra uma história que possui cronologia própria e bastante acessível a compreensão.”

2. Este caso lhe despertou algum interesse pela questão? Explique sua resposta

“Sim, o dano ambiental é o principal gerador de interesse para mim. O impacto que o descarte pode gerar ao ambiente, incluindo as pessoas que podem ser prejudicadas pela perda de qualidade das águas do rio, me motivou a continuar lendo o caso e adoraria participar dele enquanto aluno.”

3. Você considera esse caso como atual? Explique sua resposta

“Sim, a problemática ambiental é um problema atual e sempre muito necessário. Acredito que a discussão desse tema seja fundamental para químicos em formação.”

4. Este caso lhe despertou empatia pelos personagens centrais? Explique sua resposta.

“Sim, me coloquei no lugar de Aelson de frente para um problema como esse. Mas também me coloquei no lugar da população que usufrui de alguma forma do rio. Nesse sentido, sugiro que na Parte 1 o rio seja mais humanizado, ou seja, que as relações humano e natureza sejam explicitadas ou que a pesquisa sobre esse ponto seja provocada de forma mais explícita nas perguntas. Acredito que a sensibilização seja potencializada quando se evidencia a importância do rio para as comunidades próximas. Penso que isso amenizaria o caráter apenas empresarial e técnico das escolhas dos personagens.”

5. Este caso incluiu citações como falas, cartas ou figuras? Explique sua resposta.

“Sim, durante o caso são mostrados diálogos e formas de comunicação criativas. Normalmente não vemos a comunicação ser mostrada no formato de e-mail.”

6. Você acha que este caso é relevante aos alunos? Explique sua resposta.

“Sim, concordo quando sugere que o público mais adequado seja os estudantes de ensino superior. Penso isso por conta do arcabouço de conhecimentos necessários a compreensão do uso de equipamentos de análise como por exemplo o espectrofotômetro.”

7. Este caso tem utilidade pedagógica? Explique sua resposta.

“Sim, essencialmente no ensino superior. Provoca tomada de decisão e postura investigativa.”

8. Este caso provoca algum conflito? Em ato afirmativo, em quais parágrafos foi observado?

“Sim, penso que o conflito foi instalado nos últimos parágrafos da Parte I. Quando o Aelson é tensionado a resolver o problema, porém utilizando poucos recursos. Porém, como sugeri anteriormente, acredito que o conflito pode ser potencializado quando a dimensão humana é explicitada nesse quadro de impacto ambiental. Não restringindo o problema a algo corporativo, afinal, mesmo existindo o impacto ambiental o interesse da empresa era o custo mínimo. E outra, será que o rio pode ser 100% recuperado? Acho que o quanto que é possível reverter o problema é algo que pode ser apontado. O dano ambiental pode levar anos para ser corrigido.”

9. Para resolver o caso, você acha que é possível o aluno tomar uma decisão a respeito do problema mencionado no caso? Por quê?

“Sim, fica evidente o problema desse caso e com isso levava os alunos a tomarem uma decisão a respeito.”

10. Este caso apresenta possibilidades de generalização? Explique sua resposta.

“Sim, pode ser generalizado para qualquer curso de química de ensino superior. Pois o foco é a tomada de decisão e habilidades de pesquisa dos participantes.”

11. Você considera a leitura e estudo desse caso agradável? Explique sua resposta.

“Sim, a leitura é fluida e a divisão em parte torna ele compreensível e as etapas estão bem organizadas.”

12. Você tem alguma sugestão para melhorar esse Estudo de Caso? Se sim, quais?

“As sugestões estão contempladas nos comentários anteriores. Parabéns pelo trabalho, é sensível, bem escrito, e com bastante potencial para o ensino superior. No ensino médio acredito que adaptações precisariam ser feitas considerando os pré-requisitos conceituais necessários para sua resolução. No mais, acredito que seja um bom caso!”

ANEXO C

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO PARA A PARTICIPAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DO CASOS INVESTIGATIVOS: “A indústria Valberg Têxtil: o descarte inadequado de corante no rio Pedra da Raposa”.

Você está sendo convidado (a) a participar do projeto de pesquisa denominado **“A indústria Valberg Têxtil: o descarte inadequado de corante no rio Pedra da Raposa”**.

Sua colaboração nesta pesquisa será essencial para coletarmos informações acerca do Casos Investigativos. Se o sr. /sra. desistir, não acarretará nenhum dano a você.

Esse estudo está vinculado ao Departamento de Química Licenciatura do Campus Professor Alberto Carvalho.

Eu, _____, portador da Cédula de identidade, RG _____, e inscrito no CPF _____ nascido(a) em ___/___/_____, abaixo assinado(a), concordo de livre e espontânea vontade em participar como voluntário(a) do estudo **ANÁLISE DO CASOS INVESTIGATIVOS : “A indústria Valberg Têxtil: o descarte inadequado de corante no rio Pedra da Raposa”**.

Estou ciente que:

1. Posso desistir de responder o questionário, caso assim deseje;
2. A não participação não trará nenhum dano ao participante.
3. Os resultados alcançados durante a leitura das respostas do questionário serão preservados em anonimato, a fim de que dados pessoais não sejam expostos. Todavia, permito que sejam divulgados em publicações científicas;

Caso eu queira, poderei pessoalmente tomar conhecimento dos resultados, obtidos ao final desta pesquisa

Assinale a opção desejada:

Desejo conhecer os resultados desta pesquisa.

Não desejo conhecer os resultados desta pesquisa.

Responsável pelo Projeto: José Luiz do Espírito Santo Oliveira

Telefone/e-mail para contato: (79) 9 9936-3946/ lluizspirito@academico.ufs.br

Endereço (Institucional): Departamento de Química, Campus Professor Alberto Carvalho, Avenida Vereador Olímpio Grande S/N, centro, Itabaiana, SE, CEP: 49.500-000, Bloco D (Departamental), primeiro andar. E-mail: dqci@academico.ufs.br, telefone (79) 3432 8216.