



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

SUYANNE KANANDA BRITO ALMEIDA

**AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE SORÇÃO DA ESPONJA VEGETAL (*LUFFA*
CYLINDRICA): UMA REVISÃO DA LITERATURA**

**PAU DOS FERROS – RN
2021**

SUYANNE KANANDA BRITO ALMEIDA

**AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE SORÇÃO DA ESPONJA VEGETAL (*LUFFA*
CYLINDRICA): UMA REVISÃO DA LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado, a Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, Campus Pau dos Ferros, como requisito para a obtenção do título de Bacharel Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Kytéria Sabina Lopes de Figueredo.

**PAU DOS FERROS – RN
2021**

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

A Almeida, Suyanne Kananda Brito.
Avaliação da capacidade de sorção da esponja vegetal (Luffa Cylindrica): uma revisão da literatura / Suyanne Kananda Brito Almeida. - 2021.
48 f. : il.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Kytéria Sabina Lopes de Figueredo.
Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e Tecnologia, 2021.

1. Esponjas. 2. Fibras in natura. 3. Fibras com tratamento térmico. 4. Teor sorcivo. I. Figueredo, Kytéria Sabina Lopes de, orient. II.

SUYANNE KANANDA BRITO ALMEIDA

**AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE SORÇÃO DA ESPONJA VEGETAL
(*LUFFA CYLINDRICA*): UMA REVISÃO DA LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado, a Universidade Federal
Rural do Semi-Árido - UFERSA,
Campus Pau dos Ferros, como requisito
para a obtenção do título de Bacharel
Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

DATA DE APROVAÇÃO 24/05/2021

BANCA EXAMINADORA

KYTERIA SABINA LOPES DE
FIGUEREDO:04965705440

Assinado de forma digital por KYTERIA
SABINA LOPES DE
FIGUEREDO:04965705440
Dados: 2021.06.01 15:54:21 -03'00'

Prof.^a. Dra. Kytéria Sabina Lopes de Figueredo – UFERSA

Presidente

JOSY ELIZIANE TORRES
RAMOS:65863917334

Assinado de forma digital por
JOSY ELIZIANE TORRES
RAMOS:65863917334
Dados: 2021.05.28 10:17:47 -03'00'

Prof.^a. Dra. Josy Eliziane Torres Ramos – UFERSA

Examinadora

SANDERLIR SILVA
DIAS:83276688387

Assinado de forma digital por
SANDERLIR SILVA
DIAS:83276688387
Dados: 2021.05.28 10:54:47 -03'00'

Prof.^a. Dra. Sanderlir Silva Dias – UFERSA

Examinadora

*Dedico este trabalho, à minha mãe,
Rosineide Monteiro de Brito Almeida,
pelo incentivo e apoio a mim dedicado,
e por ser luz em minha vida!*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me dar sabedoria e discernimento para a conclusão desse trabalho. Aos meus pais, Rosineide e Francisco por me darem todo o suporte necessário, sem o apoio de vocês nada disso seria possível. As minhas irmãs, Suegna, Suely e Suzyanne que sempre me fortaleceram e me apoiaram. Aos meus tios, tias, avô e avós que contribuíram de forma direta ou indireta, em especial à minha tia Helena, por fazer parte dessa caminhada.

Aos meus amigos e colegas de jornada, Aila, Roberta, Pablo, Henrique, em especial Áquila por toda paciência e conhecimento compartilhado. À minha amiga Dayane, que me incentivou a ingressar nesse curso e tornar realidade o início de um sonho, além de todo apoio a mim depositado.

Agradeço também as minhas amigas de infância, Edsonara, Maria, Kadja e Mayara, que mesmo distantes se fazem presentes, me apoiando e encorajando, mostrando diariamente que nada é impossível quando sonhamos. As minhas primas Milly e Myellen, por todo o apoio e companheirismo, as palavras de carinho e por acreditarem na minha capacidade e potencial.

Um agradecimento especial, à minha orientadora, Kytéria Sabina Lopes de Figueredo, pela disponibilidade, mesmo em período de férias, finais de semana e feriados, por toda a paciência, compreensão e encorajamento, obrigada por me nortear nessa pesquisa e por todo o suporte necessário para chegar ao fim desse ciclo.

A vocês o meu muito obrigada!

"Daqui a alguns anos você estará mais arrependido pelas coisas que não fez do que pelas que fez. Então solte as amarras. Afastese do porto seguro. Agarre o vento em suas velas. Explore. Sonhe. Descubra."
(Mark Twain)

RESUMO

As buchas vegetais têm sido destaque no setor das fibras naturais, devido ao fácil cultivo e variedade de utilização no setor industrial. Sua utilidade vai desde higiene pessoal, cosméticos, uso medicinal e alimentício. As fibras da casca de feijão, bagaço da cana-de-açúcar, fibras de sisal e *luffa cylindrica*, são algumas das fibras que tem conquistado espaço para solucionar problemas ambientais, devido a sua sustentabilidade, uma vez que é um material biodegradável e reciclável. A esponja vegetal é um material poroso, que pode atuar como um material sorvente, devido sua capacidade de reter óleo e expelir água. Nessa perspectiva, este trabalho realizou uma análise da literatura, visando avaliar a capacidade de sorção da esponja vegetal *luffa cylindrica*. Para isso, foram selecionados estudos dos dez últimos anos, correspondentes aos anos 2010-2020, onde foram analisadas e comparadas as técnicas utilizadas na literatura para o ensaio de caracterização das fibras, bem como UV-visível, infravermelho e absorção atômica. As fibras utilizadas para o estudo experimental possuem caráter *in natura* ou com tratamento térmico, o que possibilitou verificar em qual caso as fibras desempenham melhor capacidade sorção, assim verifica-se que as fibras que foram atribuídas tratamento térmico, apresentam teor de sorção de aproximadamente 60% a mais quando comparadas com as fibras *in natura*.

PALAVRAS-CHAVE: Esponjas, Fibras *in natura*, Fibras com tratamento térmico, Teor sorcivo.

ABSTRACT

Vegetable sponges have been featured in the natural fibers sector, due to the easy cultivation and the variety of applications in the industrial sector. Its usefulness ranges from personal hygiene, cosmetics, medicinal and food use. The fibers of the bean peel, sugarcane bagasse, sisal fibers and *Luffa Cylindrica*, are some of the fibers that have conquered space to solve environmental problems, due to their sustainability, once it is a biodegradable and recyclable material. The vegetable sponge is a porous material, which can act as a sorbent material, due to its capacity to retain oil and expel water. In this perspective, this study carried out an analysis of the literature, aiming to evaluate the sorption capacity of the vegetable sponge *Luffa Cylindrica*. For this purpose, it was selected works from the last ten years, by corresponding to the years 2010-2020, in which the techniques used in the literature for the fiber characterization test, as well as UV-visible, infrared and atomic absorption were analyzed and compared. The fibers used for the experimental study have a natural character or with thermal treatment, which made it possible to verify in which case the fibers perform better sorption capacity, thus it was found that the fibers that were assigned heat treatment, have a sorption content of approximately 60 % more when compared to fresh fibers.

