



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE – FURG
INSTITUTO DE MATEMÁTICA, ESTATÍSTICA E FÍSICA
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas

Trabalho de Conclusão de Mestrado

**MINIPROJETO DE ENSINO DE SUSTENTABILIDADE
EMPREGANDO RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS EM PRÁTICAS
EXPERIMENTAIS**

VANESSA MUNIZ DA CUNHA

Santo Antônio da Patrulha
2024

Trabalho de Conclusão de Mestrado

MINIPROJETO DE ENSINO DE SUSTENTABILIDADE EMPREGANDO RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS EM PRÁTICAS EXPERIMENTAIS

VANESSA MUNIZ DA CUNHA

Trabalho de Conclusão de Mestrado
apresentado ao Programa de Pós-
Graduação em Ensino de Ciências Exatas
(PPGECE) da Universidade Federal do Rio
Grande (FURG), como requisito parcial
para a obtenção do grau de Mestre em
Ensino de Ciências Exatas.

Orientador: Prof. Dr. Gilber Ricardo Rosa

**SANTO ANTÔNIO DA PATRULHA
2024**

Trabalho de Conclusão de Mestrado

MINIPROJETO DE ENSINO DE SUSTENTABILIDADE EMPREGANDO RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS EM PRÁTICAS EXPERIMENTAIS

VANESSA MUNIZ DA CUNHA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação ao Ensino de Ciências Exatas, da Universidade Federal de Rio Grande- FURG, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências Exatas.

Data de aprovação: 31 de janeiro de 2024.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Gilber Ricardo da Rosa (Orientador - EQA/FURG)

Prof. Dr. Toni Jefferson Lopes (EQA/FURG)

Profa. Dra. Patrícia Ignácio (PPGECE/FURG)

Prof. Dr. Diego da Silva Rosa

FichaCatalográfica

C972m Cunha, Vanessa Muniz da.

Miniprojeto de ensino de sustentabilidade empregando resíduos agroindustriais em práticas experimentais / Vanessa Muniz da Cunha. – 2024.

44 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas, Santo Antônio da Patrulha/RS, 2024.

Orientador: Dr. Gilber Ricardo Rosa.

1. Química 2. Experimentação 3. Resíduos agroindustriais
4. Miniprojeto de ensino 5. Aprendizagem baseada em projetos
I. Rosa, Gilber Ricardo II. Título.

CDU 54:37

Catálogo na Fonte: Bibliotecário José Paulo dos Santos CRB 10/2344

RESUMO

O ensino de ciências, mais especificamente o de Química, é um dos conteúdos onde os alunos encontram maior dificuldade de compreensão. Contudo, Silva (2016), Gonçalves e Goi (2020), Penaforte e Santos (2014) e Gonçalves (2020) apontam que as práticas experimentais possibilitam ao aluno um melhor entendimento, podendo levar seus conhecimentos adquiridos na sala de aula para o cotidiano. A crescente urbanização e industrialização, associadas ao aumento da população, trouxeram melhorias na qualidade de vida. Porém, como consequência, foram responsáveis pela contaminação de alguns recursos hídricos e do solo, através do lançamento de efluente em corpos d'água. Indústrias como têxteis, utilizam grande volume de corantes, lançando seus efluentes em corpos d'água, muitas vezes, sem o devido tratamento, poluindo o meio ambiente. As agroindústrias por sua vez, também produzem um número muito grande de resíduos, chamados de biomassas. Dentre esses resíduos está a casca de arroz, gerando em torno de 2 milhões de toneladas de resíduos por ano no Brasil. Desse modo, para tentar sanar esses impactos negativos causados ao meio ambiente, tem-se estudado técnicas para aproveitar esses resíduos agroindustriais utilizando-os como adsorvente para remoção dos poluentes orgânicos encontrados nos efluentes. Posto isto, como metodologia de ensino o presente trabalho conta com um estudo qualitativo realizado a partir do desenvolvimento de um produto educacional com um miniprojeto de ensino de sustentabilidade, intitulado : Remoção de corante aquoso via adsorção com casca de arroz: uma sequência didática para o ensino médio. O produto educacional foi aplicado a alunos de uma turma de terceiro ano do ensino médio. Após a construção e a aplicação identificaram-se resultados positivos. Em que, através das observações e das conclusões constatou-se que o presente trabalho pode contribuir para o processo de aprendizagem dos alunos, além de evidenciar o desenvolvimento de adsorvente sustentável a partir de um resíduo agroindustrial, formando assim, uma mentalidade mais sustentável nos alunos.

Palavras-chaves: Química. Experimentação. Resíduos agroindustriais. Miniprojeto de ensino. Aprendizagem baseada em projetos

ABSTRACT

Science teaching, more specifically Chemistry, is one of the subjects where students find it most difficult to understand. However, Silva (2016), Gonçalves and Goi (2020), Penaforte and Santos (2014) and Gonçalves (2020) point out that experimental practices allow the student to have a better understanding. Science teaching, more specifically Chemistry, is one of the subjects where students find it most difficult to understand. However, Silva (2016), Gonçalves and Goi (2020), Penaforte and Santos (2014) and Gonçalves (2020) point out that experimental practices allow the student to have a better understanding, being able to take the knowledge acquired in the classroom into their daily lives. Increasing urbanization and industrialization, associated with the increase in population, have brought improvements in the quality of life. However, as a consequence, they were responsible for the contamination of some water resources and soil, through the release of effluent into bodies of water. Industries such as textiles use a large volume of dyes, releasing their effluents into bodies of water, often without proper treatment, polluting the environment. Agro-industries, in turn, also produce a very large amount of waste, called biomass. Among these wastes is rice husk, generating around 2 million tons of waste per year in Brazil. Therefore, to try to remedy these negative impacts caused to the environment, techniques have been studied to take advantage of this agro-industrial waste using them as an adsorbent to remove organic pollutants found in effluents. That said, as a teaching methodology, this work relies on a qualitative study carried out from the development of an educational product with a mini sustainability teaching project, entitled: Removal of aqueous dye via adsorption with rice husks: a didactic sequence for the high school. The educational product was applied to students in a third-year high school class. After construction and application, positive results were identified. In which, through observations and conclusions, it was found that the present work can contribute to the students' learning process, in addition to highlighting the development of a sustainable adsorbent from agro-industrial waste, thus forming a more sustainable mentality in students.

Keywords: Chemistry. Experimentation. Agro-industrial waste. Teaching mini-project. Project-based learning

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura química da molécula de azul de metileno	20
Figura 2 - Preparação da solução azul de metileno.....	27
Figura 3 - Separação das aliquotas de azul de metileno	28
Figura 4 - Pesagem do adsorvente.....	29
Figura 5 - Soluções x adsorventes.....	30
Figura 6 - Processo de filtração.....	31
Figura 7 - Análises no espectrofotômetro UV-Visível	32
Figura 8 - Curva de calibração do azul de metileno.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Elementos químicos determinados	17
Tabela 2 - Descrição dos testes x quantidade de solução	28
Tabela 3 - Descrição dos testes x quantidade de casca.....	29
Tabela 4 - Descrição dos testes	30
Tabela 5 - Resultados das absorvâncias com as % de remoção.....	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Respostas referente ao questionamento.....	36
---	----

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	8
2 OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVO GERAL.....	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
3.1 A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA	12
3.2 PROJETO DE ENSINO	13
3.3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	15
3.4 RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS: CASCA DE ARROZ	16
3.5 ADSORÇÃO.....	18
3.6 MEIO AMBIENTE.....	19
3.7 AZUL DE METILENO	20
4 METODOLOGIA	22
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	25
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

O ensino de Química envolve muitos conceitos e cálculos, sendo apresentado para os alunos, muitas vezes no modelo tradicional, caracterizando-se pela transmissão e recepção de conteúdo, tornando uma disciplina em que os alunos apresentam muitas dificuldades, podendo ser notado pelo baixo rendimento nas avaliações internas e externas realizadas pelo Ministério da Educação (MEC) (MALDANER; PIEDADE, 1995).

Para que o ensino de Ciência atraia o aluno para o mundo científico, Lima (2012, p. 98) afirma que o ensino de Química, em especial, “deve ser problematizador, desafiador e estimulador, de maneira que seu objetivo seja o de conduzir o estudante à construção do saber científico”. Sendo assim, o professor deve refletir em suas práxis, proporcionando aos alunos uma metodologia que desperte o interesse e possibilite uma melhor compreensão nas aulas de Química e que também esteja interligada ao seu cotidiano, estando contextualizado com sua realidade, como diz Bedin (2019, p. 103) que:

“O ensino de Química deve estar entrelaçado e contextualizado ao conhecimento da realidade do educando, favorecendo momentos em que este possa atuar como autor na construção dos próprios saberes. Esta ação é importante porque se a implantação do conhecimento químico for planejada em relação ao aluno, pode propiciar um conjunto de práticas preestabelecidas que têm o propósito de contribuir para que este se aproprie de conteúdos sociais e culturais de maneira crítica e construtiva, resignificando os a partir dos conhecimentos estabelecidos pelo currículo em sala de aula”.

