

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO AMAPÁ – IFAP
CAMPUS MACAPÁ
CURSO SUPERIOR DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

RODOLFO CARMO DE SOUZA LEITE

**PROPOSTA DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL
PARA CONTEÚDOS DO 1º ANO DO ENSINO MÉDIO COM A UTILIZAÇÃO DE
PROTÓTIPOS DE FILTRO DE CARVÃO ATIVADO DE CAROÇOS DE AÇAÍ
(*Euterpe oleracea*)**

MACAPÁ-AP

2020

RODOLFO CARMO DE SOUZA LEITE

**PROPOSTA DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL
PARA CONTEÚDOS DO 1º ANO DO ENSINO MÉDIO COM A UTILIZAÇÃO DE
PROTÓTIPOS DE FILTRO DE CARVÃO ATIVADO DE CAROÇOS DE AÇAÍ
(*Euterpe oleracea*)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso Superior de Licenciatura em Química, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá – IFAP, como requisito avaliativo para obtenção de título de Licenciado em Química.

Orientador: Prof. Me. Jorge Henrique Gomes

Co-orientador: Prof. Me. Jamil da Silva

MACAPÁ -AP

2020

Biblioteca Institucional - IFAP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

- L533p Leite, Rodolfo Carmo de Souza
 Proposta de atividades experimentais em educação ambiental para
 conteúdos do 1º ano do ensino médio com a utilização de protótipos de filtro
 de carvão ativado de caroços de açaí (*euterpe oleracea*) / Rodolfo Carmo de
 Souza Leite - Macapá, 2020.
 81 f.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Instituto Federal de
 Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, Campus Macapá, Curso de
 Licenciatura em Química, 2020.
- Orientador: Me. Jorge Emílio Henriques Gomes.
 Coorientador: Me. Jamil da Silva.
1. Adsorção. 2. Ensino. 3. Açaí. I. Gomes, Me. Jorge Emílio Henriques,
 orient. II. Silva, Me. Jamil da, coorient. III. Título.
-

RODOLFO CARMO DE SOUZA LEITE

PROPOSTA DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL
PARA CONTEÚDOS DO 1º ANO DO ENSINO MÉDIO COM A UTILIZAÇÃO DE
PROTÓTIPOS DE FILTRO DE CARVÃO ATIVADO DE CAROÇOS DE AÇAÍ (*euterpe
oleracea*)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso Superior de Licenciatura em
Química, do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Amapá – IFAP,
como requisito avaliativo para obtenção de
título de Licenciado em Química.

Orientador: Prof. Me. Jorge Henrique
Gomes

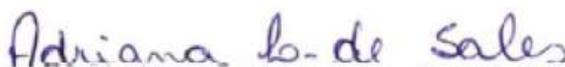
Co-orientador: Prof. Me. Jamil da Silva

BANCA EXAMINADORA

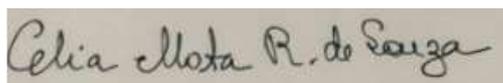
Prof. Me. Jorge Emílio Henriques Gomes
Orientador



Prof. Me. Jamil da Silva
Co-orientador e membro



Prof. Ma. Adriana Lucena de Souza
Membro



Prof. Esp. Célia Mota Rodrigues de
Souza
Membro Convidada - SEED/GEA

Aprovado em: 29/10/2020

Nota: 8,0

AGRADECIMENTOS

Dedico inicialmente este trabalho a meu orientador Jorge Henriques, que faleceu durante o processo de finalização deste trabalho, ele que foi meu mestre e amigo, com quem eu aprendi o valor da disciplina, que me faz ser e fazer o melhor em tudo que me proponho a executar, em um constante processo de autossuperação e evolução. Jamais esquecerei este homem e o que ele significou para mim.

A Deus pelo dom da vida e pela sabedoria a mim concedida;

A minha Mãe e meu Pai que são os alicerces da minha vida;

A todos os professores que ministraram no curso de licenciatura em química do Instituto Federal de Educação, ciência e tecnologia do Amapá, que muito contribuíram para o meu processo de ensino e aprendizagem.

“O verdadeiro lugar de nascimento é aquele em que lançamos, pela primeira vez, um olhar inteligente sobre nós mesmos”.

Marguerite Yourcenar

RESUMO

As sementes de açaí são bastante abundantes no município de Macapá, constituindo-se resíduos da indústria local de produção de suco de açaí, este resíduo pode ser transformado em carvão ativado e utilizado como um adsorvente para processos de separação de misturas. Por outro lado, muitos conhecimentos sobre estes conceitos são pouco explorados em livros didáticos, que raro apresentam propostas de experimentação e contextualização em sala de aula. Este trabalho visa contribuir no sentido de congregar estes aspectos práticos e teóricos, dessa forma procedeu-se, no primeiro momento, a fabricação e ativação do carvão a partir de caroços de açaí, confeccionando posteriormente dois protótipos de filtros que podem ser utilizados para fins didáticos. No segundo momento foram realizadas análises em livros didáticos afim de verificar como conceitos estão sendo abordados, relacionados aos conteúdos de substâncias, fases (misturas) e separação de misturas, levando em consideração a contextualização e experimentação prática, para posteriormente, propor metodologias experimentais que possam ser utilizados por professores e pesquisadores, para planejar e executar intervenções em sala de aula. Os resultados mostraram a viabilidade de utilizar o carvão ativado de açaí como agente adsorvente no processo de filtração e separação de misturas, além de apontar que os conceitos envolvidos nesse processo são pouco aproveitados nos livros didáticos no sentido de propor atividades práticas e experimentais em sala de aula, que permitam ao aluno internalizar da melhor forma os conceitos repassados. O trabalho apresenta importância, na medida em que propõe intervenções práticas através de elementos do cotidiano local e materiais de baixo custo, que podem ser aplicadas mesmo em escolas com poucos ou nenhum recurso para o desenvolvimento das atividades pedagógicas

Palavras-chave: Adsorção. Ensino. Açaí. Experimentos. Misturas.

ABSTRACT

Açaí seeds are quite abundant in the municipality of Macapá, among others, constituting residues from the local açaí juice production industry, this residue can be transformed into activated carbon and used as an adsorbent for mixture separation processes. On the other hand, much knowledge about these concepts is little explored in textbooks, which rarely present proposals for experimentation and contextualization in the classroom. This work aims to contribute in this sense, in this way, at the first moment, the manufacture and activation of charcoal from açaí stones was made, subsequently making two prototypes of filters that can be used for educational purposes. In the second moment, analyzes were carried out in didactic books in order to verify how concepts are being approached, related to the contents of substances, phases (mixtures) and separation of mixtures, taking into account the contextualization and practical experimentation, and later on, for proposing practical class methodologies. and experimental ones that can be used by teachers and researchers, to plan and execute inventions in the classroom. The results showed the feasibility of using the activated carbon of açaí as an adsorbent agent in the process of filtration and separation of mixtures, in addition to pointing out that the explored concepts are little used in textbooks in order to propose practical and experimental activities in the classroom, that allow the student to internalize the concepts passed on in the best way. The work is important, as it proposes practical interventions through elements of local daily life and low-cost materials, which can be applied even in schoolchildren with few or no resources for the development of pedagogical activities

Keywords: Adsorption. Teaching. Açaí. Experiments. Mixtures.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processo de adsorção e absorção em um sólido adsorvente.	17
Figura 2 - Teoria potencial de Polanyi-Superfícies equipotenciais e preenchimento de volume de poros.	19
Figura 3 - Desenho esquemático do modelo de adsorção de Langmuir.	21
Figura 4 - Formas possíveis de isotermas de adsorção.	25
Figura 5 - Gráfico cinético do equilíbrio de adsorção.	26
Figura 6 - Isoterma de Langmuir construída experimentalmente.	27
Figura 7 - Quimiossorção do Boro pelo $Al(OH)_3$.	28
Figura 8 - Esquema de um sistema de adsorção em coluna de leito fixo.	31
Figura 9 - Escala de ordem e grandeza de microporos, mesoporos e macroporos.	32
Figura 10 - Influência do pH na adsorção dos metais.	35
Tabela 1 - Produção anual de carvão a partir de diferentes materiais.	40
Figura 11 - Carvão antes da ativação (5000 x), Carvão após ativação (5000 x).	40
Tabela 2 - Abastecimento de água em Macapá (Censo IBGE-2010).	52
Figura 12 - Diagrama representativo classificação da metodologia.	54
Figura 13 - Da esquerda para a direita, caroços de açaí expostos ao sol para secagem, caroços de açaí após alcalinização com NaOH.	55
Figura 14 - Fluxograma da produção do carvão ativado de açaí.	57
Figura 15 - Dispenser de copo descartável utilizado e diversos materiais utilizados no processo de fabricação e filtração e modelo de garrafa transparente de shampoo 5L.	57
Figura 16 - Da esquerda para a direita, materiais utilizados na confecção e montagem da vela utilizando carvão ativado de açaí.	58
Figura 17 - Filtro 1 e esquema técnico.	61
Figura 18 - Água antes e depois da filtração no modelo 1.	61
Figura 19 - Filtro 2 e esquema técnico.	62
Figura 20 - Parte interna do balde superior (Filtro2) e parte inferior	62
Figura 21 - Exemplo de configuração de mesas e cadeiras.	69

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de adsorvente e sua aplicação no tratamento de água.	19
Quadro 2 - Diferenças entre químiissorção e fisiossorção.	30
Quadro 3 - Relação de conteúdos que podem ser trabalhados com a temática água.	49
Quadro 4 - Análise dos livros didáticos por autor.	64
Quadro 5 - Análise dos livros didáticos por conteúdo.	66

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Equação da Teoria do potencial de adsorção.	21
Equação 2 - Equação de Dubnin para adsorção em soluções aquosas.	21
Equação3 - Equação de Langmuir.	23

LISTA DE ABREVIACÕES

CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
DR	Dubinin-Radushkevich
EA	Educação Ambiental
EDTA	Ethylenediamine tetraacetic acid
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação
MaB	<i>Man and the Biosphere</i>
MEV	Microscopia de Varredura Eletrônica
NaOH	Hidróxido de Sódio
ONU	Organização das Naoes Unidas
PCN	Parâmetros curriculares Nacionais
PCZ	Ponto de Carga Zero
PIEA	Programa Internacional de Educação Ambiental
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático
PNUMA	Programa das Naoes Unidas para o Meio Ambiente
PRONEA	Programa Nacional de Educação Ambiental
TVFM	Teoria do Enchimento Volumétrico de Microporos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
2.2	Geral	16
2.3	Específicos	16
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
3.1	O que é Adsorção?	17
3.2	As teorias da adsorção	19
3.3	Equilíbrio de Adsorção e as Isotermas	23
3.3.1	Modelos de isotermas de adsorção: a isoterma de Langmuir.	26
3.4	Adsorção: Um fenômeno Físico-químico.	27
3.5	Características de adsorventes e fatores que influenciam o processo de adsorção	30
3.5.1	Influência da Temperatura no processo de adsorção.	33
3.5.2	Efeito do pH no processo de adsorção.	34
3.6	Adsorção e o processo de separação de misturas.	36
3.7	O Carvão Ativado: Histórico e Métodos de Obtenção.	37
3.7.1	O Carvão ativado a partir dos caroços de açaí	40
3.8	A educação ambiental – EA	41
3.8.1	Legislação Brasileira e educação ambiental: uma leitura das leis e dos PCN's	44
3.8.2	Principais abordagens teóricas em EA.	45
3.8.3	A educação ambiental e ensino da química: temas geradores.	47
3.8.4	A educação ambiental e ensino da química: experimentos como metodologia de ensino	49
3.9	Saneamento Urbano em Macapá: água e resíduos sólidos	50
3.9.1	Resíduos Sólidos: A questão dos caroços de açaí	52

4	METODOLOGIA	53
4.1	Classificação da Metodologia	54
4.1.1	Classificação da pesquisa quanto a natureza	55
4.1.2	Classificação quanto aos objetivos	55
4.1.3	Classificação quanto aos procedimentos	56
4.2	Fabricação de carvão ativado de açaí	56
4.3	Preparações dos filtros de carvão ativado	58
4.4	Desenvolvimento das Propostas metodológicas de aula prática	60
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	61
5.1	Aplicabilidade dos filtros confeccionados	61
5.2	Resultados das análises dos livros didáticos por autor.	63
5.3	Análise dos livros por conteúdo.	65
5.4	Desenvolvimento em sala de aula dos conteúdos explorados.	67
5.5	A utilização da água como tema gerador contemporâneo: os conceitos de separação de misturas.	68
5.6	Propostas de aula prática	69
5.6.1	Demonstrando o funcionamento das ETA's através do filtro 1.	69
5.6.2	Demonstração dos tipos de substancias simples e compostas e misturas	70
5.6.3	Purificando a água: pesquisa realizada pelos alunos.	71
5.6.4	Oficina de fabricação de filtro.	72
5.7	Instrumentos avaliativos e feedback dos alunos	73
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
	REFERENCIAS	75

1 INTRODUÇÃO

A adsorção e os conhecimentos sobre separação de misturas são fenômenos físico-químicos que, embora ainda pouco explorado, são de extrema importância para a ciência e para diversas vertentes dos setores produtivos, indústrias química, alimentícia, petroleira, automotiva e, em especial, para o tratamento de água potável e residuais, seja no âmbito urbano ou industrial.

Um dos principais produtos adsorventes utilizado nesses processos é o carvão ativado, geralmente de origem vegetal. O carvão ativado é um dos adsorventes mais importantes atualmente devido suas características físico-químicas singulares, bem como sua estrutura e composição, que permite uma ampla aplicação em diversos procedimentos de separação de misturas em fluidos diversos, com destaque para purificação de água.

No estado do Amapá de modo geral, predomina a produção do suco de açaí, por estabelecimentos comerciais denominados “batedeiras”, como resultado disso são gerados anualmente toneladas de resíduos de caroços de açaí, que não recebem um tratamento e destinação adequada, sendo depositados, de maneira inadequada, na própria área urbana das cidades, gerando impacto ambiental.

A utilização de carvão ativado feito a partir de caroços de açaí oriundo das batedeiras é uma alternativa extremamente atrativa, uma vez que já existem dados na literatura que atestam que o carvão ativado de açaí pode ser amplamente utilizado como adsorvente em diversos processos de adsorção com êxito, principalmente para o tratamento de água, atuando na purificação da mesma.

Além de contribuir para a questão ambiental no estado do Amapá, o tema ainda pode ser explorado, do ponto de vista educacional, como um tema transversal no ensino de química ambiental, de forma contextualizada, na medida em que agrega objetos e simbolismo local (o açaí) remetendo aos conceitos da química, gerando assim, uma aprendizagem mais significativa e próxima do contexto social dos alunos.

Muitos assuntos trabalhados em livros didáticos ainda são pouco explorados do ponto de vista da contextualização e experimentação, nesse sentido, conceitos como adsorção, substâncias, fases e separação de misturas carecem de propostas de práticas e experimentações que auxiliam o processo de ensino-aprendizagem.

Este trabalho visa explorar essa abordagem, através da fabricação de filtros de carvão ativado de açaí, para propor, posteriormente, atividades práticas para sala de aula, trabalhando

os temas e conceitos de química de forma transversal e contextualizada.

A primeira etapa deste trabalho foi realizada em laboratório e consistiu na produção de carvão de açaí, posteriormente ativado com agentes químicos, bem como a fabricação de protótipos de filtros, com a utilização de materiais alternativos e baixo custo.

A segunda etapa da pesquisa consistiu na análise de livros didáticos previamente selecionados pelo guia do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2018, verificando conteúdos de química como substâncias, misturas simples e compostas e separação de misturas, explorando os aspectos relacionados à abordagem dos conceitos.

Posteriormente foram propostas práticas e experimentos de baixo custo que podem ser aplicados em sala de aula para o estudo dos conceitos químicos analisados nos livros, de forma a auxiliar o processo de internalização dos mesmos, com exemplos que fazem mais sentido na vida e no dia-a-dia dos alunos.

As práticas propostas se apresentam como um incremento aos conteúdos contidos nos livros didáticos, promovendo a contextualização de conceitos que são apresentados com poucos ou nenhum exemplo, esquemas, figuras e ilustrações que permitam ao aluno relacionar o conteúdo teórico com os conhecimentos práticos.

O trabalho deverá contribuir para a produção científica e acadêmica em geral, em especial no Estado do Amapá, de forma a embasar futuras intervenções no âmbito da química e educação ambiental, entre outros.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Propor atividades práticas experimentais para sala de aula, trabalhando os temas e conceitos de química, utilizando como abordagem a utilização de filtros de carvão ativado de caroços de açaí e a água como tema gerador contemporâneo.

2.2 Específicos

- Utilizar o caroço de açaí como carvão ativado no tratamento de água como prática ambiental;
- Desenvolver práticas metodológicas de educação ambiental com a utilização da água como tema transversal;
- Analisar os conceitos relacionados em livros didáticos de Química do 1º ano do ensino médio.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 O que é Adsorção?

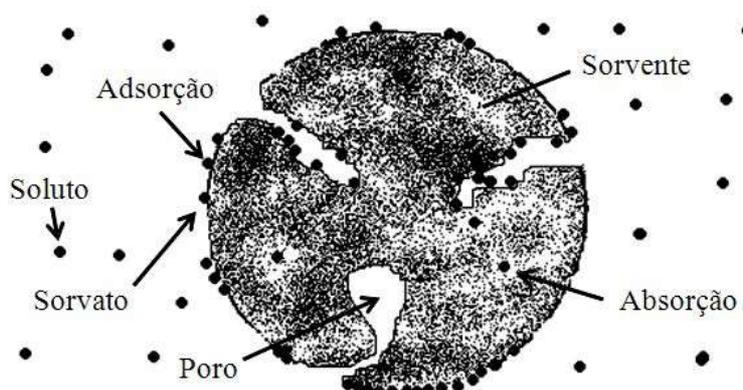
A adsorção é um dos fenômenos mais intrigantes para pesquisadores que se debruçam em desvendar os seus processos físicos e químicos. Ao longo do último século, vários estudos e teorias foram desenvolvidos com a finalidade de conhecer os seus mecanismos, aplicando da melhor forma possível na ciência, indústria e demais setores produtivos.

A adsorção é um processo de transferência de fases que é amplamente utilizado na prática para remover substâncias de fases fluidas (gases ou líquidos). As operações de adsorção exploram a capacidade de certos sólidos de reter substâncias específicas de soluções (gasosas ou líquidas) em suas superfícies. Assim, ao colocar fluidos em contato com tais sólidos, o objetivo desejado de purificação ou separação pode ser alcançado (TIEN, 2019, p.1).

Os processos de adsorção ocorrem nas interfaces do sólido adsorvente, enquanto os processos de absorção ocorrem através da absorção de moléculas da fase sólida e/ou líquida pelo sólido adsorvente. (TOVBIN, 2018, p.15).

Dessa forma, existe uma clara distinção entre o processo de adsorção e o processo de absorção, apesar da similaridade, o que pode ser ilustrado de acordo com a figura abaixo, a qual mostra pode-se observar moléculas absorvidas no interior do sorvente, enquanto ocorre adsorção de outras moléculas na superfície do sólido. Enquanto a adsorção é um fenômeno de superfície, a absorção ocorre incorporando o soluto em determinado sorvente.

Figura 1 - processo de adsorção e absorção em um sólido adsorvente.



Fonte: Boneto (2016)

Conhecer o processo de adsorção é importante atualmente, principalmente para os setores produtivos entre outros que, através dos processos de adsorção, aprimoram cadeias produtivas, bem como o desenvolvimento de produtos e processos, amplamente utilizados na indústria.

Assim, alguns adsorventes são utilizados como dessecantes, catalizadores ou suportes de catalizadores; outros são utilizados para a separação de gases, purificação de líquidos, controle de poluição ou proteção respiratória (ROUQUEROL *et al*, 1999, p.1).

Atualmente, um dos principais usos da adsorção é a utilização para tratamento de águas e águas residuárias. De acordo com Nascimento *et al* (2014), a partir da crescente contaminação química da água com uma diversidade de poluentes como metais tóxicos, poluentes orgânicos e inorgânicos entre outros, surgiu a necessidade de desenvolver novas tecnologias que possibilitem a remoção de poluentes encontrados em resíduos líquidos e gasosos.

