



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO E GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA



**USO DA BIOMASSA DE CASCA DE BANANA NA REMOÇÃO DE CÁDMIO
EM SOLUÇÃO AQUOSA**

MACAPÁ, AP

2022

IZABELLE ALEXANDRA RODRIGUES LACERDA

**USO DA BIOMASSA DE CASCA DE BANANA NA REMOÇÃO DE CÁDMIO
EM SOLUÇÃO AQUOSA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Disciplina de TCC-II da Universidade Federal do Amapá - UNIFAP, no Curso de Licenciatura em Química, como requisito de avaliação de Conclusão do Curso de Licenciado em Química.

Orientador: Prof. Dr. Alexandro Cezar Florentino

Coorientador: Francinaldo Sarges Braga

MACAPÁ- AP

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
(CIP) Biblioteca Central da Universidade Federal do
Amapá Elaborada por Jamile da Conceição da Silva –
CRB-2/1010

Lacerda, Izabelle Alexandra Rodrigues.

L131u Uso da biomassa de casca de banana na remoção de cádmio em solução
aquosa /Izabelle Alexandra Rodrigues Lacerda. – 2022.
1 recurso eletrônico. 49 folhas.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) – Campus Marco
Zero, Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Curso de Licenciatura em
Química, Macapá, 2022.

Orientador: Professor Doutor Alexandro Cezar Florentino
Coorientador: Francinaldo Sarges Braga

Modo de acesso: World Wide Web.

Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

Inclui referências.

1. Biomassa. 2. Metais pesados - Absorção. 3. Farinha de casca de banana -
Biossorventes. I. Florentino, Alexandro Cezar, orientador. II. Braga, Francinaldo
Sarges. III. Título.

Classificação Decimal de Dewey, 22 edição, 541.335

LACERDA, Izabelle Alexandra Rodrigues. **Uso da biomassa de casca de banana na remoção de cádmio em solução aquosa.** Orientador: Alexandro Cezar Florentino. Coorientador: Francinaldo Sarges Braga. 2022. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) – Campus Marco Zero, Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Curso de Licenciatura em Química, Macapá, 2022.

IZABELLE ALEXANDRA RODRIGUES LACERDA

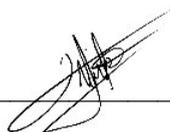
**USO DA BIOMASSA DE CASCA DE BANANA NA REMOÇÃO DE CÁDMIO
EM SOLUÇÃO AQUOSA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado a Disciplina de TCC-II da
Universidade Federal do Amapá - UNIFAP,
no Curso de Licenciatura em Química,
como requisito de avaliação de Conclusão
do Curso de Licenciado em Química.

Orientador: Prof. Dr. Alexandro Cezar
Florentino

Coorientador: Francinaldo Sarges Braga

DATA DE APROVAÇÃO: 18/02/2022



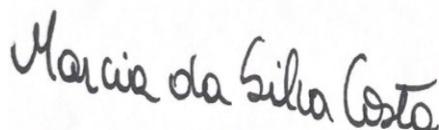
Orientador: Prof.º Dr. Alexandro Cezar Florentino

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ – UNIFAP



Examinador: Prof.º Dr. Alex de Nazaré de Oliveira

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ – UNIFAP



Examinadora: Me. Marcia da Silva Costa

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE – SEMA

Dedico esse trabalho, com muito amor e gratidão, á minha mãe Ivana R. Garcia. Ela não mediu esforços para lutar pela minha educação. Essa vitoria é nossa!

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus, pela minha vida, e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização deste trabalho.

A minha mãe Ivana R. Garcia, a minha querida filha Isis Rodrigues, a minha irmã Cibelle Souza e ao meu padrasto Francisco Souza que estiveram comigo em todos os momentos.

Ao meu companheiro de vida Eduardo de Oliveira Coutinho que jamais me negou apoio, carinho e incentivo. Obrigado, amor da minha vida, por aguentar tantas crises de estresse e ansiedade.

Ao professor Alexandro Cezar Florentino, por ter sido meu orientador e ter desempenhado tal função com dedicação e amizade. Ao meu coorientador Francinaldo Sarges Braga, que sempre esteve presente para indicar a direção correta que o trabalho deveria tomar.

Aos professores, David Esteban Quintero Jimenez, Claudio Pinheiro da Silva Junior, Joaquina Barboza Malheiros, Alexandro Cezar florentino, Alex de Nazaré de Oliveira, Irlon Ferreira Maciel, Alex Rodrigues e Joel Pantoja pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso.

Aos meus companheiros de laboratório, Daniel Lima, Maria Eduarda e Jadna Silva por todos os bons momentos.

Aos meus amigos de curso Danilo Ataide, Jacqueline Sobral, Filipe Rabelo pelo companheirismo ao longo dos anos.

Agradeço a Beatriz Monteiro e a Luani Oliveira, pela disponibilidade de participar ativamente no desenvolvimento desse trabalho.

Aos membros por aceitarem ler e avaliar este documento e pelas valiosas contribuições para melhorar este trabalho.

A todos que de alguma forma foram essenciais ao longo desses anos para minha formação como pessoa e profissional.

“O caminho para o progresso não é rápido nem fácil”

Marie Curie

RESUMO

USO DA BIOMASSA DE CASCA DE BANANA NA REMOÇÃO DE CÁDMIO EM SOLUÇÃO AQUOSA

A utilização de substratos no tratamento de soluções aquosas que contém metais não essenciais, tem sido bastante investigada. Neste cenário, estudos para avaliar o potencial da casca da banana na adsorção de metais tem crescido. O processo de adsorção utilizando biossorventes tem se destacado, destarte, o presente trabalho buscou investigar o potencial da farinha da casca da banana como material alternativo na remoção de cádmio (Cd) em soluções aquosas. Utilizando o método de batelada foi investigado a influência da massa do adsorvente e da concentração da solução de Cd em pH 3. Os resultados foram obtidos através da leitura do equipamento de espectrometria de absorção atômica por chama, e posteriormente analisados pelo sistema estatístico R. O percentual de adsorção para o Cd variou de 22,86 a 75,20% com desvios padrão de 0,0057 a 0,04 e o coeficiente de variação ficou entre 4,22 e 26,33%. Com isso, conclui-se que a casca da banana tem um alto potencial para adsorção de Cd em solução aquosa. Os resultados são satisfatórios e estão de acordo com a literatura.

Palavras-chave: Biomassa; Adsorção; Casca de banana.

ABSTRACT

USE OF BANANA PEEL BIOMASS IN THE REMOVAL OF CADMIUM IN AQUEOUS SOLUTION

The use of substrates in aqueous solutions treatment containing heavy metals has been extensively investigated. In this scenario, studies to evaluate the banana peel potential in the adsorption of metals have grown. The adsorption process using biosorbents has been highlighted, therefore, the present work investigated the banana peel flour potential as an alternative material for the cadmium (Cd) removal in aqueous solutions. Using the batch method, the adsorbent mass influence and the concentration of the Cd solution at pH 3 was investigated. The results were obtained by atomic absorption spectrometry equipment, and later analyzed by the R statistical system. The adsorption percentage for Cd ranged from 22.86 to 75.20% with standard deviations from 0.0057 to 0.04 and the coefficient of variation was between 4.22 and 26.33%. Was concluded that the banana peel has a high potential for adsorption of Cd in aqueous solution. Can be observed satisfactory results and are in agreement with the literature.

Keywords: Biomass; Adsorption; Banana Peel.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Interações majoritárias entre o íon metálico e os grupos presentes na casca de banana (a) carboxila, (b) hidroxilas e (c) grupos fosfatos	16
Figura 2. Processo de Absorção e Emissão Atômica	22
Figura 3. Passo a passo para a obtenção da biomassa. 1) lavagem da casca. 2) corte das cascas. 3) secagem na estufa. 4) trituração no liquidificador. 5) trituração no moinho analítico. 6) armazenada em um pote hermético	27
Figura 4. Fase experimental. 1) ajuste de pH. 2) retirada da alíquota Sem Biomassa 3) processo de reação 4) retirada da segunda alíquota após o processo de reação	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química da casca e da polpa da banana.....	21
Tabela 2. Parâmetros instrumentais de análise em absorção atômica por chama do Cd.....	28
Tabela 3. Resultado da biomassa da casca da banana (<i>Musa acuminata</i>) no pH 3, por meio da técnica de Espectroscopia de absorção atômica.	29
Tabela 4 Casca de banana (<i>Musa acuminata</i>) na adsorção de diferentes metais.....	30
Tabela 5. Aplicação da Abordagem Temática: Mineração	42
Tabela 6. Sites de referências de atividades mineradoras no estado do Amapá.....	44

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Curva de calibração	28
Gráfico 2. Espectro de absorção do Cd no F-AAS	28
Gráfico 3. Concentração adsorvida versus a concentração inicial da biomassa B1 da casca da banana (<i>Musa acuminata</i>)	31
Gráfico 4. Concentração adsorvida versus a concentração inicial da biomassa B2 da casca da banana (<i>Musa acuminata</i>)	32
Gráfico 5. Concentração adsorvida versus a concentração inicial da biomassa B3 da casca da banana (<i>Musa acuminata</i>)	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Al	Alumínio
As	Arsênio
B1	Biomassa 1
B2	Biomassa 2
B3	Biomassa 3
Cd	Cádmio
Co	Cobalto
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
Cr	Cromo
Cu	Cobre
CV	Coefficiente de Variação
EA	Educação Ambiental
Fe	Ferro
HCl	Ácido clorídrico
Hg	Mercúrio
IEPA	Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá
LAAB	Laboratório de Absorção Atômica e Bioprospecção
Mn	Manganês
NaOH	Hidróxido de sódio
Ni	Níquel
Pb	Chumbo
pH	Potencial Hidrogeniônico
U	Urânio
UNIFAP	Universidade Federal do Amapá
Zn	Zinco