Segundo o referencial curricular gaúcho (2018, p. 49) “a ciência tem como objetivo que o estudante consiga compreender e interpretar o mundo, bem como transformá-lo, tendo consciência de suas ações e consequências”. E para que isso seja possível, o estudante deve ser instigado a praticar a observação, a experimentação e a investigação dentro do ensino praticado.

Sendo assim, os alunos devem ter, segundo Ausubel (1982), conhecimentos prévios para que o novo conteúdo seja incorporado a ele e, assim estabelecerem aprendizagens significativas, em que, os conceitos podem ser construídos, dentre outras formas, durante as atividades experimentais, pois

esse tipo de metodologia motiva os alunos como dizem Lewin e Lomascólo (1998, P.148):

“A situação de formular hipóteses, preparar experiências, realizá-las, recolher dados, analisar resultados, quer dizer, encarar trabalhos de laboratório como ‘projetos de investigação’, favorece fortemente a motivação dos estudantes, fazendo-os adquirir atitudes tais como a curiosidade, desejo de experimentar, acostumar-se a duvidar de certas informações, a confrontar resultados, a obterem profundas mudanças conceituais, metodológicas e atitudinais”.

A Química é a ciência que estuda as diferentes transformações da matéria. Seus fundamentos estão baseados nas observações e experimentações para comprovar ou construir novas leis e teorias (BUONFIGLIO, 2011). O sentido da Química evidencia a importância de introduzir atividades experimentais ao aluno. Esta ciência se relaciona com a natureza, sendo assim os experimentos permitem ao estudante uma compreensão mais científica das transformações que nela ocorrem.

Além disso, nas últimas décadas, a população teve um grande aumento e, em decorrência, as indústrias também aumentaram sua produção, causando danos ao meio ambiente. Um dos principais danos é a poluição dos recursos hídricos e do solo, gerados pelos efluentes industriais em corpos d’água. Alguns elementos destes efluentes, ao serem lançados no meio ambiente, sem tratamento prévio, podem promover as contaminações, ocasionando alguns prejuízos à saúde e aos seres vivos (SILVEIRA, 2019).

Outro setor que teve um grande aumento foram as indústrias do ramo alimentício, produzindo mais insumos e, conseqüentemente, gerando mais resíduos. O Brasil teve uma colheita em 2022/23 de 10,03 milhões de toneladas. O estado do Rio Grande do Sul (RS) fica responsável por 69% desta produção (CONAB, 2023). Sendo assim, só nesta safra foram gerados em torno de 1,38 milhões de toneladas de resíduos de casca de arroz, necessitando de um destino e tratamento adequado para não causarem impactos negativos para o meio ambiente.

Uma opção para oportunizar um destino nobre para esses resíduos agroindustriais é utilizá-los como adsorventes, por ser uma alternativa sustentável e de baixo custo, a utilização de biomassas como adsorventes

promove o aproveitamento desses resíduos. Segundo Almeida (2020, p. 6) “As biomassas são usualmente muito porosas, o que pode proporcionar alta área interfacial entre a partícula e o fluido durante a transferência de massa”.

Sendo assim, as aplicações práticas e tecnológicas dos resíduos agrícolas, tais como sua capacidade adsorativa, podem desmitificar o ensino de química e começar a atrair a atenção dos alunos, através de práticas mais atrativas, assim como a experimentação, para que assim se tenha uma aprendizagem mais significativa.

Diante do exposto, o presente trabalho trará como metodologia de ensino o desenvolvimento um miniprojeto de ensino, empregado a temática de adsorção com experimentos de baixo custo, promovendo a sustentabilidade. Assim, além dos alunos compreenderem o ensino de Química através da experimentação, também amplificarão o seu conhecimento sobre uma realidade mais sustentável.

Desta maneira, a pergunta de pesquisa que fundamenta este estudo é identificada por: “De que maneira um miniprojeto de ensino de sustentabilidade utilizando resíduos agroindustriais em práticas experimentais pode contribuir para conhecimento de Química para alunos do ensino médio?”

Para que o leitor tenha uma visão geral da pesquisa, faz-se significativo indicar o que será apresentado neste trabalho, ou seja, sua estrutura. Assim, ressalta-se que na primeira seção se traz a introdução ao assunto, na segunda seção os objetivos e logo após, na terceira seção, é a fundamentação teórica com os tópicos: a experimentação no ensino de química, projeto de ensino, sequência didática, resíduos agroindustriais, adsorção e o azul de metileno. A quarta seção, foi designado como metodologia, com a explicação dos caminhos e escolhas feitas no desenvolvimento deste estudo. Já a quinta seção, resultados e discussões, apresenta as aplicações dos caminhos planejados e, a sexta e última seção, as considerações finais sobre o estudo realizado.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Construir e testar um miniprojeto de ensino de sustentabilidade através de uma sequência didática aplicável a alunos do 3º ano do ensino médio, propondo a experimentação contextualizada com os impactos ao meio ambiente, para assim contribuir nas aprendizagens do ensino de Química.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Otimizar parâmetros experimentais na adsorção de corante azul de metileno via casca de arroz com intuito de obter uma atividade experimental pedagogicamente exequível;
- Produzir adsorvente sustentável através de casca de arroz minimamente processada;
- Propor uma sequência didática para o ensino de Química sobre a adsorção da casca de arroz, observando impactos ambientais e contextos dos estudantes, em forma de produto educacional.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA

Práticas experimentais no ensino de Ciências, em especial no ensino de Química, têm como objetivo trazer uma melhor compreensão sobre os conteúdos, pois, além de ajudar a comprovar, tornam as aulas mais interessantes, motivando os alunos a se tornarem críticos e criativos no seu processo de aprendizagem (SILVA, 2016).

O sentido da Química evidencia a importância de introduzir este tipo de atividade ao aluno, esta ciência se relaciona com a natureza, sendo assim os experimentos permitem ao estudante uma compreensão mais científica das transformações que nela ocorrem.

Uma das dificuldades de ensinar Química através da experimentação é a de relacionar os conceitos científicos com o cotidiano do aluno, porém, como diz Gonçalves e Goi (2020, p. 3):

“A experimentação pode ser usada como um método de investigar a natureza e encontrar respostas para despertar nos estudantes o interesse pelo aprender, quando construído o conhecimento científico a partir do seu cotidiano”.

Essas metodologias proporcionam ao aluno uma participação mais ativa, oportunizando uma experiência mais perceptível quando vinculada com dia a dia. Sendo assim, o importante é relacionar o conhecimento científico com o contexto do aluno para que assim promova uma aprendizagem mais eficiente.

Segundo esta concepção, Almeida (2017, p.44) enfatiza que:

“Na escola, a experimentação é um processo que permite ao aluno se envolver com o conteúdo em estudo, levantar hipóteses, procurar alternativas, avaliar resultados, bem como participar das descobertas e socializações com seus pares”.

Através das aulas experimentais, sejam elas investigativas, demonstrativas ou de verificação, é possível proporcionar uma aula mais dinâmica, atribuindo significados aos conteúdos trabalhados teoricamente,

proporcionando a observação concreta da teoria. Nessa perspectiva, Freire (1997) defende que, para que ocorra a assimilação da teoria é preciso experienciá-la.

A experimentação através do estilo investigativo, como ressalta Souza et al. (2013), deve partir de uma situação problema, instigando ao aluno o interesse de procurar informações e soluções, formulando hipóteses e discussões para resolver o problema, trazendo ao aluno o papel ativo nesse processo.

Penaforte e Santos (2014, p. 9) salientam o interesse despertado nos alunos através de atividades como as práticas experimentais, “pois faz com que a teoria se adapte à realidade, além de propiciar uma aprendizagem significativa (duradoura e prazerosa)”.

Com isso, as atividades experimentais podem ser ótimas ferramentas didáticas para o ensino de Química, mas para que se alcance êxito é necessário que se tenha uma aula planejada com antecedência para que assim, seja um método que promova a aprendizagem aos alunos. Ou seja, essas atividades devem ser organizadas de modo que levem o aluno à construção de ideias e hipóteses e não ser meramente um manual a ser seguido, sem nenhum estímulo à inventividade do estudante.