KEYWORDS: Sponges, Fibers *in natura*, Fibers with heat treatment, Sorbent content.

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Diretrizes para a escolha de um bom sorvente.....	26
Quadro 02: Estudos entre os anos de 2010-2020	32
Quadro 03: Tipos de estudos obtidos	36
Quadro 04: Estudos que utilizaram fibras in natura x tratamento térmico.....	39
Quadro 05: Caracterização da fibra da esponja vegetal	40
Quadro 06: Taxa de sorção em fibras in natura e com tratamento térmico	42
Quadro 07: Comparação das taxas de sorção.....	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Absorção e adsorção	17
Figura 02: Processo de adsorção	19
Figura 03: Classificação das isothermas de adsorção de acordo com a IUPAC	20
Figura 04: Representação de modelos de isothermas	21
Figura 05: Estrutura das fibras vegetais	23
Figura 06: Estrutura molecular da celulose	23
Figura 07: <i>Luffas Cylindricas</i> (esponjas vegetais)	29

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01: Base de dados dos estudos encontrados	36
Gráfico 02: Tipos e quantidades de estudos encontrados	39

SUMÁRIO

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	14
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 GERAL	16
2.2 ESPECÍFICOS.....	16
3 REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1 SORÇÃO	17
3.2 ABSORÇÃO E ADSORÇÃO	18
3.3 ISOTERMAS DE ADSORÇÃO	19
3.4 FIBRAS VEGETAIS	22
3.5 CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES DE FIBRAS VEGETAIS NA SORÇÃO	25
3.6 PROPRIEDADE DE ADSORÇÃO <i>LUFFA CYLINDRICA</i>	27
3.7 <i>LUFFA CYLINDRICA</i>	28
4 METODOLOGIA.....	30
4.1 ELABORAÇÃO DA PERGUNTA DA PESQUISA	30
4.2 SELEÇÃO DOS ESTUDOS NA LITERATURA.....	31
4.3 ANÁLISE DOS ESTUDOS	31
4.4 SÍNTESE DOS DADOS.....	31
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	32
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45
REFERÊNCIAS.....	46

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Sorção é um termo utilizado do latim, empregado para indicar os processos de absorção e adsorção que acontecem simultaneamente. O processo de absorção consiste na mudança de volume, de modo que uma substância fica contida em outra. Já o processo de adsorção consiste na movimentação de moléculas em duas fases, de modo que as substâncias ficam presas na superfície do sólido, estas, por sua vez, são denominadas de adsorvente (sólido) e adsorvato (substância retida).

“Adsorção é um processo de separação no qual certos componentes de uma fase fluida (gás ou líquido) são transferidos (adsorvidos) para a superfície de um sólido adsorvente” (ZOLA, p.13, 2007). Assim, a adsorção pode ser de dois tipos, adsorção física e adsorção química, e em uma substância, pode ocorrer tanto um tipo de adsorção, quanto os dois tipos ao mesmo tempo.

Dessa forma, o processo de sorção consiste em reunir técnicas que possuam melhor desempenho na aplicação de sorventes. Dutra (2014) menciona que os sorventes são materiais capazes de reter compostos químicos. Os materiais que apresentam superfície porosa possuem maior capacidade de retenção de óleos, de modo que remove o líquido, diminuindo o seu espalhamento. Desse modo, pode-se dizer que as esponjas vegetais apresentam potencial sorvente, uma vez que através dos seus poros é possível expelir água e reter óleo. Os sorventes naturais são classificados em orgânicos provenientes das fibras vegetais e inorgânicos caracterizados por ser material não biodegradável.

Annunciado (2005) define os sorventes naturais orgânicos como materiais provenientes da natureza que possuem carbono, como palha, serragem, algodão etc. São materiais à base de fibras vegetais. Geralmente existem na natureza em abundância, por isso possuem baixo custo. Já os “sorventes inorgânicos são produtos minerais normalmente extraídos da terra e incluem: argila, perlita, areia, silicatos expandidos (vidro), mica expandida (vermiculita), cinza vulcânica etc” (ANNUNCIADO, p.5, 2005).

No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos instituída pela Lei Federal n.12.305, de 2 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010), expressa em relação a materiais sorventes, que esses materiais não devam conferir toxicidade ao meio ambiente, e permitir sua reusabilidade, no sentido de maximizar o uso do material e reduzir a geração de resíduos sólidos.

Nesse contexto, a busca por materiais-sorventes eficientes e de baixo custo, têm se intensificado, com isso, as fibras vegetais tornam-se uma alternativa e processos químicos tem

sido utilizados para melhorar as propriedades físicas e químicas, para que a extração se torne mais versátil na questão de seletividade, afinidade, reconhecimento molecular, ou seja, nas interações sorvente-analito, aumentando a área de contato, estabilidade térmica, resistência a solventes e a pH, e com isso aumentando sua funcionalidade (GONÇALVES, 2018).

Assim, a utilização das esponjas vegetais tem se tornado bastante relevante em várias áreas, dentre a variedade funcional das esponjas vegetais, tem-se as *Luffas* que atuam no setor industrial, medicinal, alimentício, de cosméticos e higiene pessoal. As esponjas vegetais pertencentes à família das *Cucurbitaceae*, denominadas *Luffas*, possuem origem asiática. No entanto, devido a fácil adaptação com os diferentes solos, seu cultivo é feito em diversas regiões, dentre elas, o Brasil. Segundo Marouelli *et al.* (2013), dentre as espécies das *Luffas*, a mais conhecida e cultivada no Brasil é a *Luffa Cylindrica*, apresentando utilidade em diversas áreas, como na limpeza geral, higiene pessoal, no artesanato, além da utilização das fibras nas indústrias.

Através das suas propriedades físicas e químicas, bem como: cor, tamanho, espessura, estrutura, textura e formas, além da composição e produção, as fibras vegetais da *Luffa Cylindrica* são materiais renováveis e de baixo custo, que apresentam fibras finas, porosas, com alta resistência e elasticidade. Assim, as fibras das esponjas vegetais apresentam características e propriedades que possibilitam realizar atividades de sorção, além de ser um material de fácil cultivo e biodegradável (ANTUNES *et al.* 2016; VICENTIN, 2017).

Dessa forma, esse trabalho realizou uma revisão da literatura sobre a capacidade de sorção da fibra da esponja vegetal, a fim de utilizar fibra vegetal da *Luffa Cylindrica* como um novo material sorvente de alta eficiência e baixo custo. Assim, analisou-se o teor de sorção em fibras *in natura* e com tratamento térmico em estudos publicados nos últimos dez anos, para evidenciar se as fibras vegetais da *Luffa Cylindrica* apresentam teor de sorção eficaz.

2. OBJETIVOS

2.1 GERAL

Realizar uma análise do potencial de sorção da fibra da esponja vegetal *Luffa Cylindrica*, por meio de uma revisão da literatura dos últimos dez anos.