Sumário

1 INTRODUÇÃO	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 Efluentes	17
2.2 Metais não essenciais	18
2.3 Cádmio.....	19
2.4 Adsorção	19
2.5 Biossorventes	20
2.6 Casca de banana como biossorvente.....	21
2.6Técnica de espectrofotometria de absorção atômica.....	23
3 PROBLEMA	25
4 OBJETIVOS	26
4.1 Geral.....	26
4.2 Específicos	26
5 MATERIAL E MÉTODOS	27
5.1 Local de estudo	27
5.2 Material e Reagentes	27
5.3 Delineamento Experimental	27
5.3.1 Preparo da solução de cádmio (1000 mg/L)	27
5.3.2 Preparo da solução de cádmio (0,2; 0,4 e 0,6 mg/L).....	27
5.3.3 Ajuste para pH 3 das soluções de cádmio (0,2; 0,4 e 0,6 mg/L).....	27
5.3.4 Desenvolvimento do biossorvente.....	27
5.3.5 Fase experimental.....	28
5.3.6 Determinação das concentrações de cádmio.....	29
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
6.1 Influência da quantidade de Biomassa.....	32
6.2 Processo de adsorção em pH 3	34
CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
8 REFERÊNCIAS	36

REFERÊNCIAS DE IMAGEM	42
APÊNDICES.....	43
Apêndice A – Proposta de Ensino	44

1 INTRODUÇÃO

A poluição ambiental vem sendo um dos problemas mais discutidos pela sociedade contemporânea, as atividades antrópicas são as principais causas da poluição de rios, mares e lagos, dentre essas atividades podemos citar o despejo de efluentes industriais e esgotos não tratados em cursos de água (NEGRÃO, OLIVEIRA e BUTIK, 2021). Em meio aos componentes desses rejeitos não tratados, destacamos os metais não essenciais que são elementos com massa específica $6,0\text{g/cm}^3$ e número atômico maior de 20u (AGUILLAR et al., 2020).

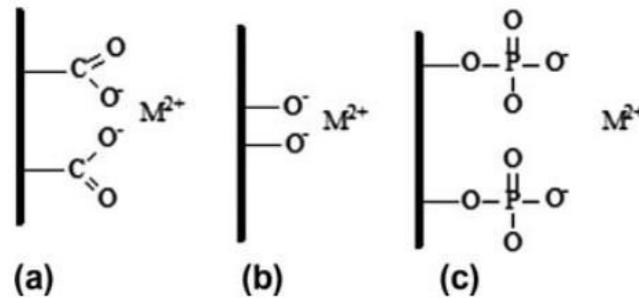
Alguns metais são considerados essenciais para o bom funcionamento do organismo e, portanto, fazem parte de nossa dieta. No entanto, outros metais, quando em altas concentrações, podem se tornar tóxicos, prejudicando a saúde (AGUILLAR et al., 2020). Cádmio (Cd), mercúrio (Hg), alumínio (Al), prata (Ag), chumbo (Pb) e arsênio (As) são exemplos de elementos/contaminantes que mesmo em baixas concentrações apresentam efeitos prejudiciais à saúde (AGUILLAR et al., 2020).

A biossorção, que é o processo que utiliza biomassas como materiais sorventes em adsorção (OLIVEIRA, 2007; SILVA, 2013), é uma técnica promissora no tratamento de efluentes, devido à eficácia na remoção de diversos contaminantes e ao baixo custo da biomassa. Além de usar materiais que provavelmente iriam para o lixo. O termo biomassa compete a fração biodegradável de materiais como resíduos agrícolas (incluindo substâncias animais e vegetais), resíduos florestais e industriais (LIMA, 2017).

O uso da casca da banana como biossorvente de metais não essenciais, através do processo de adsorção, possui inúmeras vantagens sobre os biossorventes sintéticos. Releva-se que a casca de banana não possui valor comercial, por ser resíduo da agroindústria e domiciliar; ser uma fonte renovável e encontrada em uma mensurável quantidade (PIOVEZAN et al., 2017).

Os grupos carbonila e hidroxila presentes na casca da banana são os responsáveis pela adsorção dos metais, estes estão presentes na casca de banana na forma de celulose, hemicelulose, lignina e derivados, que totalizam uma carga negativa favorável para fixação dos íons metálicos de carga positiva (BONIOLO, 2008). Na figura 1, temos a apresentação das interações majoritárias entre o íon metálico e os grupos presentes na casca de banana (a) carboxila, (b) hidroxilas e (c) grupos fosfatos.

Figura 1. Interações majoritárias entre o íon metálico e os grupos presentes na casca de banana (a) carboxila, (b) hidroxilas e (c) grupos fosfatos



Fonte: MASSOCATO et al. (2013)

Os resíduos domésticos e industriais são as principais fontes de contaminação de Cd, justamente pela disposição inadequada em água. Outra fonte importante de contaminação é a incorporação de fertilizantes contaminados por cádmio (BITTAR, 2008). Nas regiões industriais, essa contaminação da água pode ocorrer por meio de derrames de resíduos e de efluente contaminados (CARDOSO e CHASIN, 2001).

Na Resolução N° 430, de 13 de maio de 2011, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, seção II “Das condições e Padrões de Lançamento de Efluentes” diz que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam às condições e padrões previstos no mesmo. Estritamente em relação ao Cd, que tem como valor máximo de 0,2mg/L, valores apresentados acima deste são considerados nocivo à saúde.

Diante disso, a pertinência desse trabalho foi analisar a eficácia da casca de banana na remoção de cádmio em solução aquosa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Efluentes

No século XX, com o início da revolução industrial, diversos métodos de produção industriais foram executados. As industriais acresceram seus processos produtivos sem necessariamente importa-se com os danos que estes métodos causariam ao meio ambiente, com isso tivemos a produção de um montante de efluentes sem um descarte apropriado (AMBRÓSIO et al., 2021).

Atualmente existem leis que regem o tratamento e o descarte de efluentes, sejam eles sólidos ou líquidos. No Brasil, a resolução 430/2011 do CONAMA é a que está em vigor com relação aos descartes dos efluentes diretamente em corpos receptores, o art. 3 da resolução enfatiza que “os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos na Resolução e em outras normas aplicáveis” (BRASIL, 2011).

Em meio aos constituintes desses efluentes industriais, destacam-se os metais pesados (FONSECA, CASTRO e PEREIRA, 2021). Esses metais decorrem de diversos setores industriais, como a metalurgia, galvanoplastia, petroquímica, mineração e siderurgia (SANTANA, SANTOS e RESENDE, 2020; FONSECA, CASTRO e PEREIRA, 2021).

Um dos processos responsáveis pela poluição de sistemas aquáticos é a galvanoplastia, já que no processo de galvanização é utilizadas soluções aquosas constituídas de metais não essenciais, como Cd, Cr, Zn, entre outros (SANTANA, SANTOS e RESENDE, 2020).

2.2 Metais não essenciais

Elementos metálicos com uma densidade superior a 6g/cm^3 essa é a definição do termo “Metais Pesados” (AGUILLAR et al., 2020). No entanto, os fatores que mais influenciam em comparação a este parâmetro são suas propriedades químicas. Reatividade e bioacumulação são duas das principais propriedades desses metais, ou seja, além de serem eficazes no desencadeamento de várias reações químicas, não metabolizáveis (organismos vivos não podem degradá-los), o que ocasiona na bioacumulação ao longo da cadeia alimentar (BITTAR, 2008; SOUZA, MORASSUTI, DEUS, 2018).

Aqueles elementos que ocorrem em níveis muito baixos de poucas partes por milhão ou menos em um dado sistema são chamados de elemento traço, geralmente o termo substância traço é aplicado, a ambos os elementos e compostos químicos (MANAHAN, 2001).

Dentro dessa classificação de metais não essenciais, temos: o arsênio (As), chumbo (Pb), cádmio (Cd), cromo (Cr), cobalto (Co), ferro (Fe), níquel (Ni), prata (Ag). Alguns desses são necessários para o desenvolvimento de plantas, outros, no entanto não tem nenhuma função biológica comprovada (BITTAR, 2008; SOUZA, MORASSUTI e DEUS,

2018). E sua presença, em menor ou maior grau, pode trazer graves riscos a vida dos seres vivos (BITTAR, 2008).

2.3 Cádmio

É representado pelo símbolo Cd, apresenta número atômico 48 e massa atômica 122,41 g/mol. Está presente em águas doces em concentrações traço, geralmente inferiores a 1 mg/L.

Na natureza o Cd não é encontrado como um metal puro, mas sim em combinação com outros elementos, como óxidos, sulfetos e carbonatos em minérios de zinco, chumbo e cobre (GARCÍA e CRUZ, 2012).

A obtenção de Cd ocorre através da exploração de Cu e Zn e por ser um subproduto, o Cd tem um valor relativo. Outra forma de poluição por Cd, se dá pelas diversas aplicações na indústria, como na produção de pneus e plásticos, pigmentos na indústria de tintas, produção de ligas e condutores, e na fabricação de baterias (SILVA, 2010; GARCIA e CRUZ, 2012).

Os metais não essenciais apresentam um risco considerável para a saúde humana (MOSCHEM e GONÇALVES, 2020). Estritamente, o Cd e seus compostos possuem um potencial carcinogênico, além de serem agentes para várias patologias, incluindo hipertensão, arteriosclerose, doenças crônicas em idosos e disfunção renal (CASTRO, 2006; GARCIA e CRUZ, 2012; YAN et al., 2019).

2.4 Adsorção

Desde o início do século, a adsorção vem sendo um objeto de grande interesse dos cientistas, pois esse processo apresenta importância biológica, tecnológica, além de aplicações práticas na indústria e na proteção ambiental, tornando-se um instrumento de grande valor para vários setores (NASCIMENTO et al., 2014).

Um dos processos mais eficientes no tratamento de águas e águas residuais, a adsorção vem sendo empregada nas indústrias com intuito de diminuir os níveis dos compostos tóxicos dos seus efluentes na natureza (NASCIMENTO et al., 2014).