Através da experimentação investigativa, é possível atrair o aluno para que participe mais da aprendizagem, possibilitando que ele construa seus próprios argumentos e hipóteses para defendê-los ou modificá-los, tendo um papel mais ativo no ensino e aprendizagem (GONÇALVES, 2021).

3.2 PROJETO DE ENSINO

Segundo Rizzo (2022, p. 21) a aprendizagem baseada em projetos, “propõe que o aluno desenvolva conceitos, procedimentos e atitudes a partir da resolução prática de um problema contextualizado”. Permitindo que o aluno seja o protagonista de sua aprendizagem, além de apreender a trabalhar e discutir os conceitos em grupo.

A aprendizagem baseada em projetos propõe aos alunos a problematizar os fenômenos ocorridos no cotidiano, desenvolvendo conceitos, atitudes e procedimentos para a resolução de tal problema. Assim Bender (2014, p.9) defende que,

“A aprendizagem baseada em projeto é um modelo de ensino que consiste em permitir que os alunos confrontem as questões e os problemas do mundo real que consideram significativos, determinando como abordá-los e, então, agindo de forma cooperativa em busca de soluções”.

Ao estruturar o currículo baseado por projetos de trabalho, o professor mediará a teoria com a prática ocasionando um currículo dinâmico, transferindo o poder de mudança para os alunos, e assim, tornar a aprendizagem mais significativa (PAULINO FILHO et al., 2010).

Desse modo, com a elaboração de projetos é possível realizar um levantamento dos problemas que provoque aos alunos o anseio de solucioná-los, sendo algo que desperte a curiosidade para assim surgir os questionamentos e reflexões. Paulinho Filho et al (2004, p. 266) definem projeto de ensino como:

“[...] propostas pedagógicas disciplinares ou interdisciplinares, compostas de atividades a serem executadas pelos alunos, sob a orientação do professor, destinadas a criar situações de aprendizagem mais dinâmicas e efetivas, atreladas às preocupações da vida dos alunos pelo questionamento e pela reflexão, na perspectiva de construção de conhecimento e da formação para a cidadania e para o trabalho”.

A produção de um miniprojeto de ensino, que segundo Carriazo (2011) o miniprojeto no ensino de ciências refere-se a aulas experimentais em que são aplicadas em algumas semanas de aula, como por exemplo 4 a 5 semanas, para a abordagem do tema proposto. Com isso, é possível desenvolver conteúdos curriculares por meio de uma série de atividades e situações problemáticas decorrentes de questões de interesse sendo dados aos alunos, incentivando-os a construir seu próprio conhecimento, podendo assim levar suas aprendizagens adquiridos na sala de aula para o cotidiano.

Assim sendo, Peixoto et al (2012) enfatizam que:

"os objetivos e a forma de aplicação de um miniprojeto podem variar em função da disciplina onde é usado, sendo possível trabalhar conhecimentos teóricos e habilidades básicas necessárias para realização de atividades em laboratório".

Dessa forma, um miniprojeto de ensino pode ser aplicado a qualquer tema, interligando diferentes conteúdos entre a teoria e a prática.

3.3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática pressupõe "um trabalho pedagógico organizado em uma determinada sequência, durante um determinado período estruturado pelo professor, criando-se, assim, uma modalidade de aprendizagem mais orgânica" (NERY, 2007, p.114).

Para Zabala (1998, p. 18), as sequências didáticas são "um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais", portanto, explora e aprofunda conhecimentos relacionados a um conteúdo específico. Segundo Dolz, Noverraz e Schneuwly (2004), a sequência didática envolve algumas etapas: a apresentação da situação, a produção inicial, os módulos (1, 2, 3, n) e a produção final. Tendo como características principais a sequencialidade, a progressão entre as atividades e a sistematização.

Dentro desta perspectiva, a sequência didática possibilita a organização de temas e conteúdos priorizando a sequência lógica, facilitando o entendimento do aluno para uma maior compreensão dos conteúdos. Com isso, Oliveira (2013, p.39) defende a sequência didática como:

"um procedimento simples que compreende um conjunto de atividades conectadas entre si, e prescinde de um planejamento para delimitação de cada etapa e/ou atividade para trabalhar os conteúdos disciplinares de forma integrada para uma melhor dinâmica no processo ensino aprendizagem".

Sendo assim, este miniprojeto culminou com a execução de uma sequência didática abordando a temática de sustentabilidade. No decorrer do trabalho, os alunos partirão da casca de arroz in natura, testando para

adsorvente de corantes, onde foi lido no espectrofotômetro UV-Visível, observando os dados para discussão e avaliação dos resultados.

Para maiores detalhes sobre esta sequência didática consultar o produto educacional gerado desta dissertação.

3.4 RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS: CASCA DE ARROZ

Com o aumento da demanda de alimentos, as agroindústrias investiram na capacidade de processamento para produzir mais e dar conta do grande consumo, conseqüentemente a geração de subprodutos, ou, ainda, resíduos agroindustriais cresceram de forma gradativamente. Estes resíduos podem ser reaproveitados como ração animal, porém por terem um elevado custo operacional, muitas vezes, são descartados, prejudicando o meio ambiente (FILHO; FRANCO, 2015).

Em termos de sustentabilidade, muitos estudos vêm sendo realizados para encontrar meios de reaproveitamento dos resíduos agroindustriais, a utilização de biomassas aplicadas como adsorventes se torna extremamente úteis em alguns processos, como para a remoção de poluentes (LEE et al., 2014).

O arroz (*Oriza sativa*) é uma cultura alimentar produzida em diversos países, sendo o segundo cereal mais cultivado (COÊLHO, 2021). É um dos produtos agrícolas mais importantes, uma vez que compõem a alimentação básica em todo o mundo. A casca de arroz é o subproduto gerado no processo de beneficiamento do arroz, que representa cerca de 20% do volume de arroz (FERNANDES et al., 2015).

O Brasil é um dos maiores produtores de arroz do mundo, tendo uma colheita em 2022/23 de 10,03 milhões de toneladas. O estado do Rio Grande do Sul (RS) fica responsável por 69% da produção (CONAB, 2023). Os municípios de Santo Antônio da Patrulha – RS e Caraá – RS tiveram uma produção

estimada de 88 toneladas de arroz no ano de 2023, gerando um volume de casca de arroz em torno de 17 toneladas (IBGE, 2023).

A casca de arroz é um dos resíduos agrícolas mais importantes, pois apresenta uma rica composição Química. Almeida et al., (2019) apresenta em seu trabalho a composição deste resíduo, conforme tabela abaixo (Tabela 1).

Tabela 1 - Elementos químicos determinados

Elemento	Concentração (%)
Si	81,60 ± 0,85
K	3,22 ± 0,16
Al	0,080 ± 0,007
Ca	0,80 ± 0,04
Fe	0,090 ± 0,007
Mg	0,50 ± 0,01
Mn	0,250 ± 0,003
N/D	0,14 ± 0,02
De outros	13,32

Fonte: Almeida et al., (2019)

Ainda segundo os autores Almeida et al., (2019), como a casca de arroz apresenta uma composição Química rica em silício (Si), descrita na imagem acima, é um resíduo abundante e de baixo custo, podendo ser utilizada em diversos meios. Como, na geração de energia, em argamassas cimentícias, entre outros.

Uma das aplicações é em cogeração de energia, o qual é um processo de geração de energia que combinada a outros tipos. Havendo ainda como resultado da combustão a cinza da casca de arroz podendo ser reutilizada em construções civis (OJEDA, 2023). Sendo então, uma matéria prima abundante, de baixo custo e por apresentar compostos como por exemplo a sílica, capaz de trazer diversas vantagens para as argamassas cimentícias, podendo ainda serem utilizadas essas cinzas como adubo no próprio plantio (PRASARA- A &

GHEEWALA, 2017). Ambas as finalidades contribuem para a minimização dos impactos ambientais.

Outra aplicação que foi discutida e estudada durante este trabalho, é como adsorvente de corantes pois, a casca de arroz tem uma grande área superficial e uma boa capacidade adsorviva.

3.5 ADSORÇÃO

O método de adsorção é uma técnica que está sendo muito utilizada para tratamento de efluentes em virtude do seu baixo custo e fácil manuseio, sendo um processo de separação sólido-líquido, caracterizando-se pela transferência de massas. O método de adsorção segundo Francischetti (2004, p. 20):

“É uma operação unitária que envolve o contato entre uma fase fluida e uma sólida, originando uma transferência de massa da fase fluida para a superfície do sólido ocorrendo uma tendência de acumulação de uma substância sobre a superfície da outra”.