2.2 ESPECÍFICOS

Caracterização da fibra da esponja vegetal;

Verificar o potencial de sorção da fibra *in natura* e com tratamento térmico;

Identificar qual método de utilização da fibra tem o melhor desempenho;

Apresentar uma análise da capacidade de sorção da fibra exposta na literatura.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 SORÇÃO

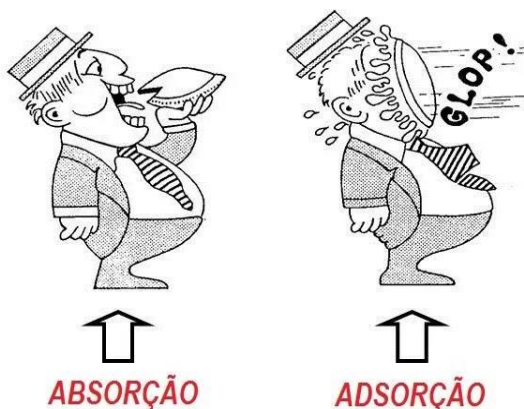
Sorção é um termo oriundo do latim "sorbere", utilizado para indicar quando os processos de absorção e adsorção ocorrem simultaneamente, fazendo com que os gases ou líquidos das moléculas de um componente movimentem-se para a região entre duas fases e prenda-se a superfície de outra molécula.

O “processo de sorção ocorre devido a dois fenômenos que podem ser diferenciados pelo grau que a molécula de sorvato interage com o sorvente e a liberdade com que migra para o sorvente: a adsorção e a absorção” (BORGES, p.34, 2015). Desse modo, a adsorção corresponde ao fenômeno pelo qual uma substância sai de um estado para outro, assim, a adsorção permite que as moléculas ou átomos de uma substância em uma determinada fase fiquem retidas na superfície de outra molécula através de interações físicas e químicas.

O processo de sorção é utilizado principalmente em ambientes aquáticos quando há o contato com óleos, fazendo com que haja espalhamento, emulsificação e evaporação deste, ocasionando diversos problemas ao ambiente. Desta forma, a sorção consiste na aplicação de sorventes, barreiras e técnicas que permitam o controle de espalhamento de óleos ou outras substâncias. Salienta-se que o processo de sorção pode acontecer de várias formas, dependendo apenas do tipo de sorvente a ser utilizado.

A figura 01, destaca um exemplo do processo de absorção e adsorção associado ao nosso dia a dia, onde, na absorção, ao engolir (absorve) a torta, já na adsorção acontece o chamado “torta na cara”.

Figura 01: Absorção e adsorção



Fonte: BERG, 2010.

Experimentalmente, Zaro (2014) diz que a capacidade de sorção pode ser determinada através da equação 01:

$$\text{Capacidade de sorção} = \frac{S_{st} - S_o}{S_o} \quad (01)$$

Onde:

S_{st} : massa da amostra depois do teste (g);

S_o : massa da amostra seca antes do teste (g).

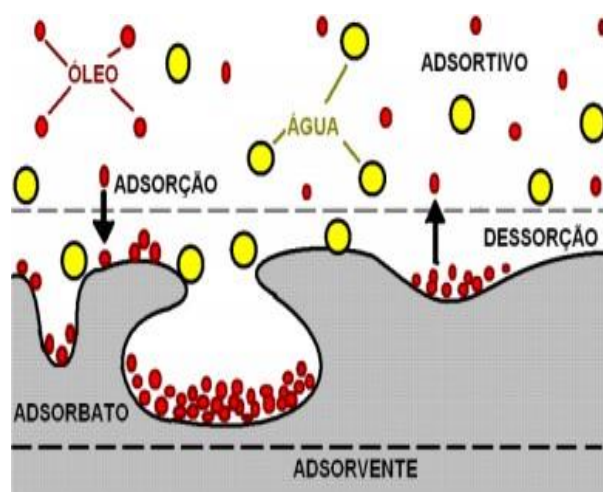
3.2 ABSORÇÃO E ADSORÇÃO

Bezerra (2016) diz que a absorção é um processo em que as moléculas, átomos e íons presentes em uma substância penetram e se fixam, na maioria das vezes, de forma uniforme em átomos ou moléculas de outra fase, em geral em um meio poroso.

No processo de absorção sólido-líquido, o poluente que se deseja remover da solução, denominado soluto, penetra na outra fase do sistema, no sorvente, que é o sólido poroso com capacidade de sorver. Quando o poluente fica aderido na superfície do sólido, ele passa a ser chamado sorvato. No processo de adsorção a concentração do sorvato, acontece em uma superfície ou interface do sorvente, ou seja, o poluente fica aderido na superfície do sólido (PERRY *et al.*, 1984 apud ILLI, 2016).

Nóbrega (2001) diz que a adsorção é usada para remover compostos orgânicos, que estão contidos nos efluentes industriais, de forma que através de tratamentos convencionais se torna de difícil remoção.

O processo de adsorção representado na Figura 02 descreve o adsorvente formando a adsorção em sua superfície, o adsorativo é o fluido em contato com o adsorvente e o adsorbato é o local onde as substâncias químicas ficam retidas através do adsorvente.

Figura 02: Processo de adsorção

Fonte: BARA, 2011 apud ALBUQUERQUE, 2017.

“Entre os métodos mais rentáveis para a remoção de contaminantes de petróleo, a adsorção revela ser um método eficaz na remoção e recuperação do óleo na água” (ALBUQUERQUE, 2017).

Existem basicamente dois tipos de adsorção, adsorção física, também chamada de fisiosorção e adsorção química chamada também de quimiosorção. Sendo a adsorção física uma diferença de energia, chamada de Van der Waals, essa energia é o que permite que as moléculas se prendam ao adsorvato. Já a adsorção química é a interação química entre moléculas e elétrons com o sólido, formando assim um rearranjo.

Segundo Annunciado (2005), a adsorção passou a ser uma alternativa eficiente para resolver problemas petroquímicos, causados a partir de problemas de poluentes diluídos em efluentes líquidos. Os adsorventes podem ser usados uma vez e descartados ou, pode ser feita a regeneração do material para ser utilizado mais vezes. No entanto, para o caso do processo de regeneração, o material deve possuir no processo adsortivo altos valores de seletividade, capacidade e tempo de vida.