Segundo Nascimento et al. (2014), a adsorção é uma operação de transferência de massa, a qual estuda a habilidade de certos sólidos em concentrar na sua superfície

determinadas substâncias existentes em fluidos líquidos ou gasosos, possibilitando a separação dos componentes desses fluidos.

Existem dois tipos de adsorção, a química e a física. A adsorção química ocorre quando a ligação entre o adsorvente e o adsorvato é forte e irreversível, já na adsorção física, a ligação é fraca e pode sofrer reversão (CAVALCANTI, 2009).

De acordo com Boniolo (2008), o efeito da adsorção vai depender: da temperatura, da natureza e concentrações do adsorvato e adsorvente, do pH do meio, da solubilidade do soluto, do tempo de contato e agitação, entre outros.

Os adsorventes são substâncias porosas que têm uma área superficial elevada para uma dada massa. entre os quatro adsorventes mais utilizados comercialmente encontram-se o carvão ativado, zeólitas, sílica gel e alumina ativada, devido às suas elevadas áreas superficiais (MOREIRA, 2010).

Os preços elevados são um dos fatores limitantes para o uso de materiais encontrados comercialmente, como o carvão ativo e as resinas quelantes (BONIOLO, 2008). Sendo que alguns desse compostos ainda causam um impacto significativo para o ecossistema, logo temos a inviabilização da aplicação em escala industrial (CRUZ, 2009).

Nos últimos anos, a comunidade científica vem estudando vários adsorventes oriundos de resíduos agrícolas, subprodutos e materiais naturais com o intuito de caracterizar um adsorvente barato e eficiente na remoção de metais não essenciais (FERREIRA, 2015).

Diante desta necessidade surgem os biossorventes originários de rejeitos ou dejetos do setor agroindustrial para remediação de efluentes contaminados, solucionando ao mesmo tempo os problemas de destinação dos resíduos agroindustriais e a redução de custos para a descontaminação de efluentes carregados com íons metálicos tóxicos (VAGHETTI, 2009).

2.5 Biossorventes

Entre as opções de tratamento e diminuição da ação de metais não essenciais no ecossistema temos os biossorventes que são materiais de origem biológica e que possuem a capacidade de adsorver ou absorver íons metálicos em solução. No meio desses materiais estão os micro-organismos (bactérias, microalgas e fungos) e vegetais macroscópicos (algas, gramíneas, plantas aquáticas) (LIMA, 2017). Partes ou tecidos específicos de frutas e vegetais (casca, bagaço, semente) também apresentam a capacidade de acumular metais pesados (SCHNEIDER, 1995; LIMA, 2017). O uso de resíduos agroindustriais como adsorventes para

a regeneração de efluentes industriais é uma prática totalmente viável (POLLARD, 1992; CRUZ, 2009).

As reações que ocorrem durante a retenção de metais em um biossorvente de origem vegetal estão diretamente relacionadas aos grupos funcionais presentes na extensão da biomassa, como os grupos orgânicos ácidos carboxílicos, fenóis, aminas e amidas, estes grupos têm a capacidade, em certa medida de se ligar com metais pesados por doação de um par de elétrons e a partir desses grupos formar complexos com os íons de metais em solução. (LIMA, 2017).

Muitas pesquisas têm experimentado diferentes tipos de adsorventes, tais como casca de banana, casca de arroz, serragem de madeira, casca de laranja, fibra de coco, entre outros (BATISTA et al., 2012; LIMA, 2017).

Cruz (2009), em seu trabalho, enfatiza que tais resíduos por apresentarem preço baixo podem ser rapidamente utilizados em processos de tratamento de efluentes industriais e o aspecto da sua biodegradabilidade traz muitas vantagens com relação às políticas ambientais vigentes.

2.6 Casca de banana como biossorvente

Amplamente plantada em regiões tropicais e subtropicais, a banana (*Musa acuminata*) é uma fruta com alto valor nutricional e tem sido consumida por pessoas em todo o mundo (MOHAPATRA et al., 2011; YANG, J. et al., 2019).

Em 2019 o Brasil produziu cerca de 6.8 milhões de toneladas de banana, garantindo o quarto lugar na produção mundial. Índia, China e Indonésia ocupam os três primeiros lugares no ranking da produção mundial (IBGE, 2019; FAO, 2019).

Constituída principalmente por hemicelulose, lignina e celulose a biomassa é formada principalmente por carboidratos que são desenvolvidos pela combinação de dióxido de carbono e água da atmosfera, na reação de fotossíntese pela clorofila (SILVA, 2013).

No processo de adsorção o uso da biomassa é benéfico por dois aspectos: o primeiro associado ao baixo custo na obtenção da matéria prima e o segundo na reutilização de materiais que seriam descartados. De modo geral, as pessoas não apresentam o costume de utilizar a casca dos alimentos nas refeições, gerando toneladas de resíduos.

Do peso total da banana madura, 47 a 50% é da casca, que por sua vez até o presente momento não possui aplicação em escala industrial, sendo utilizada de forma direta na alimentação animal (CRUZ, 2009).

A Composição química da casca e da polpa da banana é mostrada a seguir na tabela 1.

Tabela 1. Composição química da casca e da polpa da banana.

Parâmetro	Teores da casca de banana/100 g	Teores da polpa de banana/100 g
Umidade (g)	89,47	64
Cinzas (g)	0,95	0,8
Lipídeos (g)	0,99	0
Proteínas (g)	1,69	1
Fibras (g)	1,99	1,5
Carboidratos (g)	4,91	34
Calorias (Kcal)	35,30	128
Cálcio (mg)	66,71	0
Ferro (mg)	1,26	0,3
Sódio (mg)	54,27	<0,4
Magnésio (mg)	29,96	24
Zinco (mg)	1,00	0,3
Cobre (mg)	0,10	0,05
Potássio (mg)	300,92	328

Fonte: GONDIM et al. (2005).

Boniolo (2008) enfatiza a casca da banana como sendo uma biomassa residual, não consumida pelas indústrias alimentícias, visto que geralmente utiliza-se somente a polpa descartando as cascas. Quando descartadas entram em processo de decomposição liberando mau cheiro e juntando vetores, acarretando à poluição e o impacto local.

A casca da banana é uma parte do fruto desprezada possuindo teor de fibras maior que o próprio fruto (BOSCH NETO et al., 2005), é um material muito atrativo para adsorção de substâncias catiônicas devido a presença de ácido péptico, ácidos orgânicos pequenos, lignina e proteínas (JESUS et al., 2011).

O uso da casca de banana como bioissorvente reduz o impacto ambiental de duas formas: na primeira a biomassa residual que muitas vezes se torna um poluente pelo acúmulo é retirada do local onde é gerada ou depositada; e a segunda é que os efluentes industriais

podem ser tratados por esta biomassa. Portanto, a casca de banana, biomassa residual abundante, apresenta-se como uma alternativa de baixo custo aos tratamentos convencionais de remoção de metais pesados, além de colaborar para o desenvolvimento sustentável (BONIOLO, 2008).

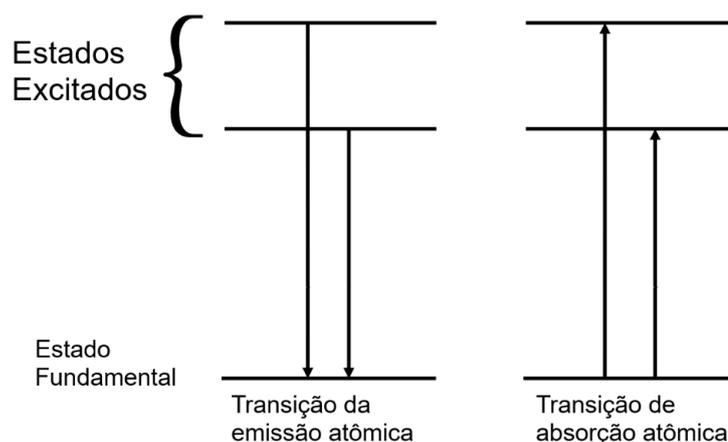
2.6 Técnica de espectrofotometria de absorção atômica

Criado em 1859, pelo químico Robert W. Bunsen e pelo físico Gustav R. Kirchhoff, o espectroscópio permitiu que eles observassem as linhas de emissão de elementos químicos que eram excitados em uma chama não luminosa (queimador de Bunsen). Com a aplicação constante desse equipamento foi possível descobrir dois novos elementos químicos, o Césio (Cs) e o Rubídio (Rb) (FIGUEIRAS, 1996).

Atualmente a técnica de espectrometria de absorção atômica (AAS – Atomic Absorption Spectrometry) é uma das mais utilizadas na determinação de elementos, pois é considerada uma técnica com boa sensibilidade analítica (AMORIM et al., 2008). Esse aparelho consegue fazer leituras em baixas concentrações de elementos, que podem estar presente em amostras distintas, sejam estas líquidas, sólidas, em suspensão, e até mesmo gasosas, podendo estar associada a sistemas de análise em fluxo e permitir estudos de especiação (AMORIM et al., 2008).

Essa técnica é fortemente específica, pois as linhas da absorção atômica são estreitas (0,002 a 0,005 nm) e as energias de transições eletrônicas são exclusivas para elementos diferentes (SKOOG, 2002). As concepções da técnica são representadas resumidamente a seguir e podem ser observadas na Figura 2.

Figura 2. Processo de Absorção e Emissão Atômica .



Cada elemento em seu estado gasoso possui um número específico de elétrons associados ao seu núcleo, o que lhe confere uma configuração mais estável denominada de estado fundamental (CAMPOS e GRINBERG, 2001).

A absorção ocorre quando se aplica uma determinada quantidade de energia no átomo, onde o elétron mais externo é promovido para um nível energético superior, ocasionando uma configuração energética denominada de estado excitado. Esta configuração é instável, o que faz com que o átomo retorne imediatamente para o estado fundamental, liberando a energia absorvida sob a forma de luz (CAMPOS e GRINBERG, 2001).