Um dos adsorventes com boa capacidade adsorviva é o carvão ativado industrial, devido às suas propriedades únicas, sua estrutura porosa e elevada área de superfície, porém, tem um alto custo em sua produção, deixando, assim, espaço para pesquisas de materiais sustentáveis como as biomassas ou resíduos agroindustriais (HONORATO et al., 2015).

As biomassas são encontradas com abundância na natureza, tem um baixo custo, necessitam de pouco ou quase nada de tratamento, acabam sendo uma excelente alternativa de adsorvente sustentável. Devido a estas características, um método que se tornou uma atraente técnica é a biossorção que. Segundo Barros (2017, p. 2), “a biossorção consiste na adsorção de metais pesados por meio da utilização de resíduos agroindustriais como um adsorvente”.

Com isto, a adsorção pode depender de diversos fatores, como ressalta Kieling (2016). São eles:

“A natureza do adsorvente, características do adsorbato e as condições operacionais do processo de adsorção. Para os adsorventes as principais características são: área superficial, distribuição do tamanho dos poros, teor de cinzas, massa específica, grupos funcionais presentes na superfície e hidrofobicidade do material. A natureza do adsorbato depende da polaridade, tamanho da molécula, solubilidade das espécies, acidez ou basicidade. As condições operacionais incluem a temperatura, polaridade do solvente (quando aplicável), velocidade de agitação, relação sólido-líquido, tamanho das partículas, concentração inicial, pH e a presença de outras espécies competindo pelos sítios de adsorção” (KIELING, 2016, p. 40).

Sendo assim, a técnica de adsorção com a casca de arroz pode ser uma boa alternativa para remoção de corantes em águas e efluentes.

Outros trabalhos como os de Alvarenga (2021); Piquet (2022); Santos (2022;) utilizam os resíduos vegetais de timbaúva, casca de mandioca, casca de arroz, bagaço de cana e entre outros, para a remoção de poluentes, assim como o azul de metileno, descrevendo uma boa eficácia, em média de 78% de remoção com esta técnica.

3.6 MEIO AMBIENTE

A água é o bem maior que todos os seres possuem, ela é a base de tudo. No corpo humano ela age como transmissor de substâncias e manutenção do corpo, cerca de 70% da massa corporal do ser humano é composta por água. E mesmo sendo um recurso renovável, pode ser escassa em algumas regiões do mundo, além disso, tem a contaminação em corpos d'água que acaba agravando cada vez mais este problema (DOMINGUES, 2021).

A crescente urbanização e industrialização, associadas ao aumento da população, trouxeram melhorias na qualidade de vida. Porém, como consequência, foram responsáveis pela contaminação de alguns recursos hídricos e do solo, gerada pelo lançamento de efluente em corpos d'água, causando grande aflição por parte da sociedade e órgãos ambientais (SILVEIRA, 2019).

O setor têxtil vem se destacando na economia do Brasil, no entanto, gera grande volume de efluentes industriais. E um dos principais problemas deste

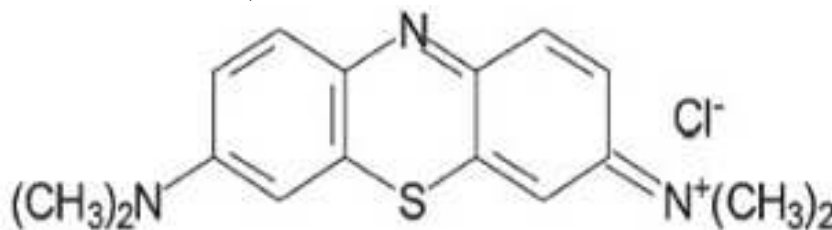
setor é na remoção de corantes sintéticos de seus efluentes, sendo que em torno de 20% desses corantes são descartados junto com os efluentes em corpos d'água. Um dos corantes de maior aplicabilidade em indústrias têxteis é o azul de metileno (HONORATO, 2015).

Muitos métodos são conhecidos para o tratamento de águas residuais que empregam processos químicos, físicos e biológicos, porém com algumas limitações aos seus usos, como o alto custo e a disponibilidade de materiais são algumas delas. Com isso, o desenvolvimento de soluções e tecnologias ambientais favoráveis ao tratamento das águas estão cada vez mais despertando o interesse, onde, uma das técnicas que vem se destacando é a técnica de adsorção, por ser de fácil manuseio e ter um baixo custo, se torna um método atraente (ALVARENGA, 2021).

3.7 AZUL DE METILENO

O azul de metileno é um corante orgânico (Figura 1), classificado como tipo básico, possuindo estrutura molecular aromática heterocíclica, com fórmula Química $C_{16}H_{18}ClN_3S$ e massa molar de 319,8 g/mol (HONORATO, 2015).

Figura 1 - Estrutura Química da molécula de azul de metileno



Fonte: (MORENO et al., 2012)

Como características, o azul de metileno tem alta solubilidade, cor forte e brilho característico. Pertencente à classe dos Quinonimina, sua absorbância pode ser identificada em torno de 665nm (KRAY, 2016).

O azul de metileno é muito utilizado em indústrias para tingimento de algodão, seda e madeira, apesar da sua baixa toxicidade, pode apresentar alguns efeitos prejudiciais aos ser humano e alguns animais (MORENO et al., 2012). Alguns autores como Tardivo et al. (2005) apresentaram em seus estudos a utilização do azul de metileno na microbiologia e em fármacos, no tratamento de metemoglobinemia e como medicamento na terapia fotodinâmica.

Devido à grande quantidade de corantes utilizados pelas indústrias têxteis em seus processos de tingimento, existe o problema da geração de efluentes contaminados. E para a remoção destes contaminantes, tais como o azul de metileno, cada vez mais está sendo necessário desenvolver técnicas para o tratamento prévio antes do lançamento em corpos d'água.

Dentre essas técnicas, a utilização de biomassas empregadas para a remoção de azul de metileno em efluentes estão sendo aprofundadas cada vez mais. A seguir serão citadas algumas utilizações como:

Souza e Silva (2021) analisaram as propriedades adsorptivas das conchas e ouriços da castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa* HBK) para a remoção de azul de metileno, a partir da produção de carvão ativado, mostrando-se uma boa alternativa de adsorvente.

Pin et al. (2021) avaliaram o emprego do bagaço dos frutos de butiá como material adsorvente. Estudaram biomassas *in natura* e seca, obtendo um resultado de 57% de eficiência como adsorvente do corante azul de metileno.

Ainda em 2021, Alvarenga avaliou as características da biomassa casca de semente da Timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum*), sobre seu potencial de adsorver o azul de metileno. Os adsorventes foram produzidos na forma *in natura*, material quimicamente ativado, carbonizado e carvão ativado. Através das análises, o carvão da casca da semente de Timbaúva apresentou ótimo desempenho na adsorção do azul de metileno.

4 METODOLOGIA

O presente trabalho conta com um estudo qualitativo realizado a partir do desenvolvimento de um miniprojeto de ensino de sustentabilidade. A pesquisa qualitativa não se fundamenta em modelos numéricos, mas utilizam metodologias que dão credibilidade a pesquisa (SANTOS, 2020).

Este estudo desenvolveu um miniprojeto de ensino, empregando a temática de adsorção com experimentos de baixo custo, visando a sustentabilidade. No desenrolar, a atividade possibilitou aos alunos, não só apropriar-se dos conteúdos sistematizados, mas estar ali, experimentando, analisando, refletindo, interpretando e tomando as devidas decisões sobre a prática.

De acordo com Coutinho (2013, p. 28), a pesquisa qualitativa “descreve os fenômenos por palavras em vez de número ou medidas” e, além disso, trabalha com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis (MINAYO, 1994).

Nesse panorama, as acepções do estudo qualitativo proporcionam a compreensão dos detalhes das informações adquiridas em uma sociedade, relacionando a história social de cada indivíduo. Com isso, a pesquisa qualitativa apresenta algumas características básicas que Bogdan e Biklen (1994, p.47-50) resumem em 5. São elas:

“1. Na investigação qualitativa a fonte direta de dados é o ambiente natural, constituindo o investigador o instrumento principal[...]; 2. A investigação qualitativa é descritiva. Os dados recolhidos são em forma de palavras ou imagens e não de números. Os resultados escritos da investigação contêm citações feitas com base nos dados para ilustrar e substanciar a apresentação. Os dados incluem transcrições de entrevistas, notas de campo, fotografias, vídeos, documentos pessoais, memorandos e outros registros oficiais [...]; 3. Os investigadores qualitativos interessam-se mais pelo processo do que simplesmente pelos resultados ou produtos [...]; 4. Os investigadores qualitativos tendem a analisar os seus dados de forma indutiva. Não recolhem dados ou provas com o objetivo de confirmar ou infirmar hipóteses construídas previamente; ao invés disso, as abstrações são construídas à medida que os dados particulares que foram recolhidos se vão agrupando [...]; 5.O significado é de importância vital na abordagem qualitativa. Os

investigadores que fazem uso deste tipo de abordagem estão interessados no modo como diferentes pessoas dão sentido às suas vidas”.