O quadro abaixo apresenta os tipos de adsorventes utilizados em diversos campos de aplicação no tratamento de água, com suas respectivas propriedades, para remoção de determinados componentes. Podemos verificar que o carvão ativado é um adsorvente de amplo espectro de atuação, principalmente na remoção de substâncias orgânicas diversas, que estão presentes na água.

Quadro 1 - tipos de adsorvente e sua aplicação no tratamento de água.

PROCESSOS DE ADSORÇÃO NO TRATAMENTO DE ÁGUA		
Campo de Aplicação	Objetivos	Tipo de adsorvente utilizado
Tratamento de água potável	Remoção de matéria orgânica micro poluentes	Carvão ativado
	Remoção de orgânicos	Carvão ativado
	Remoção de arsênico	Óxido de Alumínio, Hidróxido de Ferro
Tratamento de águas residuais urbanas	Remoção de fosfatos	Óxido de Alumínio, Hidróxido de Ferro
Tratamento de águas residuais Industriais	Remoção de micro poluentes	Carvão ativado
	Remoção ou reciclagem de produtos químicos	Adsorventes poliméricos
Tratamento de água para piscina	Remoção de substancias Orgânicas	Carvão Ativado
Remediação de águas subterrâneas	Remoção de substancias Orgânicas	Carvão Ativado
Tratamento de lixiviados de aterros sanitários	Remoção de substancias Orgânicas	Carvão Ativado
Tratamento de água de aquário	Remoção de substâncias Orgânicas	Carvão Ativado

Fonte: Worch(2012)

3.2 As teorias da adsorção

O fenômeno da adsorção sempre esteve presente ao longo do desenvolvimento da história humana, porém, as investigações científicas que buscavam entender o fenômeno surgiram, principalmente, a partir de 1900, de forma que diversas teorias surgiram no intuito de explicar e aplicar a adsorção em diversos contextos.

De acordo com Bottani e Tascón (2008) os fenômenos de adsorção física já eram bem conhecidos nos primeiros anos do século XX, várias tentativas foram feitas para explicar os princípios do fenômeno, de forma que alguns pesquisadores se apropriaram das ideias de Polany, concebendo o adsorvato como um filme multimolecular espesso sob a influência de forças de longo alcance que emanam da superfície.

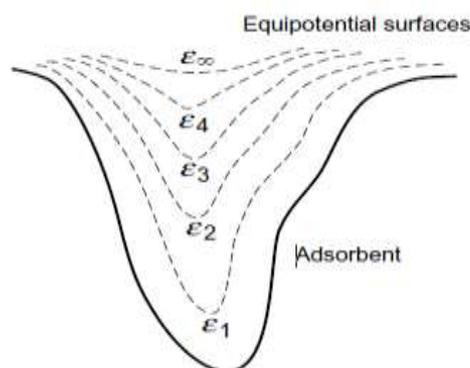
Esse estudo ficou conhecido como a teoria do potencial de adsorção de Polany. Para Bansal e Goyal (2005), a teoria do potencial de adsorção introduzida por Polany em 1914, mais tarde modificada por Dubinin, ainda é considerada fundamental para compreensão da adsorção em adsorventes micro porosos, sendo aceito como correto e melhor do que várias outras teorias.

A teoria potencial da adsorção é baseada no pressuposto de que as forças de atração do adsorvente estão atuando no espaço de adsorção adjacente à superfície do adsorvente.

Como consequência, cada molécula de adsorvato na vizinhança da superfície adsorvente está sujeita a uma alteração do seu potencial químico diferente em comparação às moléculas no estado no líquido situadas mais distantes da superfície do adsorvente (WORCH, 2012). Tais camadas de moléculas são denominadas superfícies equipotenciais.

A figura 2 ilustra o fenômeno da adsorção de acordo com a teoria de Polany. observa-se que a medida em que as superfícies equipotenciais se distanciam da superfície do adsorvente, o potencial de adsorção ϵ diminui, ou seja, as forças de atração entre o adsorvente e o adsorvato diminuem.

Figura 2 - Teoria potencial de Polanyi. Superfícies equipotenciais e preenchimento de volume de poros.



Fonte: Worch (2012)

Portanto, o volume adsorvido pode ser representado pela seguinte função do potencial de adsorção (WORCH, 2012):

Equação 1 - Equação da Teoria do potencial de adsorção

$$V_{ads} = \frac{q}{\rho} = f(\varepsilon)$$

Fonte: Worch, 2012.

Onde V_{ads} é o volume do adsorvido, q é a carga de adsorvente (massa / massa) e ρ é a densidade do adsorvido. A função $V_{ads} = f(\varepsilon)$ depende da estrutura do adsorvente e da natureza do adsorvato.

Polany não desenvolveu intencionalmente, do ponto de vista matemático, uma eq.1 para expressar o fenômeno de adsorção, de tal forma que pudesse ser aplicada em diversas situações, essa relação matemática surgiu naturalmente a partir da teoria desenvolvida por ele durante os seus estudos.

Essa informação é confirmada por Worch (2012), que afirma, na teoria potencial original, nenhuma equação matemática explícita foi dada para a relação $V_{ads} = f(\varepsilon)$. Mais tarde, a teoria foi mais desenvolvida por Dubinin utilizando-se de conceitos da Teoria do Enchimento Volumétrico de Micro poros (TVFM), bem como dos modelos de isoterma DR (Dubinin-Radushkevich) e DA (isoterma de dessorção) com importantes resultados.

Para adsorção de soluções aquosas, a seguinte equação do tipo Dubinin foi proposta por CRITTENDEN *et al* (1987).

Equação 2 - equação de Dubnin para adsorção em soluções aquosas

$$\ln V_{ads} = \ln \left(\frac{q}{p} \right) = A \left(\frac{\varepsilon}{N} \right)^B + \ln V_0$$

Fonte: Crittenden *et al* 1987

Onde ε é o potencial de adsorção, V_0 é o volume máximo disponível para o adsorvido, N é um fator de normalização e A e B são parâmetros empíricos determinados experimentalmente.

Para Tóth (2002), exemplos bem sucedidos de cenários podem ser representados pela equação, no entanto, surgem problemas quando aplicados à adsorção supercrítica, porque um líquido saturado não pode representar a estado padrão do adsorvido a temperaturas acima da crítica.

A equação encontrou várias limitações no que diz respeito a aplicabilidade em

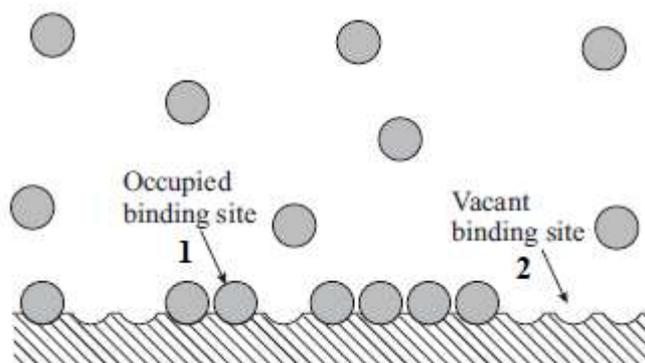
diferentes situações.

A partir daí vários modelos teóricos e matemáticos surgiram com intuito de elucidar a adsorção. Este estudo limitar-se-á a discorrer sobre a teoria de Langmuir e seus desdobramentos, uma vez que é, atualmente, o modelo mais representativo e utilizado em pesquisas sobre adsorção, bem como aplicado em diversos contextos.

O modelo de Langmuir é baseado na ideia da existência de locais de adsorção discretos nos quais os denominados estágios cinéticos elementares ocorrem (TOVBIN,2018.p.14), ou seja, esta teoria propõe a existências de sítios, ou cavidades, na superfície do adsorvente, nos quais as moléculas de adsorvato se ligam.

A fig.3 ilustra a superfície do adsorvente, bem como as moléculas do adsorvato representadas pelas esferas, de acordo com o modelo de Langmuir. Observa-se a existência de algumas cavidades preenchidas e outras vazias, tais cavidades são denominadas sitio ativo, onde as moléculas do adsorvato se ligam. Abaixo vemos a representação de sítios ativos ocupados (1) e sítios ativos vazios (2).

Figura 1 - Desenho esquemático do modelo de adsorção de Langmuir.



Fonte: Butt et al (2003)

Langmuir assumiu que na superfície existe um certo número de locais de ligação por unidade de área S . S está em unidades de mol / m² (ou m⁻²). Destes locais de ligação, S_1 estão ocupados com adsorvato e $S_0 = S - S_1$ estão vazios. A taxa de adsorção em moles por segundo e por unidade de área é proporcional ao número de locais de ligação vazios S_0 e à concentração: $K_a C S_0$. A taxa de dessorção é proporcional ao número de moléculas adsorvidas S_1 e igual a $K_d S_1$, onde o K_d é uma constante.

Em equilíbrio, a taxa de adsorção deve ser igual à taxa de dessorção, caso contrário, o número de moléculas adsorvidas mudaria (BUTT et al, 2003, p.186). Note que aqui, a expressão está sendo trabalhada em termos de concentração, mas pode também ser aplicada

em termos de pressão, para aplicação em gases.

Portanto, temos a seguinte relação matemática:

$$K_{de} S_1 = K_{de} C S_0 = K_{ad} C \cdot (S - S_1) \quad \leftrightarrow \quad K_{de} S_1 + K_{ad} C S_1 = K_{ad} C S$$

$$\rightarrow \quad \frac{S_1}{S} = \frac{K_{ad} C}{K_{de} + K_{ad} C}$$

S_1/S é convertido em θ . Ao assumir $K_L = K_{ad} / K_{de}$ obtemos a equação de Langmuir:

$$\theta = \frac{K_L C}{1 + K_L C}$$

De modo geral, é mais conveniente trabalhar em termos de quantidade q , ou seja, quantidade de soluto adsorvido por massa adsorvente, desde que proporcionais, obtemos então a equação :

$$q = \frac{K_L C}{1 + K_L C}$$

Equação3: Equação de Langmuir

A equação de Langmuir é amplamente utilizada em pesquisas, e pode ser aplicada em diversas situações, e ainda pode ser derivada, originando outras relações matemáticas. De acordo com Nascimento *et al* (2014), os principais pressupostos apresentados pela equação de Langmuir são:

- Existe um número definido de sítios.
- Os sítios têm energia equivalente e as moléculas adsorvidas não interagem umas com as outras
- A adsorção ocorre em uma monocamada.
- Cada sítio pode comportar apenas uma molécula adsorvida.

Nascimento *et al.* 2014, p.27

A equação de Langmuir é talvez a expressão isotérmica mais usada para representar dados de equilíbrio de adsorção física.

Embora possa ser derivada em vários de maneiras diferentes, a abordagem cinética para suas derivações é bastante mencionada na maioria dos livros didáticos. (TIEN, 2019, p.30).

Como afirma Tovbin (2018), os estudos postulados por Langmuir, bem como os posteriores desenvolvimentos de abordagens moleculares, permitiram construir a teoria da adsorção em superfícies uniformes abertas e depois em superfícies não uniformes, inclusive simultaneamente, aplicando em praticamente todas as superfícies sólidas, com composições e estruturas de materiais não uniformes.

Atualmente, a aplicação dessa teoria para os corpos porosos é uma das áreas mais desenvolvidas nos estudos sobre adsorção.

3.3 Equilíbrio de Adsorção e as Isotermas

Quando se coloca um adsorvente em contato com alguma solução contendo determinado adsorvato, sabe-se que, durante o processo de adsorção, haverá um momento em que as moléculas de adsorvato não serão mais retidas pelo adsorvente, que tornar-se-á saturado de moléculas de adsorvato, nesse ponto do processo, podemos denominar esse momento como sendo o equilíbrio de adsorção.

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. (NASCIMENTO *et al*, 2014).

O equilíbrio de adsorção é um dos aspectos mais importante dos estudos sobre adsorção, uma vez que, além de determinar a capacidade de adsorção de um determinado adsorvente, fornece informações muito relevantes sobre o processo de separação de misturas.

Para De Worch (2012), o equilíbrio de adsorção e suas descrições matemáticas são de grande importância dentro das teorias de adsorção, o conhecimento oriundo dos dados de equilíbrio fornecem a base para avaliar os processos de adsorção, o que permite a criação de adsorventes com parâmetros específicos para determinados fins, bem como caracterizar a adsorbabilidade de poluentes da água.

A relação de equilíbrio entre a solução e a fase adsorvida e o equilíbrio dos sistemas específicos de adsorvente-adsorvido limitam o desempenho das operações de adsorção (TIEN, 2019, p.16).

A determinação do ponto de equilíbrio de um sistema adsorvente-adsorvato é determinada experimentalmente, de forma que os dados obtidos devem ser posteriormente descritos por uma equação matemática, à temperatura constante, assim, podem surgir diversas equações isotérmicas.

A multiplicidade de equações isotérmicas propostas na literatura pode ser classificada pelo número de parâmetros incluídos que devem ser determinados a partir dos dados experimentais (WORCH, 2012, p.42).

Experimentalmente, determina-se o equilíbrio de adsorção utilizando-se uma massa de adsorvente e várias concentrações da solução com adsorvato, com os dados obtidos são traçados gráficos aplicando modelagens das equações isotérmicas. A estes gráficos damos o nome de isotermas de adsorção.

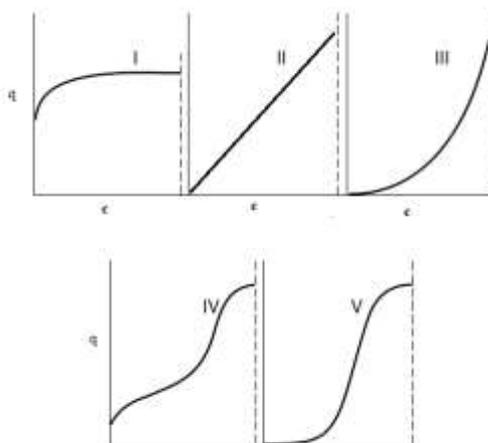
A determinação experimental do equilíbrio e das isotermas de adsorção é explorada por Nascimento *et al*(2014),

A obtenção de uma isoterma de adsorção é um processo simples em que uma massa de adsorvente é adicionada em um determinado volume (V) de uma série de soluções com concentrações iniciais (C_0) diferentes e conhecidas. Quando o equilíbrio de adsorção é atingido, temos a concentração final de soluto na solução em equilíbrio (C_e , em gramas ou mols por litro de solução) e a capacidade de adsorção do adsorvente (q , em massa ou mols de adsorvato, por unidade de massa de adsorvente). Assim, podemos obter um gráfico de q versus C_e . Contudo, precisamos saber como obter o valor das variáveis C_e e q . Para obter os valores de C_e , após o equilíbrio ser atingido, separa-se o adsorvente da solução utilizando um filtro de membrana, papel de filtro ou por centrifugação, e analisa-se a solução sobrenadante para determinar a concentração residual de adsorvato (C_e). Esta pode ser determinada por técnicas analíticas (dependendo do adsorvato utilizado) tais como cromatografia gasosa ou líquida, espectrometria no ultravioleta ou visível, espectrometria de absorção ou emissão ou outros meios adequados. Já para obter valores de q , devemos fazer um balanço de massa, em que a quantidade de adsorvato no adsorvente deve ser igual à quantidade de adsorvato removido da solução. (NASCIMENTO *et al*, 2014, p.24)

A palavra isoterma está relacionada ao fato de os ensaios experimentais serem realizados à temperatura constante. Resumindo, as isotermas de adsorção são gráficos que representam a variação do equilíbrio de um sólido adsorvente em relação a concentração da fase líquida, ou da pressão parcial (no caso de gases), à temperatura ambiente.

Da mesma forma que existem diversos exemplos de equações isotérmicas, as isotermas de adsorção possuem diferentes classificações, de acordo com os tipos de gráfico, expressando diferentes aspectos em relação ao processo de adsorção.

Figura 2 - Configurações possíveis de isotermas de adsorção



Fonte: Levan e Carta(2008)

A figura anterior demonstra os possíveis formatos para isotermas de adsorção. Ao analisar estes gráficos pode-se obter informações extremamente relevantes sobre o equilíbrio, bem como sobre o próprio comportamento do processo de adsorção. Isotermas como a do gráfico I são denominadas favoráveis, as do gráfico II são denominadas lineares, isotermas que apresentem a curva III são denominadas desfavoráveis, existem ainda isotermas com dois ou mais pontos de inflexão, como nos gráficos IV e V.

De acordo com Nascimento *et al* (2014), uma isoterma favorável nos diz que a massa de adsorvato retida por unidade de massa de adsorvente é alta para uma baixa concentração do adsorvato na fase líquida, no equilíbrio. Uma isoterma desfavorável demonstra que a massa de adsorvato retida por unidade de massa de adsorvente é baixa mesmo tendo uma alta concentração de adsorvato na fase líquida, no equilíbrio. Já uma isoterma linear diz essa relação entre o adsorvente retido no adsorvato e aquele presente na solução, no equilíbrio, é proporcional.

Existem, no entanto, diversos outros comportamentos que ocorrem durante um processo de adsorção, que podem ser expressados através das isotermas de adsorção, são isotermas que, normalmente, apresentam formatos não lineares, com mais pontos de inflexão (gráficos IV e V).

Como podemos verificar em Chien (2019) isotermas do tipo IV geralmente sugerem que a adsorção causa a formação de duas camadas na superfície do adsorvato, enquanto isotermas do tipo V podem ser encontradas em processos de adsorção desfavorável de vapor de água com carvão ativado.

3.3.1 Modelos de isotermas de adsorção: a isoterma de Langmuir.

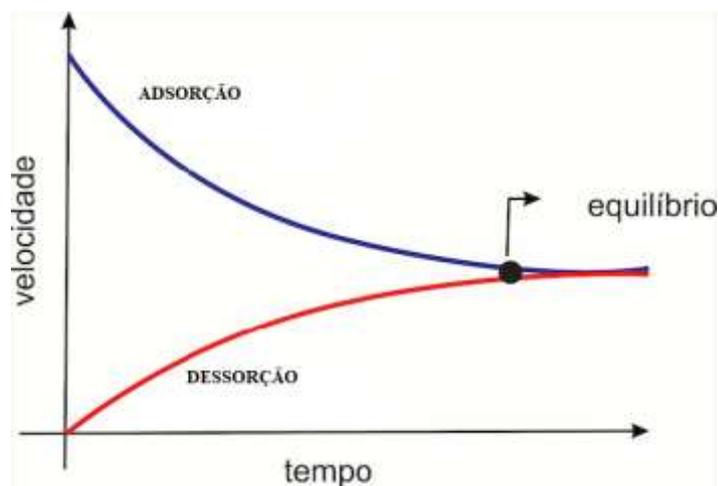
Diversos modelos de isotermas de adsorção foram propostos por diversos pesquisadores, com intuito de estudar diversos aspectos do fenômeno de adsorção, dessa forma, alguns tipos são aplicados com êxito em determinadas conjunturas, outros são melhores quando aplicados em processos de adsorção com gases.

Assim, surgiram diversos modelos de isotermas de adsorção, como a isoterma de Langmuir, a isoterma de Freundlich, a isoterma de Temkin, a isoterma de Dubinin–Radushkevich e a isoterma de Redlich-Peterson. Neste estudo vamos focar na isoterma de Langmuir.

Como visto anteriormente, a equação de Langmuir é a mais amplamente utilizada, seja em adsorção com líquidos ou gases. Vimos também que a teoria se baseia no pressuposto da existência de sítios ativos de ligação e que a equação relaciona sítios não ocupados(S_0) e ocupados(S_1).

Para compreender o processo de equilíbrio dentro dessa proposição de Langmuir vamos remeter ao exposto por Nascimento e colaboradores (2014), que o equilíbrio nada mais é do que a igualdade da velocidade em que as moléculas/íons são adsorvidos e desorvidos (fig.5) na superfície do adsorvente, isto é, no equilíbrio a adsorção e a desorção não deixam de ocorrer, mas acontecem simultaneamente na mesma velocidade.

Figura 3 - gráfico cinético do equilíbrio de adsorção.