Moléculas, átomos e íons absorvem energia, de diferentes formas e comprimento de onda, em regiões específicas do espectro eletromagnético. Na presença de altas temperaturas, os analitos em solução são transformados em átomos e íons. Os átomos de cada elemento absorvem radiação em comprimentos de onda específicos, e esta absorção é dependente da concentração dos mesmos (CAMPOS e GRINBERG, 2001; AMORIM et al., 2008).

Com o acréscimo do número de átomos presentes no caminho ótico, como consequência ocorre o aumento da quantidade de energia absorvida e, realizando-se a medida da variação desta quantidade de luz transmitida pode determinar quantitativamente o analito presente. Devido às fontes de luz conjugadas com sistemas eficientes de seleção de comprimento de onda encontrada na técnica da absorção atômica, podem-se determinar especificamente diversos elementos (CAMPOS e GRINBERG, 2001; AMORIM et al., 2008).

3 PROBLEMA

A casca da banana tem propriedades que auxiliam na adsorção de cádmio em solução aquosa? Essa adsorção sofre variação se alterarmos a concentração da biomassa e do Cd em pH 3?

4 OBJETIVOS

4.1 Geral

Avaliar a eficácia da biomassa de casca de banana na adsorção de Cádmio em meio líquido ácido.

4.2 Específicos

- Analisar a variação na quantidade de biomassa (1g, 2g e 3g) e correlacionar com as quantidades (0,2 mg/L, 0,4 mg/L e 0,6 mg/L) de metal adsorvido;
- Avaliar o processo de adsorção em pH 3;
- Quantificar o metal adsorvido em cada variação da biomassa.

5 MATERIAL E MÉTODOS

O método utilizado neste trabalho foi adaptado de Anwar et al. (2010), Piovezan et al. (2017) e Oliveira et al. (2017).

5.1 Local de estudo

Realizou-se os estudos nos meses outubro e novembro de 2021, no Laboratório de Absorção Atômica e Bioprospecção (LAAB) da Universidade Federal do Amapá – UNIFAP.

5.2 Material e Reagentes

Os materiais utilizados para a realização desse estudo foram 6kg de casca de banana para obtenção da biomassa, nitrato de cádmio IV tetra hidratado ($\text{CdNO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) para a solução metálica, hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1M e ácido clorídrico (HCl) a 0,1 M para os ajustes de pH e água destilada.

A curva analítica (0,1; 0,2; 0,4; 0,6 e 0,8 mg/L) foi preparada a partir da solução-padrão de 1000 mg/L, marca Specsol.

5.3 Delineamento Experimental

5.3.1 Preparo da solução de cádmio (1000 mg/L)

Em uma balança analítica pesou-se aproximadamente 2,1032 g de nitrato de cádmio IV tetra hidratado ($\text{CdNO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) e dissolveu-se com água destilada essa massa em balão volumétrico de 1 litro.

5.3.2 Preparo da solução de cádmio (0,2; 0,4 e 0,6 mg/L)

A partir da solução de 1000 mg/L de Cd, foram diluídas as soluções nas concentrações de 0,2; 0,4 e 0,6 mg/L de Cd, em quintuplicatas, no volume de 500 mL cada Erlenmeyer.

5.3.3 Ajuste para pH 3 das soluções de cádmio (0,2; 0,4 e 0,6 mg/L)

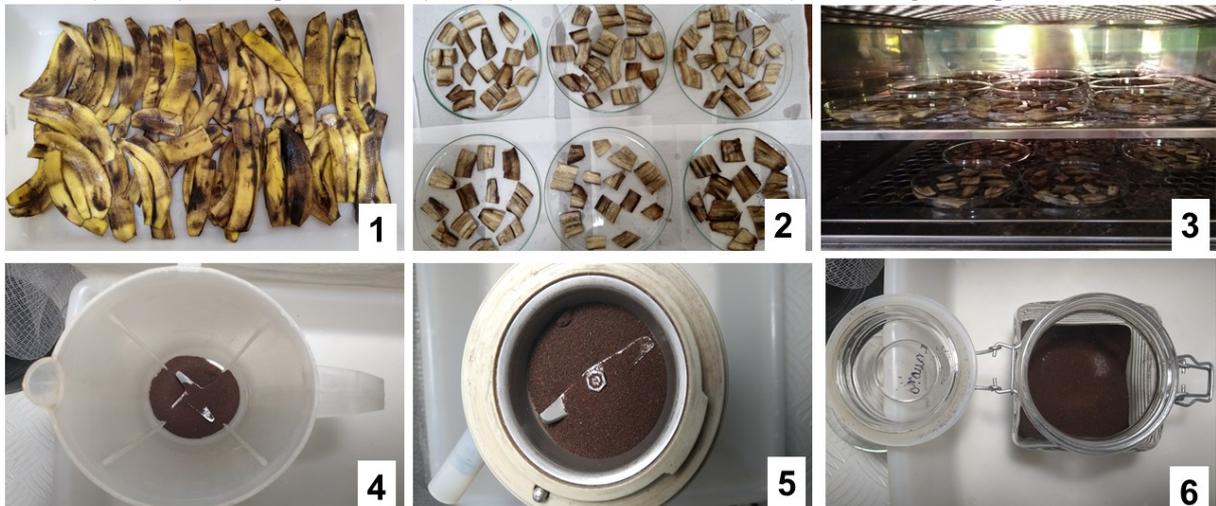
Para o ajuste do pH, utilizou-se o pHmetro da fabricante MS Tecnoyon Instrumentação, modelo mPA210. O referido equipamento foi calibrado com as soluções-tampão de pH 4,00 e 7,00, resultando em sensibilidade de 98,25%. Cada solução com cádmio teve o pH adequado a $3,00 \pm 0,10$, com ácido clorídrico (HCl) 0,1 mol/L.

5.3.4 Desenvolvimento do bioissorvente

As cascas da banana, de nome científico *Musa acuminata*, foram provenientes do comércio local da região de Santana e Macapá. A preparação de um bioissorvente envolve a

execução de tratamentos físicos simples e de baixo custo, os passos a seguir que estão ilustrados na Figura 3. Inicialmente as cascas foram lavadas com água destilada (1). Em seguida cortadas em pedaços de aproximadamente 5cm para facilitar a secagem (2), posteriormente as cascas na placa de Petri foram colocadas na estufa a 100°C até secar completamente (3). Subsequente as cascas foram batidas no liquidificador (4). Subsequente foram trituradas em um moinho analítico para obter a biomassa com partículas entre 80µm e 100µm (5). Por fim a biomassa foi adicionada em um pote hermético (6).

Figura 3. Passo a passo para a obtenção da biomassa. 1) lavagem da casca. 2) corte das cascas. 3) secagem na estufa. 4) trituração no liquidificador. 5) trituração no moinho analítico. 6) armazenagem no pote hermético



Fonte: autora

5.3.5 Fase experimental

O protocolo experimental pode ser visualizado na figura 3, onde temos as seguintes fases: 1) ajustou se o pH da solução metálica com as soluções de HCl a 0,1M e com NaOH a 0,1 M. 2) Subsequente foram retiradas uma alíquota de 7 mL da solução antes do contato com a biomassa. 3) Em seguida, a biomassa foi adicionada na solução onde ficaram em reação por 120 minutos em leito fixo. 4) Posteriormente, retirou-se uma segunda alíquota de 7 mL para realizar as análises no espectrofotômetro de absorção atômica. Todos os experimentos foram realizados em quintuplicadas, portanto, teremos $n = 5$, para cada biomassa teremos as três variações de cádmio no pH 3.

Figura 4. Fase experimental. 1) ajuste de pH. 2) retirada da alíquota Sem Biomassa 3) processo de reação 4) retirada da segunda alíquota após o processo de reação

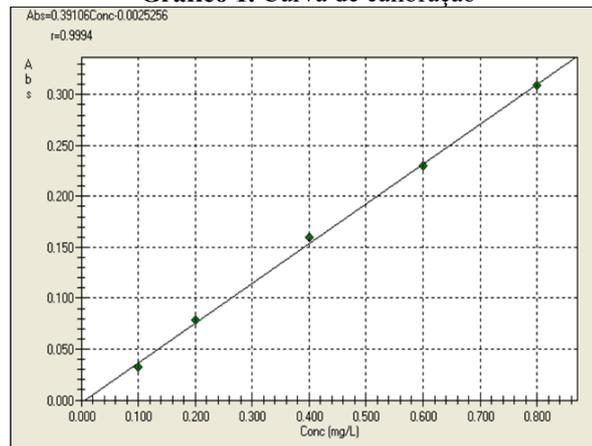


Fonte: autora

5.3.6 Determinação das concentrações de cádmio

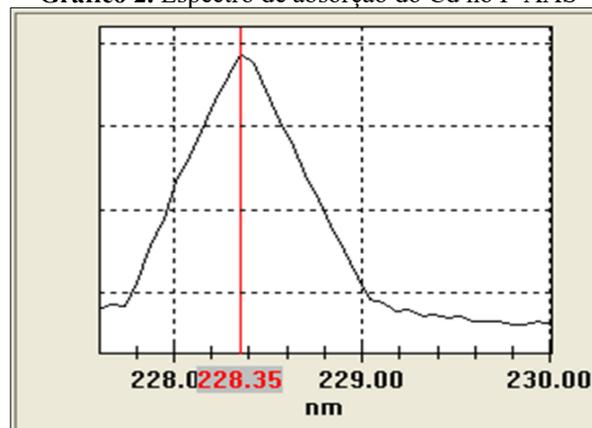
As amostras da solução armazenadas nos tubos de ensaio foram analisadas no espectrofotômetro de absorção atômica de chama (F-AAS), SHIMADZU, modelo AA-6300, do laboratório de Absorção Atômica e Bioprospecção (LAAB) da UNIFAP, para determinação das concentrações de Cd. Para a validação do método, Gráfico 1 e Gráfico 2, todos os processos seguiram as normas estabelecidas pelo fabricante do equipamento. As condições para determinação do elemento são apresentadas na tabela 2.