Para que este estudo qualitativo fosse desenvolvido, produziu-se uma sequência didática para aplicação com alunos. O público-alvo desta pesquisa pertencem a Escola Estadual de ensino médio Marçal Ramos, a qual se localiza na rua Inacio Rabelo do Santos, nº 255 - Centro, Caraá – RS, a escola atende em torno de 400 alunos durante os três turnos (manhã, tarde e noite). A execução do miniprojeto ocorreu com alunos do terceiro ano do ensino médio, composto por 6 meninas e 8 meninos, totalizando 14 alunos.

Para a aplicação do miniprojeto de ensino, foi estruturada uma Sequência Didática (SD) que compreendesse um conjunto de atividades relacionadas aos temas sustentabilidade e meio ambiente, com o intuito de relacionar a Química ao cotidiano dos estudantes do ensino médio, por meio de propostas mais atrativas e contextualizadas.

Para desenvolvimento deste trabalho, o miniprojeto, seguiu uma sequência didática, organizada em quatro etapas/aulas, com duração de 90 minutos cada aula, que se deram da seguinte forma: 1ª aula) apresentação inicial, dada através de uma investigação do entendimento dos alunos pelo assunto; 2ª aula) abordagem dos temas: conscientização do meio ambiente, reaproveitamento de resíduos agroindustriais e adsorção; 3ª aula) foi encaminhada a atividade experimental; 4ª aula) avaliação e discussão das aprendizagens. Para isso, utilizou-se ferramentas didáticas para auxiliar na construção de uma aula motivadora, como recursos visuais e digitais.

A avaliação encaminhou-se após a aplicação da prática experimental com as discussões geradas pelos alunos, sendo observada desde o primeiro momento (a apresentação com a investigação dos temas), identificando as possíveis aprendizagens pelo conteúdo, além da construção de novos saberes.

Sendo a avaliação a parte fundamental da prática docente, Pavanello; Nogueira (2006, p.30) ressaltam que a avaliação é

“essencial à prática educativa e indissociável desta, uma vez que é por meio dela que o professor pode acompanhar se o progresso de

seus alunos está ocorrendo de acordo com suas expectativas ou se há necessidade de repensar sua ação pedagógica”

A prática de avaliar o aluno dia a dia e em cada atividade pode potencializar o desenvolvimento da construção das habilidades e competências nos estudantes, além de ser fundamental para analisar e aprimorar as práticas docente, impulsionando no processo de ensino e aprendizagem (CAZZANELLI, 2020).

Assim sendo, neste trabalho, se propôs um estudo com um miniprojeto de ensino de sustentabilidade, utilizando resíduo agroindustrial de arroz em práticas experimentais, visando a construção de conhecimentos e proporcionando ao aluno uma participação mais ativa, a fim de que, se tenha uma aprendizagem eficaz e significativa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão analisados e discutidos os resultados de cada etapa percorrida, a fim de mensurar e potencializar as ações a serem melhoradas, além de evidenciar as aprendizagens significativas. Como já mencionado anteriormente, a aplicação do miniprojeto de ensino foi em uma turma de terceiro ano no ensino médio.

Para se ter uma aprendizagem significativa o aluno tem que relacionar o conteúdo novo com o já existente em sua estrutura cognitiva. Para Moreira (2012, p. 2) a aprendizagem significativa pode ser definida da seguinte forma:

É aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-literal, não ao pé-da-letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende.

Para contextualizar a experimentação com a aprendizagem significativa é importante a relação com temas no cotidiano do aluno, favorecendo para a aprendizagem.

Com o objetivo proposto, os alunos foram divididos em quatro grupos para a execução do projeto, vale salientar que como a disciplina dispõe de apenas dois períodos de Química por semana e que em questão do tempo, optou-se então pela divisão de grupos. Sendo assim os elementos desta pesquisa foram arbitrariamente denominados como: grupo 1, grupo 2, grupo 3 e grupo 4.

A seguir serão discutidos os resultados obtidos na execução da sequência didática preparada para o miniprojeto de ensino.

Na apresentação inicial (aula 1) valeu-se de 2 períodos/aula (equivalente a 50 minutos cada), utilizando como proposta de trabalho uma conversa investigativa com argumentações dos conhecimentos prévios dos alunos. Nessa aula investigativa foram lançadas algumas perguntas para nortear o debate entre os alunos, como:

- Qual a importância das águas e do meio ambiente em nossas vidas?

- Como que ocorre as poluições em corpos d'água?
- Qual a importância de cuidar do meio ambiente?
- O que são resíduos agroindustriais?

Durante o debate, os alunos trouxeram boas respostas e argumentos sobre as perguntas, alguns não tinham muita certeza dos assuntos, mas acabavam por entender através dos argumentos dos colegas. Não serão expostas aqui as respostas em função de ser uma investigação para assim dar continuidade a próxima aula em função das dúvidas e curiosidades anunciadas pelos alunos.

Após o diagnóstico dos conhecimentos cotidianos dos alunos, foi então aplicado o módulo 1 (aula 2). Para esta aula utilizou-se de 2 períodos/aula, em que foram conceituados os seguintes temas: contaminação dos solos e corpos d'água, importância do tratamento de efluentes, os resíduos agroindustriais (sua aplicabilidade e descarte) e, por fim, foi contextualizado o que é e para que serve a técnica adsorção. Para isso, utilizou-se de recursos visuais e gráficos, através de uma apresentação de Powerpoint, tornando-se uma aula expositivo-dialogada.

Com esta aula eles puderam agregar seus conhecimentos, além de aprenderem sobre a técnica de adsorção. Esse tema não é um conteúdo pré-estabelecido para o desenvolvimento do ensino médio, mas que, para a tema proposto do miniprojeto eles precisariam ter conhecimento, por isso, foi empregado mais tempo para a explicação e exemplificação da técnica.

No Módulo 2 (aula 3) utilizou-se de dois períodos/aula, onde foi apresentada e aplicada aos alunos a prática sobre a adsorção de azul de metileno com resíduos agroindustriais (casca de arroz). Esta aula foi reproduzida em parceria com a Universidade Federal do Rio Grande – FURG, *campus* Santo Antônio da Patrulha, no laboratório de Síntese Orgânica Catalítica.

Para a aplicação desta prática, no primeiro momento, os alunos prepararam a solução de azul de metileno com concentração de 50 mg/L, utilizando os conceitos já apreendidos sobre concentração e diluição de soluções. Neste passo eles tiveram que calcular a massa de azul de metileno

que precisariam utilizar para preparar um litro de solução com uma concentração de 50 mg/L, através da seguinte fórmula de concentração comum:

$$C = \frac{m}{V}$$

Para calcular a massa necessária, primeiro os estudantes precisaram transformar a concentração de 50 mg/L para 0,05 g/L, o volume necessário é de 1L, logo:

$$C = 0,05 \text{ g/L}$$

$$C \times V = m$$

$$V = 1 \text{ L}$$

$$0,05 \frac{\text{g}}{\text{L}} \times 1 \text{ L} = m$$

$$m = ?$$

$$m = 0,05 \text{ g de azul de metileno}$$

Com isso, efetuaram as pesagens, diluíram com um pouco de água destilada em um béquer e por fim transferiram para um balão volumétrico completando com água destilada até 1 L e homogeneizando (Figura 2).

Figura 2 - Preparação da solução azul de metileno



Fonte: Própria autora, 2024.

Em um segundo momento, os alunos separados em quatro grupos, conforme descrição já mencionada, deram continuidade a prática, que, para isso,

precisaram separar em erlenmeyer diferentes as quantidades de solução de azul de metileno 50 mg/L (25 mL e 50 mL), que é o adsorbato.

Para isso, eles colocaram uma alíquota da solução de azul de metileno em um béquer para facilitar o manuseio, em seguida utilizaram uma proveta de vidro graduada para realizar as medições (Figura 3).

Figura 3 - Separação das alíquotas de azul de metileno



Fonte: Própria autora, 2024.

As medições da solução azul de metileno ocorreram conforme descrito abaixo (Tabela 2).

Tabela 2 - Descrição dos testes x quantidade de solução

Testes/Grupos	Azul de metileno (50 mg/L)
1	25 mL
2	50 mL
3	50 mL
4	50 mL

Fonte: Própria autora, 2024.

Assim sendo, cada grupo realizou um teste, no qual colocaram os respectivos volumes em um erlenmeyer devidamente identificando.