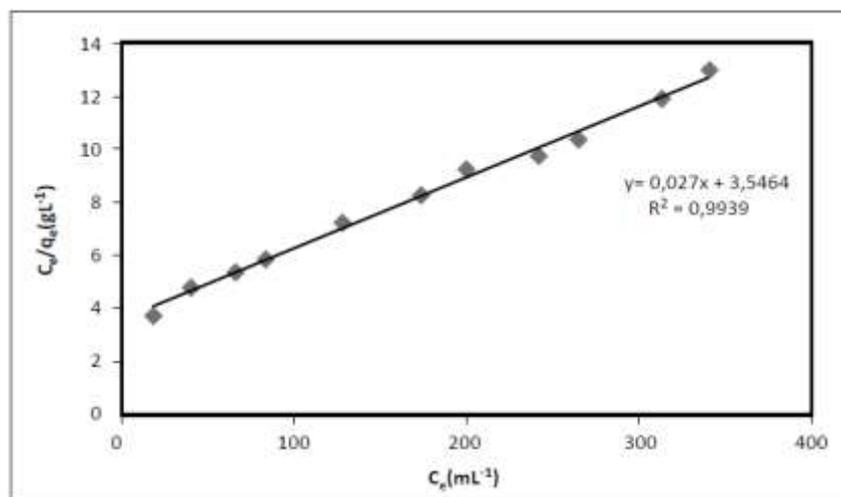
Fonte: Autor (2020)

Podemos afirmar então que a concentração de adsorvato no líquido é proporcional à taxa de adsorção no sólido adsorvente, e, portanto, existe uma proporcionalidade entre o

adsorvato retido e aquele em solução. Podemos então pressupor que a isoterma de adsorção de um processo como este assume um aspecto de curva linear.

De fato, muitos exemplos de aplicação da equação de Langmuir e de suas variações expressam uma isoterma de adsorção linear. A figura 6 é um exemplo dessa aplicação.

Figura 4 - Isoterma de Langmuir construída experimentalmente.



Fonte: Nascimento et al (2014)

A figura mostra um gráfico elaborado com dados obtidos em estudos de adsorção de íons metálicos Cu²⁺ em esferas de sílica-EDTA, esta isoterma foi obtida a partir da equação de Langmuir rearranjada em formato linear e posterior trabalho de regressão linear através de software para essa finalidade. Os valores de q e K_L foram obtidos a partir de cálculos utilizando o coeficiente angular e linear do gráfico construído.

Isso demonstra que, a partir das equações isotérmicas e das isotermas de adsorção pode-se não apenas obter dados importantes que são muito próximos ou mesmo idênticos aos obtidos experimentalmente, como também pode-se prever o comportamento do processo de adsorção

3.4 Adsorção: Um fenômeno Físico-químico.

A adsorção ocorre em resposta a: concentração do íon em solução; concentração de elementos competidores pelos locais de adsorção; concentração de íon hidrogênio e formação e destruição de quelatos orgânicos e complexos inorgânicos (CAMARGO, 1991, p.1).

A partir dessa afirmação podemos verificar então que a adsorção é um fenômeno que pode ocorrer em resposta a diversas condições físicas e químicas, seja através da formação de

complexos inorgânicos, o que decorre uma ligação química, ou influenciada pela concentração de elementos competidores por locais de adsorção, uma condição essencialmente física, que influi no tempo e intensidade do processo de adsorção.

Além do mais, para explicar todos esses processos que ocorrem, é necessário apropriar-se de conceitos da química e da física, como volume, velocidade, carga, eletrostática, etc.

Como podemos então classificar o fenômeno da adsorção? Em pesquisas de modo geral, do ponto de vista de sua natureza, adsorção é normalmente classificada de duas formas: adsorção física, ou fisiossorção, e adsorção química, ou quimiossorção. Mas apesar da definição, do ponto de vista prático, essa distinção não é facilmente observável.

A respeito disso, Nascimento *et al* (2014) afirma que a distinção entre uma espécie ser química ou fisicamente absorvida não é clara, pois o mecanismo da fisiossorção e quimiossorção não são completamente independentes, na maioria dos casos o processo é tratado em termos do princípio de adsorção física.

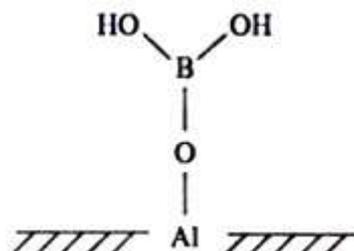
Embora em termos conceituais esses dois tipos de adsorção possam ser bem definidos, do ponto de vista prático e experimental nem sempre é possível uma clara distinção entre os dois tipos.

Existem muitos casos intermediários e nem sempre é possível categorizar um sistema específico de forma inequívoca (RUTHVEN, 1984, p.29).

No caso de adsorção física, o adsorvato está ligado à superfície por forças de van der Waals relativamente fracas, que são semelhantes às forças de coesão molecular (NASCIMENTO *et al*, 2014, p.15). Essa energia é insuficiente para levar o rompimento de ligações, e as moléculas mantêm sua identidade (ALMEIDA, 2005, p.8).

A quimiossorção, por outro lado, envolve troca ou compartilhamento de elétrons entre as moléculas de adsorvato e a superfície do adsorvente resultante em uma reação química. A ligação formada entre o adsorvato e o adsorvente é essencialmente uma ligação química e, portanto, é muito mais forte do que na fisiossorção (BANSAL E GOYAL, 2005, p.8).

Figura 5 - Quimiossorção do Boro pelo $\text{Al}(\text{OH})_3$.



Fonte: Camargo (2006)

A Figura acima demonstra um exemplo de quimiossorção, onde ocorre adsorção do boro pelo hidróxido de alumínio. Esse tipo de adsorção é amplamente utilizado em pesquisas nas áreas de ciências agrárias, em estudos de adsorção de micronutrientes no solo.

Percebe-se a formação de uma nova estrutura molecular química, que está ligada à superfície do adsorvente. O boro está ligado covalentemente aos três oxigênios da estrutura, o que torna essa ligação forte, portanto mais difícil de quebrar.

Por outro lado, a ligação entre o oxigênio e alumínio, é essencialmente iônica, o alumínio precisa coordenar apenas 1 elétron para o Oxigênio(que possui 7 devido a ligação covalente com o Boro), de forma que as cargas restantes na eletrosfera do alumínio, conferem a esta estrutura uma carga positiva, o que faz dessa estrutura uma espécie de íon complexo catiônico.

Dessas condições decorrem características que podem auxiliar na identificação e distinção entre a fisiossorção e quimiossorção.

A energia envolvida (quimiossorção) é muito maior que na adsorção física e ocorre a formação de um composto químico de superfície ou complexo de adsorção. Os calores de adsorção envolvidos são da ordem de grandeza dos calores de reações químicas (ALMEIDA, 2005, p.8)

Quadro2: Diferenças entre quimiossorção e fisiossorção.

ADSORÇÃO FÍSICA	ADSORÇÃO QUÍMICA
Baixo calor de adsorção (< 2 ou 3 vezes o calor latente de evaporação)	Alto valor de adsorção (> 2 ou 3 vezes o calor latente de evaporação)
Não específico	Altamente específico
Sem dissociação das espécies adsorvidas	Ocorre dissociação das espécies adsorvidas
Monocamada ou multicamada	Apenas monocamada
Somente será significativo à temperaturas relativamente baixas	Possível em ampla variedade de temperaturas
Rápido, não necessita de energia de ativação e	Lento, alta energia de ativação
Não há transferência de elétrons embora possa ocorrer polarização do adsorvato	Transferência de elétrons levando a formação de ligação entre adsorvente e adsorvato
Reversível	Irreversível

Fonte: Ruthven (1984)

No quadro acima podemos verificar as características que permitem diferenciar adsorção física e química. O Alto calor de adsorção química em relação à física explica pode ser explicada pelo fato de que ocorrem ligações químicas, ao invés de simples interações eletrostáticas, como no caso da fisiossorção. O que pode explicar também a alta energia de ativação e o fato de ser normalmente, uma adsorção irreversível.

Outro ponto interessante a ser mencionado está relacionado aos sítios ativos de

ligação. Pelo fato de estabelecer ligações químicas, a quimissorção é altamente específica em relação a fisiossorção, isso porque é necessário receptores/ligantes específicos que permitam a ligação. Esse fato também explica porque a adsorção química, ao contrário da fisiossorção, ocorre em uma única camada.

Nascimento *et al* (2104) ressalta que a adsorção química é altamente específica porque apenas uma certa quantidade de moléculas é capaz de ligar-se aos sítios ativos, além do mais nem todas as superfícies sólidas possuem sítios ativos capazes de adsorver quimicamente o adsorvato. Já a adsorção física pode ocorrer em toda a superfície do adsorvente, por isso é inespecífica e não localizada.

Portanto, apesar das definições e das características distintas entre estes dois mecanismos, que as vezes coexistem em um mesmo processo, não seria equivoco categorizar, de modo geral, a adsorção como um fenômeno físico-químico, principalmente porque em muitas de suas teorias, predominam relações matemáticas para expressar grandezas físicas e químicas, característica mais notável da Físico-química.

3.5 Características de adsorventes e fatores que influenciam o processo de adsorção.

A adsorção é um fenômeno que possui muitas variáveis, de forma que tais variáveis, que iremos explorar nesse capítulo, determinam praticamente todas as características do processo: como tempo de adsorção, taxa de captação do adsorvato e os tipos de espécies químicas adsorvidas.

A natureza físico-química do adsorvente é fator determinante, pois a capacidade e a taxa de adsorção dependem da área superficial específica, porosidade, volume específico de poros, distribuição do tamanho de poros, dos grupos funcionais presentes na superfície do adsorvente e da natureza do material precursor (DOMINGUES, 2005 *apud* NASCIMENTO *et al*, 2014,p.17).

A diferença entre os materiais porosos e as substâncias químicas elementares, a composição e estrutura de partículas sólidas, bem como a origem da porosidade determina a variedade de estruturas porosas (TOVBIN,2017, p.1).

Consequentemente, podemos afirmar que existem uma variedade de características que conferem ao material adsorvente determinada particularidade, ou seja, existem uma variedade de tipos de adsorvente, com diversas propriedades.

Tien (2019), estabelece algumas das principais características dos adsorventes:

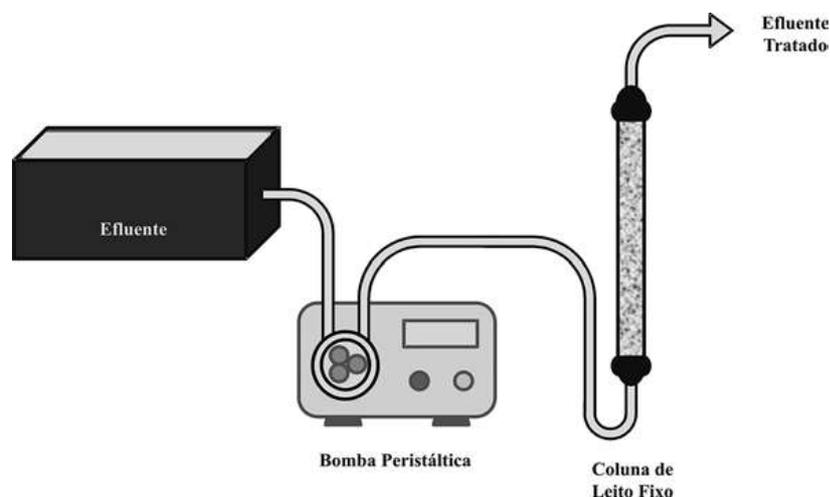
tamanho do adsorvente, densidade do adsorvente, tamanho e distribuição dos poros, e área superficial.

O tamanho do adsorvente, em geral, é determinado com base na análise dos resultados da peneira. É uma variável importante porque a taxa de captação de adsorvato é frequentemente dependente sobre o tamanho do adsorvente. Além disso, é uma das variáveis que determinam a queda de pressão necessária para sustentar um determinado rendimento em uma operação de leito fixo (Tien, 2019, p.10).

Um sistema de leito fixo convencional é composto de uma coluna em que partículas do adsorvente, com características específicas, são colocadas em contato com a solução a ser tratada. (NASCIMENTO *et al*, 2014, p.93), conforme fig.8. Este sistema montado em laboratório, é utilizado em pesquisas sobre adsorção, para testes de capacidade de adsorvente, e sua resposta em relação a soluções líquidas.

A solução a ser tratada é conduzida por pressão até a coluna contendo adsorvente, através de uma bomba. Por operar com pressão, a granulometria, ou tamanho do adsorvente, é uma variável que influencia diretamente na taxa de captação da adsorção, e deve ser devidamente controlada afim de verificar o rendimento do processo.

Figura 6 - Esquema de um sistema de adsorção em coluna de leito fixo



Fonte: Nascimento *et al* (2014).

Como a extensão da adsorção é frequentemente expressa com base na unidade massa adsorvente, a densidade do adsorvente é um fator determinante, em por exemplo, determinação da altura em projetos de leitos (Tien, 2019, p.11).

A densidade é um fator que pode refletir na velocidade da adsorção, na formação de camadas e na taxa de adsorção por exemplo. Além do mais, pode sofrer alteração de acordo com a temperatura, de forma que é uma variante que deve ser levado em consideração nos estudos sobre adsorção.

Nascimento *et al*(2014) aborda o conceito de densidade aparente, um dos parâmetros utilizados no desenvolvimento de colunas de leito fixo para o tratamento de adsorvatos, tal parâmetro é a relação de massa por unidade de volume do adsorvente no leito, sendo determinada pelo método ASTM D2854 (*American Society for Testing and Materials*).

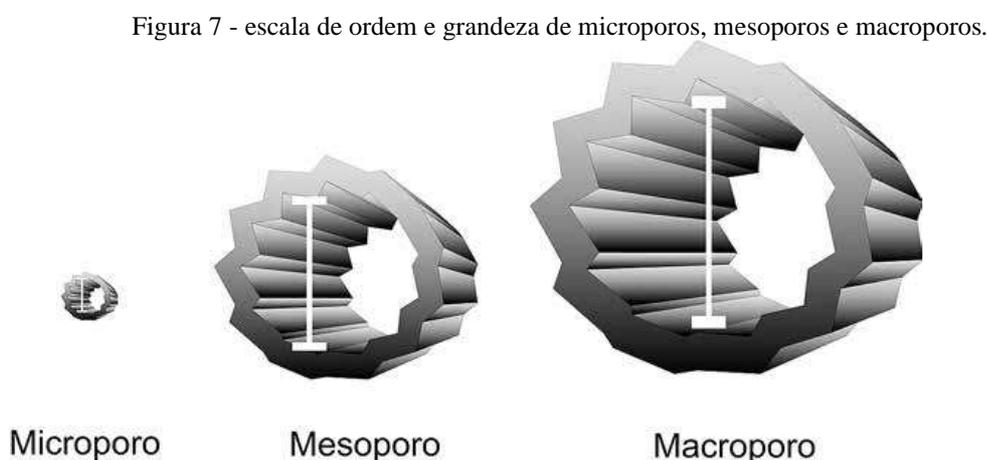
Com relação ao tamanho e distribuição dos poros, Tien (2019) ressalta a importância da descrição macroscópica da estrutura interna de substâncias porosas, entretanto esse trabalho é dificultado, uma vez que o espaço vazio interno dos adsorventes é composto por uma coleção de poros de tamanhos diferentes.

Embora a dimensão dos poros de um adsorvente possa influenciar sua capacidade e taxa de absorção de adsorvido, a relação exata não é clara.

De acordo com a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC), os poros podem

ser classificados como macroporos ($>500 \text{ \AA}$), mesoporos ($200\text{-}500 \text{ \AA}$) e microporos ($<200\text{\AA}$). O completo entendimento da relação entre tamanho de poro e diâmetro cinético do analito é importante na escolha do material adsorvente (Nascimento *et al*, 2014, p.17).

Na Figura abaixo podemos observar em escala a ordem e grandeza de microporos, mesoporos e macroporos, de modo que cada poro atua de maneira distinta no processo de adsorção. Os macroporos de modo geral agem como canais por onde percorrem os fluidos, a maioria dos processos de adsorção em si acontecem nos microporos e mesoporos.



Fonte: Nascimento *et al* (2014)

Como a adsorção é um processo de superfície, a área de superfície é um parâmetro chave na qualidade de adsorventes (DE GRUYTER, 2012, p.1).

De modo geral na química, mais especificamente na termoquímica e físico-química, a superfície de contato é um fator determinante na velocidade e intensidade de reações. Como os fenômenos de adsorção são afetados por fatores análogos aos das reações químicas, fica evidente a influência da superfície de contato no rendimento do processo.

Para Nascimento *et al* (2014), a área superficial específica está diretamente ligada à intensidade da adsorção, de forma que, partículas maiores oferecem menor resistência à difusão, além de grande parte da superfície interna não é disponibilizada para adsorção.

3.5.1 Influência da Temperatura no processo de adsorção.

Embora seja um fator externo, a temperatura também influencia o processo de adsorção. O efeito da temperatura sobre o sistema afeta, principalmente, a constante de velocidade de adsorção. (NASCIMENTO *et al*, 2014, p.17). Processos de adsorção de fluidos gasosos são decisivamente influenciados pela temperatura.

Como podemos verificar em Almeida (2005), o aumento da temperatura provoca um aumento da velocidade de difusão das moléculas no adsorvato em face a diminuição da viscosidade da solução, além de favorecer o aumento na difusão das moléculas na camada periférica externa, bem como nos poros internos das partículas do adsorvente.

Nesse sentido, o aumento da temperatura provoca alterações na capacidade de adsorção de um adsorvente em relação a um adsorvato.

A variação da temperatura altera o estado de equilíbrio da adsorção para um determinado adsorvato (ATKINS, 1999, p.48), em outras palavras, um determinado adsorvente pode ter a capacidade de reter mais moléculas se a temperatura for maior.

Esse princípio é o mesmo conhecido na termoquímica das reações, onde uma maior temperatura permite uma reação mais rápida e violenta, decorrente do maior choque entre as moléculas.

Jimenes *et al* (2014) observa que a temperatura influencia decisivamente a velocidade da adsorção de metais, à exemplo do cádmio (II), no qual, durante o tempo de 6h, a adsorção à 25°C é de 60%, enquanto que à 60°C atinge 92%. Para o cromo (III), o aumento da temperatura, de 25°C para 40°C, permite retenção de 99% no mesmo intervalo de tempo.

Este conhecimento pode ser útil no tratamento de metais em efluentes, principalmente industriais, uma vez que existe uma grande demanda para o tratamento de

águas que contém metais pesados, sendo atualmente, um dos maiores problemas ambientais decorrentes das atividades produtivas.

3.5.2 Efeito do pH no processo de adsorção.

O pH é um dos fatores que mais influenciam no processo de adsorção, uma vez que atua diretamente na disponibilidade de cargas negativas e positivas, alterando os processos eletrostáticos, o que pode fazer toda diferença em um processo de adsorção.

Para Nascimento *et al* (2014), o pH afeta a adsorção uma vez que influencia o grau de distribuição das espécies químicas, a intensidade dessa influência varia conforme o adsorvente, tendo em vista que as cargas da superfície do adsorvente dependem da sua composição e das características.

A mudança de pH da solução a ser tratada é de suma importância para o processo de adsorção. Camargo (2006) expõe claramente a relação entre o pH e a disponibilidade de cargas, o que resultam na mudança do comportamento da adsorção:

pode haver complexação de OH^- ou dissociação de H^+ , criando cargas negativas onde cátions podem ser adsorvidos e ânions sofrem repulsão. Da mesma maneira, pode haver adsorção hidrogeniônica ou dissociação de hidroxila formando carga positiva onde podem ser adsorvidos ânions por simples atração eletrostática. Essas últimas cargas negativas e positivas descritas são dependentes do pH da solução e, assim, de maneira geral, quando o pH aumenta, aumentam as cargas negativas e diminuem as positivas, então a adsorção de cátions aumenta e a de ânions diminui CAMARGO (2006.p.2).

Simplificando, Em termos de química, a mudança de pH afeta o grau de ionização da solução, o que resulta em uma tendência em produzir cargas negativas e positivas, em um processo de adsorção química, isso pode fazer toda diferença, uma vez que esse tipo de adsorção consiste nas formações de ligações químicas.