Gráfico 1. Curva de calibração



Fonte: Autora

Gráfico 2. Espectro de absorção do Cd no F-AAS



Fonte: Autora

Tabela 2. Parâmetros instrumentais de análise em absorção atômica por chama do Cd

Corrente da lâmpada de cátodo (mA)	Comprimento de onda (nm)	Abertura da fenda do monocromador (nm)	Fluxo de gás (L/min)	
			Ar	Acetileno
8	228,4	0,7	15,0	1,8

Fonte: autora

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diante das análises realizadas por espectroscopia de absorção atômica obteve-se os seguintes resultados mostrados na tabela 3, os experimentos foram realizados em quintuplicatas portanto, teremos n=5, para cada massa de biomassa teremos as três variações de cádmio no pH3.

A biomassa B1 (1g/0.5L) na concentração Cd de 0,2 mg/L obteve valores médios de 0.158 apresentando um desvio padrão de 0.0087, com valores máximos de 0.1767 e com coeficiente de variação de 5.4%, seu percentual de adsorção é de 75,20%. Na concentração Cd de 0.4 mg/L tem-se uma queda no percentual de adsorção para 22,86% com valores médios e máximos de 0.0937 e 0.1767 respectivamente, seu coeficiente de variação é de 23.45%. O Cd 0,6 mg/L obteve um percentual de adsorção de 27,87%, com valores máximos de 0,2327 e médios de 0.1782 o desvio padrão foi de 0.0334 com coeficiente de variação de 18.74%.

Na B2 (2g/0.5L) obtivemos um percentual de adsorção mais favorável nos Cd 0,4 mg/L e 0,6 mg/L com 67,20 e 67,63% respectivamente, no Cd 0,2 mg/L obtivemos um resultado de 33,15% com um desvio padrão de 0.0057, valores médios de 0.0681 e máximos de 0.0814 seu CV foi de 8.42%.

O Cd 0,2 da B3 (3g/0.5L) apresentou valores médios de 0.148, máximos de 0.1581 com desvio padrão de 0.0063 seu CV é de 4.22%, com percentual de adsorção de 60,85%. O percentual do Cd 0,4 mg/L cai para 32,37% com valores médios de 0.1235, máximos de 0.1854 com desvio padrão de 0.0325 e CV de 26.33%. O percentual de adsorção no Cd 0,6 mg/L é de 25,15% com valores médios de 0.1522, máximos de 0.1954 e um desvio padrão de 0.0325, seu CV é de 21.38%.

Tabela 3. Resultado da biomassa da casca da banana (*Musa acuminata*) no pH 3, por meio da técnica de Espectroscopia de absorção atômica.

Biomassa (g/L)	Cd (mg/L)	Valores máximos	Valores mínimos	Valores médios	Desvios Padrão	CV (%)	Percentual de adsorção
B1	0,2 (n=5)	0.1767	0.1455	0.158	0.0087	5.4	75,20%
	0,4	0.1246	0.0609	0.0937	0.022	23.45	22,86%
	0,6	0.2327	0.1427	0.1782	0.0334	18.74	27,87%
B2	0,2 (n=5)	0.0814	0.0618	0.0681	0.0057	8.42	33,15%
	0,4	0.3007	0.2488	0.2839	0.0172	6.05	67,20%
	0,6	0.5287	0.3843	0.4307	0.04	9.27	67,63%
B3	0,2 (n=5)	0.1581	0.1322	0.148	0.0063	4.22	60,85%
	0,4	0.1854	0.0866	0.1235	0.0325	26.33	32,37%
	0,6	0.1954	0.1051	0.1522	0.0325	21.38	25,15%

Fonte: autora

Legenda:

Cv: Coeficiente de variação;

Cd: Cádmio;

pH: potencial Hidrogeniônico;

B1: Biomassa 1g;

B2: Biomassa 2g;

B3: Biomassa 3g.

Durante o processo de levantamento bibliográfico, observou-se que vários estudos tem sido realizados para avaliar o potencial da casca de banana como biossorvente na remoção de metais não essenciais, como descrito na tabela 4.

Ao analisar os dados descritos na tabela 3, observou-se que a quantidade de Cd adsorvido sofreu alteração de acordo com a quantidade de biomassa, na concentração 0,2 mg/L, a biomassa que se destacou foi a B1 com 75,20% de aproveitamento, na 0,4 mg/L e 0,6 mg/L a B2 se destacou com 67,20% e 67,63% respectivamente. Estes resultados vão de concordância com os valores descritos na literatura (tabela 4), mesmo com a variação de metodologias, percebe-se o alto potencial da casca da banana in natura.

Tabela 4. Casca de banana (*Musa acuminata*) na adsorção de diferentes metais.

Tipo de trabalho	Referência	Idioma	Metais de interesse	Efluente tratado	Eficiência do adsorvente %
------------------	------------	--------	---------------------	------------------	----------------------------

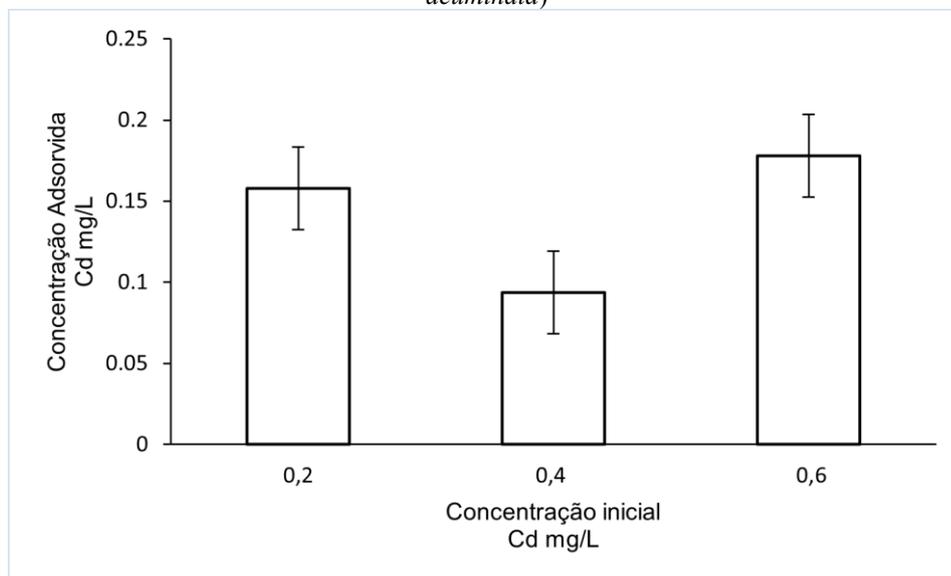
Dissertação	(BONIOLO, 2008)	Português	U	Sintético	60%
Artigo	(ANWAR et al., 2010)	Inglês	Pb e Cd	Sintético	89,2% e 85,3%
Artigo	(SABANOVIC et al., 2014)	Inglês	Cd, Co, Cr, Fe, Mn, Ni, e Pb,	Sintético	81,1% (Cd), 91,4% (Co), 87,2% (Cr), 90,1% (Fe), 88,0% (Mn), 94,1% (Ni) e 93,2% (Pb)
Artigo	(OLIVEIRA et al., 2017)	Português	Cu	Sintético	37,1% a 98,6%
Artigo	(PIOVEZAN et al., 2017)	Português	Cu ²⁺	Sintético	52,88%
Artigo	(DIAS et al., 2019)	Inglês	Cr (III)	Sintético	60%
Artigo	(PANIAGUA et al., 2021)	Português	Se (IV)	Águas naturais	40 a 90%.
Artigo	(MARTINS et al., 2021)	Português	Pb	Sintético	53,18%

Fonte: Dados da pesquisa

6.1 Influência da quantidade de Biomassa

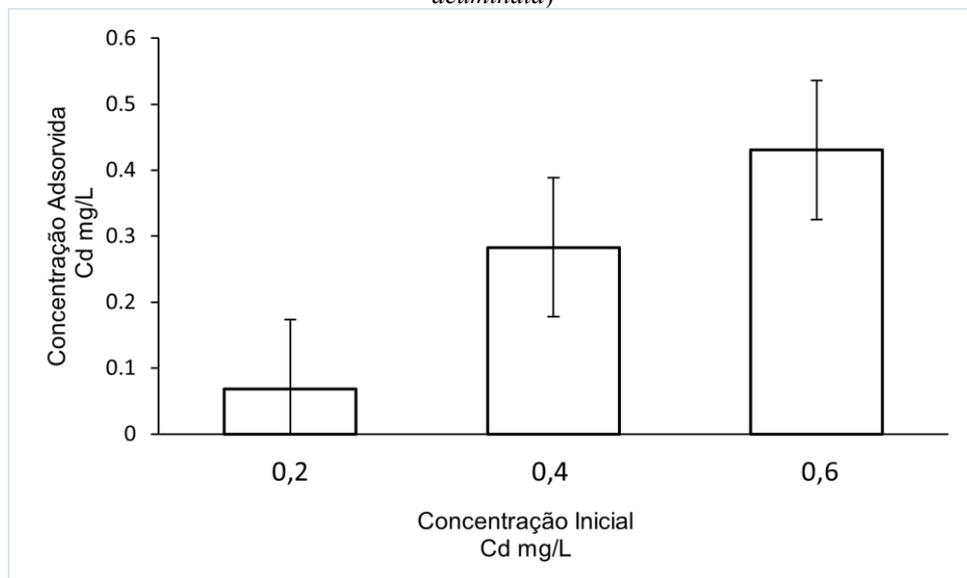
A influência da concentração da biomassa na adsorção de Cd, foi estudada a partir de 3 concentrações diferentes 1g/0.5L, 2g/0.5L e 3g/0.5L. Os resultados mostram que o rendimento do processo de adsorção é fortemente dependente da concentração de biomassa adicionada (ANWAR et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2017;). No gráfico 3, temos o rendimento da biomassa B1, onde sua capacidade de adsorção mais relevante ocorreu na concentração 0,2 mg/L que é a concentração máxima de Cd em efluentes estipulada pelo CONAMA (Resolução nº 430 de 2011).