3.3 ISOTERMAS DE ADSORÇÃO

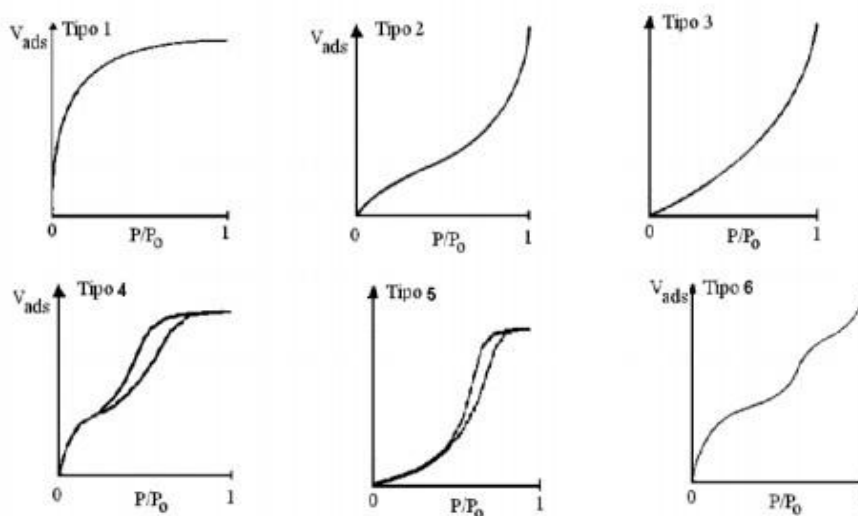
De acordo com Illi (2016), isotermas de adsorção são representações gráficas decorrentes das relações de equilíbrio entre material sorvido e pressão ou relação de equilíbrio entre material sorvido e concentração em massa na fase fluida em temperatura constante.

A determinação de isotermas de adsorção é a base para caracterização das propriedades superficiais dos materiais. Parâmetros como: área específica, volume de poros e distribuição de tamanho de poros são normalmente

determinados a partir das isotermas de equilíbrio de adsorção física de um vapor (AQUINO, p.17, 2015).

A classificação das isotermas de adsorção pode ser feita através da IUPAC, de modo que a maioria dos sólidos estão contidos em um dos seis tipos de isotermas existentes:

Figura 03: Classificação das isotermas de adsorção de acordo com a IUPAC



Fonte: AQUINO, 2015.

De acordo com a Figura 03, a classificação dos sólidos acontece mediante a sua porosidade, assim:

As isotermas do tipo 1 apresentam características de adsorventes microporosos, estas, são encontradas mais facilmente.

As isotermas do tipo 2 estão presentes em adsorventes macroporosos ou não porosos.

As isotermas do tipo 3 são típicas de adsorventes que possuem uma grande variação no tamanho dos poros.

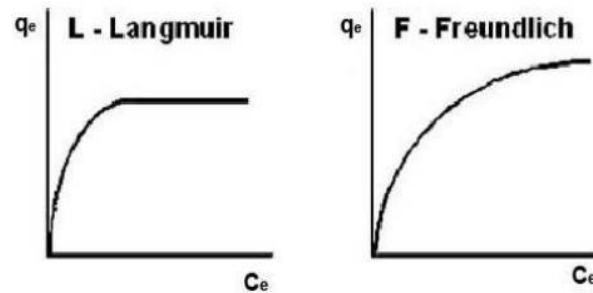
As isotermas dos tipos 4 e 5 ocorre geralmente em estruturas mesoporosas.

As isotermas do tipo 6 são vistas em isotermas não porosas.

As isotermas de adsorção são designadas através de modelos matemáticos, definidos a partir da sua porosidade, dentre eles, os mais utilizados são as equações de Langmuir e Freundlich.

Assim, no processo de adsorção dois modelos são utilizados com maior frequência: modelo Langmuir e modelo Freundlich. A Figura 04 contém as representações gráficas dos modelos das isotermas:

Figura 04: Representação de modelos de isotermas



Fonte: SEGUNDO, 2011.

Essas representações são descritas pela seguinte equação 02:

$$q = \frac{(C_0 - C_e)}{m} V \quad (02)$$

Onde:

q: quantidade de adsorvato por unidade do sorvente;

C₀: concentração inicial do sorvato;

C_e: concentração no equilíbrio;

V: volume da batelada;

m: massa do sorvente.

Desse modo, na equação 03 têm-se para o modelo Langmuir a seguinte relação qualitativa:

$$q_e = \frac{q_{m\acute{a}x} b C_e}{1 + b C_e} \quad (03)$$

Onde:

q_{máx}: constante empírica que indica a capacidade de adsorção na monocamada;

b: constante relacionada à energia livre de adsorção.

Já para o modelo Freundlich, a relação qualitativa está representada pela equação 04:

$$q_e = K_{ad} C_e^{\frac{1}{n}} \quad (04)$$

As constantes K_{ad} e n na equação são determinadas experimentalmente.

De acordo com segundo (2011) o modelo de isoterma Langmuir representa uma situação ideal, possuindo superfícies homogêneas com a mesma afinidade molecular do adsorvato. Já o modelo de isoterma de Freundlich é um modelo empírico, mas que é muito utilizado devido a precisão nos dados de ensaios de adsorção.

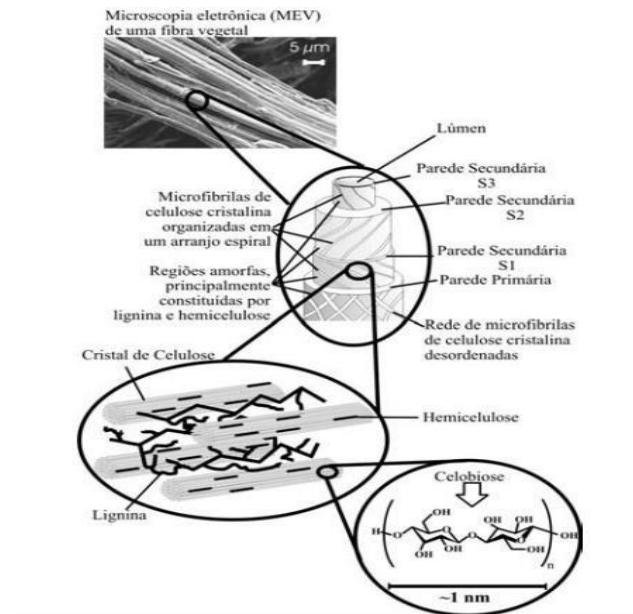
3.4 FIBRAS VEGETAIS

As fibras são elementos filiformes que apresentam um elevado comprimento em relação à dimensão transversal máxima, sendo caracterizadas pela sua flexibilidade e finura. As fibras são constituídas por macromoléculas, os polímeros, que, por sua vez, são compostos por uma sequência de monómeros (unidade que se repete em um polímero). Os polímeros são quimicamente estáveis, enquanto os monómeros são quimicamente instáveis, o que explica a reação de união de monómeros na formação do polímero de base que constitui as fibras.

As fibras existentes são classificadas em:

- Fibras naturais (vegetais);
- Fibras não naturais;
- Fibras inorgânicas;
- Fibras funcionais;
- Nanofibras;
- Fibras multicomponentes;

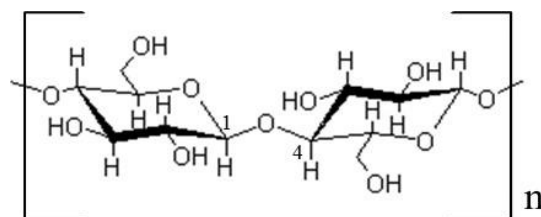
As fibras vegetais são conhecidas como fibras lignocelulósicas, constituídas principalmente por celulose, hemicelulose e lignina. A celulose é um material orgânico facilmente encontrado na natureza, é caracterizado como um polissacarídeo linear e é encontrado nas madeiras, folhas, sementes, frutos, entre outros. A Figura 05 apresenta a estrutura das fibras vegetais, onde a fibra lignocelulósica possui camadas complexas, com parede primária e parede secundária constituída por três camadas (S1, S2 e S3) (SILVA, *et al*, 2009).