Em seguida foram para o próximo passo, a pesagem da casca de arroz (Figura 4), onde colocaram em béqueres diferentes massas de casca de arroz, conforme descrito na tabela abaixo a quantidade de cada teste/grupo (Tabela 3).

Tabela 3 - Descrição dos testes x quantidade de casca

Testes	Casca de arroz in natura
1	0,50 g
2	0,50 g
3	0,25 g
4	0,25 g

Fonte: Própria autora, 2024.

Figura 4 - Pesagem do adsorvente



Fonte: Própria autora, 2024.

A casca de arroz foi preparada pela professora, sendo seca em estufa (105 °C por 24 h). Por ser um processo demorado, a secagem foi preparada realizada previamente.

Assim, a solução de azul de metileno e a casca de arroz foram reservadas com suas devidas identificações conforme a figura abaixo (Figura 5).

Figura 5 - Soluções x adsorventes



Fonte: Própria autora, 2024.

O próximo passo foi a adição da casca de arroz nos erlenmeyers com a solução de azul de metileno, conforme a descrição da tabela abaixo (Tabela 4):

Tabela 4 - Descrição dos testes

Testes	Azul de metileno (50 mg/L)	Casca de arroz <i>in natura</i>	Tempo de agitação
1	25 mL	0,50 g	15 min
2	50 mL	0,50 g	15 min
3	50 mL	0,25 g	15 min
4	50 mL	0,25 g	20 min

Fonte: Própria autora, 2024.

Após misturados, os frascos foram colocados no *Shaker* (mesa agitadora), e permaneceram em agitação pelos seguintes tempos: teste 1, 2 e 3 por 15 minutos, teste 4 por 20 minutos.

Passando os tempos mencionados, as misturas foram filtradas com um funil de vidro e papel filtro (Figura 6).

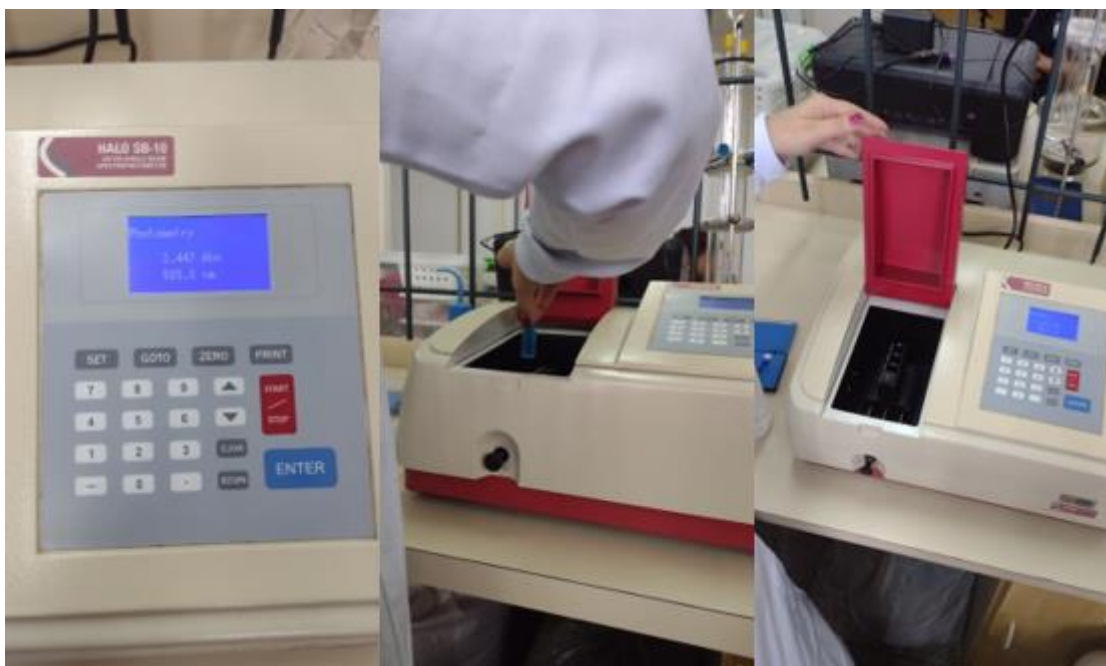
Figura 6 - Processo de filtração



Fonte: Própria autora, 2024.

Por fim, as amostras foram analisadas em um espectrofotômetro UV-Visível, sendo lidas as absorbâncias das soluções, no qual o comprimento de onda para o azul de metileno é de 665 nm (Figura 7).

Figura 7 - Análises no espectrofotômetro UV-Visível



Fonte: Própria autora, 2024.

Para as análises, foi construída uma curva de calibração da solução padrão para a obtenção da equação da reta, apresentada abaixo (Figura 8):

Figura 8 - Curva de calibração do azul de metileno



Fonte: Própria autora, 2024.

Com os resultados devidamente anotados, foram expostos na aula 4, onde os alunos discutiram e interpretaram os resultados. O propósito era o de

instigar os alunos a debaterem quais as quantidades de adsorbato e adsorvente seriam mais viáveis e eficientes. Como resultado desta aula, verificou-se a avaliação da aprendizagem dos alunos.

Na tabela abaixo segue as absorvâncias obtidas durante a prática, o fator de diluição (quando necessário), as absorvâncias corrigidas, a concentração final na solução (mg/L) e as porcentagens de remoção do azul de metileno com a casca de arroz (tabela 5).

Tabela 5 - Resultados das absorvâncias com as % de remoção

Azul de Metileno ($\lambda = 665 \text{ nm}$) - Cubeta de Vidro (G)							
Amostras	Condições	Absorvância Medida	Fator Diluição	Absorvância	Absorvância Corrigida	Concentração Final na Solução (mg/L)	% Remoção
Solução padrão "50 mg/L"	PB Azul Metileno	0,578	5	2,447		33,619	-
PB Casca de arroz in natura	Teste 1				-		
Casca de arroz in natura	0,5 g, 25 mL, 50 mg/L, 15 min	0,156	1	0,156	0,156	2,406	92,8
PB Casca de arroz in natura	Teste 2				-		
Casca de arroz in natura	0,5 g, 50 mL, 50 mg/L, 15 min	0,325	1	0,325	0,325	4,708	86,0
PB Casca de arroz in natura	Teste 3						
Casca de arroz in natura	0,25 g, 50 mL, 50 mg/L, 15 min	0,542	1	0,542	0,542	7,665	77,2
PB Casca de arroz in natura	Teste 4						
Casca de arroz in natura	0,25 g, 50 mL, 50 mg/L, 20 min	0,426	1	0,426	0,426	6,084	81,9
	Teste 5				-		
Carvão Ativado Comercial	0,25 g, 50 mL, 50 mg/L, 20 min	0,652	1	0,652	0,652	9,163	72,7

Fonte: Própria autora, 2024.

O carvão ativado não foi testado pelos alunos, foi testado apenas pela professora, porém foi colocado na tabela para mais um argumento de discussão e debate entre os alunos.

Durante esta aula foi lançado alguns questionamentos para nortear a discussão entre as respostas obtidas no experimento. Os alunos puderam ajudar na organização da tabela de dados e assim, os analisarem. Os questionamentos foram os seguintes:

1. Qual dos 4 testes teve o melhor resultado?
2. Qual a massa de casca de arroz teve melhor resultado de adsorção?
3. É melhor ter um teor uma adsorção maior e gerar mais resíduo ou ter um teor uma adsorção menor usando menos casca de arroz (menos resíduos)?

Através dos questionamentos os alunos são levados a argumentação e construção de novos conhecimentos. Seguindo neste contexto, Demo (1997) defendia uma nova abordagem “o questionamento reconstrutivo”, onde Bertoletti (2003, p.2) descreve o questionamento reconstrutivo como:

“à construção do conhecimento se dá através de uma reformulação de teorias e conhecimentos existentes. O questionamento reconstrutivo encaminha um novo tipo de construtivismo, em que, retira-se a ênfase da construção e direciona-a para uma reconstrução do conhecimento.”

Sendo assim, o aluno constrói um conhecimento inovador, onde ele mesmo interpreta e formula suas respostas, sendo induzido a pensar e aprender a aprender.

As respostas dos questionamentos dos alunos são descritas abaixo (Quadro 1).