Porém, esse parâmetro não incide apenas sobre a solução a ser tratada, mas também está relacionado à própria superfície do adsorvente. Por isso a intensidade desse efeito pode ser maior ou menor de acordo com a superfície do adsorvente, que por sua vez depende da composição química e características.

Como existem uma infinidade de superfícies adsorventes, com diversas características, é necessário definir um parâmetro afim de verificar a resposta da superfície adsorvente em relação ao pH. O parâmetro utilizado para verificar a tendência da superfície

do adsorvente em tornar-se negativa ou positiva em função do pH é denominado Ponto de Carga Zero (PCZ).

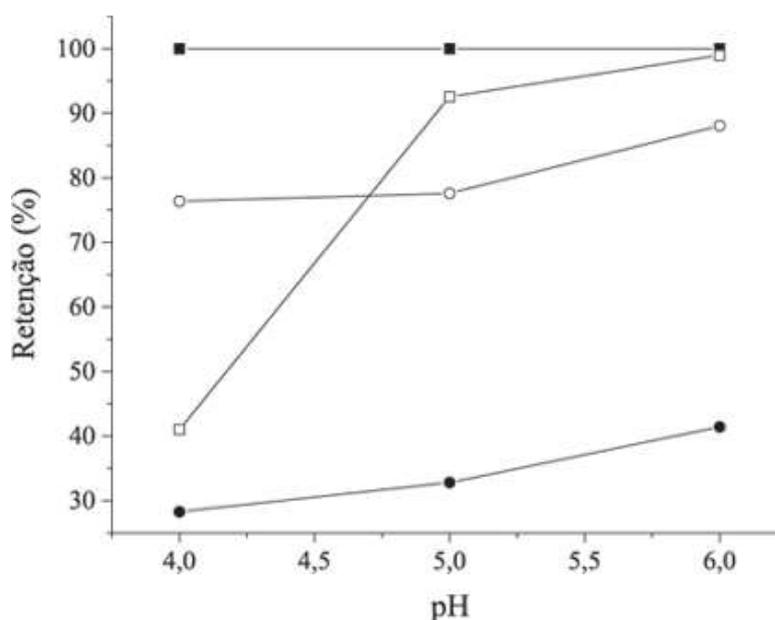
O PCZ é o valor de pH requerido para que a carga líquida do adsorvente seja nula. Para valores de pH inferiores ao pH_{PCZ} (do adsorvente), a carga superficial é positiva e a adsorção de ânions é favorecida; e para valores de pH superiores ao pH_{PCZ} , a carga superficial é negativa e a adsorção de cátions é favorecida. (APEL *et al*, 2003 *apud* NASCIMENTO *et al*, 2014, p.19).

Para exemplificar este conceito, recorremos aos estudos de Almeida (2005), que concluiu que a Sílica (sintética), na qual apresenta valor de $pH_{PCZ} = 2,3$, quando está em meio com pH menor que o seu valor de pH_{PCZ} , apresenta carga elétrica positiva, se, ao contrário, estiver em meio com pH maior que o seu valor de pH_{PCZ} , apresentará carga elétrica negativa em sua superfície de contato.

Como um parâmetro de modifica o comportamento do processo de adsorção, a variação de pH vai incidir diretamente no rendimento ou não, de um determinado processo.

Ao proceder estudos para verificar a adsorção de metais em solução e seu comportamento em relação ao pH, Jimenes *et al* (2014), verificou ao analisar as curvas de adsorção (fig.10) de cádmio(II), manganês(II) e níquel(II), uma crescente retenção conforme ocorre o aumento de pH.

Figura 8 - Influência do pH na adsorção dos metais ■ cromo (III), ● manganês (II), □ níquel (II), cádmio (II) .



Fonte: Jimenes *et al* (2014)

Diferentemente dos demais metais em solução, o cromo (III) apresentou o mesmo valor de retenção em várias faixas de pH, revelando que o processo de adsorção desse metal não é afetado pela variação de pH. Na química sempre existem exceções à regra.

Isso demonstra mais uma vez, que a adsorção é um processo relativo e variável, que sofre influência de diversos fatores. Com relação aos adsorventes de modo geral, cada tipo de adsorvente apresenta características próprias, de forma que podem ser melhor utilizado, ou não, em determinadas finalidades, como é o caso do Carvão ativado, amplamente utilizado em processos de tratamento de água, sendo alvo de diversos estudos que buscam verificar sua eficácia em processos de purificação de água.

3.6 Adsorção e o processo de separação de misturas.

Como visto, apesar de pouco conhecido, a adsorção é muito importante para diversos setores das atividades humanas como indústria e serviços, isso porque a adsorção é um fenômeno indiretamente observável, de forma que está no cerne de outro fenômeno que, por sua vez, está presente no dia-a-dia e no desenvolvimento de cidades: o fenômeno da separação de misturas.

De acordo com Reis (2016), um material é considerado uma mistura quando se observa que suas propriedades químicas variam significativamente de uma amostra para outra, mesmo quando observadas nas mesmas condições de pressão e temperatura.

Os materiais encontrados na natureza são, em geral, misturas de várias substâncias. Mesmo em laboratório, quando tentamos preparar uma só substância, acabamos, normalmente, chegando a uma mistura de substâncias. Torna-se então importante, nos laboratórios e também nas indústrias químicas, separar os componentes das misturas até que cada substância pura fique totalmente isolada das demais (FELTRE,2004, p.31).

No cotidiano existem diversos exemplos de separação de misturas, sendo os mais importantes atualmente, como visto anteriormente, os processos relacionados ao tratamento de águas. Dentre os principais exemplos de processos de separação temos a filtração, decantação, destilação, cristalização entre outros. Neste trabalho vamos nos limitar a explorar os processos relacionados à filtração.

A filtração direta consiste na remoção de partículas suspensas e coloidais e de micro-organismos presentes na água que escoam através de um meio poroso (QUEIROZ, 2010, p5). Na indústria, filtrações são muito utilizadas. Um exemplo é o dos filtros adaptados às

chaminés das fábricas, para evitar que a poeira que acompanha os gases industriais seja lançada à atmosfera. Outro exemplo importante é a filtração da água (FELTRE,2004, p.31).

A filtração é um processo de separação de misturas de que é possível devido, entre outras coisas, o fenômeno de adsorção, dessa forma, filtração/adsorção pode estar relacionada a diversos processos envolvendo separação de misturas líquidas e gasosas.

Ribas *et al* (2019), procederam estudos para verificar a capacidade de adsorção de corantes da indústria têxtil em águas por filtração em carvão ativado de caroços de pêssegos, o carvão produzido apresentou eficiência acima de 88% na diminuição da concentração de contaminantes nos efluentes simulados.

Junior *et al* (2010) conduziram estudos para avaliar a capacidade de pré-tratamento de lixiviados de aterros sanitários, para isso construíram um filtro de PVC, areia e carvão vegetal ativado para filtrar amostras de líquido obtidas, constataram reduções de até 74% para DQO (demanda química de oxigênio), 47% para DBO(demanda bioquímica de oxigênio), 93% para cor, 90% para amônia.

Os processos de filtração/adsorção também são amplamente utilizados para separação de misturas gasosas. Soares (2001) desenvolveu pesquisas para verificar a retenção, em carvão ativado de celulignina, de gases provenientes do craqueamento de hidrocarbonetos, resultando em retenções de N₂, e CO₂ em níveis equiparáveis às peneiras moleculares obtidas a partir de carvões minerais.

Diante dos exemplos explorados, fica evidente que um dos principais materiais utilizados em processos de adsorção/separação de misturas é o carvão ativado, que pode ser de origem mineral ou vegetal, porém as pesquisas que visam a utilização deste último tipo de carvão são cada vez mais comuns, uma vez que a facilidade de obtenção e produção, além do fator ambiental, são fortes condicionantes para a utilização na indústria e outras áreas.

3.7 O Carvão Ativado: Histórico e Métodos de Obtenção.

O carvão ativado é hoje um dos adsorventes mais utilizados e apreciados devidos suas características apreciáveis. Ele é acessível e pode ser produzido a partir de diversos matérias que contém carbono em sua composição, geralmente de origem vegetal, designado carvão vegetal ativado.

No ano de 2005, foram produzidas cerca de quase 10 milhões de toneladas de carvão vegetal, só no Brasil (DUBOC *et al*, 2007 *apud* NASCIMENTO *et al*, 2014, p.92).

O carvão vegetal ativado é amplamente utilizado como um adsorvente, suas

propriedades adsorptivas podem ser utilizadas para diversos fins com excelentes resultados, inclusive para a purificação e tratamento de águas. Atuando na retenção de moléculas e compostos, geralmente orgânicos, que são responsáveis pelo surgimento de cores e odores desagradáveis.

Como afirma Bansal e Goyal (2005), suas propriedades adsorptivas são decorrentes da sua estrutura porosa, alta área superficial e reatividade da superfície. Sendo utilizados para purificar, desodorizar, descolorir, separar de forma a permitir filtrar, remover ou modificar constituintes nocivas de fluidos líquidos e gasosos.

Sabe-se que a utilização de carvão vegetal é amplamente utilizada em diversas áreas e setores econômico e produtivos, como a indústria alimentícia, química, automotiva e petrolífera, bem como amplamente utilizada no tratamento de águas, industriais e urbanas.

Através da purificação da água pelo carvão ativado, pode-se alcançar resultados que permitem adequar a água à parâmetros de potabilidade necessários para o consumo humano. Assim, sua ação elimina cor, odor, mau gosto, remove substâncias orgânicas e inorgânicas dissolvidas na água através do mecanismo da adsorção (FERNANDES, 2010, p.25).

A utilização do carvão ativado como uma substância com propriedades que permitem purificar água não é nova, sabe-se que é tradicionalmente utilizado pela humanidade, embora o entendimento científico sobre o fenômeno da adsorção e o aprimoramento dos seus mecanismos tenham sido desenvolvidos somente em épocas atuais.

De acordo com Worch (2012) as propriedades de adsorção carvão ativado de diversas origens são conhecidos há milênios, mas somente desde o início do século XX, esse material foi aprimorado por processos especiais de ativação, que podem ser produzidos a partir de diferentes matérias-primas que contêm carbono e por diferentes processos de ativação.

Chien (2019), ressalta que existem registros da aplicação de carvão vegetal para purificação de água há pelo menos dois milênios, encontrados em manuscritos em sânscrito. De forma que há registros de uso moderno para descolorir soluções, bem como da invenção de um cartucho de carvão vegetal em mascaras para proteção pessoal durante a Primeira Guerra Mundial.

No entanto, foram nos últimos 50 anos que a tecnologia de produção de carvões ativados evoluiu significativamente (CUBAS, 2010 *apud* PEREIRA E JUNIOR, 2013, p.5).

Outro aspecto que faz do carvão ativado um excelente adsorvente, permitindo sua produção e aplicação em escala industrial, é o fato de que pode ser fabricado a partir de diversos materiais, que são geralmente de origem vegetal, pois estes podem ser facilmente

obtidos.

Além disso, a sua produção pode ser promissora, do ponto de vista ambiental. Isso porque pode ser obtido, inclusive, a partir de restos e aparas de madeira que seriam descartadas, ou de sementes como açai, tucumã, entre outras.

As matérias-primas utilizadas para fabricação de carvão ativado possuem alto teor de carbono, tais como: casca de coco, madeira de alta e baixa densidade, turfa, resíduos de petróleo, ossos de animais, resíduos agroindustriais, açúcar, caroço de azeitona, casca de noz, caroço de pêssigo entre outros(MUCCIACITO 2009 *apud* MACEDO 2012, p.34).

Na Tabela 1 consta a produção média anual de carvão ativado a partir de diferentes matérias-primas. Embora a produção de carvão de matérias primas minerais seja grande, os carvões ativados de origem vegetais ainda são mais utilizados, sendo a madeira a principal matéria-prima utilizada.

Tabela1 - Produção anual de carvão a partir de diferentes materiais

Materiais	Produção Anual de Carvão Ativado (t/ano)
Madeira	130.000
Carvão mineral	100.000
Linhito	50.000
Casca de coco	35.000
Turfa	35.000
Outros	10.000

Fonte: Boligon (2015)

O processo de fabricação e ativação do carvão pode ocorrer de duas formas diferentes, são estas a ativação física e a ativação química. A ativação visa o aumento da área superficial de carvão proporcionando um acréscimo da sua porosidade. O propósito do processo de ativação é o controle das características básicas do material como distribuição de poros, área superficial específica, a resistência mecânica, etc. (FERNANDES, 2010, p.30)

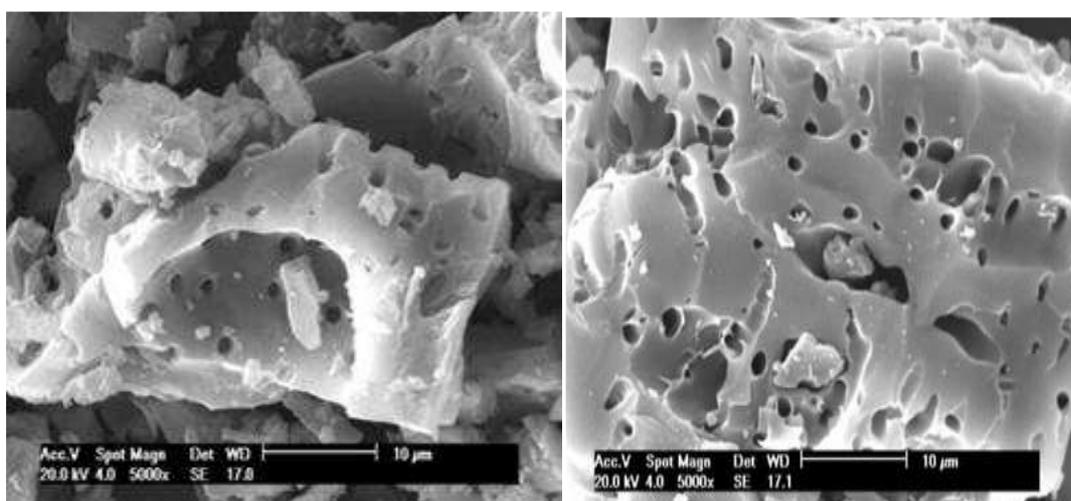
Na ativação física utiliza-se as propriedades oxidantes como vapor d'água com temperaturas menores que 800°C ou CO₂ a temperaturas elevadas entre 700 e 1100°C, resultando em uma estrutura porosa bastante fina e apropriadas para uso em processos de adsorção (RUTHVEN, 1984, p.8).

Este método apresenta muitas vantagens, como o fato de ser ambientalmente mais conveniente, pois os subprodutos são geralmente gases como CO₂, vapor de água entre outros. Dessa forma não utiliza produtos químicos como ocorre no processo de ativação química.

Na ativação química vários agentes químicos podem ser utilizados, tais como $ZnCl_2$, H_3PO_4 , KOH , K_2CO_3 , $NaOH$, H_2SO_4 , etc., agindo no desenvolvimento da porosidade por meio da degradação e desidratação. Carvões ativados com área de superfície muito alta tem sido preparados por ativação química (ZANELLA, 2012, p.39).

Em relação a ativação física, este método pode apresentar vantagens, com relação à produção de carvões mais porosos que promovem um processo de adsorção superior em termos de taxa de adsorção.

Figura 9 -da esquerda p/ direita, carvão antes da ativação (5000 x), Carvão após ativação (5000 x).



Fonte Fernandes (2010)

A Figura acima apresenta a estrutura porosa do carvão antes e depois da ativação, captada através de Microscopia de Varredura Eletrônica (MEV). Percebe-se claramente um aumento da estrutura porosa, através do aparecimento de poros de tamanhos diversos e de uma amplificação dos poros já existentes.

3.7.1 O Carvão ativado a partir dos caroços de açaí

Existem atualmente diversas pesquisas que visam a utilização de carvão de açaí para diversos fins, sendo a principal finalidade estudada o uso como adsorvente para tratamento de águas e purificação de fluidos. Algumas pesquisas que buscam avaliar o uso do carvão de açaí como agente catalizador também são encontradas, em menor proporção.

Cabe destaque para o trabalho desenvolvido por Pereira e Junior (2013), que desenvolveram uma metodologia para produção do carvão ativado, bem como filtros de água adicionando carvão ativado de açaí em velas de filtro simples, realizando posteriormente

testes de qualidade em água.

O trabalho desenvolvido rendeu-lhes o Prêmio jovem cientista 2013, não apenas por criar uma solução para a geração de resíduos de caroços de açaí na comunidade local, como também por encontrar uma solução para melhorar a qualidade da água.

Nascimento e colaboradores (2019), desenvolveram estudos para verificar a adsorção de corantes de indústria têxteis por carvão de açaí ativado com hidróxido de sódio (na proporção de 1:3), sendo aplicado na adsorção do azul de metileno, com excelentes resultados, demonstrando o potencial de utilização como um material adsorvente.

Estudos para adsorção de metais pesado por carvão ativado de açaí foram desenvolvidos por Queiroz *et al*(2019), utilizando carvão de açaí ativado com ácido nítrico 8,0Mol.L⁻¹ para remoção de Pb²⁺ da água, apresentando porcentagem de remoção de até 85,6%, o que pode ser considerado um resultado excepcional.

Filho e colaboradores (2014), procederam ativação alcalina de carvão de açaí com NaOH_(aq) 1,0 mol. L⁻¹ e outra ativação ácida com solução de H₂SO_{4(aq)}+ HNO_{3(aq)} (3:1), realizando posteriormente ensaios de adsorção com soluções aquosas de ácido acético. A pesquisa demonstrou maior potencial de adsorção pelo carvão de ativação alcalina, à temperatura ambiente.

3.8 A educação ambiental - EA

É evidente a maior preocupação com a educação ambiental (EA) e o desenvolvimento de metodologias que consigam agregar novos conhecimentos contextualizados dentro das salas de aula. Em especial na química, existe imensas possibilidades de criar estratégias através de experimentos e intervenções que consigam criar um ambiente de aprendizado contextualizado.

É necessário, entretanto compreender as bases socioculturais, históricas e normativas, afim de desenvolver metodologias que possam fazer frente as atuais demandas da sociedade.

As origens dessa EA estão ligadas à própria criação da Unesco, em 1946, órgão da Organização das Nações Unidas(ONU) que iniciou o debate em torno da educação de um modo geral e da EA em particular, em termos globais e por meio da mobilização de governos e entidades da sociedade civil (BARBIERI E SILVA, 2011, p.54).

Eventos como este foram marcos que lançaram as bases normativas e políticas, afim de implementar novas perspectivas de ação em prol do meio ambiente e sustentabilidade,

inclusive na educação ambiental.

No entanto, foi somente a partir da década de 60 que os movimentos para a construção de proposta que traga a questão do meio-ambiente para dentro processo de construção científico e normativo.

As discussões sobre a preservação do meio ambiente tiveram destaque a partir do final dos anos 60, principalmente após a Conferência sobre a Biosfera, realizada em Paris, em 1968 (COUTINHO E RIZATTI,2015, p.1).

A partir desse evento as pressões para proteção ambiental intensificaram-se, com a introdução de normas na legislação ambiental e o surgimento de movimentos políticos e técnico-científico. Após a conferencia sobre biosfera foi criado o programa Homem e Biosfera (MaB – *Man and the Biosphere*).

O MaB é um programa de cooperação internacional que visa, por meio de cooperações internacionais, estudar as interações entre o homem e seu meio e procura compreender as repercussões das ações humanas sobre os ecossistemas mais representativos do planeta (PEREIRA *et al*, 2014,p.3).

Em 1972, a Organização das Nações Unidas (ONU) realizou em Estocolmo, Suécia, a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano. Nessa conferência foi criado o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente-PNUMA (MARCATO, 2002, p.25).

O programa tem como principal objetivo, de acordo com ONU (Organização das Nações Unidas), o monitoramento contínuo do estado do meio ambiente global, alertando e recomendando medidas à povos e nações medidas para melhorar a qualidade de vida da sociedade, sem comprometer as gerações futuras.