Figura 05: Estrutura das fibras vegetais

Fonte: SILVA *et al.*, 2009.

A unidade repetitiva da celulose é composta por duas moléculas de glicose eterificadas por ligações β-1,4-glicosídicas. Esta unidade repetitiva, conhecida como celobiose, contém seis grupos hidroxila que estabelecem interações do tipo ligações de hidrogênio intra e intermolecular. Devido a essas ligações de hidrogênio há uma forte tendência de a celulose formar cristais que a tornam completamente insolúvel em água e na maioria dos solventes orgânicos (SILVA *et al*, p.693, 2009).

Na figura 06, temos a estrutura química da celulose, bem como a unidade de repetição da celobiose, representada pela estrutura entre colchetes.

Figura 06: Estrutura molecular da celulose

Fonte: ARAÚJO, 2017.

Sabe-se que sua utilização das fibras vegetais é desde os nossos antepassados, onde, os pré-históricos faziam uso de diversas maneiras, na confecção de vestimentas, adereços para o

corpo, construção de casas e até mesmo na alimentação. Assim, pode-se dizer que as fibras foram muito importantes para a nossa evolução e atualmente devido à diversidade de aplicações da mesma, sua utilização é vista em diversos setores da indústria como também no setor comercial, de modo que, busca-se cada vez mais substituir fibras sintéticas por fibras vegetais que apresentem as mesmas funcionalidades (HENDGES, 2010).

As fibras vegetais são materiais resistentes, possuem baixo custo e densidade, se adaptam facilmente as diferentes condições climáticas e podem ser classificadas em fibras naturais, artificiais e sintéticas. Podem ser originadas das mais distintas maneiras, como através do caule, fruta, tronco, semente, folha, madeira, entre outros. Yong (1997) apud Annunciado (2005) classifica as fibras vegetais de acordo com suas características em cinco distintos grupos:

Fibras de Gramíneas: que são fibras retiradas das hastes das plantas monocotiledôneas, que são as fibras dos cereais como trigo, aveia, cevada, arroz etc., estão presentes também nesse grupo, o junco, bambu e o bagaço da cana-de-açúcar.

Fibras de Folhas: são aquelas retiradas de acordo com o comprimento das folhas, como abacá, sisal e henequém.

Fibras de Caule: são fibras retiradas em maço do interior da casca de hastes de plantas, como o linho, juta, cânhamo e kenaf.

Fibras de Sementes e Frutos: são as fibras mais comuns, como por exemplo, algodão, paina e *Luffa cylindrica*.

Fibras de Madeiras: são oriundas do xilema de vegetais (angiospermas e gimnospermas), incluindo os eucaliptos, abetuos, pinus, entre outros.

As fibras naturais podem apresentar diferenças quanto a sua aparência física, mas através da similaridade das propriedades é possível identificá-las como uma família, pois, são constituídas de matriz lamelar e estrutura fibrilar. As fibras naturais apresentam diferentes propriedades, pois, dependem de alguns fatores como clima, solo, estrutura e composição, ou seja, as fibras apresentam melhores propriedades quando estão inseridas em locais favoráveis à sua adaptação. No entanto, as fibras podem ser cultivadas em diferentes locais no mundo, apresentando grandes quantidades de cultivo e disponibilidade, o que contribui para o crescimento contínuo do uso.

Sendo as fibras naturais consideradas matéria prima renovável, quando comparadas as fibras sintéticas apresentam algumas vantagens quanto ao custo, disponibilidade, absorção, resistência, baixa densidade, matéria-prima biodegradável e reciclável, no entanto, para que adquira propriedades mais eficientes, é necessária que sejam utilizadas algumas técnicas para

que haja melhoramento das propriedades químicas. Assim, as fibras podem passar por processos de cristalização e polimerização, resistência a umidade, como também homogeneização das fibras, fazendo com que as propriedades possuam as mesmas características.

Singh. et al. (2013), Angelova et al. (2011) e Al-Majed, Adebayo e Hossain (2012) vislumbram as fibras naturais como alternativas válidas e efetivas na recuperação de óleos, pela sua facilidade de obtenção e por serem fontes renováveis. Alguns sorventes naturais como palha e fibra de paineira são capazes de sorver mais óleo que os sorventes sintéticos produzidos a partir do PP. Como desvantagem desses materiais, destaca-se a sua não disponibilidade em algumas regiões, fazendo com que a logística torne o produto muito caro. (ZARO, p.34, 2014).

3.5 CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES DE FIBRAS VEGETAIS NA SORÇÃO

Annunciado (2005) utiliza algumas fibras para análises do teor de sorção em casos de derramamento de petróleo, buscando uma alternativa renovável, biodegradável e promissora. As fibras aplicadas para análises sorcivas são: sisal, fibra de coco, paina, luffa cylindrica e serragem, estas, possuem características que um sorvente deve obedecer para ser considerado um material com boa capacidade de sorção, bem como, área de superfície, tipo de superfície (porosa, oleofílica ou polar).

Vicentim (2017) caracteriza a Luffa Cylindrica como uma fibra constituída basicamente por celulose, hemicelulose e lignina, características responsáveis por suas propriedades físicas, apresentam alto grau de porosidade, alto volume específico, características que possibilitam sua aplicação para sorção.

Ferreira (2009) analisa as fibras vegetais para sorção de corantes e de óleos; Annunciado (2005) analisa as fibras para sorção em óleos;

Atualmente, diversos sorventes comercializados são produzidos a base de fibras vegetais, uma vez que, as fibras são constituídas principalmente por celulose, possuindo extensas ligações de hidrogênio entre as cadeias celulósicas.

De acordo com Dutra (2014) “sorventes são materiais sólidos que retém compostos químicos em sua superfície”, ou seja, são materiais que conseguem absorver compostos químicos, de modo que, em substâncias oleosas, tem-se que o material a ser utilizado deve ter a aptidão de expelir água e absorver apenas o óleo. Os sorventes podem ser naturais ou sintéticos, podem ser utilizados em casos de vazamentos ou derramamentos de óleos, de modo que sua escolha é feita através do tipo de necessidade e da área afetada. Então, sorventes são

materiais que possuem alta taxa de sorção, facilidade de aplicação e capacidade de retenção de óleo.

“Sorventes naturais são materiais extraídos da própria natureza e são classificados em sorventes naturais inorgânicos ou orgânicos” (ANNUNCIADO, 2005). Tem-se que os sorventes naturais foram os pioneiros para fazer o controle de áreas afetadas pelo derramamento de combustíveis, principalmente o petróleo. Apresentam vantagens como baixo custo e abundância na natureza e desvantagens como necessidade de maior mão-de-obra para sua utilização.