Quadro 1 - Respostas referente ao questionamento

Grupos	1. Qual dos 4 testes teve o melhor resultado?	2. Qual a massa de casca de arroz teve melhor resultado de adsorção?	3. É melhor ter um teor de adsorção maior e gerar mais resíduo ou ter um teor de adsorção um pouco menos e usar menos quantidade de casca de arroz e consequentemente menos resíduos?
Grupo 1	O teste 1	0,50 g	Gerar menos resíduos.
Grupo 2	O teste 1	0,5 g	Ter um teor maior de adsorção.
Grupo 3	O teste 4	0,50 g	Gerar menos resíduos
Grupo 4	O teste 1 teve maior porcentagem de remoção, porém levando em conta o descarte do resíduo o teste 4 obteve melhor resultado.	0,50 g	Ter um teor menor de adsorção do azul de metileno e gerar mais resíduos para o meio ambiente.

Fonte: Própria autora, 2024.

Através das respostas dos alunos foi possível avaliar a aprendizagem dos mesmos, e observar que eles alcançaram os objetivos da proposta. Uma das contribuições mais significativas, foi o engajamento dos alunos, mesmo daqueles que quase nunca participam das aulas, mostraram muito mais interesse para tentar entender e assimilar o conteúdo após a aplicação da prática.

O estudo mostrou que alguns grupos responderam mais sucintamente, e outros se expressaram melhor nas respostas. Os grupos 1, 2 e 4 conseguiram analisar com mais entendimento a pergunta três, pois chegaram à conclusão que é melhor ter um menor teor de adsorção do azul de metileno e gerar menos quantidade de resíduo, pois esse resíduo terá um descarte correto, mas será descartado, então quanto menor a quantidade melhor. Já o grupo 3 entendeu que é melhor se ter maior porcentagem de remoção, porém, para se ter essa maior remoção temos que gerar mais resíduos, e consequentemente ter um

espaço maior para descarte, já que agora os resíduos estão contaminados, precisam então de um descarte correto.

Durante a discussão eles ainda argumentaram que como no teste 4 são as mesmas massa e volumes do teste 3, e o que diferencia é apenas o tempo que ficou em agitação no shaker, tiveram a ideia de testar por mais tempo nessas mesmas medidas para ver se muda o teor de adsorção ou não. Porém, não teve tempo para realizar novos testes, mas foi explicado aos alunos que a adsorção pode ocorrer até que o equilíbrio seja alcançado, assim como explica Nascimento et al., (2014, p. 24) que:

“quando o adsorvato é colocado em contato com o adsorvente, as moléculas ou íons tendem a fluir do meio aquoso para a superfície do adsorvente até que a concentração de soluto na fase líquida (C_e) permaneça constante. Nesse estágio é dito que o sistema atingiu o estado de equilíbrio e a capacidade de adsorção do adsorvente (q_e) é determinada”.

Sendo assim, podem ser realizar novos testes, para futuros estudos verificando em até que tempo pode continuar a acontecer a reação e analisar os dados para saber se, com mais tempos vai aumentar a porcentagem de remoção ou irá estabilizar a remoção.

Durante está última aula, os alunos deram o seu feedback sobre está metodologia de trabalho. Enfatizaram que a aula da forma que foi transmitida facilita muito a assimilação dos conteúdos, além de fixar mais fácil os novos conhecimentos. Alguns ainda disseram que aprendem com maior facilidade quando se está praticando a teoria.

Castilho (2008, p. 3) enfatiza que a experimentação no ensino de Química é:

“o componente indispensável para o processo de ensino-aprendizagem dos diversos conteúdo do conhecimento científico – conceituais, procedimentais e atitudinais – no sentido de favorecer a construção de inter-relações entre a teoria e a prática, bem como relações entre as concepções prévias do aluno e as novas ideias que serão trabalhadas”.

É importante compreender que a experimentação faz parte do contexto da sala de aula, onde não se separa a teoria da prática, pelo contrário elas

devem andar juntas para uma complementar a outra, oportunizando assim a assimilação dos conteúdos com o que acontece no seu dia a dia.

Além de contribuir para o processo de aprendizagem, o miniprojeto de ensino se mostrou favorável ao desenvolvimento de adsorventes sustentáveis, a partir da biomassa casca de arroz.

Em análise aos testes, o carvão ativado comercial utilizado para adsorção do azul de metileno teve um teor de remoção de 72,7%, enquanto a adsorção com a casca de arroz in natura, no teste 4 que ficou o mesmo tempo em agitação que o carvão ativado, teve uma adsorção de 81,9%. O processo com a casca de arroz teve uma eficácia de 9,2% a mais de remoção em relação ao carvão ativado comercial.

Além do carvão ativado comercial ter um alto custo, a adsorção com resíduos agroindustriais, resíduos este que quase não geram custos, se mostrou mais eficiente no processo de adsorção do azul de metileno, presando pela sustentabilidade em reutilizar algo que não se tem um fim específico como a casca de arroz.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da sequência didática atribuída ao miniprojeto de ensino de sustentabilidade, foi possível a construção do conhecimento sobre o ensino de Química, através das práticas experimentais com o propósito de facilitar o entendimento de forma articulada com o cotidiano dos estudantes.

Assim como a importância de conscientizar os alunos a cuidar do meio ambiente, como também dar importância aos resíduos agroindustriais que poderiam ser descartados, muitas vezes de forma incorreta, que estes podem solucionar alguns problemas das indústrias, para evitar a contaminação de solos e corpos d'água.

Sendo assim, percebeu-se que a aplicação do miniprojeto de ensino pode contribuir para o processo de aprendizagem dos alunos, além de evidenciar o desenvolvimento de adsorvente sustentável a partir de um resíduo agroindustrial, a casca de arroz. Um material de baixo custo e boa adsorção.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, N. P.; SANTOS, K. G.. Ensino de laboratório de engenharia Química com abordagem de aprendizagem baseada em projetos: adsorção de gases usando casca de banana. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 9, n. 3, e184932716, 2020.

ALVARENGA, G. **Biossorção de azul de metileno e fenol em resíduos de timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum*)** – Tese (doutorado) — FURG/ Rio Grande do Sul, 2021.

AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

BARROS, D. C.; CARVALHO, G.; RIBEIRO, M. A.. Processo de biossorção para remoção de metais pesados por meio de resíduos agroindustriais: uma revisão. **Revista Biotecnologia & Ciência** v.6, n.1, p.01-15, 2017.

BEDIN, E. Filme, Experiência E Tecnologia No Ensino De Ciências Química: Uma Sequência Didática Revista de Educação, **Ciências e Matemática** v.9 n.1 jan/abr 2019

Bender, W. N.. **Aprendizagem Baseada em Projetos: educação diferenciada para o século XXI**. Porto Alegre: PENSO, 2014.

BERTOLETTI, A. C.; MORAES, M. C.; MORAES, R.; COSTA, A. C. da R. Educar pela Pesquisa – uma abordagem para o desenvolvimento e utilização de Softwares Educacionais. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 1, n. 2, 2003. DOI: 10.22456/1679-1916.14433

BOGDAN, R., C.; BIKLEN, Sari K.. **Investigação qualitativa em educação**. Tradução Maria João Alvarez, Sara Bahia dos Santos e Telmo Mourinho Baptista. Porto: Porto Editora, 1994.

Castilho, R.(2008). A Experimentação em Sala de Aula. **Site da Gestão Escolar**. Curitiba/PR, http://www.gestaoescolar.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/producoes_pde/artigo_rosane_castilho.pdf

Carriazo, J. G. **Química Nova** 2011, 34, 1085-1088.

CAZZANELLI, P.; FABRÍCIO, C. M.; AMARAL-ROSA, M.; RAMOS, M. G. Percepções de professores acerca da avaliação da aprendizagem. **Revista CONTRAPONTO**, v. 1, n. 1, p. 49- 64, 2020.

COÊLHO, J., D. **Arroz: produção e mercado**. Fortaleza: Banco do Nordeste, ano 6, n.156, mar. 2021. (Caderno Setorial ETENE, n. 156)

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira grãos, v. 11** – safra 203/24 – Terceiro

levantamento, Brasília, p. 1-137, dezembro 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>

COUTINHO, C. P. **Metodologia de investigação em ciências sociais e humanas: Teoria e Prática**. 2. ed. Coimbra: Edições Almedina, 2013.

DEMO, Pedro. **Educar pela Pesquisa**. Campinas, SP: Autores Associados, 1997

DOLZ, J.; NOVERRAZ, M.; SCHNEUWLY, B. Sequência didática para o oral e a escrita: apresentação de um procedimento. In: SCHNEUWLY, B.; DOLZ, J. **Gêneros orais e escritos na escola**. São Paulo: Mercado de Letras, 2004.

DOMINGUES, L., S.; CRUZ, G., Q., N.; CASTRO, I., P.; ARCHIOLI, I., A.; LOPES, L., C.; OLIVEIRA, M., R., M.. Production of charcoal from orange peel activated with calcium chloride (CaCl_2) and its application in treatment of water contaminated with nitrate (NO_3^-). **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 404-413 jan. 2021.