Mas foi a partir da Conferência de Belgrado, realizada em 1975 em Belgrado, na ex-Iugoslávia, que a temática educação ambiental começou a ficar mais evidente, atrelado à temáticas como pobreza, poluição e emancipação social.

Como resultado, a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura – UNESCO, criou o Programa Internacional de Educação Ambiental – PIEA (PEDRINI, 2000 *apud* QUEIROZ E CAMACHO, 2016). O documento final da conferência de Belgrado, a “Carta de Belgrado”, estabelece metas, objetivos e diretrizes para a educação ambiental.

É meta da educação ambiental, segundo à carta de Belgrado:

Formar uma população mundial consciente e preocupada com o meio ambiente e com os problemas associados, e que tenha conhecimento, aptidão, atitude, motivação e compromisso para trabalhar individual e coletivamente na busca de

soluções para os problemas existentes e para prevenir novos. (Carta de Belgrado,1975)

De acordo com Queiroz e Camacho(2016), o principal evento referente à educação foi realizado entre os dias 14 e 26 de outubro de 1977, na Geórgia (ex-URSS), orientado pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), a Conferência Intergovernamental de Educação Ambiental, conhecida também como conferência de Tbilisi.

As diretrizes da conferencia de Tbilisi concernente à educação ambiental estabeleceram um marco sólido de referência, dando início ao processo irreversível de conscientização da educação ambiental e sua relação com várias áreas do conhecimento, à nível mundial.

A partir desse evento, ficou claro a necessidade do desenvolvimento de novas abordagens e uma normatização que permitam o desenvolvimento da EA como um conhecimento que pode e deve ser inserido no processo educacional, dentro do contexto de degradação ambiental da atual sociedade.

Inicia-se um amplo processo em nível global orientado para criar as condições que formem uma nova consciência sobre o valor da natureza e para reorientar a produção de conhecimento baseada nos métodos da interdisciplinaridade e nos princípios da complexidade (JACOBI, 2003, p.2). Várias conferencias foram realizadas, envolvendo temas como poluição e educação ambiental.

Queiroz e Camacho (2016), destacam os principais eventos :a Conferência de Moscou, realizada em agosto de 1987; Conferência de Jomtien: realizada na Tailândia no ano de 1990; Conferência do Rio de Janeiro (RIO-92), 1992; Conferência de Nova Delhi, realizada em 1993; Conferência de Thessaloniki: realizada na cidade grega de Tessaloniki, em 1997; Conferência de Quioto: Realizada em 1997e a Conferência do Rio de Janeiro (Rio+20), em 2012.

O evento que se tornou um marco no desenvolvimento, a nível global, dos aspectos normativos referentes à Educação Ambiental, foi o Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global, na Rio 92, Brasil. Coloca princípios e um plano de ação para educadores ambientais, estabelecendo uma relação entre as políticas públicas de educação ambiental e a sustentabilidade (JACOBI, 2013, p.3).

3.8.1 Legislação Brasileira e educação ambiental: uma leitura das leis e dos PCN's

Embora recente, a EA no Brasil tem uma base normativa de diretrizes, que predis põe o uso desse conceito no processo de ensino-aprendizagem. A Constituição Federal do Brasil (1988), estabelece, em seu artigo 225, que:

“Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.” Cabe ao poder público: **“VI - Promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente;”** (BRASIL, 1988)

.

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), Lei Nº 9394, reafirma o princípio da Constituição de 1988, ao considerar que a educação ambiental deve ser levada em consideração ao se conceber os conteúdos curriculares em todos os níveis de ensino, sem no entanto, constituir-se em disciplina específica, de forma a desenvolver hábitos e atitudes de conservação ambiental dentro do próprio contexto social e escolar no qual se está inserido.

A LDB é um marco do ponto de vista educacional, pois ao estabelecer as bases normativas para a educação brasileira, consumou a EA como uma necessidade que deve levada para dentro das salas de aulas através dos conteúdos curriculares

Em 1997 o governo divulgou os Parâmetros curriculares Nacionais - PCN's, com os objetivos de orientar professores. Os PCN enfatizam a interdisciplinaridade e o desenvolvimento da cidadania entre os educandos.

Os PCN estabelecem que alguns temas especiais devem ser discutidos pelo conjunto das disciplinas da escola, não constituindo-se em disciplinas específicas. São os chamados temas transversais (MARCATO, 2002, p.33). Para que o processo de educação sobre o meio ambiente seja eficaz surge a necessidade de inserir a temática “Educação Ambiental” como tema transversal de ensino (SCOPEL, 2015, p.29).

Dessa forma, a EA passa a ser tratada de forma articulada entre as diversas áreas do conhecimento, impregnando toda a prática educativa e criando uma visão contextualizada a abrangente da questão ambiental. Nesse sentido, a transversalidade ganha um papel de destaque nesse processo, uma vez que permite essa articulação entre as áreas do conhecimento e a reflexão crítica no processo de aprendizado

No que diz respeito a transversalidade, Ruiz *et al* (2005), afirma que permite a possibilidade de se estabelecer novos paradigmas na pratica educativa, que agreguem o

conhecimento teoricamente sistematizado e as questões sociais da vida, que são importantes para o desenvolvimento social, criando formas de sistematizar esse trabalho.

Em dezembro de 1994, em função da Constituição Federal de 1988 e dos compromissos internacionais assumidos com a Conferência do Rio, foi criado o Programa Nacional de Educação Ambiental (PRONEA), compartilhado pelo então Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal e pelo Ministério da Educação e do Desporto, com as parcerias do Ministério da Cultura e do Ministério da Ciência e tecnologia (BRASIL, 2014, p.135).

O PRONEA buscou por meio de seus princípios e linhas de ações propostos, intensificar a implantação da Educação Ambiental na sociedade nacional.

Outro conceito em evidência atualmente, e que propõe a inserção de aspectos socioambientais no processo educacional, é a chamada educação ambiental crítica.

De acordo com Unesco (2007), a sua principal característica consiste na percepção de que, como prática social, a educação ambiental necessita vincular os processos ecológicos aos sociais na leitura de mundo, na forma de existir na natureza a intervir no mundo.

Santos e Rodrigues (2018) ressaltam que, outra importante ação para a legitimação da EA é o diálogo com o movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), de forma que esse movimento tem como base a interdisciplinaridade, propondo uma análise social do conhecimento científico e tecnológico, e suas implicações na economia, sociedade e cultura.

3.8.2 Principais abordagens teóricas em EA.

Existe um grande esforço acadêmico em desenvolver teorias que consigam trazer o rigor teórico e aprofundamento reflexivo, aliados com as novas concepções, tendências e realidades que, cada vez mais, a sociedade vem apresentando. Muitos autores se debruçam sobre a problemática da EA, sob uma perspectiva dialógica e crítica, como Carvalho (2011), Loureiro (2005), Guimarães (2004), Tozoni-Reis (2007) entre outros que vem contribuindo para o desenvolvimento dos conceitos e fundamentos da EA.

Para Carvalho *et al* (2011), enquanto critica a sociedade pós-industrial e consumista, a EA busca um caminho para uma sociedade ecológica através de práticas pedagógicas que consigam agregar a utopia compartilhada por movimentos sociais ecológicos e o desenvolvimento de normas normatividades no espaço escolar.

Dessa forma, a proposta colocada por essa corrente é fortemente atrelada aos aspectos éticos e pelo pensamento ecológico, o que faz com que seja carregada de

pensamento crítico e aberto a possibilidades de reflexões.

Tozoni-Reis faz um trabalho de classificação das diversas abordagens da EA e de suas tendências, de forma que cada uma resulta em diferentes práticas educativas ambientais:

“educação ambiental como promotora das mudanças de comportamentos ambientalmente inadequados – de fundo disciplinatório e moralista -; a educação ambiental para a sensibilização ambiental – de fundo ingênuo e imobilista; a educação ambiental centrada na ação para a diminuição dos efeitos predatórios das relações dos sujeitos com a natureza – de caráter ativista e imediatista; a educação ambiental centrada na transmissão de conhecimentos técnico-científicos sobre os processos ambientais que teriam como consequência uma relação mais adequada com o ambiente – de caráter racionalista e instrumental; e a educação ambiental como um processo político de apropriação crítica e reflexiva de conhecimentos, atitudes, valores e comportamentos que tem como objetivo a construção de uma sociedade sustentável do ponto de vista ambiental e social - a educação ambiental transformadora e emancipatória” (TOZONI-REIS, 2007 *apud* TEXEIRA *et al*, 2012)

Loureiro (2005) traz uma interessante proposta de abordagem baseada na teoria crítica, que está vinculada às formulações e reflexões oriundas da Escola de Frankfurt. Utilizando-se dessa forma, da teoria e do método dialético formulado por Karl Marx em diálogo com outros pensadores, dentre eles Weber, Hegel e Freud, em busca da construção de uma visão integradora de ciência e filosofia e de uma atuação transformadora das relações sociais (LOUREIRO, 2005. p.325)

Com isso, Loureiro faz diversas vinculações teórico-reflexivas entre Teoria Crítica e Educação Ambiental, de forma que ao final, consegue propor dinâmicas, jogos e simulações que trabalham com a participação, contextualização histórica das questões ambientais e análise crítica das relações sociais.

A metodologia proposta tem como fundamento certas perspectivas oriundas de um processo de construção que propõe, para o ensino formal:

“No caso do ensino formal: (1) vinculação do conteúdo curricular com a realidade de vida da comunidade escolar; (2) aplicação prática e crítica do conteúdo apreendido; (3) articulação entre conteúdo e problematização da realidade de vida, da condição existencial e da sociedade; (4) projeto político-pedagógico construído de modo participativo; (5) aproximação escola-comunidade; (6) possibilidade concreta do professor articular ensino e pesquisa, reflexão sistematizada e prática docente.” (LOUREIRO, 2005. p.329)

Mauro Guimarães (2004), traz o conceito de Educação Ambiental Crítica, que propõe romper o cientificismo cartesiano e o antropocentrismo, que segundo ele “sustenta

uma relação desintegrada entre sociedade e natureza, baseada na dominação e espoliação da primeira sobre a segunda, pilares da crise ambiental da atualidade” (GUIMARÃES, 2004, p.26).

De modo geral, a Educação Ambiental Crítica busca trazer a perspectiva crítica sustentada por Carvalho *et al*(2011), sem no entanto, cair na “armadilha” da generalização e da simplificação, o que ele denomina de “Educação Ambiental Conservadora”, mas que encerre em a complexidade dos aspectos sociais e ambientais, dentro de um processo educativo ativo e com significado real na vida dos alunos:

A Educação Ambiental Crítica objetiva promover ambientes educativos de mobilização desses processos de intervenção sobre a realidade e seus problemas socioambientais, para que possamos nestes ambientes superar as armadilhas paradigmáticas e propiciar um processo educativo, em que nesse exercício, estejamos, educandos e educadores, nos formando e contribuindo, pelo exercício de uma cidadania ativa, na transformação da grave crise socioambiental que vivenciamos todos. (GUIMARÃES,2004, p.30).

Percebe-se então, uma tendência a buscar abordagens de EA que, além trabalhar os conteúdos teóricos em sala de aula, possa mostrar a relação destes conteúdos com os aspectos da sociedade, do meio ambiente, levando em consideração a complexidade e a dinâmica da realidade na qual estamos inseridos. Dentre as propostas de abordagens metodológicas, os chamados temas geradores vêm ganhando cada vez mais atenção dos pesquisadores.

3.8.3 A educação ambiental e ensino da química: temas geradores.

Para Santos (2012), a consolidação do ensino de química tornou-se possível devido a mudança de mentalidade social em relação as ciências, bem como uma modificação na estrutura econômica da sociedade, decorrente do crescente processo de industrialização e atividades comerciais. Junto a este desenvolvimento científico e tecnológico, adveio uma nova realidade de impactos sociais e ambientais.

Podemos afirmar, portanto, que, diante do novo cenário sociocultural, político e econômico, irrompe a necessidade de desenvolver a EA, como uma forma de levar os alunos à reflexão crítica e reflexiva das questões ambientais que surgem na atualidade.

No que diz respeito aos problemas ambientais decorrentes dessa nova realidade, Marques *et al* (2007), afirma que problemas ambientais atuais tem origens diversas, como atividades agrícolas, industriais e urbanas, de forma que produtos químicos tiveram papel determinante nesse processo, pois desconsidera os efeitos possivelmente nocivos de

subprodutos em benefício de uma racionalidade ligada fortemente à eficiência técnica e econômica.

No atual contexto, o ensino da química deve levar em consideração os aspectos relacionados às práticas ambientais no desenvolvimento do conteúdo programático e da prática pedagógica, com a finalidade de criar uma aprendizagem que seja significativa para o aluno.

Uma das possibilidades para o desenvolvimento de aulas e demais práticas pedagógicas, que consigam agregar o ensino de química com os conceitos de educação ambiental é a utilização dos denominados temas geradores.

Uma maneira de tornar uma aula de Química “diferente” é através do uso de temas geradores (SANTOS E RODRIGUES, 2018, p.4). A água pode ser um exemplo de um tema gerador.

Estes temas se chamam geradores porque, qualquer que seja a natureza de sua compreensão como da ação por eles provocada, contém em si a possibilidade de desdobrar-se em outros tantos temas que, por sua vez, provocam novas tarefas que devem ser cumpridas (FREIRE, 1981, p.40).

Assim como a água, os próprios problemas ambientais da atualidade, como poluição entre outros, podem ser utilizados como temas geradores.

Dessa forma, os problemas ambientais podem se constituir em temas geradores que questionam e problematizam a realidade para compreendê-la instrumentalizando para uma ação crítica de sujeitos em processo de conscientização (GUIMARÃES, 2007 p.91).

Utilizar a água como tema gerador é o ponto chave dessa pesquisa, uma vez que possibilita a aprendizagem de conteúdos tradicionais da química (conceitos como adsorção, separação de misturas, etc), mas também chama a atenção para a realidade, através da utilização de materiais alusivos ao contexto local, e da reflexão crítica, que possibilita a mudança de comportamentos e atitudes, e esse é o grande objetivo da educação ambiental.

Quadro3 - Relação de conteúdos que podem ser trabalhados com a temática água.

Conteúdos	Tópicos que podem ser trabalhados
Propriedades dos materiais	Disposição dos átomos, propriedades físicas (ponto de ebulição, fusão...), densidade, pressão de vapor, capacidade calorífica, diagrama de fases.
Química inorgânica	Ácidos e bases (conceito de Arrhenius), sais, produto iônico.
Ligações químicas	Ligação covalente, polaridade, geometria molecular, eletronegatividade, interações intermoleculares.
Reações químicas	Reações químicas em meio aquoso, o papel da água na mobilidade iônica e na solvatação de íons, equações iônicas.
Solução química	Classificação das soluções, solubilidade, propriedades coligativas, cálculos de concentração e diluição, produto de solubilidade.
Equilíbrio químico	Equilíbrio iônico da água, equilíbrio ácido-base (pH, pOH, constante de ionização...).
Oxidação	Água e a corrosão, potencial de oxirredução.

Fonte: Santana et al (2017)

3.8.4 A educação ambiental e ensino da química: experimentos como metodologia de ensino

Um requisito importante para o desenvolvimento da EA como um conhecimento transversal, é a habilidade de desenvolver metodologias que consigam integrar este conjunto de conhecimento, de forma bem sucedida.

Cunha (2012), destaca que a percepção antiga onde acredita-se que a aprendizagem ocorre pela repetição e que os estudantes eram os únicos responsáveis pelo próprio sucesso, está sendo substituída pela ideia de que o insucesso dos estudantes é considerado também consequência de sua prática docente.

Dentro dessa perspectiva, despertar o interesse dos estudantes passou a ser um desafio à competência docente. A noção de que a aprendizagem deve levar em consideração a utilização de experiências mais significativas está cada vez mais evidente

A aprendizagem dá-se devido às experiências que fazem parte do dia a dia e favorece o desenvolvimento de competências, habilidades e conhecimentos acerca de diversos assuntos, que faz com que o sujeito reconheça a importância do saber e a aplicabilidade dos conhecimentos construídos (SCOPEL, 2015).

Entretanto, para que a prática de aprendizagens significativas possa desenvolver-se no cotidiano da prática docente, de forma a tornar-se expressiva, faz-se necessário romper o tradicionalismo ainda operante nas salas de aula.

Um dos maiores desafios do ensino de Química, nas escolas de nível fundamental e médio, é construir uma ponte entre o conhecimento escolar e o mundo cotidiano dos alunos (BENITE E BENITE, 2009, p.1.).

Um dos principais aspectos desse processo é a contextualização como um instrumento que agregue as diferentes dimensões práticas e teóricas da educação ambiental na química. É ela que vai permitir ao aluno desenvolver o pensamento crítico e reflexivo, sem, no entanto, deixar de lado os aspectos técnicos-científico inerentes ao processo de ensino-aprendizagem.

A contextualização no ensino vem sendo defendida por diversos educadores, pesquisadores e grupos ligados à educação como um “meio” de possibilitar ao aluno uma educação para a cidadania concomitante à aprendizagem significativa de conteúdo (SILVA, 2007, p.11).

Uma forma para levar a contextualização para dentro das salas de aula é a utilização de experimentos, uma prática que pode ser utilizada com grande potencial educativo dentro da

química. A utilização de aulas práticas abre aos alunos a possibilidade de tornar-se agentes ativos na construção do conhecimento, o que torna a prática docente mais produtiva, e divertida até certo ponto.

Nesse sentido, Scopel (2015) afirma que, quando os estudantes são desafiados no sentido da busca de respostas e resolução de problemas, desperta nos mesmos, o desejo da descoberta, da pesquisa, de conhecer mais sobre determinadas temáticas.

Um aspecto positivo no uso de experimentos é que eles proporcionam ao aluno uma compreensão científica das transformações que ocorrem na natureza a partir de contextos familiares ao seu dia a dia (SANTOS E RODRIGUES, 2018, p.8)

Ainda, para Scopel (2015) a realização de experimentos nas disciplinas de ciências é uma excelente ferramenta de aprimoramento, pois tendo em vista a relação entre os conhecimentos práticos e teóricos no conteúdo visto em aula, os estudantes conseguem ver aplicabilidade do que estão aprendendo e isso desperta interesse na construção do conhecimento.

Existe uma relação muito próxima entre a química e a experimentação, pela sua própria história e desenvolvimento, a química está intimamente relacionada às práticas de laboratórios e experimentação.

Apesar disso, a utilização de experimentação na química pode se dar através da utilização de simples experimentos utilizando materiais alternativos.

Para Marques *et al* (2007), existe um consenso entre os pesquisadores em ensino de química, que o laboratório didático como um espaço físico estereotipado, com vidrarias e reagentes convencionais, não é condição essencial para uma aprendizagem significativa. Existe na atualidade um incentivo a utilização de materiais de baixo custo e acessíveis. De forma que não são as condições dos materiais, e sim o modo como o docente realiza a atividade que favorece a aprendizagem.

Existe, portanto, na área da química, imensas possibilidades para o desenvolvimento metodológico através de aulas práticas e/ou experimentais, que consigam trazer os conceitos de EA para aluno, de forma lúdica, afim de desenvolver as habilidades atribuídas a EA.

3.9 Saneamento Urbano em Macapá: água e resíduos sólidos

A Constituição do Estado Amapá (1991), aborda do Saneamento, no art. 202. Institui que o Estado juntamente com Município deve instituir programas de saneamento urbano, com a finalidade de promover a defesa preventiva da saúde pública. Em seu art.204, estabelece os

princípios da política de ações de obras de saneamento básico no Amapá:

Art. 204. A lei estabelecerá a política das ações e obras de saneamento básico no Estado, respeitados os seguintes princípios:

- I - Garantia de abastecimento domiciliar prioritário de água tratada;
- II - Criação e desenvolvimento de mecanismos institucionais e financeiros destinados a assegurar os benefícios do saneamento à totalidade da população;
- III - coleta, tratamento e destinação total dos esgotos sanitários, resíduos sólidos e industriais;
- IV - Proteção dos mananciais potáveis. (AMAPÁ,2011)

Apesar de prevista na constituição estadual, os serviços de saneamento, principalmente no tocante aos serviços de abastecimento de água e tratamento de resíduos sólidos, de modo geral, são insuficientes para demandas locais.