Os sorventes sintéticos são caracterizados por não ser material biodegradável e pelo alto custo, porém, apresentam vantagens no se refere à reutilização. Entretanto, os sorventes orgânicos provenientes de fibras vegetais tem se tornado uma alternativa para conter a poluição causada pelo petróleo e derivados, devido o seu poder de absorção, baixo custo e biodegradação, podem ser feito reaproveitamento ou incineração sem que haja produção de gases tóxicos e podem absorver cerca de 3 a 15 vezes o seu peso em óleo.

Os materiais sorventes podem se apresentar no formato de barreiras, travesseiros, mantas e almofadas, no entanto, o formato a ser utilizado vai depender do tipo de derramamento, ou seja, de acordo com a necessidade e situação do ambiente sabe-se qual o formato mais adequado. Além disso, sua estrutura facilita a difusão do líquido para a fase semi-sólida, o que é um fator favorável para que haja a remoção de óleos.

De acordo com Annunciado (2005) a escolha adequada dos sorventes naturais é determinada através da capacidade de sorção do material, da hidrofobicidade, flutuabilidade, biodegradabilidade e a capacidade de recuperação, onde todas essas características variam em função da composição química e morfologia do material. Nos sorventes de óleos, as propriedades que os materiais devem possuir são semelhantes, capacidade de sorção, boa capacidade de retenção de óleo em um bom período de tempo, hidrofobia e oleofilia, recuperação fácil do óleo do sorvente, etc.

Para Al-Majed *et al* (2012), os sorventes devem ser avaliados de acordo com as diretrizes do Quadro 01:

Quadro 01: Diretrizes para a escolha de um bom sorvente

Característica	Descrição
Hidrofobia e oleofilia	capacidade de repelir água e adsorver óleo
Capacidade de sorção	óleo sorvido por unidade de peso

Capacidade de retenção ao longo do tempo	o sorvente deve ser capaz de fixar o óleo por um tempo relativamente alto, pois a desagregação do petróleo ao longo do tempo libera frações de óleo na água
Aplicação e recuperação do mar	a forma mais eficaz é espalhar o adsorvente sobre áreas amplas, deixa-las um tempo flutuando e depois colhe-las
A capacidade de recuperação de petróleo apartir do adsorvente	facilidade de extração sem danificar o adsorvente para que ele possa ser reutilizado
Segurança Ambiental, reciclabilidade,e/ou biodegradabilidade	Capacidade de ser reciclado após a colheita. Se é biodegradável sobre o leito do mar.
Disponibilidade	Ter em abundância
Armazenamento	quanto tempo ele pode ser armazenado e preservado, quanto espaço de armazenamento é necessário
	custo por milha quadrada; efeito do uso
Economia	massivo no mercado existente

Fonte: AL-MAJED et al., 2012.

3.6 PROPRIEDADE DE ADSORÇÃO *LUFFA CYLINDRICA*

De acordo com Antunes (2016) as *Luffas Cylindricas* apresentam baixa densidade, alta porosidade, volume específico dos poros bastante alto, estabilidade em uma ampla faixa de pH e resistência a autoclavagens sem a ocorrência de danos, mudanças de formas, estrutura e textura, além de fibras finas lignocelulósicas hidrofílicas, resistentes, elásticas e suaves.

A bucha vegetal tem sido estudada como um potencial adsorvente, uma vez que possui grande quantidade de celulose, que além de ser o polímero natural mais abundante na natureza, pode ser modificado através de processos simples e de baixo custo para permitir a ampliação de suas aplicações (BOYNARD; MONTEIRO; D'ALMEIDA, 2003; PASA *et al*, 2017 apud FRANCO, 2019).

As *Luffas*, através de suas propriedades mecânicas aliadas as propriedades físicas e químicas, são fibras resistentes que possibilitam a adsorção das fibras pelo fato de ser um material que possui rigidez, energia, porosidade e área de superfície.

3.7 LUFFA CYLINDRICA

A *Luffa Cylindrica*, conhecida popularmente como esponja vegetal, bucha dos paulistas, bucha dos pescadores ou esfregão, é de origem asiática, porém, seu cultivo é feito em várias regiões do Brasil, e por isso, possui variedade de nomes populares. Da família das cucurbitáceas, é uma das sete espécies dentro do gênero *Luffa*, possui aparência semelhante a um pepino. A bucha é uma trepadeira de regime anual e perene, cujos frutos possuem tamanho de aproximadamente 35 centímetros. Possuem melhor adaptação em solos argilo-arenosos, férteis, bem drenados e com pouca acidez.

Os frutos são grandes, podendo alcançar 35 cm. Eles são cilíndricos, alongados e podem ser lisos ou angulosos, de acordo com a variedade (como abóboras). Quando jovens são verdes e se tornam marrons quando maduros. As sementes são lenticulares, numerosas, grandes e pretas. Os frutos verdes (menores que 6 centímetros) são comestíveis, sendo preparados tais como quiabos e pepinos. Os frutos maduros podem ser colhidos e descascados para obtenção da esponja, no entanto os frutos secos também podem ser aproveitados (PATRO, 2013).

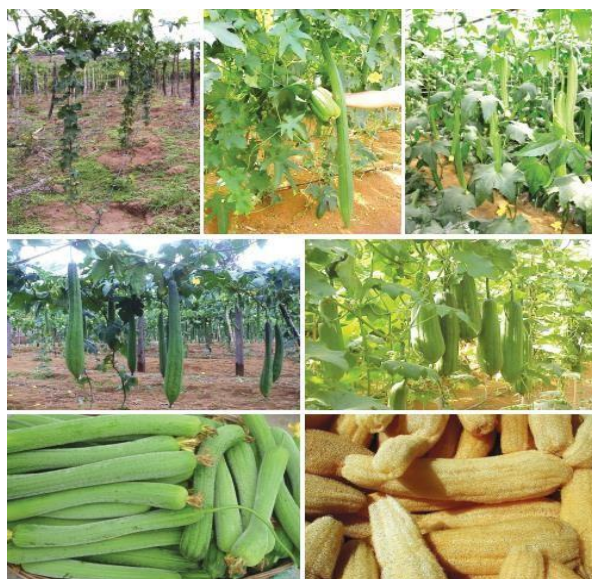
A bucha é conhecida por possuir frutos esponjosos, com fibras porosas e alongadas que podem ser utilizadas para produção de buchas de higiene pessoal ou de limpeza, como buchas de banho, luvas, esfregões ou até mesmo no artesanato. A bucha (*Luffa Cylindrica*) é uma planta que possui folhas grandes, lisas e escuras, flores masculinas (maiores, mais numerosas e brotam em grupos) e femininas (solitárias e diferenciadas devido a um pequeno fruto, conhecido como ovário alongado) grandes e amarelas. Enquanto jovem, seus frutos possuem cor verde, porém, conforme atinge a idade adulta (madura) passa a possuir cor marrom. As sementes são lenticulares, grandes e pretas e possuem grande quantidade. Os frutos jovens (verdes) são comestíveis e podem ser consumidos de várias maneiras, natural (preparados como pepino e quiabo) fritos, cozidos etc. Já os frutos adultos (maduros) depois de colhidos são descascados para se obter a esponja vegetal.