FERNANDES, I. J. et al. Caracterização do resíduo industrial casca de arroz com vistas a sua utilização como biomassa. In: FÓRUM INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 6., 2015, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: Instituto Venturi, 2015, p. 01-09.

FILHO, W. B. N; FRANCO, C. R. Avaliação do potencial dos resíduos produzidos através do processamento agroindustrial no Brasil. **Revista Virtual de Química**, Niterói, v. 7, n. 6, p.1968-1987, jul. 2015.

FRANCISCHETTI, J. **Remoção de Metais Pesados em Efluentes Líquidos Através da Filtração Adsorbtiva**. Dissertação (Mestrado), UFSC, Santa Catarina, 2004.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**. Rio de Janeiro: Paz e Terra. 1997.

HONORATO, A C. et al. Biossorção de azul de metileno utilizando resíduos agroindustriais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** [online]. 2015, v. 19, n. 7

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

KRAY, L., J.. **ESTUDO CINÉTICO DA FOTODEGRADAÇÃO DE CORANTES COMERCIAIS UTILIZANDO SEMICONDUTORES DE ÓXIDO DE TÂNTALO SINTETIZADOS A PARTIR DE LÍQUIDOS IÔNICOS**. Dissertação (Mestrado profissional em PPGQ/UFRGS), UFRGS, Porto Alegre - RS, 2016.

LIMA, J. O. G. Perspectivas de novas metodologias no Ensino de Química. **Revista Espaço Acadêmico**, Londrina, v. 12, n. 136, 2012.

LEE, A. F.; BENNETT, J. A.; MANAYIL, J. C.; WILSON, K. Heterogeneous catalysis for sustainable biodiesel production via esterification and transesterification. *Chemical Society Reviews*, v. 43, n. 22, 7887-7916, 2014.

LEWIN, A.M.F e LOMASCÓLO, T.M.M. La metodología científica em la construcción de conocimientos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 2, p. 147-510, 1998

GONÇALVES, R. P. . N.; GOI, M. E. J. Experimentação no Ensino de Química na Educação Básica: Uma Revisão de Literatura. **Revista Debates em Ensino de Química**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 136–152, 2021.

GONÇALVES, R. P. N.; GOI, M. E. J. Chemistry teaching experimentation in basic education. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. e126911787, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i1.1787.

KIELING, AG 2016. **Adsorção de BTEX – benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno – em cinza de casca de arroz e carvão ativado**. Ph.D. Tese. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

MALDANER, O.A; Piedade, M.C.T. Repensando a Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n.1, p.15-19, 1995.

MINAYO, Maria Cecília de Souza (Org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Rio de Janeiro: Vozes, 1994.

MORENO, A.; FIGUEIROA, D.; HORMAZA, A. Adsorción de azul de metileno sobre cascarilla de arroz. *Producción + Limpia*, v. 7, n. 1, p. 9-18, 2012.

NASCIMENTO, R., F.; LIMA, A., C., A.; VIDAL, C., B.; e outros, Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014

NERY, A. PAGEL, S. D.; NASCIMENTO, A. R. Modalidades organizativas do trabalho pedagógico: uma possibilidade. In: BRASIL. **Ensino fundamental de nove anos: orientações para a inclusão da criança de seis anos de idade**. BEAUCHAMP, J.; (Orgs.). Brasília: MEC, 2007.

OJEDA, L., V.. **Aproveitamento da casca de arroz produzida no estado do Rio Grande do Sul em Usinas Termelétricas**. 73p. 2023. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Energia) – Universidade Federal do Pampa, Campus Bagé, Bagé, 2023.

OLIVEIRA, M., M.. de. Sequência didática interativa no processo de formação de professores. Petrópolis: **Vozes**, 2013.

PAULINO FILHO, J.; NUÑEZ, I.B. e RAMALHO, B.L. Ensino por projetos: uma alternativa para a construção de competência no aluno. In: NUÑEZ I.B. e RAMALHO, B.L. (Orgs.). **Fundamentos do ensino-aprendizagem das Ciências Naturais e da Matemática: o novo Ensino Médio**. Porto Alegre: Sulina, 2004, p. 265-283

PAULINHO FILHO, J.. SILVA, P., R.. Os projetos de trabalho como recurso pedagógico no ensino da geometria. **Interface** – Natal/RN – v.7 – n. 2 - jul./dez. 2010

PAVANELLO, R., M.; NOGUEIRA, C., M., I.. Avaliação em matemática: Algumas considerações. **Estudos em Avaliação Educacional**, v. 17, n. 33, p.29-42, 2006

PEIXOTO, C., R., M.; ROSA, G., R.; SILVA, C., N.; SANTOS, B., T.. ENGELMANN, T., L.. Miniprojeto para ensino de Química geral experimental baseado na fermentação de caldo de cana-de-açúcar. **Química Nova**, Vol. 35, No. 8, 1686-1691, 2012,

Prasara- A, J., & Gheewala, S.. Sustainable utilization of rice husk ash from power plants: A review. **Journal of Cleaner Production**, 167,1020-1028 (2017).

PENAFORTE, G. S.; SANTOS, V. S. O ensino de Química por meio de atividades experimentais: aplicação de um novo indicador natural de pH com alternativa no processo de construção do conhecimento no ensino de ácidos e bases. **EDUCAmazônia**, v. XIII, n. 2, p. 8-21, 2014

PIN, C. F.; PRESTES, E. B. C.; MESQUITA, V. R.; LIMA, D. R.; MORAIS, M. M.; ALMEIDA, A. R. F.; ROSSETO, V.; RODRIGUES, L. M.. Uso do Bagaço de Butiá no Tratamento de Efluentes para a Remoção de Corante. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v.4, n.1, p. 798-812 jan./mar. 2021.

PIQUET, A. B. M; MARTELLI, M. C. Bioadsorventes produzidos a partir de resíduos orgânicos para remoção de corantes: uma revisão. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento** , [S. l.] , v. 11, n. 3, pág. e27311326506, 2022.

Referencial Curricular Gaúcho acessado em 10/05/2022 - <http://portal.educacao.rs.gov.br/Portals/1/Files/1530.pdf>

RIZZO, A., L.. **Aprendizagem baseada em projetos no ensino de física: uma proposta de website como recurso potencialmente significativo no estudo de acústica**. Dissertação (Mestrado profissional em MNPEF/UFRGS), UFRGS, Porto Alegre - RS, 2022.

SANTOS, K., S.; RIBEIRO, M., C.; QUEIROGA, D., E., U.; SILVA, I., P.; FERREIRA, S., S.. O uso de triangulação múltipla como estratégia de validação em um estudo qualitativo. **Ciência e Saúde Coletiva**, 25(2), 655-664. 2020.

SANTOS, E. M. R. O. **Produção e caracterização físico-química e morfológica de biossorvente ativado oriundo da casca de mandioca (Manihot esculenta)**. 2022. 35 f. Orientadora: Erika Milene Pinto de Sousa. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e de Recursos Renováveis) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Capanema, 2022.

SILVA, V. G. **A importância da experimentação no ensino de Química e ciências**. 2016. 42 f. Monografia (Licenciatura em Química) - Universidade Estadual Paulista – Unesp, Bauru, 2016.

SILVEIRA, J. H.. **Removal of Cr(VI) by adsorption on commercial activated carbon and vegetal carbon from rice husk**.

Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 5, n. 6, p. 6477-6494, jun. 2019

SOUZA, F. L.; AKAHOSHI, L.H.; MARCONDES, M. E. R.; CARMO, M. P. **Atividades experimentais investigativas no ensino de Química**. Cetec capacitações: Projetos de formação continuada de professores da educação profissional do Programa Brasil Profissionalizado – Centro Paula Suza – Setec/MEC, 2013. 90 p.

SOUZA, C. D. R.; SILVA, K. C.. Potencial energético de resíduos de castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa* HBK) para produção de carvão ativado. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 10, n. 2, pág. e53310212698, 2021.

SUELEN R. et al. Black SiO₂ nanoparticles obtained by pyrolysis of rice husk. *Deys and Pigments*. Elsevier. Vol. 164, p. 272-278. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014372081830411X>.

TARDIVO, J.P., GIGLIO, A.D., OLIVEIRA, C.S., GABRIELLI, D.S., JUNQUEIRA, H.C., TADA, D.B., SEVERINO, D., TURCHIELLO, R.F., BAPTISTA, M.S. Methylene blue in photodynamic therapy: From basic mechanisms to clinical applications. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**. v.2, n.3, p.175-191, 2005.

ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Trad. Ernani F. da Rosa – Porto Alegre: ArtMed, 1998.