O Município de Macapá, capital do Estado do Amapá, abriga mais da metade da população estadual, possui uma taxa de urbanização elevada de 89,8%, porém apresenta a infraestrutura urbana inadequada e deficiente quanto aos serviços de saneamento básico (MARINHO E NASCIMENTO, 2014 p.13).

De acordo com Santos (2012) *apud* Marinho e Nascimento (2014), o Estado do Amapá apresenta um índice muito baixo de cobertura por serviços de saneamento básico, em especial a capital Macapá.

O Censo do IBGE (2010), mostra que a quantidade de domicílios atendidos pela rede geral de abastecimento no perímetro urbano de Macapá era de 49,787, do total de 90,929 domicílio, correspondendo à 52,72%, ou seja, pouco mais da metade da população conta com o sistema de abastecimento de água.

Tabela2 - Abastecimento de água em Macapá (Censo IBGE-2010).

Variável	Área Urbana			
	Macapá – município		Macapá – distrito	
	Total	Rede Geral	Total	Rede Geral
Domicílios Particulares Permanentes (unidade)	90.929	49.787	88.259	48.686
Domicílios Particulares Permanentes (percentual)	96,28	52,72	98,31	54,23
Moradores em Domicílios Particulares (pessoas)	378.680	213.783	367.037	208.845
Moradores em Domicílios Particulares (percentual)	95,72	54,04	98,24	55,90

Fonte: Oliveira (2016)

A Companhia de Água e Esgoto do Amapá (CAESA) é responsável pelo abastecimento da rede pública de água, que atende os 16 municípios do Estado. A principal fonte de captação de água que abastece a população da cidade de Macapá é de origem superficial proveniente do Rio Amazonas (OLIVEIRA, 2016, p.61). A segunda fonte de água na cidade é através de captação de mananciais subterrâneos.

Como resultado dessa deficiência, a água consumida pela grande maioria da população local não é adequada para uso. Como ressalta Oliveira e Moraes (2017), os índices inadequados de coleta de água e tratamento de esgoto, contribuem para, entre outras coisas, o agravamento de problemas relacionados a incidência de doenças de propagação pelo sistema hídrico.

3.9.1 Resíduos Sólidos: A questão dos caroços de açaí

A questão dos resíduos sólidos no Amapá também é tratada pelo mesmo artigo que cita o abastecimento de água tratada, como parte integrante da normatização para o saneamento urbano, na constituição estadual do Amapá de 1991.

A questão do tratamento de resíduos sólidos no Amapá é, assim como o abastecimento de água e tratamento de esgotos, extremamente deficitária, tanto em termos de coleta como em tratamento.

O método utilizado para o despejo dos resíduos ainda é o aterro controlado cuja saturação está próxima de acontecer se não houver planejamento adequado (MARINHO E NASCIMENTO, 2014.p.28).

De acordo com Cei (2009), s principais resíduos sólidos presentes nos aterros controlados no município de Macapá são: lixo hospitalar, papelão, restos de capina, lixo doméstico e caroços de açaí.

Os caroços de açaí provenientes de estabelecimentos que comercializam o suco de açaí constituem hoje, no estado do Amapá, um dos principais resíduos sólidos, que se tornaram um problema, na medida em que existe um acúmulo desse resíduo, sem um tratamento adequado de descarte.

A respeito disso, Santos e colaboradores (2018), ressaltam que o suco de açaí é comercializado diariamente nas denominadas “batedeiras”, que constituem verdadeiras agroindústrias instaladas em áreas urbanas, de forma que geram uma parcela importante do lixo urbano, que não possuem um tratamento adequado e são depositados de maneira inadequada em passarelas, ruas e pátios da cidade.

Uma das propostas é, portanto, a transformação e/ou reaproveitamento deste resíduo para o emprego em outras finalidades.

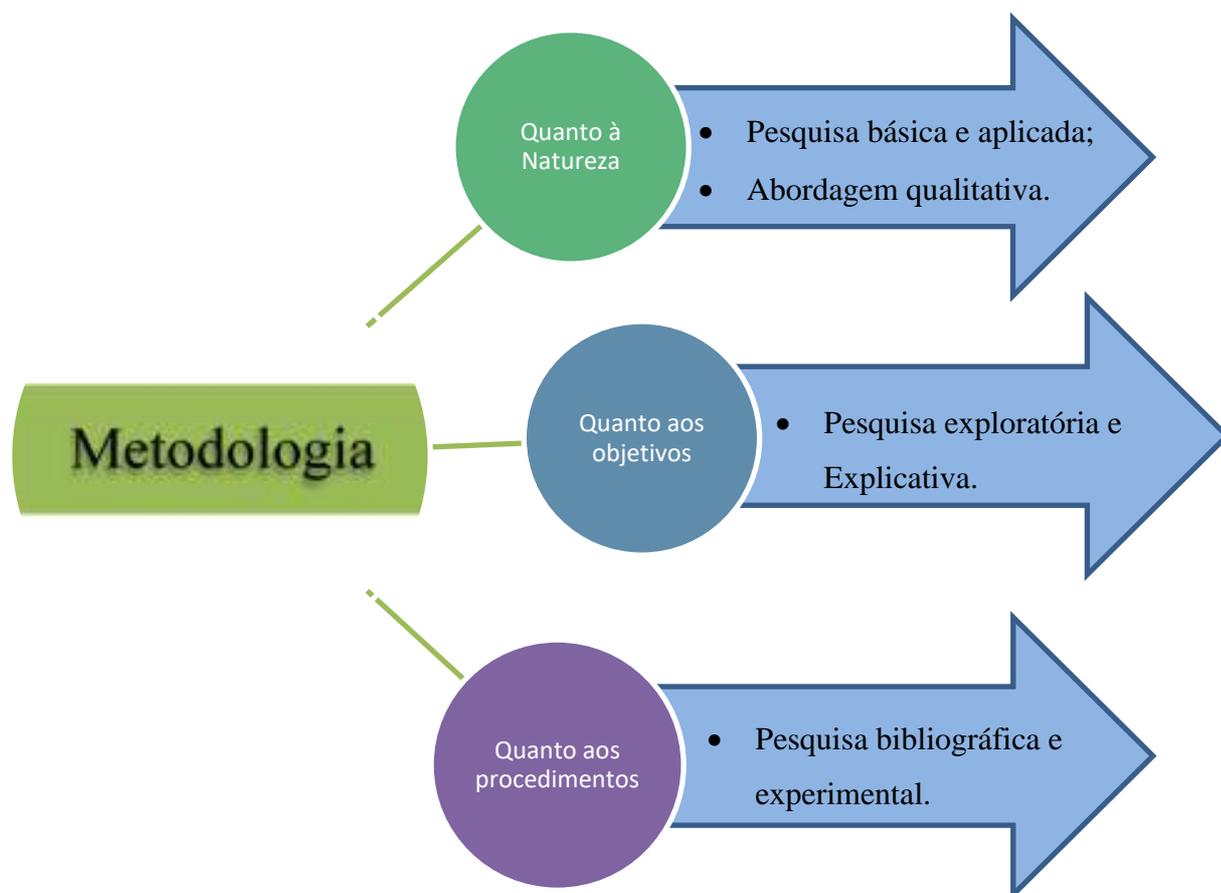
A transformação de caroços de açaí em carvão ativado apresenta-se como uma proposta interessante, na medida em que pode criar um produto que possa ser amplamente utilizado no tratamento de águas, bem como mitigar os impactos ambientais decorrentes do tratamento inadequado.

4 METODOLOGIA

4.1 Classificação da Metodologia

A metodologia que orienta esta pesquisa buscou propor procedimentos metodológicos para práticas em salas de aula que auxiliem no processo de ensino-aprendizagem de conceitos relativos a conteúdos como separação de misturas, substâncias, fases e adsorção. Para isso procedeu-se a uma análise em livros didáticos afim de verificar a existência ou não de experimentos para exemplificar tais conceitos, e, a partir daí, propor práticas que complementem os conceitos abordados nos livros didáticos. A classificação da metodologia está disposta conforme fig.12:

Figura 12 - Diagrama representativo classificação da metodologia.



Fonte:Autor (2020)

4.1.1 Classificação da pesquisa quanto a natureza

No que diz respeito à natureza da pesquisa, embora seja essencialmente básica por não haver aplicação, de acordo com Prodanov (2013), podemos também classificar esta pesquisa como aplicada. Enquanto a pesquisa básica objetiva gerar conhecimentos úteis para o avanço da ciência, envolvendo verdades e interesses universais, a pesquisa aplicada tem como objetivo gerar conhecimento para aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos.

Além disso, a prática de fabricação e posterior ativação do carvão de caroços de açaí, bem como a confecção de modelos de filtros, acrescentam uma característica, ao trabalho, de pesquisa aplicada ainda falando sobre pesquisa prática, a apresentação de propostas práticas baseadas em conhecimentos prévios, permite que estas metodologias práticas possam ser posteriormente aplicadas por outros pesquisadores.

A pesquisa caracteriza-se pela abordagem qualitativa. Assim, visa entender, descrever e explicar os fenômenos sociais de modos diferentes, através da análise de experiências individuais e grupais, exame de interações e comunicações que estejam se desenvolvendo, assim como da investigação de documentos (textos, imagens, filmes ou músicas) ou traços semelhantes de experiências e integrações (FLICK, 2009 *apud* Bruchêz *et al*, 2015).

Para Menezes *et al* (2019), em uma pesquisa de cunho qualitativo, a interpretação do pesquisador apresenta uma importância fundamental, dessa forma, ao analisar os livros didáticos e propor práticas a partir da própria percepção tornamos esta pesquisa como sendo de caráter qualitativo.

4.1.2 Classificação quanto aos objetivos

Com relação aos objetivos, esta pesquisa pode ser classificada, como predominantemente exploratória, uma que, de acordo com Gonsalves (2003), caracteriza-se pelo desenvolvimento e esclarecimentos de ideias, fornecendo uma visão panorâmica e aproximada de um determinado fenômeno que é pouco explorado, de forma que este tipo de pesquisa também é denominada “pesquisa de base” por oferecer dados elementares que dão suporte para futuros estudos mais aprofundados sobre o tema.

A pesquisa ainda pode apresentar caráter de pesquisa explicativa, pois de acordo com Prodanov (2013), tal pesquisa tem como ponto fundamental a necessidade de aprofundamento

da realidade através de manipulação e controle das variáveis.

4.1.3 Classificação quanto aos procedimentos

Com relação aos procedimentos técnicos podemos classificar a pesquisa como experimental ao proceder a etapa de fabricação de carvão ativado de açaí e posterior construção dos protótipos de filtros quando determinamos um objeto de estudo, selecionamos as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definimos as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto (PRODANOV, 2013, p.54).

Para fundamentar a pesquisa, utilizou-se do conhecimento prévio produzido por diversos autores, nesse sentido a pesquisa ainda pode ser classificada como pesquisa bibliográfica.

Segundo Vergara (2000), a pesquisa bibliográfica é realizada a partir de material previamente elaborado, constituído de livros e artigos científicos, sendo importante para o levantamento de informações básicas sobre os aspectos direta e indiretamente ligados à nossa temática.

4.2 Fabricação de carvão ativado de açaí

A fabricação do carvão ativado de açaí foi realizada através da metodologia descrita por Pereira e Junior (2013), através de ativação alcalina, utilizando NaOH como agente ativador. Dessa forma coletou-se amostras de caroços despejados por estabelecimentos que comercializam o suco de açaí, tal amostra foi lavada com água de torneira e levada para secar ao sol por um dia afim de retirar o excesso de umidade (fig.13)

Após este procedimento as amostras foram levadas ao laboratório de química geral do IFAP, onde foi realizada uma lavagem com água destilada, sendo posteriormente secas em estufa 110°C por 24h.

Os caroços foram colocados em solução de NaOH 2molL⁻¹ (Fi.13), durante 24h. Uma segunda lavagem com água destilada foi feita afim de retirar o excesso de reagente, sendo deixado novamente em estufa a 110°C por 24h para secagem total dos caroços.

Figura 13 - da esquerda para a direita, caroços de açaí expostos ao sol para secagem, caroços de açaí após alcalinização com NaOH.

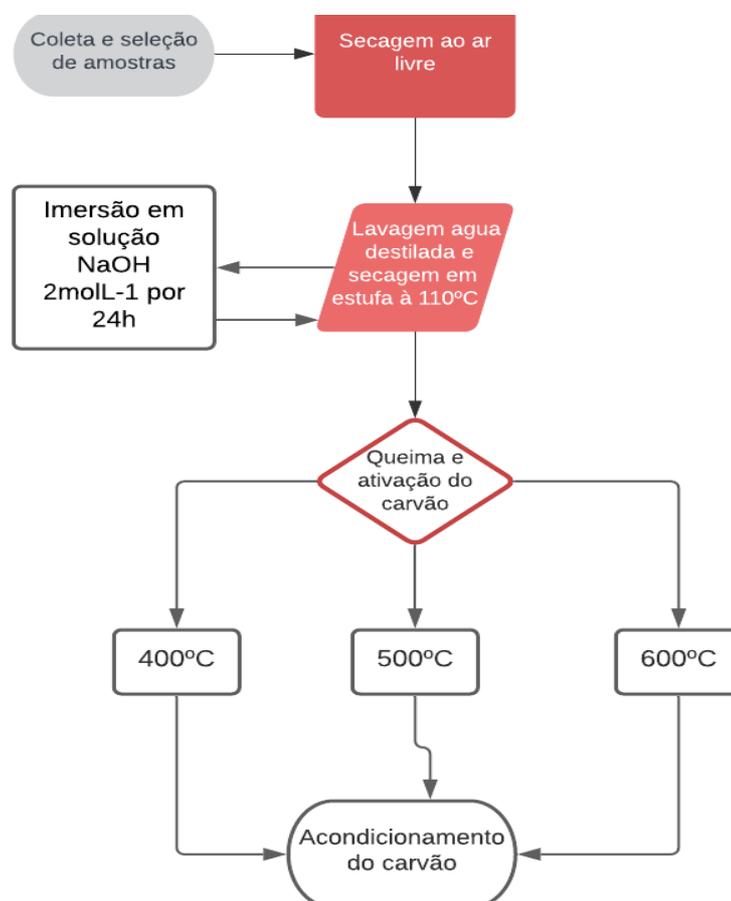


Fonte:Autor (2020)

Os caroços, já secos, foram levadas para mufla para ativação. Foram realizados três procedimentos com diferentes gradientes de temperatura, à 400°C, 500°C e 600°C, com a finalidade de verificar os diferentes graus de ativação da amostra, que após os procedimentos, foram pesadas e levadas ao dessecador.

A ativação se dar pelo aumento da porosidade através do pré-tratamento químico e de altas temperaturas. O procedimento descrito está sistematizado na fig.14.

Figura 14 - Fluxograma da produção do carvão ativado de açaí.



Fonte:Autor (2020)

4.3 Preparações dos filtros de carvão ativado

Procedeu-se a preparação de dois tipos de filtros que pudessem ser utilizados em diversos tipos de aula prática, através de variadas metodologias, de acordo com o direcionamento dado pelo professor de química.

O primeiro modelo foi denominado de filtro 1, permite a visualização do processo de filtração através do tubo e do recipiente de 5 litros, ambos transparente, de modo que é possível verificar o processo de purificação da água e sua qualidade antes e depois do processo, dessa forma o aluno consegue interagir visualmente com o fenômeno. O material e processo de confecção estão descritos a seguir:

- 1 dispenser de copos de café
- 1 garrafa plástica de Shampoo de 5L vazia
- 1 torneira de filtro
- Carvão ativado de açaí(triturado)
- Carvão ativado de açaí(inteiros)
- Areia
- Algodão

Figura 15 - À esquerda: dispenser de copo descartável utilizado e diversos materiais utilizados no processo de fabricação e filtração. À direita: modelo de garrafa transparente de shampoo 5L.



Fonte:Autor (2020)

A parte de cima da garrafa foi cortada permitindo encaixar a torneira na parte de baixo da garrafa com a mão. Posteriormente, o cilindro de dispenser foi acoplado à parte superior da garrafa com auxílio de cola de silicone.

Após esse procedimento, uma camada de algodão foi colocada na parte inferior do tudo, seguindo por uma camada de areia, e posteriormente uma camada de carvão ativado triturado, seguido novamente por uma camada de algodão, areia, carvão ativado de caroços inteiros de açaí, areia e pedra.

O segundo modelo confeccionado utilizando baldes como material alternativo, foi denominado “filtro 2”, os materiais e procedimentos para realização estão descritos a seguir:

- 2 baldes grande de manteiga
- 2 refis/velas de filtro de cerâmica sem carvão ativado(vazias)
- 1 torneira de filtro
- Carvão ativado de açaí triturado

Figura 10 - Da esquerda para a direita, materiais utilizados na confecção e montagem da vela utilizando carvão ativado de açaí.



Fonte:Autor (2020)

Primeiramente foram preparadas as velas do filtro, para isso os refis vazios foram abertos, sendo depositados em cada um 20 g de carvão ativado triturado, para posteriormente fecha-los

Após este procedimento, foram feitos dois furos na parte inferior do balde 1, onde foram colocadas as velas preparadas, esse procedimento foi feito também na tampa do balde 2. A torneira foi posicionada na lateral inferior do balde 2.

4.4 Desenvolvimento das Propostas metodológicas de aula prática

As propostas de aulas práticas foram definidas a partir de uma análise de livros didáticos de química do 1º ano do ensino médio.

Nesse sentido, quatro livros didáticos foram selecionados a fim de proceder uma análise dos seguintes conteúdos: substâncias simples e compostas, misturas homogêneas e heterogêneas e separação de misturas.

Os livros foram selecionados com base no PNLD/2018, sendo estes: coleção Química de Martha Reis Fonseca (2016), coleção Vivá – Química de Novais e Tissoni (2016), coleção Ser Protagonista – Química de Aline Bruni et al (2016) e Química Cidadã de Elaine Castro et al (2016).

Foram verificadas de que forma estes assuntos são abordados ao longo dos livros, especificamente como os conceitos são explorados, se são exemplificados ou não, e de que forma estes exemplos estão relacionados à realidade.

Uma vez realizada a análise, os temas que apresentam conteúdos somente teóricos foram selecionados para propor práticas através dos filtros confeccionados. Além disso, temas que são contextualizados também foram selecionados a fim de propor práticas que possam complementar os conceitos explorados.

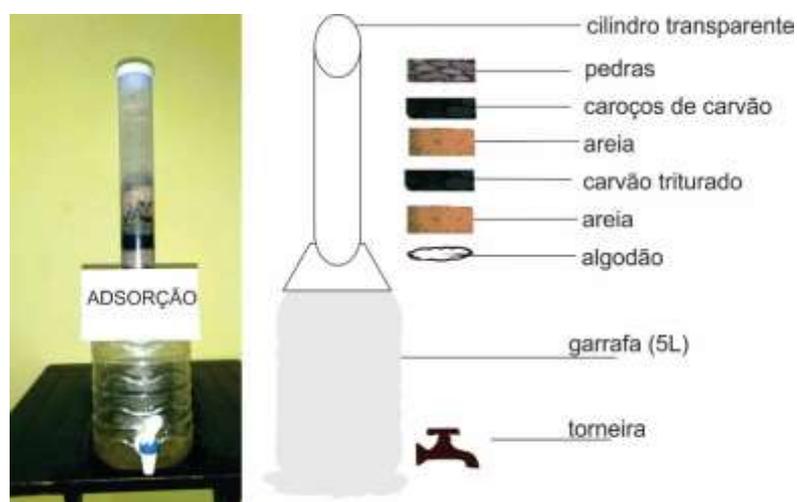
As aulas práticas foram propostas de acordo com os conteúdos apresentados nos livros didáticos e com os conceitos apresentados na fundamentação teórica de tema gerador: a água, e de metodologias de aula através de experimentos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Aplicabilidade dos filtros confeccionados

Os filtros confeccionados foram testados e apresentaram, de modo geral, boa funcionalidade no que diz respeito ao processo de filtração. Especificamente com relação ao filtro 1, o design mostrou-se claramente notável com relação aos elementos utilizados, devido ao tubo translúcido na parte superior, o esquema do filtro 1 está representado na Figura 17.