Marouelli *et al* (2003) diz que “o uso da bucha vegetal como hortaliça é praticamente desconhecido na maioria dos países, incluindo o Brasil. Em países do Oeste Asiático, como

China e Japão, no entanto, a bucha vegetal especialmente as da espécie *Luffa acutângula* é bastante utilizada na alimentação humana”.

Na Figura 07, temos um plantio de *Luffas Cylindricas*, com representações das trepadeiras em fase inicial, frutos jovens e adultos.

Figura 07: *Luffas Cylindricas* (esponjas vegetais)



Fonte: MAROUELLI *et al*, 2013.

No Brasil, a produção de bucha vegetal é realizada através da agricultura familiar, em pequenas áreas, por praticamente todo o território. O cultivo acontece de forma tradicional e espontânea de “fundo de quintal” (LIMA, 2014).

De acordo com SATYANARAYANA *et al* (2007) apud BASTOS (2018):

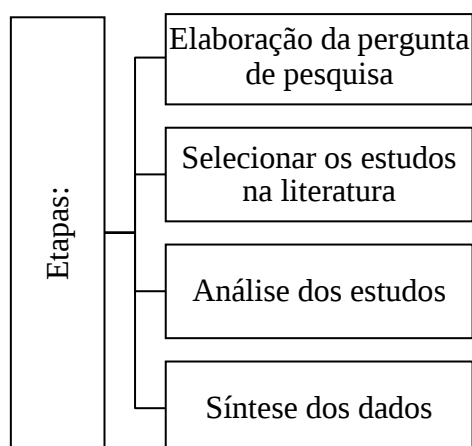
O Brasil é o maior produtor e também um explorador destas esponjas. É na região de Bonfim, a 80 Km de Belo Horizonte Minas Gerais, onde se encontram mais de 120 produtores rurais (GLOBO RURAL, 2010). De acordo com dados fornecidos em 2010 pela EMATER- Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais, são aproximadamente 80 hectares plantados e 100 mil dúzias de bucha produzidas por ano. (SATYANARAYANA *et al*, 2007 apud BASTOS, 2018, p.41).

As buchas, por serem biodegradáveis, não causam danos ao meio ambiente, são ideais para substituir as buchas sintéticas derivadas do petróleo, além de serem excelentes para esfoliação da pele e de fácil cultivo. Por ser constituída por fibras porosas, possui boa capacidade de absorção e, devido as suas características, têm se tornado um material com crescente aumento de produção nos últimos anos, com uso em diversas áreas na indústria.

4 METODOLOGIA

Esse trabalho apresenta uma revisão sistemática da literatura, tendo como base estudos bibliográficos, de modo a obter informações relevantes em livros, artigos, dissertações, teses, etc., aprofundando os conhecimentos acerca do tema proposto. Com uma abordagem quali-quantitativo, no método qualitativo as amostras são reduzidas, os dados são analisados em seu conteúdo psicossocial e os instrumentos de coleta não são estruturados, enquanto no quantitativo os pesquisadores valem-se de amostras amplas e de informações numéricas. (LAKATOS; MARCONI, 2011. p. 269).

A metodologia utilizada no desenvolvimento deste trabalho foi organizada de acordo com o seguinte fluxograma, na qual apresenta as etapas da pesquisa.



4.1 ELABORAÇÃO DA PERGUNTA DA PESQUISA

As fibras vegetais são uma importante matéria-prima para os mais diversificados setores como industrial, artesanal e econômico, de modo que a utilização das fibras promove a substituição de fibras sintéticas por fibras orgânicas. Desse modo, as fibras naturais têm se tornado um forte aliado no que se refere à preservação do meio ambiente, devido a sua disponibilidade, baixo custo e por ser um material biodegradável, além de possuir capacidade de sorção. Nesse viés, esse estudo realizou uma análise da capacidade de sorção da fibra da *Luffa Cylindrica* apresentada na literatura. Essa temática é relevante para a sociedade, pois a comprovação da capacidade de sorção da fibra possibilita uma diversidade de aplicações

substituindo matérias-primas sintéticas por natural que permitem minimizar os impactos ambientais.

4.2 SELEÇÃO DOS ESTUDOS NA LITERATURA

Para a realização da busca dos dados, foi realizada a coleta através do Google e do Google Acadêmico utilizando as seguintes palavras: capacidade de sorção, fibras vegetais, sorção e *Luffa Cylindrica*, para publicações com intervalo de tempo de 10 anos, ocorrendo entre 2010-2020.

4.3 ANÁLISE DOS ESTUDOS

Para a seleção dos estudos, foi desenvolvida uma revisão bibliográfica que contribuiu para o embasamento teórico do estudo, proporcionando um melhor entendimento da temática a partir da análise de estudos acadêmicos já publicados. Logo após, foi realizada a busca dos estudos nas bases de dados ressaltadas no tópico anterior, sendo encontrados 30 estudos acadêmicos referentes ao tema. Dentre estes estudos 14 foram selecionados para a realização das análises de seus resultados.

Foram utilizados como critérios de inclusão os estudos publicados em português, dos últimos dez anos (2010-2020). Já de exclusão foram os estudos que não estavam dentro do idioma estabelecido, acesso pago e aqueles que não estavam atendendo a temática estabelecida.

Os estudos selecionados foram analisados com a separação destes de acordo com o seu título, autor, ano de publicação, base de dados de origem, objetivo, metodologia adotada e resultados obtidos.

4.4 SÍNTESE DOS DADOS

Os dados foram organizados por meio de quadros e gráficos, sendo utilizada a ferramenta Microsoft Excel 2010, como auxílio para a síntese dos dados. Elaborada nas seguintes etapas: (1) Identificação das fibras in natura x tratamento térmico (2) Caracterização da fibra (3) Teor de sorção.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir das buscas feitas no Google e Google Acadêmico, com as palavras-chave: capacidade de sorção, fibras vegetais, luffa cylindrica e sorção, foram selecionados catorze estudos publicados entre os anos de 2010 e 2020. Os estudos estão presentes no quadro 02:

Quadro 02: Estudos entre os anos de 2010-2020

Título do estudo	Autor	Ano	Base de dados	Palavra-chave
Potencial de sorção do bagaço da cana-de-açúcar na contenção e remoção de derramamento de petróleo e derivados.	PAULA <i>et al.</i>	2017	Revista Engevista	Capacidade de sorção
Avaliação dos processos de sorção de óleos em mantas não tecidas de pp.	ZARO	2014	Universidade de Caxias do Sul	Capacidade de sorção
Avaliação da capacidade de retenção da espuma de poliuretano e da fibra da paina (<i>chorisia speciosa</i>) aplicado na limpeza de derramamento de óleo diesel.	ALBUQUERQUE	2017	Universidade Federal de Alagoas	Fibras vegetais
Formulação e caracterização de compósitos com fibras vegetais e matriz termoplástica.	PAULA	2011	Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro	Fibras vegetais