Gráfico 3. Concentração adsorvida versus a concentração inicial da biomassa B1 da casca da banana (*Musa acuminata*)



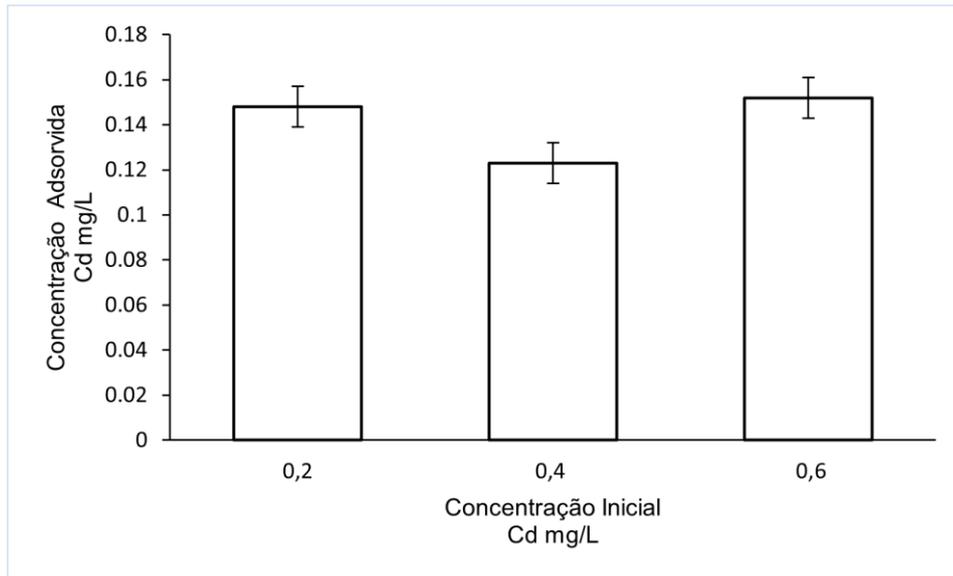
No gráfico 4 podemos observar o rendimento da biomassa B2, que se destacou na adsorção das concentrações 0,4 e 0,6 mg/L. Esse aumento ocorre devido ao crescimento de sítios ativos disponíveis para a adsorção de Cd, esses resultados estão de concordância com os estudos de Anwar e colaboradores (2010), em seus experimentos ele utilizou dosagens na faixa de 10-90 g L, e obteve resultados similares aos nossos, constatando que com dosagens na faixa de 1-3 g 0.5L, a variação de adsorção pode ser notada. Na concentração 0,2 mg/L de Cd percebemos que ocorreu uma queda na adsorção para 33,15%, logo considerou-se a hipótese de que os níveis estabelecidos para a concentração não foram adequados, inviabilizando a detecção da flutuação dessa concentração nos experimentos (OLIVEIRA et al., 2017).

Gráfico 4. Concentração adsorvida versus a concentração inicial da biomassa B2 da casca da banana (*Musa acuminata*)



O decaimento de aproveitamento que ocorreu na biomassa B3 (gráfico 5) é explicado na literatura como sendo consequência de uma agregação do adsorvente, o que resulta em uma diminuição da superfície efetiva da área de absorção de metal (KARTHIKEYAN et al., 2007; ANWAR et al., 2010).

Gráfico 5. Concentração adsorvida versus a concentração inicial da biomassa B3 da casca da banana (*Musa acuminata*)



6.2 Processo de adsorção em pH 3

O pH é uma das variáveis mais importantes no processo de remoção de metais pesados por biomassa, pois ele determina a carga da superfície do adsorvente e governa as interações eletrostáticas entre o adsorvente e o adsorvato (VOLESKY, 1990; BONIOLO, 2008; NASCIMENTO et al., 2014). Além disso, deve ser encontrado o pH ideal para cada metal devido a competição dos íons hidrogênio (H^+) com os cátions metálicos ou a não ativação dos sítios de ligação do biossorvente (ANWAR et al., 2010).

O pH escolhido para o experimento foi o pH 3, devido as condições ácidas serem necessárias para a adsorção máxima de Cd, pois eleva a afinidade da farinha da casca de banana aos íons metálicos (ANWAR, 2010). Em pH mais baixo, H^+ compete com cátions metálicos pelo sítio de adsorção disponível, enquanto em pH mais alto, os locais de adsorção não são ativados (ANWAR, 2010; NASCIMENTO et al., 2014).

Conforme comprovado em estudos de Anwar e colaboradores (2010) no pH 3 o processo de adsorção do Cd por biomassa da casca da banana é satisfatório. Este fato pode ser explicado pela protonação dos sítios de ligação quelante dos grupos carbonila e hidroxila da casca de banana (NGEONTAE, AEUNGMAITREPIROM e TUNTULANI, 2007).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados dos experimentos realizados para a avaliação do potencial da farinha da casca de banana como biossorvente para a remoção de Cd demonstram a eficácia do material. A concentração de B2 da farinha da casca da banana foi a mais satisfatória na remoção das concentrações de Cd 0,4 e 06 mg/L, para a concentração estipulada pelo CONAMA 0,2 mg/L a concentração mais eficaz foi a B1. Um dos aspectos mais promissores do estudo é que além de apresentar baixíssimo custo, ser natural, abundante e biodegradável, a casca de banana é considerada um resíduo, portanto torna-se uma opção alternativa para a remoção de Cd de águas residuais e efluentes industriais com o intuito de reprimir a poluição da água.

8 REFERÊNCIAS

- AGUILLAR, C. N.; SOARES, L. Q.; MENDES, F. Q.; CARVALHO, A. M. X.; NASSER, V. G. **Evaluation of heavy metal contents in water in Rio Paranaíba – MG.** Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n. 9, p. 64781-64880, sep. 2020. ISSN 2525-876.
- AMBRÓSIO, N.; BERNARDI, J. L.; DALLAGO, R.; MIGNONI, M. L. **Removal of heavy metals from effluents using ionic liquids: a review.** Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.7, n.5, p. 50189-50209 may. 2021.
- AMORIM, F. A. C.; LOBO, I. P.; SANTOS, V. L. C. S.; FERREIRA, S. L. C. **Espectrometria de Absorção Atômica: o caminho para determinações Multi Elementares.** Quim. Nova, Vol. 31, No. 7, 1784-1790, 2008.
- ANWAR, J.; SHAFIQUE, U.; WAHEED-UZ-ZAMAN; SALMAN, M.; DAR, A.; ANWAR, S. **Removal of Pb(II) and Cd(II) from water by adsorption on peels of banana.** Bioresource Technology 101 1752–1755, 2010.
- BATISTA, T. S.; LIRA, T. K. B.; SOUZA, J. S. B.; BARROS, T. R. B.; LIMA, V. E. **Remoção de chumbo (ii) em efluentes utilizando diferentes biomassas adsorventes.** Encontro Nacional de Educação, Ciência e Tecnologia/UEPB, 2012.
- BITTAR, D. B. **Determinação dos Metais Pesados Cd, Cu, Cr e Pb nas Águas do Rio Uberabinha e Proposta de Adsorção por Adsorventes Naturais.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, programa de Pós-Graduação em química, 2008.
- BONIOLO, M. R. **Biossorção de Urânio nas Cascas de Banana.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, 2008.
- BOSCH NETO, J. C.; GOMES, P. M. C.; SEGALL, S. D.; FERREIRA, A. G.; CHARBEL, A. T.; AZADINHO, A.; CARNEIRO, G.; CALDEIRA, E.; AIRES, L. **Obtenção da farinha da casca da banana através de um secador solar de moagem em moinho de bolas de baixo custo – valor nutricional e possibilidade na indústria de alimentos.** In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DOS ALIMENTOS, 2005, Campinas. **Anais.** Petrolina: UNICAMP. CD – ROM. 2005.
- BRASIL. **Resolução Conama nº 430, de 13 de maio de 2011.** Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a

Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. Disponível Em:

<https://www.adasa.df.gov.br/images/stories/anexos/8Legislacao/Res_CONAMA/Resolucao_CONAMA_430_2011.pdf> Acesso em 23 de novembro de 2021.

CASTRO, S. V. **Efeitos de Metais Pesados presentes na Água sobre a Estrutura das Comunidades Bentônicas do Alto Rio das Velhas-MG**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2006.

CARDOSO, L. M. N.; CHASIN, A. A. M. **Ecotoxicologia do Cádmio e seus compostos**. Salvador: CRA. V 6, 2001.

CAVALCANTI, J. E. W. de A. **Manual de tratamento de efluentes industriais**. São Paulo: Engenho Editora Técnica Ltda. 2009. 453 p.

CAMPOS, R. C.; GRINBERG, P. **Acoplamento cromatografia gasosa- espectrometria de absorção atômica em estudos de especiação: uma revisão**. Quim. Nova, Vol. 24, No. 2, 220-227, 2001.

CRUZ, M. A. R. F. da. **Utilização da casca de banana como biossorvente**. 2009. 74f Dissertação (Mestrado em Química dos Recursos naturais), Universidade Estadual de Londrina, Londrina – PR, 2009.

DIAS, R. F. C.; FELISBERTO, R.; RAMOS, A. F.; FARIA, R. R. DIAS, F. M. F.; DANTZGER, D. R. C. **Biosorption of Cr (III) from Aqueous Solution Using Banana Peel Powder**. Revista Processos Químicos Jul / Dez de 2019.

FAO-Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Countries by commodity**. Disponível em:<http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity> Acesso em: 16 de setembro de 2021.

FIGUEIRAS, C. A. L. **A espectroscopia e a Química da descoberta de novos elementos ao limiar da Teoria Quântica**. Química nova na escola Espectroscopia e Química n° 3,1996.

FERREIRA, P. P. L.; BRAGA, R. M.; TEODORO, N. M. A.; MELO, V. R. M.; MELO, D. M. A.; MELO, M. A. F. **Adsorção de Cu²⁺ e Cr³⁺ em efluentes líquidos utilizando a cinza do bagaço da cana-de-açúcar**. Cerâmica, v. 61, p. 435-441, 2015.