Figura 17 - Filtro 1 e esquema técnico.



Fonte:Autor (2020)

Como pode ser observado na Figura 18, a filtragem de água (para o modelo 1) apresentou resultados positivos quando utilizado água barrenta. Dessa forma, a água filtrada apresentou coloração consideravelmente mais clara, apesar de ainda apresentar-se turva.

Fig.18 - Água antes e depois da filtragem no modelo



Fonte:Autor (2020)

O filtro 2 apresentou, num primeiro momento, a água filtrada com coloração escura, de forma que se conclui que estava ocorrendo um processo de lavagem do carvão, pois ao longo do processo de filtragem a água adquiria tonalidade mais clara, até o ponto em que não apresentasse vestígios do carvão. O esquema do filtro 2 está representado na Figura 19.

Figura 19 - Filtro 2 e esquema técnico



Fonte:Autor (2020)

A parte interna pode ser vista na Figura 20, dois refis foram carregados com carvão ativado de açai e utilizados na fabricação do protótipo.

Figura 20 - Parte interna do balde superior (Filtro2) e parte inferior



Fonte:Autor (2020)

5.2 Resultados das análises dos livros didáticos por autor.

O livro de Martha Reis (2016) explora, de forma breve, os conceitos de substâncias e misturas, pontuando exemplo destas, sem, no entanto, aprofundar os conceitos de substâncias simples, compostas e misturas homogêneas e heterogêneas.

Os conceitos de separação de misturas foram mais detidamente explorados, com ênfase na separação por processos mecânicos para sólidos, bem como no processo de separação como filtração, decantação e outros, além do processo de purificação da água por Estações de Tratamento de Água (ETA's), utilizando dessa exemplificação conceitos de separação de misturas.

O livro contempla uma seção denominada “cotidiano do químico”, onde são mostrados diversos exemplos de experimentos que são realizados em laboratório de química, porém inexistem propostas de atividades práticas e/ou experimentais com materiais de baixo custo que possam ser realizadas por professores em sala de aula.

De acordo com PNL D (2018), o livro promove uma contextualização através de abordagens que relacionam os conceitos a situações relacionadas ao modo de produção e do mundo e trabalho.

O livro da coleção Vivá - Química (2016), foi aquele que, dentre os livros analisados, explorou os conceitos de substâncias de forma mais detidamente, apresentando os aspectos relacionados às propriedades gerais e específicas das substâncias, bem como os conceitos de substâncias simples e compostas. Um menor número de páginas detém-se aos conceitos de misturas e separações de misturas.

Uma das características mais marcantes, em termos de abordagem, é a utilização, ao longo do livro, de exemplos do cotidiano, modelos teóricos e pequenos esquemas experimentais simples que vão sendo trazidos paulatinamente para o texto, de forma organizada, como uma forma de contextualização, e a partir desses esquemas, figuras e exemplos, os conceitos vão sendo explorados.

O conhecimento químico é conduzido, ao longo da obra, de forma contextualizada, considerando as dimensões sociais, econômicas e culturais da vida humana, não se restringindo à menção de exemplos ilustrativos. (PNLD,2018).

O livro não traz, de forma explícita e em seção, propostas de experimentação para sala de aula, embora experimentações simples possam ser retiradas ao longo do próprio livro.

Com relação ao livro da coleção Ser Protagonista (2016), os conceitos são apresentados de forma um pouco mais breve em relação ao citado anteriormente, através da

apresentação de exemplos do cotidiano, esquemas, tabelas e figuras que auxiliam o entendimento.

O livro traz o conceito de sistemas homogêneos e heterogêneos. Por sua vez, o conceito de mistura é apresentado como uma adição de duas substâncias puras (estas mostradas como sendo um material que apresenta características definidas e constantes). Os conceitos de substâncias simples e compostas não são apresentados.

Um diferencial desse livro é a presença de seções como “Atividades Experimentais”, “Questões globais” e “Ciência, tecnologia e sociedade”. Para o capítulo relacionado aos conteúdos analisados, na seção “Atividades Experimentais”, propõe-se um experimento para simulação de tratamento de água para sala de aula, com materiais de fácil obtenção.

A maioria das atividades experimentais é de fácil execução, apresentando roteiros com descrição do objetivo, dos materiais, dos procedimentos e da proposição de questões para análise e discussão dos resultados (PNLD, 2018).

Para o Livro da coleção Química cidadã (2016), uma substância pode ser classificada por suas propriedades químicas específicas com comportamentos previstos, tidos como materiais puros. Já para aqueles em que as características variam, demonstrando serem compostos de mais de uma substância, são denominados “materiais”.

Uma quantidade significativa de páginas é utilizada para apresentar os conceitos de materiais homogêneos e heterogêneos e suas subdivisões (solução, mistura, agregado e coloide).

Os processos de separação de misturas são apresentados de forma bastante ampliada, trazendo inclusive novos processos de separações, que normalmente não são abordados em livros didáticos, como cromatografia e extração por solventes. A questão da separação e tratamento de lixo é bastante explorada, como uma forma de contextualização e de trazer questões ambientais para o debate.

De modo geral, ao longo do livro, são apresentados figuras, ilustrações, esquemas e tabelas que auxiliam o processo de entendimento dos conteúdos. Uma grande quantidade de atividades experimentais simples é apresentada ao longo do livro.

Os aspectos gráficos, que abarcam um conjunto de fotografias, esquemas, gráficos e representações atômico-moleculares, estão amplamente presentes e podem configurar fontes de discussão, possibilitando conciliar o conhecimento químico às diferentes linguagens e articular os códigos da Química com os campos teórico e empírico (PNLD, 2018).

No quadro 4 é proposta uma análise dos quatro livros didáticos:

Quadro 4 - análise dos livros didáticos por autor

ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS POR AUTOR	
Química de Martha Reis (2016)	Uma tendência dos livros dessa autora é a exploração dos conceitos de separação de misturas através do tratamento de água em ETA's, contextualizando a questão da água, porém não apresenta propostas de práticas para aplicação em aula para esses conteúdos.
Vivá - química de Novais & Tissoni (2016)	Utilização de modelos teóricos, imagens, exemplos, figuras, tabelas e esquemas. Não existem propostas explícitas de experimentação, mas apresenta esquemas simplificados de experimentação ao longo do livro, que podem ser utilizados em sala de aula.
Ser protagonista - química (2016) de Bruni et al	Utilização de imagens, exemplos do cotidiano, ilustrações, figuras, tabelas e esquemas. Apresenta uma seção específica, em cada capítulo, dedicada à atividades experimentais.
Química Cidadã (2016) de Castro et al	Utilização de muitas fotografias, além de esquemas, gráficos, tabelas, exemplos do cotidiano. Apresentação, ao longo dos conteúdos de atividades experimentais de fácil execução.

Fonte: Autor (2020)

5.3 Análise dos livros por conteúdo.

Ao fazer uma análise dos livros sob a ponto de vista dos conteúdos em si, foi possível perceber as diferenças e semelhanças nas formas de abordagem.

Com relação ao conteúdo de substâncias pôde-se perceber pouca preocupação em desenvolver os conceitos inerentes, como substâncias simples e compostas, abordando de forma muito superficial, de forma que apenas um dos livros deteve-se a apresentar estes conceitos de forma aprofundada.

Em alguns livros, os conceitos de substâncias simples e compostas sequer foram citados ou foram utilizados com terminações diferentes, o que pode ser considerado um ponto negativo, na medida em que esses conhecimentos são muito úteis aos alunos do ensino médio atualmente, principalmente pode ser bastante abordado em provas do ENEM.

De modo geral, em todos os livros, com relação ao conteúdo, existem poucas propostas de utilização de experimentos ou práticas que possam ser realizadas em sala de aula.

No livro da coleção Ser Protagonista, o conceito de sistemas homogêneos e heterogêneos para denominar os tipos de misturas, enquanto que no livro da coleção Química Cidadã foram utilizadas as terminações “materiais homogêneos” e “materiais heterogêneos”. Outro conceito aplicado que é utilizado nos livros é o de fases, também aplicado à misturas, para demonstrar os componentes de um sistema (mistura), apresentando os conceitos de monofásicos e bifásico.

Em todos os livros analisados foi possível verificar a tendência de utilização de figuras, ilustrações, esquemas e exemplos do dia a dia, tabelas e modelos teóricos, geralmente utilizados para contextualizar os conceitos explorados. Estes elementos são muito úteis no processo de internalização dos conceitos apresentados ao longo dos conteúdos.

O conteúdo mais explorado em todos os livros é “separação de misturas”. Foi possível perceber que, em sua maioria, um maior volume de páginas dedicadas a trabalhar os conceitos relacionados às separações de misturas. Pode-se explicar essa maior atenção pelo fato de que os processos de separação de misturas como filtração, destilação, decantação, floculação, levigação, dissolução, sedimentação entre outros, estão consideravelmente presentes no cotidiano dos setores produtivos, indústria e serviços.

O livro da coleção Química Cidadã apresentou um diferencial pelo fato de apresentar processo de separação de misturas muito conhecidos na química de ensino superior, mas ainda pouco explorados no ensino médio, como a cromatografia e extrações por solventes.

Existe, portanto, uma tendência nos livros em privilegiar a contextualização através da promoção dos conceitos que mais fazem parte do dia a dia, como uma forma de buscar maior integração do teórico e do prático.

Nos livros da autora Martha Reis apresenta-se o estudo do tratamento de água através das ETA's para trazer os conceitos de separação de misturas para discussão. Sabe-se que a água é um dos temas geradores mais importantes atualmente, além disso, as diversas etapas do tratamento de água ocorrem por processos químicos e físicos, que podem facilmente ser aproveitados como uma forma de contextualizar diversos conceitos de separação de misturas que estão relacionados ao processo.

No quadro 5 faz-se uma síntese da análise dos livros didáticos por conteúdos, levando em consideração os eixos apresentação dos conceitos, formas de contextualização e a utilização de experimentação.

Quadro 5 - análise dos livros didáticos por conteúdo.

SÍNTESE DOS CONTEÚDOS ABORDADOS NOS LIVROS DE QUÍMICA DE ENSINO MÉDIO		
CONTEÚDOS	CONCEITOS, CONTEXTUALIZAÇÕES E EXPERIMENTAÇÕES.	
Substâncias	Conceitos	Conceitos razoavelmente aprofundados
	Contextualização	Presença de figuras, ilustrações, esquemas, tabelas, exemplos do cotidiano, modelos teóricos.
	Experimentação	Poucas propostas de experimentação.
Misturas/Sistemas (homogêneos e heterogêneos)	Conceitos	Conceitos razoavelmente aprofundados
	Contextualização	Exemplos práticos modestos através de figuras e artigos contextualizados, ilustrações, esquemas, tabelas, exemplos do cotidiano.
	Experimentação	Razoável número de propostas experimentais.
Separação de misturas.	Conceitos	Conceitos bem segmentados e explorados.
	Contextualização	Abordagem através dos sistemas de ETA's para tratamento água, tratamento de lixo e a apresentação de conceitos de separação de misturas pouco explorados no ensino médio.
	Experimentação	Razoável número de propostas experimentais.

Fonte: Autor (2020)

5.4 Desenvolvimento em sala de aula dos conteúdos explorados.

Assim como nos livros, as abordagens dos conteúdos devem levar em consideração a utilização de ferramentas que auxiliem o processo de internalização dos conteúdos. Para isso, deve-se utilizar elementos que possuam significado na vida e no dia-a-dia dos alunos.

Um exemplo disso é a utilização dos caroços de açaí carbonizados, que podem ser utilizados para exemplificar os conceitos de substâncias.

Como ressalta Reis (2013) uma substância é qualquer material que pode ser identificado por um conjunto de propriedades próprias. Dessa forma tem-se substâncias simples, compostas por moléculas de um mesmo tipo de átomo, como O_2 (g) e N_2 (g). Assim, o carvão Vegetal composto, de modo geral, exclusivamente de carbono, pode ser utilizado como exemplo de substância simples.

Já as substâncias compostas, temos como exemplo a própria água (H₂O) composta de dois elementos, dessa forma, a água utilizada no experimento torna-se o próprio exemplo prático de substância composta, esse processo de exemplificação com a água auxilia na internalização do conceito.

Sendo a mistura um sistema formado por duas ou mais substâncias simples, as amostras de água com sujidades podem ser exemplos de misturas, com a mesma finalidade de exemplificação. Areia, carvão, pedras e as águas podem ser utilizadas para criação de sistemas homogêneos e heterogêneos, bifásicos e monofásicos.

Ao introduzir os conceitos de separação de misturas, a filtração a água é mais importante exemplo a ser trabalhado em sala através de metodologias experimentais que podem ser feitas com os protótipos de filtros criados.

A adsorção pode ser citada como um exemplo de fenômeno utilizada para separação de misturas, que é empregado na indústria e outras diversas áreas, nesse ponto os carvões ativados podem ser trazidos à aula como mais um exemplo prático de conceitos científicos.

A aula prática deve ser precedida de uma abordagem teórica dos conceitos, trazendo, na medida do possível, exemplos práticos do cotidiano, através de mídias (fotos, slides, vídeos) e recursos físicos (substâncias e materiais). Dessa forma, é imprescindível proceder uma abordagem teórica anterior a própria aula prática. O segundo momento da aula é a realização da própria aula experimental.

5.5 A utilização da água como tema gerador contemporâneo: os conceitos de separação de misturas.

A água é o tema contemporâneo com mais possibilidades de intervenções e aulas práticas em sala de aula. No que diz respeito aos livros didáticos, a água é muito utilizada como tema gerador para explorar os conceitos de separação de misturas. A principal abordagem utilizada é a do tratamento da água através das chamadas ETA's (Estações de Tratamento de Água).

As etapas do tratamento de água apresentam exemplos práticos dos conceitos abordados, como filtração, decantação, sedimentação entre outros.

No que diz respeito à utilização de água como tema gerador para trabalhar conceitos de separação de misturas em sala de aula, uma possibilidade é a exemplificação, na prática, de uma das etapas do tratamento de água: a filtração.

Dessa forma, pode-se proceder a utilização de experimentos e práticas utilizando o filtro 1 para abordar os conceitos de separação de misturas, demonstrando como ocorre o processo de filtração na prática, proporcionando uma aula mais dinâmica.

A utilização da água como tema gerador é um dos pontos-chaves no desenvolvimento de metodologias diferenciadas, portanto de forma contrária à educação tradicional, essa é uma educação voltada para uma ação-reflexiva, coletiva, para a relação interativa em que seu conteúdo está para além dos livros, está na realidade socioambiental ultrapassando os muros das escolas (GUIMARÃES, 2007 p.91).

5.6 Propostas de aula prática

5.6.1 Demonstrando o funcionamento das ETA's através do filtro 1.

Essa primeira proposta de atividade baseia-se no pressuposto que a aprendizagem se torna mais significativa quando o aluno percebe os conceitos apresentados através de exemplos práticos. Assim, é importante, dentro da aula prática, a preocupação com relação à percepção do aluno, o que pode fazer a diferença no processo de ensino-aprendizagem.

O paradigma de educação ambiental que melhor pode expressar essa metodologia é aquela de caráter instrumental que, segundo Tozoni-Reis (2007), traz consigo uma abordagem mais centrada na transmissão de conhecimentos técnico-científicos sobre os processos ambientais.

Nesse caso, o entendimento dos processos industriais para purificação de água pressupõe um entendimento mais racionalista, de forma que o aluno possa compreender a relação do meio ambiente com as atividades humanas, contribuindo para uma visão mais integrada de mundo.

Esta aula prática é puramente expositiva, onde o professor deve abordar os conceitos de separação de misturas, o exemplo das ETA's para tratamento de água devem ser trazidos à discussão com auxílio do livro didático pode-se utilizar quadro ou projetor para melhorar a experiência.

Em dado momento da aula, o professor deverá simular, ou seja, mostrar na prática, uma das etapas do tratamento de água: a filtração. Deve-se utilizar o filtro 1 para realizar as demonstrações, sempre remetendo o processo realizado nas ETA's e os conceitos de separação de misturas.

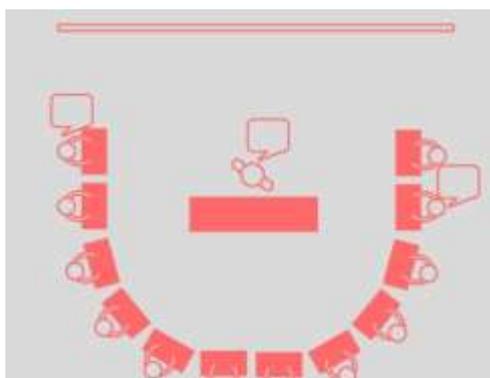
O layout da mesa de experimentos deve proporcionar ao aluno uma boa visualização do experimento.

Em determinado momento pode-se chamar os alunos de forma organizada para perto da mesa, permitindo manipular os materiais e objetos dispostos na mesa, bem como observar o fenômeno de filtração/adsorção de perto.

Os alunos devem fazer anotações na medida em que o professor aborda o assunto, apresenta os conteúdos e faz as demonstrações práticas de filtração, anotando os materiais encontrados e as observações que puderam ser verificadas no processo de filtragem. Como um tipo de relatório, que deve contar como instrumento avaliativo de caráter qualitativo. Um debate também deve ser instigado pelo professor, de forma que os alunos possam contar o que conseguiram observar durante a aula prática.

A disposição das carteiras também pode ser arranjada de forma a melhorar os aspectos sensoriais na aula experimental demonstrativa, dessa forma, entende-se que a configuração em formato de meia lua (fig. 20) é interessante para aulas expositivas e debates.

Figura 21 - Exemplo de configuração de mesas e cadeiras



Fonte: Autor (2020)

De acordo com Texeira e Reis (2012), no que diz respeito à disposição dos materiais, carteiras e alunos, organizar os espaços de acordo com nossos modelos metodológicos é de grande importância, constituindo fator facilitador ou inibidor da aprendizagem, uma vez que interfere no ambiente em sala de aula, influenciando o diálogo e a comunicação, além de ter efeitos emocionais e cognitivos importantes para o aluno.

5.6.2 Demonstração dos tipos de substâncias simples e compostas e misturas

Os conceitos de substâncias simples e compostas podem ser demonstrados, na prática, utilizando os próprios elementos que compõem os filtros e a água. Essa metodologia

baseia-se na utilização de materiais manipuláveis no processo de ensino-aprendizagem, com vistas a obter melhores resultados.

Para Dias *et al* (2016), a utilização de materiais manipuláveis traz uma série de vantagens para aprendizagem, propiciando um ambiente favorável, despertando a curiosidade, desenvolvendo a percepção do aluno por meio das interações, contribui com o processo de descoberta (redescoberta), é motivador e facilita a internalização dos conceitos.

Nesse sentido, serão utilizados, na aula, os materiais que compõe o filtro, como o carvão ativado e areia, além outros elementos como amostras de águas de diversas fontes.

Considerando o carvão ativado como composto unicamente de carbono (embora a maior composição seja carbono pode haver presença de contaminantes e outros elementos) ele será o exemplo de uma substancia simples, composta por átomos de apenas um tipo.

Como substancia composta temos a água, composta por hidrogênio e oxigênio, sendo utilizada como exemplo nesse caso.

A água com sujidades pode tornar-se exemplo de mistura homogenia, na medida em que apresenta apenas uma fase. Enquanto isso, pode misturar água com areia, deixando esta decantar, para apresentar como exemplo de mistura heterogênea.

Esta metodologia pode ser utilizada como um complemento a prática descrita no tópico anterior, de forma que constitua uma introdução ao conteúdo que será trabalhado.

5.6.3 Purificando a água: pesquisa realizada pelos alunos.

Nessa proposta, os alunos irão tentar simular os processos utilizado no tratamento de água para retirar o barro e outra impurezas. Diferente das metodologias anteriores, esta conta com o envolvimento completo e proatividade do aluno.