FONSECA, L. A.; CASTRO, M. M. F.; PEREIRA, M. A. **Study of the characteristics of activated carbon from sugarcane bagasse in lead adsorption in industrial effluents.** Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.7, n.12, 2021.

GARCÍA, P. E. P.; CRUZ, M. I. A. **Los efectos del cadmio en la salud.** Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas, vol. 17, núm. 3, julio-septiembre, 2012, pp. 199-205.

GONDIM, J. A. M.; MOURA, M. de F. V.; DANTAS, A. S.; MEDEIROS, R. L.S.; SANTOS, K. M. **Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas.** Ciência Tecnologia Alimentos, Campinas, v.25(4), p. 825-827, 2005.

IBGE - **Produção Agrícola Municipal- PAM 2019.** Disponível em: <
https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam_2019_v46_br_informativo.pdf
> Acesso em: 16 de setembro de 2021.

JESUS, D. M. A.; ROCHA, J. F.; ALFAYA, A. A. F. **Utilização da farinha da casca de banana na remoção de corante têxtil em solução aquosa.** In: 34ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 2011, Florianópolis. **Anais** Florianópolis, Sociedade Brasileira de Química (SBQ), 2011.

KARTHIKEYAN, S., BALASUBRAMANIAN, R., IYER, C.S.P. **Evaluation of the marine algae *Ulva fasciata* and *Sargassum* sp. For the biosorption of Cu(II) from aqueous solutions.** Bioresour. Technol. 4, 452–455, 2007.

LIMA, S. N. P. **Caracterização das fibras de buriti e sua aplicabilidade como adsorvente de metais e corantes.** Dissertação (Mestrado em biotecnologia) Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2017.

MARTINS, B. E. B.; MOURA, C. W.; OLIVEIRA, L. L.; MELO, N. M.; KNEBELKAMP, P.; RHODEN, S. M. **Remoção de metais da água utilizando cascas de bananas frescas.** Brazilian Journal of Development ISSN: 2525-8761 36806, 2021.

MANAHAN, S. E. **Fundamentals of environmental chemistry.** 2nd ed, New York: Lewis Publishers, 2001.

MOHAPATRA, D., MISHRA, S., SINGH, C. B., & JAYAS, D. S. **Post-harvest processing of banana: opportunities and challenges.** *Food & Bioprocess Technology*, 4(3), p. 327-339, 2011.

MOREIRA, D. R. **Desenvolvimento de adsorventes naturais para tratamento de efluentes de galvanoplastia**. 2010,79f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais), Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, 2010.

MOSCHEM, J. C.; GONÇALVES, P. R. **Impact of Heavy Metals: An Analysis of Biochemical and Cellular Effects**. Health and Biosciences, v.1, n.2, ago. 2020 Disponível em:<<https://periodicos.ufes.br/healthandbiosciences/article/view/31629/21342>> Acesso em 03 de janeiro de 2022.

NASCIMENTO, R., F.; LIMA, A., C., A.; VIDAL, C., B.; MELO, D., Q.; RAULINO, G., S., C. **Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014.

NEGRÃO, G. N.; OLIVEIRA, B. H. M.; BUTIK, M. **Environmental monitoring of heavy metals in aquatica macrophytes by Analyzing atomic absorption spectrometry – aas in the cascavel river basin, Guarapuava, PR**. Revista Geoaraguaia ISSN:2236-9716 Barra do Garças – MT v.11, n.1, p.338-354. jun-2021.

NGEONTAE, W.; AEUNGMAITREPIROM, W.; TUNTULANI, T. **Chemically modified silica gel with aminothioamidoanthraquinone for solid phase extraction and preconcentration of Pb(II), Cu(II), Ni(II), Co(II) and Cd(II)**. Talanta. 2007 Feb 28;71(3):1075-82. doi: 10.1016/j.talanta.2006.05.094. Epub 2006 Jul 20. PMID: 19071415.

OLIVEIRA, E. A. **Estudo do potencial de utilização da biomassa de Luffe cylindrica na descontaminação de efluentes contendo íons metálicos e corantes têxteis**. Tese (Doutorado em química). Universidade Estadual De Maringá. Maringá, 2007

_____, K. S. G. C.; CABRAL, P. H. T. D.; SILVA, R. R. M.; DIAS, C. T.; URZEDO, A. P. F. M. **Reaproveitamento da casca de banana para tratamento de soluções aquosas contendo cobre**. XII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica UFSCar – São Carlos – SP 16 a 19 de julho de 2017.

PANIAGUA, C. E. S.; COSTA, B. E. S.; COELHO, N. M. M. **Investigação da potencialidade adsortiva da farinha da casca de banana in-natura e modificada com tiosemicarbazida para remediação de Sb(III) e Se(IV) em águas naturais**. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.7, n. 3, p. 24067-24087 mar. 2021.

PIOVEZAN, M.; FERRAREZE, J. P.; VIEIRA, J. B. T.; SILVA, B. F. **Farinha de casca de banana como bioissorvente para cobre (Cu²⁺): uma proposta prática para tratar resíduos.** Revista Agronomia Brasileira Vol 1, 2017.

POLLARD, S. J. T.; FOWLER, G. D.; SOLLARS, C. J.; PERRY, R. **Low cost adsorbents for waste and wastewater treatment: a review.** Science Total Environmental, v. 116, p. 31-52, 1992.

SANTANA, J. S.; SANTOS, B. R.; RESENDE, B. O. **Utilização da casca de banana como bioissorvente para adsorção de metais pesados viabilizando sua utilização em águas residuárias da indústria galvânica.** INOVAE - ISSN: 2357-7797, Vol.8, pág. 143-157, São Paulo, 2020.

SABANOVIC, E.; MEMIC, M.; SULEJMANOVIC, J.; HUREMOVIC, J. **Pulverized banana peel as an economical sorbent for the preconcentration of metals.** Analytical Letters, 48: 42–452, 2015 ISSN: 0003-2719 print=1532-236X online DOI: 10.1080/00032719.2014.947534

SCHNEIDER, I. A. H. **Bioissorção de metais pesados com biomassa de macrófitos aquáticos.** 1995, 141f. Tese (Doutorado Programa de Pós – Graduação em Engenharia Metalúrgica e dos Materiais), Porto Alegre, 1995.

SILVA, R. P. **Remoção de metais pesados em efluentes sintéticos utilizando vermiculita como adsorvente.** Natal, Rio Grande do Norte: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2010.

_____, L. B. **Emprego de adsorventes oriundos da casca de arroz na remoção de cobre em efluentes aquosos.** Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2013.

SOUZA, A. K. R.; MORASSUTI, C. M.; DEUS, W. B. **Poluição do ambiente por metais pesados e utilização de vegetais como bioindicadores.** Acta Biomedica Brasiliensia / Volume 9/ nº 3/ dezembro de 2018.

SKOOG, D.A.; HOLLER, F.J.; NIEMAN, T.A. **Princípios de Análise Instrumental.** 5ª ed. Bookman: São Paulo, 2002.

VAGHETTI, J. C. P. **Utilização de biossorvente para remediação de efluentes aquosos contaminados com íons metálicos.** 2009. 84f. Tese (Doutorado em Química), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, 2009.

VOLESKY, B.; **Biosorption of heavy metals**, CRC Press, Boca Raton, Florida, 396 p, 1990.

YANG, J.; ZENG, J.; WEN, L.; ZHU, H.; JIANG, Y.; JOHN, A.; YU, L.; YANG, B. **Effect of morin on the degradation of water-soluble polysaccharides in banana during softening.** Food Chemistry 287 p. 346–353, 2019.

YAN, Y-Y; YANG, B.; LAN, X-Y.; LI, X-Y., XU, F-L. **Cadmium accumulation capacity and resistance strategies of a cadmium-hypertolerant fern - *Adiantum fortunei*.** Science of the Total Environment v. 649 p. 1209–1223, 2019.

REFERÊNCIAS DE IMAGEM

MASSOCATO, C. L.; PASCHOAL, E. C.; BUZINARO, N.; OLIVERIA, T. F.; TARLEY, C. R. T.; CAETANO, J.; GONCALVES, A. C.; DRAGUNSKI, D. C.; DINIZ, K. M.. **Preparation and evaluation of kinetics and thermodynamics studies of lead adsorption onto chemically modified banana peels.** Desalination and Water Treatment, v.51, 2013.

HARRIS, D. C. **Análise química quantitativa.** Rio de Janeiro : LTC, 2008.

APÊNDICES

Apêndice A – Proposta de Ensino

EDUCAÇÃO AMBIENTAL E O ENSINO DE QUÍMICA: MINERAÇÃO NO ESTADO DO AMAPÁ COMO ABORDAGEM TEMÁTICA

OBJETIVO: Apresentar uma proposta temática com foco nas atividades mineradoras no estado do Amapá enfatizando o conteúdo metais não essenciais agregado ao ensino de educação ambiental.

Considerando o atual cenário político e social, a Educação Ambiental é uma das temáticas que mais precisam ser enfatizadas, tendo em vista o crescimento do retrocesso nas políticas públicas ambientais: aumento do desmatamento, diminuição das áreas de preservação e do controle dos defensivos agrícolas usados na lavoura (ERNST et al., 2020). De acordo com Oliveira (2017), o conceito de EA resume-se em enfatizar temas relacionados à natureza, assumindo um caráter naturalista, distanciando-se do realista, esse que visa um indivíduo pensante que busca o desenvolvimento sustentável.

A Lei N° 9795 foi sancionada pelo governo federal em 27 de abril de 1999, com o intuito de determinar a Política Nacional de EA. Os problemas ambientais mesmo com a implantação dessa lei são debatidos de forma superficial nas instituições de ensino o que impede que a EA seja vista como prática efetiva (OLIVEIRA, 2017).

Dentro do ensino de química, temos a química ambiental que é o ramo da química responsável por compreender todos os processos químicos que ocorrem no meio ambiente, sejam eles naturais ou provocados pela ação humana (JUNIOR e ALVES, 2013). Em seu trabalho Junior e Alves (2013) descrevem a química ambiental como uma ciência interdisciplinar que envolve conhecimentos biológicos, ecológicos, geológicos e geográficos. De modo geral, a Química Ambiental busca esclarecer todos os mecanismos que controlam a concentração de substâncias na natureza (JUNIOR e ALVES, 2013).

No ensino médio a abordagem da temática ambiental em aulas de Química colabora para o desenvolvimento de valores, comportamento e atitudes nos alunos, desenvolvendo o senso crítico, ampliando a consciência de como seu comportamento impactam sua vida e para a vida de uma sociedade inteira, hoje e no futuro (OLIVEIRA et al., 2016).

Em meio a este enfoque, a educação igualmente favorece a percepção dos conceitos de Química, uma vez que estes estarão associados a eventos que ocorrem na vida cotidiana do

aluno (OLIVEIRA et al., 2016), já que os conteúdos de química se fazem presente em inúmeras atividades da sociedade, desde a produção e o consumo constante de produtos químicos, como também na geração de resíduos e impactos ambientais, cuja influência afeta direta ou indiretamente o meio ambiente, na qualidade de vida dos seres vivos e nas tomadas de decisões do cidadão, por isso, ela se torna fundamental na formação da cidadania (DINIZ et al., 2021).

O trabalho em foco envolve uma proposta de abordagem temática, no qual busca associar o conteúdo de química com temáticas presentes na sociedade atual, com o intuito de gerar discussões entre os alunos. A Mineração é um elemento essencial para se abordar dentro de sala de aula, pois de acordo com alguns registros a extração de minérios no Estado do Amapá teria iniciado no século XVII (IEPA, 2010).

De acordo com o IEPA (2010), a tradição da mineração no Estado do Amapá, tem perdurado até os dias atuais, pois nos últimos anos, ocorreram vários estudos geológicos que confirmam a riqueza no subsolo amapaense, apontando as potencialidades de exploração.

1 DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA DE ENSINO

A explicação para desenvolver a proposta, se baseia ao fato de que o estudo dos metais pesados pelos professores, enfatizando a mineração no estado, deve buscar não só a compreensão dos conceitos científicos, mas sua correlação com as aplicações tecnológicas, bem como suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas (LIMA E MERÇON, 2011). Portanto, o ensino proposto está descrito na tabela 5 em momentos, no qual estão detalhadas as etapas da aplicação.

Tabela5. Aplicação da Abordagem Temática: Mineração no Estado do Amapá

MOMENTOS	ETAPAS	DESCRIÇÃO
Primeiro Momento	Aplicação de Questionário Análise Qualitativa	Questionário qualitativo oral a respeito dos conhecimentos sobre mineração no estado do Amapá.
Segundo Momento	Exposição de fotos, vídeos e reportagens	Exposição de fotos, vídeos e reportagens que estão disponíveis na internet.
Terceiro Momento	Roda de conversa	Roda de conversa entre professor e alunos onde ambos irão expor suas considerações sobre o tema.

Quarto Momento	Trabalhar o conteúdo de metais pesados	Explicação do conteúdo teórico: Identificação dos metais pesados na tabela periódica, estudo de suas características, obtenção dos metais pesados, contaminação do meio ambiente e riscos que oferecem aos seres vivos.
Quinto Momento	Estabelecer relações entre a temática e o conteúdo abordado	Pedir para que os alunos escrevam uma argumentação estabelecendo uma relação entre a temática o conteúdo abordado e os riscos ao meio ambiente.
Sexto Momento	Avaliação oral	Avaliação oral individual em formato de apresentação.

Fonte: autora

Primeiro momento

Neste primeiro momento o professor inicia a abordagem da temática aplicando o questionário qualitativo oral, que objetiva avaliar os conhecimentos prévios dos alunos, tendo em vista que a mineração que ocorre no estado não tem tanta visibilidade nas principais zonas metropolitanas do estado. Abaixo temos alguns exemplos de perguntas que o professor pode adicionar em seu questionário.

- O que você sabe sobre a mineração que ocorre no nosso estado?
- Que tipo de metais são extraídos?
- Quais os benefícios a mineração provocam no estado?
- O que você entende pelo termo metais pesados?
- Quais as outras formas de obtenção de metais pesados?
- Existe alguma forma de extração que seja sustentável para a natureza?
- Como você acha que é feito o descarte dos rejeitos de mineiro?
- O que pode acontecer ao ambiente quando se tem um descarte inadequado desses rejeitos?
- Como podemos evitar o descarte inadequado de metais pesados na natureza?
- O que podemos fazer para contribuir?

Segundo momento

Após a avaliação do questionário qualitativo oral o professor inicia a exposição de fatos, com o auxílio de fotos, vídeos e reportagens com informações da mineração que ocorre no estado. O professor pode organizar a apresentação em formato de Power Point, na tabela 5 pode-se observar alguns sites que podem auxiliar o professor na aquisição dos materiais

Tabela 6. Sites de referências de atividades mineradoras no estado do Amapá

Nome do site	Descrição	Link
Vila Nova Mineração	Empresa responsável pelas minas de Cromita e Minério de Ferro, localizadas a 180km de Macapá.	http://www.mineracaovilanova.com.br/?page_id=10
Great Panther Mining limited	Empresa responsável pela extração de minérios da mina tucano, localizada a 200km da capital Macapá.	https://www.greatpanther.com/operations/producing-mines/tucano-mine/
Caulim da Amazônia S.A (CADAM)	Empresa responsável pelas operações no Morro do Filipe localizada a 350km de Macapá.	https://www.kaminllc.com/portuguese/plantsandoperations.html
Brasil de Fato	Reportagem intitulada “Amapá multa mineradora canadense em R\$ 50 milhões por contaminação ambiental na Amazônia” que expõem uma das situações de contaminação mais recentes ocorridas no estado.	https://www.brasildefato.com.br/2021/12/30/amapa-multa-mineradora-canadense-em-r-50-milhoes-por-contaminacao-ambiental-na-amazonia
Notícias de Mineração Brasil	O Notícias de Mineração Brasil (NMB) é o primeiro veículo da Aspermont na América Latina e traz uma cobertura completa com as últimas notícias, tendências e análises do setor brasileiro de mineração.	https://www.noticiasdemineracao.com/tag/amap%C3%A1/

Fonte: Dados da pesquisa

Terceiro momento

Esse terceiro momento pode ser em conjunto com o segundo momento, pois após as apresentações feitas pelo professor, ele abre a roda de conversa para expor as opiniões e as dúvidas dos alunos. O objetivo dessa roda de conversa é instigar a reflexão do tema por parte dos alunos.

Quarto momento

Nesse momento o professor inicia o conteúdo de tabela periódica enfatizando os metais pesados, seguindo a ordem dos seguintes tópicos:

- Identificação dos metais pesados na tabela periódica;
- estudo de suas características;
- obtenção dos metais pesados;
- contaminação do meio ambiente;
- riscos que oferecem aos seres vivos.

A metodologia que será usada para expor o conteúdo fica a critério do professor.

Quinto momento

Subsequente o professor irá estabelecer a ponte entre a temática e o conteúdo, requisitando uma argumentação escrita pelos alunos. Nesse texto os alunos devem expor sua opinião sobre o tema, além de propor uma alternativa de prevenir a contaminação do meio ambiente por atividades mineradoras.

Sexto momento

Por fim, esse momento destinado a avaliação, o professor deve organizar os alunos para a apresentação de seus textos. A avaliação que será de forma oral, deve seguir alguns critérios, exemplos:

- Oralidade do aluno;
- Domínio do tema;
- Proposta de prevenção.

Com isso o professor encerra a abordagem da temática.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei n. 9795 – 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental. Política Nacional da Educação Ambiental. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm> acesso em 06 de janeiro de 2022.

DINIZ, F. E.; SILVA, C. D. D.; SILVA, O. G.; SANTOS, D. B. **Chemistry Teaching integrated with environmental themes: An experience report with high school students.** Research, Society and Development, v. 10, n. 8, e25110817378, 2021.

ERNST, D. C.; WOLFF, A. D.; KAUFFMANN, L.; SOARES, L. G. **The context of environmental education in chemistry teaching: an analysis of high school chemistry teaching books.** Revista AmoBr Mundi, Santo Ângelo v.1 n.1 p. 121-129, out. 2020. DOI: <https://doi.org/10.46550/amormundi.v1i1.14>.

IEPA. **Diagnóstico do setor mineral do Estado do Amapá/coordenador, Marcelo José de Oliveira.** Macapá: Iepa, 2010. Disponível em: <http://www.iepa.ap.gov.br/arquivopdf/diagnostico_mineral_amapa.pdf>. Acesso em: 29 de dezembro de 2021.

JÚNIOR, G. J.; ALVES, C. P. A proteção ambiental e a interdisciplinaridade: uma aproximação entre o Direito Ambiental e a Química Ambiental. **Cadernos de Ciências Sociais Aplicadas, [S. l.]**, v. 8, n. 12, 2013. Disponível em: <<https://periodicos2.uesb.br/index.php/ccsa/article/view/1975>>. Acesso em: 7 jan. 2022.

LIMA, V. F.; MERÇON, F. **Metais Pesados no Ensino de Química.** Química Nova na Escola Vol. 33, Nº 4, NOVEMBRO 2011.

OLIVEIRA, R.; CACURO, T. A.; FERNANDEZ, S.; IRAZUSTA, S. P.* **Aprendizagem Significativa, Educação Ambiental e Ensino de Química: Uma Experiência Realizada em uma Escola Pública.** Rev. Virtual Quim., v. 8 (3), p. 913-925, 2016 disponível em: <<https://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/1383/740>> acessado em 07 de jan. de 2022.

_____, F. M. F. **Educação ambiental para o ensino de química: Utilização dos objetos virtuais de aprendizagem.** Revista de Pesquisa Interdisciplinar, Cajazeiras, n. 2, suplementar, p. 94 - 106, set. de 2017.