Essa metodologia está fortemente relacionada aos pressupostos de David Ausbel. Nesse entendimento podemos dizer que a aprendizagem é uma atividade cognitiva, e essa atividade é complexa, ativa, individual e que se relacionam sensações, pensamentos, ações, descobertas, interesses (SOUSA *et al*,2018. p.1)

Como colocado por Pelizzari (2002), em primeiro lugar, o aluno precisa ter uma disposição para aprender, em segundo, o conteúdo escolar tem que ser lógica e psicologicamente significativo. Dessa forma, pressupõe-se que aluno “realize aprendizagens significativas por si próprio, garantindo a facilitação de novas aprendizagens.

Sabe-se que a água da chuva ao se misturar com o solo fica barrenta, porém as águas encontradas em mananciais são geralmente limpas, isso porque ocorre um processo de separação de misturas enquanto água penetra solo a dentro.

Os alunos devem formar grupos e conseguir amostras de água barrenta. Os grupos devem anotar como as amostras foram obtidas.

O grupo deve discorrer, em trabalho escrito, quais os procedimentos que podem ser realizados para obter: água límpida (sem barro), água potável e água destilada.

Os alunos ainda devem pesquisar em livros, jornais, revistas, internet, entre outros, sobre o processo de pelo qual a água da chuva é purificada até chegar ao manancial, descrevendo com detalhes esse processo.

Essas tarefas devem compor a primeira etapa do trabalho, consistindo na parte escrita. Após isso, os grupos devem construir um purificador de água tendo como base as informações pesquisadas, os filtros podem ser mostrados como exemplos de purificador de água, mas o tipo fica por conta dos grupos. O carvão ativado de açaí deve ser um componente obrigatório no purificador.

5.6.4 Oficina de fabricação de filtro.

A oficina de construção de filtros difere das demais metodologias na medida em que requer do aluno um maior envolvimento, reflexão crítica, maior compreensão da comunidade escolares de responsabilidade ambiental, características que influenciam positivamente o processo de ensino aprendizagem.

Propicia a articulação de um movimento coletivo em que, trazendo as questões socioambientais como temas geradores, se problematiza a realidade remetendo a uma reflexão e um desvelamento do que se apresenta, alimentando uma ação crítica, consciente e com a intenção de mudar a realidade em um processo de construção da sustentabilidade socioambiental. (GUIMARÃES, 2007 p.93).

No primeiro momento solicita-se uma pesquisa prévia para os alunos onde dissertem sobre o descarte de caroços de açaí na comunidade no entorno da escola e um levantamento sobre a água potável no bairro, verificando se existe rede de água tratada ou fonte de água de poços, tanto na escola quanto na comunidade no entorno.

A turma deve ser dividida em grupos, de no máximo 4 alunos, para cada grupo será disponibilizado o material utilizado na fabricação do filtro 2. Cada grupo deve proceder a montagem de acordo com o procedimento descrito anteriormente.

Após a montagem dos filtros, os alunos deverão proceder a filtração de água barrenta encontrada, se possível, na própria comunidade do entorno da escola.

Pode-se ainda disponibilizar os filtros para a própria escola, na ausência de um sistema mais adequado de tratamento de água, deve-se levar em consideração que muitas escolas possuem poços artesianos como fonte de água, não passando pelo processo de tratamento das ETAs.

A oficina tem como objetivo proporcionar uma aprendizagem significativa através do envolvimento do aluno em uma atividade prática. De acordo com Winkler, Souza e Sá (2016), o ensino por meio das oficinas proporciona aos alunos a problematização do cotidiano através das problematizações de questões de ordem social, histórica e ética, auxiliando o processo de internalização dos assuntos.

5.7 Instrumentos avaliativos e feedback dos alunos

Espera-se com uma aula prática que o aluno possa compreender o conhecimento científico que está atrelado a exemplos do cotidiano, e que muitas vezes passa despercebido pelo aluno.

Aliado a estas questões tem-se o grande desafio de tornar o ensino de Ciências prazeroso, instigante, mais interativo, dialógico e baseado em atividades capazes de persuadir os alunos a admitirem as explicações científicas para além dos discursos autoritários, prescritivos e dogmáticos (Wilsek e Tosin, 2020).

Como instrumentos de avaliação questionários podem ser aplicados, antes e depois da aula prática, afim de verificar o feedback dos alunos em relação à internalização dos conceitos teóricos e práticos. Os questionários devem ser compostos de perguntas abertas e fechadas, com fotos de exemplos de separação de misturas, solicitando a identificação dos tipos.

Outros instrumentos podem ainda ser aplicados, como relatório escrito, onde o aluno discorrerá sobre o que aprendeu e a impressões que teve sobre a aula. Obter o feedback dos alunos com relação à internalização dos conceitos repassados é um aspecto importante do trabalho.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os conceitos de química como a adsorção, separação de misturas, entre outros podem ser constantemente verificados em praticamente todos os âmbitos do cotidiano, por isso é importante, dentro do contexto de ensino-aprendizagem em sala de aula, que os conceitos sobre os fenômenos e processos químicos sejam apresentados de forma contextualizada, para que os alunos possam relacionar os conhecimentos compartilhados com as diversas situações práticas do dia a dia.

Com isso tem-se a denominada aprendizagem significativa, ou seja, os conhecimentos compartilhados são significativos na medida em que determinados conceitos passam a fazer sentido para os alunos, pois estão atrelados a situações do cotidiano.

A proposta deste trabalho buscou ampliar as possibilidades de atuar nesse sentido, através da apresentação de metodologias que possam, através de aulas práticas e experimentais, contribuir para o processo de contextualização de assuntos que, até então, são abordados em livros didáticos com pouca ou nenhuma proposta de atividades práticas, auxiliando assim, o processo de internalização dos conceitos repassados.

Para isso, a concepção de um filtro construído a partir de carvão ativado de açai e outros elementos, de fácil obtenção, apresenta-se com uma opção ou viabilidade para compreensão destes conhecimentos químicos iniciais.

Como complemento a proposição do filtro desenvolvido, as propostas e sugestões de intervenção em sala de aula abordadas neste trabalho, também são de fácil aplicação e possuem uma grande capacidade de envolver os alunos e desenvolver suas capacidades.

Levando em consideração a necessidade de produção científica e acadêmica, a pesquisa pode contribuir com professores, pesquisadores, alunos de licenciatura em química, entre outros agente do processo educacional, no sentido de desenvolver metodologias para os conteúdos de 1º do ano do ensino médio, através do filtro concebido e das sugestões de aula prática dissertadas neste trabalho.

REFERÊNCIAS

- AMAPÁ, **Constituição do Estado do Amapá**. Assembleia Legislativa. Texto promulgado em 20 de dez. de 1991. Amapá-2011.
- BANSAL, Roop Chand; GOYAL, Meenakshi. **Activated Carbon Adsorption**. New York: CRC Press, 2005.
- BARBIERI, J. C.; SILVA, D. **Desenvolvimento sustentável e educação ambiental: uma trajetória comum com muitos desafios**. Rev. Adm. Mackenzie, V.12, N.3, p:51-82, Maio/Jun, 2011.
- BENITE, Anna Maria Canavaro; BENITE, Cláudio Roberto Machado. **O Laboratório Didático No Ensino De Química: Uma Experiencia No Ensino Público Brasileiro**. Revista Iberoamericana De Educación: Vol.48, No2, Maio ed. Esp, 2009. Disponível em < <https://rieoei.org/historico/expe/2770Benite.pdf>> Acesso em 11/07/2020.
- BONETO, Luis Rafael. **Estudo Da Adsorção Do Corante Azul De Metileno Por Um Resíduo Sólido Da Indústria Do Suco De Maçã**. 2016, 153f(Dissertação de Mestrado), Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2016.
- BOTTANI, Eduardo J; TASCÓN, Juan M.D(Ed). **Adsorption by Carbons**. Madrid: Elsevier, 2008.
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal.1988
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Identidades da Educação Ambiental Brasileira**. Brasília, DF, 2004.
- BUTT, Hans-Jürgen; GRAF, Karlheinz; KAPPL, Michael. **Physics and Chemistry of Interfaces**. Weinheim-GER: Wiley-VCH, 2003.
- CAMARGO de, O. A. **Reações e interações de micronutrientes no solo**. 2006. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/micronutrientes/Index.htm>. Acesso em: 6/7/2020
- CARTA DE BELGRADO. **Uma estrutura global para a educação ambiental**. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/sdi/ea/deds/pdfs/crt_belgrado.pdf. Acesso em: 09.julho.2020
- CARVALHO, Isabel Cristina Moura; FARIAS, Carmen Roselaine; PEREIRA, Marcos Villela. **A Missão “Ecocivilizatória” E As Novas Moralidades Ecológicas: A Educação Ambiental Entre A Norma E A Antinormatividade**. Ambiente & Sociedade, v.19, n.2, p:35 -49, Jul.-Dez, 2011.
- CEI, Ivana Lúcia Franco. **Avaliação Dos Resultados E Obstáculos À Implementação Do Termo De Ajustamento De Conduta Firmado Entre O Ministério Público Estadual E O**

Município De Macapá Para Gerenciamento De Resíduos Sólidos. 2009,108f(Dissertação De Mestrado) UNIFAP, Macapá-Ap,2009.

COUTINHO, Luana Cássia de Souza; RIZZATI, Ivanise Maria. **Bacia de evapotranspiração e círculo da bananeira como proposta para educação ambiental no ensino médio** in: Simpósio internacional em educação Ambiental, 1º,2015, Boa Vista-RR

CRITTENDEN, Jhon; *et al.* **Design considerations for GAC treatment of organic chemicals.** J Am Water Works Assoc.: 79, 74-82, 1987.

CUNHA, Marcia Borin da. **Jogos no Ensino de Química: Considerações Teóricas para sua Utilização em Sala de Aula.** Química Nova, Vol. 34, N° 2, 2012, p. 92-98

DIAS, Richelle Kehrle de Paula; MEIRA, Gilmara Gomes; SILVA, Alexsandra Barbosa. **Importância da utilização do material manipulável nas aulas de matemática: o caso do jogo “trilha dos inteiros”.** in: Encontro Nacional de Educação Matemática,7º;2016, São Paulo.

FELTRE, Ricardo. **Fundamentos de Química:** vol. único. 4ª.ed. São Paulo: Moderna, 2005.

FERNANDES, Kendra D'Abreu Neto. **Uso de carvão ativado de endocarpo de coco no tratamento de água.** Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, 2010.

FILHO, Campos Rêgo; *et al.* **Estudo De Adsorção Das Soluções Aquosas De Ácido Acético Sobre O Carvão Ativado Proveniente Do Caroço Do Açaí (Euterpe oleracea), Pelo Método De Titulação.** in: Congresso Brasileiro de Química,54º; 2014, Natal.

FONSECA, Martha Reis Marques da. **Química: Ensino Médio.** Vol 1, 2ª ed. São Paulo: Ática, 2016.

FONSECA, Martha Reis Marques da. **Química: Ensino Médio.** Vol 1, 2ª ed. São Paulo: Ática, 2013.

FREIRE, Paulo. **Criando Métodos de Pesquisa Alternativa: aprendendo a fazê-la melhor.** In: BRANDÃO, Carlos R. (Org.). Pesquisa Participante. São Paulo: Brasiliense, 1984, p. 34-41.

GUIMARÃES, Mauro. **Educação Ambiental Crítica.** in: LAYRARGUES, Philippe Pomier (Coord Identidades da Educação Ambiental Brasileira. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004, p:25-35.

GUIMARÃES, Mauro. **Educação ambiental: participação para além dos muros da escola.** in: MELO, Soraia da Silva de; TRAJBER, Rachel (Coord.). Vamos cuidar do Brasil : conceitos e práticas em educação ambiental na escola. Brasília: Ministério da Educação,2007, p:86-94.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **CENSO 2010**. Disponível em:<
<https://censo2010.ibge.gov.br/>> acesso em 03/04/2020.

JACOBI, Pedro. **Educação Ambiental, Cidadania E Sustentabilidade**. Cadernos De Pesquisa, N. 118, , p:198-205,2003.

JUNIOR, Armando Borges de Castilhos; DALSSASSO, Ramon Lucas; ROHERS, Fabio. **Pré-tratamento de lixiviados de aterros sanitários por filtração direta ascendente e coluna de carvão ativado**. Eng Sanit Ambient, v.15 n.4, p: 385-392. out/dez, 2010.

LEVAN, M. Douglas; CARTA, Giorgio. **Adsorption and Ion Exchange: Perry`s Chemical Enginners**. 16ed. Unitd States: The McGraw-Hill Companies, 2008.

LOUREIRO, Carlos Frederico B. **TEORIA CRÍTICA.in: JÚNIOR, Luiz Antonio Ferraro(Coord.). Encontros e Caminhos: Formação de Educadoras(es) Ambientais e Coletivos Educadores**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005, p:323-333.

MARCATTO, Celso. **Educação ambiental: conceitos e princípios**. Belo Horizonte: FEAM, 2002.

MARINHO, Iasmin Misna Rocha De Sousa; NASCIMENTO, Isa Gama Do. **Avaliação Do Saneamento Urbano De Macapá Através Do Índice De Qualidade Do Saneamento Ambiental**.2014,61f(Trabalho de Conclusão de Curso), UNIFAP, Amapá, 2014.

MARQUES, Carlos Alberto; *et al.* **Visões De Meio Ambiente E Suas Implicações Pedagógicas No Ensino De Química Na Escola Média**. Quim. Nova, Vol. 30, No.8, p:2043-2052, 2007.

MORTIMER, Eduardo Fleury; MACHADO, Andréa Horta. **Química v.1**. São Paulo: Scipione, 2016.

NASCIMENTO, Crisleide Maria da Silva; *et al.* **Utilização Do Caroço Do Açaí Na Produção De Carvões Para Adsorção De Corantes Têxteis**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental,30º; 2019, Natal.

NASCIMENTO, Ronaldo Ferreira do.; *et al.* **ADSORÇÃO: aspectos teóricos e aplicações ambientais**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014.

OLIVEIRA, Odiléia Cardoso. **CIDADE SUSTENTÁVEL PARA ÁGUA: A sustentabilidade do sistema urbano de abastecimento de agua no distrito sede de Macapá-AP**.2016, 114f(Dissertação de Mestrado) UFPA, Macapá-AP, 2016.

OLIVEIRA, Odiléia Cardoso; MORAES, Sérgio Cardoso de. **Desafios para a sustentabilidade na gestão dos serviços de abastecimento de água na Amazônia: aspectos socioambientais e econômicos do sistema de abastecimento de água na cidade de Macapá-AP**. Revista Espacios: Vol. 38, N° 22,2017, Pág. 27-40.

ONU - Organização das Nações Unidas. **Declaração Universal dos Direitos Humanos da ONU**. Disponível em : <https://nacoesunidas.org/agencia/pnuma/>. Acesso em:09,julho.2020

PELIZZARI, Adriana; *et al.* **Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel**. Rev. PEC, v.2, n.1, p:37-42, jul. 2002.

PEREIRA, E. N., JÚNIOR, V. C. R. **Carvão do caroço de açaí (*Euterpe oleracea*) ativado quimicamente com hidróxido de sódio (NaOH) e sua eficiência no tratamento de água para o consumo**. Relatório do projeto Prêmio Jovem Cientista 2013. Escola Estadual de Ensino Médio PROF^a. Ernestina Pereira Maia – Clube de Ciências de Moju – CCIM. Moju-PA, 2013.

PEREIRA, Eric Oliveira; GONTIJO, Bernardo Machado; ABREU, Luiza Gontijo Álvares de Campos. **As ecorregiões da reserva da biosfera da serra do espinhaço: elementos para o fortalecimento da conservação da biodiversidade**. Caderno de Geografia, vol. 25, núm. 43, 2015, pp. 18-33.

QUEIROZ, Fabio Luiz Leonel; CAMACHO, Rodrigo Simão. **Considerações Acerca Do Debate Da Educação Ambiental Presente Historicamente Nas Conferências Ambientais Internacionais**. Vol.12, n.1, SP,2016.

QUEIROZ, Leandro S.; *et al.* **Síntese, caracterização e modificação de carvão ativado oriundo de biomassa residual amazônica e seu uso na remoção de Pb²⁺ em água**.in: Congresso Brasileiro de Catálise, 20^o;2019, São Paulo.

QUEIROZ, Sérgio Carlos Bernardo. **Utilização de dupla filtração, oxidação e adsorção com carvão ativado pulverizado no tratamento de água eutrofizada**. 2010, 75f UFRGS, Porto Alegre, 2010.

RAIJ, Bernardo Van. **Determinação Do Ponto De Carga Zero Em Solos**. Bragantia,Campinas-SP, Vol 32,Nº18,337-347, Dezembro de 1973

RIBAS, Marielen Cozer; LIMA, Éder Claudio; FÉRIS, Liliana Amaral. **Estudo da remoção do corante vermelho de prociona mx-5b com a utilização de carvão ativado produzido a partir de caroço de pêssego**. In: Congresso Sul-americano de resíduos sólidos e sustentabilidade, 2^o; 2019, Foz do Iguaçu-PR.

ROUQUEROL, Françoise; ROUQUEROL, Jean; SING, Kenneth. **Adsorption by Powders and Porous Solid: Principles, Methodologys and Applications**. San Diego: Academic Press, 1999.

RUIZ, J. B; *et al.* **Educação Ambiental e os Temas Transversais**. *Akrópolis*,v.13,n1,p:31-38, 2005.

RUTHVEN, D.M., **Principles of Adsorption and Adsorption Processes**. John Wiley & Sons: Fredericton, 1984.

SANTOS, Ederson Miranda Dos. **Educação Ambiental no Ensino de Química: propostas curriculares brasileiras**. 2012, 147f (dissertação de mestrado) Universidade Estadual Paulista, Rio Claro-SP,2012.

SANTOS, Genivaldo da Silva; SANTOS, Claudiane da Conceição Sena; SENA, Claudeni da Conceição. **Descarte E Reaproveitamento Dos Caroços De Açaí Das Batedeiras Do Município De Laranjal Do Jari – Ap: Uma Solução Possível!.in:** Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e sustentabilidade, 1º, Gramados-RS, 2018.

SANTOS, Julio Gomes dos; RODRIGUES, Cae. **Educação ambiental no ensino de Química: a “água” como tema gerador**. Rev. Eletrônica Mestr. Educ. Ambient. Rio Grande, Vol. 35, No. 2, p. 62-86, maio/ago. 2018.

SCOPEL, Janete Maria. **O Aquário Como Estratégia De Ensino Para A Ocorrência Da Aprendizagem Significativa Na Escola**.2015,245f (Dissertação De Mestrado), Universidade De Caxias Do Sul, Caxias Do Sul-RS, 2015.

SILVA, Erivanildo Lopes da **Contextualização no ensino de química: ideias e proposições de um grupo de professores**.2007,144f (dissertação de mestrado), USP, São Paulo, 2007.

SOUSA, Cleângela Oliveira; SILVANO, Antônio Marcos da Costa; LIMA, Ivoneide Pinheiro de. **Teoria da aprendizagem significativa na prática docente**. Revista Espacios: Vol. 39, nº 23, 2018, Pág. 27-38.

TEIXEIRA, Madalena Telles; REIS, Maria Filomena. **A Organização do Espaço em Sala de Aula e as Suas Implicações na Aprendizagem Cooperativa**. Meta: Avaliação, v.4, n.11, p:162-187, mai./ago. 2012.

TIEN, Chi . **Introduction To Adsorption: Basics, Analysis, And Applications**. Amsterdam, NL: Elsevie, 2019.

TÓTH, József(ed). **ADSORPTION: Theory, Modeling, and Analysis**. New York: Marcel Dekker, 2002.

TOVBIN, Yu. K. **The Molecular Theory of Adsorption in Porous Solids**. New York: CRC Press, 2018.

UNESCO. **Convenção sobre a proteção e promoção da diversidade das expressões culturais**. UNESCO. 2007. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000150224> . Acesso em 09 jul. 2020.

VERGARA, Sylvia C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 3.ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2000.

WORCH, Eckhard. **Adsorption Technology in Water Treatment: Fundamentals, Processes, and Modeling**. Germany: Walter de Gruyter GmbH & Co, 2012.

ZANELLA, Odivan. **Sorção de Nitrato em carvão ativado tratado com CaCl_2 : estudo de ciclos de sorção/regeneração.** 2012.149f. (Mestrado em engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.