Produção e caracterização mecânica de compósitos de resina poliuretana à base de óleo de mamona e fibras de rami, sisal e bucha vegetal.	SOUSA	2013	Universidade Federal de Uberlândia	Fibras vegetais
Poliolefinas reforçadas com fibras vegetais curtas: sisal × curauá.	SPINACÉ <i>et al.</i>	2011	SciELO	Fibras vegetais
Avaliação e desenvolvimento de um método para extração seletiva de cromo utilizando a luffa cylindrica como bioadsorvente.	SOUSA NETO	2016	Universidade Federal de Goiás	<i>Luffa cylindrica</i>
Avaliação da potencialidade de adsorção da bucha vegetal (<i>luffa cylindrica</i>) para remoção de corante de meios aquosos.	ANTUNES <i>et al.</i>	2016	Revista Tecnológica	<i>Luffa cylindrica</i>
Caracterização morfológica de plântulas de <i>Luffa cylindrica</i> L. germinadas in vitro.	BARROSO <i>et al.</i>	2014	Revista Agrotec	<i>Luffa cylindrica</i>

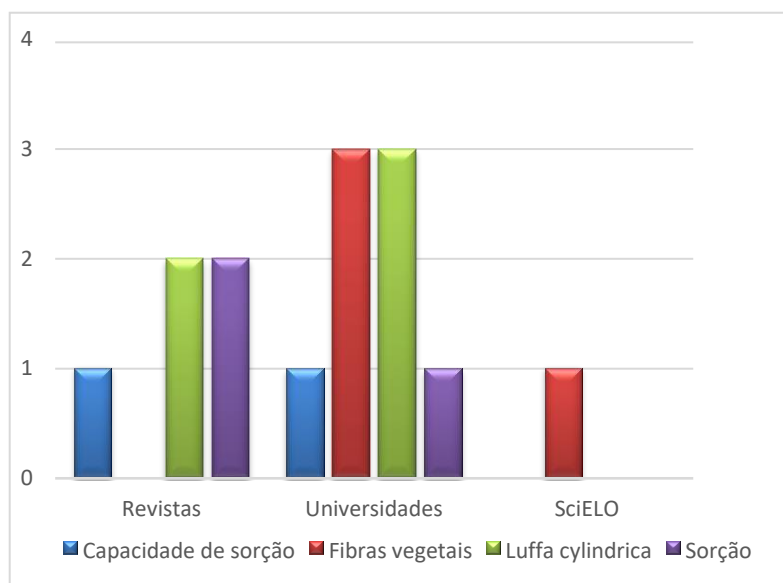
Estudo da adsorção de corante têxtil em fibras naturais de bucha vegetal (<i>Luffa cylindrica</i>).	VICENTIN	2017	Universidade Tecnológica Federal do Paraná	<i>Luffa cylindrica</i>
Caracterização do biossorvente <i>Luffa Cylindrica in natura</i> e funcionalizado e seu uso na remoção de eteraminas de soluções aquosas.	BASTOS	2018	Universidade Federal de Minas Gerais	<i>Luffa cylindrica</i>
Utilização da fibra de bananeira como adsorvente em derramamento de petróleo.	BORGES	2015	Universidade Federal da Bahia	Sorção
Características físico-químicas, energética e desempenho da fibra de coco na sorção de óleos diesel e biodiesel.	OLIVEIRA	2011	Revista Energia na Agricultura	Sorção
Avaliação do bagaço de cana natural e modificado como potencial sorvente de óleo vegetal.	GUILARDUCI	2016	Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável	Sorção
Total	14			

Fonte: Autora, 2021.

De acordo com o quadro 02, nas bases de dados os estudos foram distribuídos a partir das palavras-chave buscadas. Assim, utilizando a palavra-chave “capacidade de sorção” foram encontrados dois estudos, na base de dados da revista Engevista e da Universidade Federal de Caxias do Sul e se intitulam respectivamente por “Potencial de sorção do bagaço da cana-de-açúcar na contenção e remoção de derramamento de petróleo e derivados” e “Avaliação dos processos de sorção de óleos em mantas não tecidas de PP”. Já para a busca por “fibras vegetais” foram encontrados quatro estudos, estes, fazem parte da base de dados da Universidade Federal de Alagoas; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Universidade Federal de Uberlândia e da SciELO, são intitulados respectivamente de “Avaliação da capacidade de retenção da espuma de poliuretano e da fibra da paina (*chorisia speciosa*) aplicado na limpeza de derramamento de óleo diesel”; “Formulação e caracterização de compósitos com fibras vegetais e matriz termoplástica”; “Produção e caracterização mecânica de compósitos de resina poliuretana à base de óleo de mamona e fibras de rami, sisal e bucha vegetal” e “Poliolefinas reforçadas com fibras vegetais curtas: sisal × curauá.”.

Na busca por “*luffas cylindricas*”, cinco estudos foram encontrados, de modo que encontram-se na base de dados da Universidade Federal de Goiás, na Revista Tecno-Lógica, na Revista Agrotec, na Universidade Tecnológica Federal do Paraná e na Universidade Federal de Minas Gerais, os estudos se intitulam respectivamente por “Avaliação e desenvolvimento de um método para extração seletiva de cromo utilizando a *luffa cylindrica* como bioadsorvente”; “Avaliação da potencialidade de adsorção da bucha vegetal (*luffa cylindrica*) para remoção de corante de meios aquosos”; “Caracterização morfológica de plântulas de *Luffa cylindrica* L. germinadas in vitro”; “Estudo da adsorção de corante têxtil em fibras naturais de bucha vegetal (*luffa cylindrica*)” e “Caracterização do biossorvente *Luffa Cylindrica* in natura e funcionalizado e seu uso na remoção de eteraminas de soluções aquosas. Já os estudos obtidos a partir da palavra-chave “sorção” foram encontrados apenas três, sendo na base de dados da Universidade Federal da Bahia, na Revista Energia na Agricultura e na Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, esses estudos possuem respectivamente os seguintes títulos “Utilização da fibra de bananeira como adsorvente em derramamento de petróleo”; “Características físico-químicas, energética e desempenho da fibra de coco na sorção de óleos diesel e biodiesel” e “Avaliação do bagaço de cana natural e modificado como potencial sorvente de óleo vegetal”.

Desse modo, para melhor compreensão dos dados, pode-se observar o Gráfico 01:

Gráfico 01: Base de dados dos estudos encontrados

Fonte: Autora, 2021.

Através dos buscadores Google e Google Acadêmico, têm-se que dos estudos encontrados e selecionados, 05 pertencem a base de dados de revistas, 08 pertencem a base de dados de universidades e 01 pertence a base de dados da SciELO. Percebe-se também que os estudos encontrados entre os anos 2010 e 2020 possuem maior ocorrência quando se utiliza a palavra-chave “*luffa cylindrica*”. Desse modo, os estudos decorrentes da palavra-chave “capacidade de sorção” possui 01 estudo na base de dados de revistas e 01 na base de dados de universidades, utilizando a palavra-chave “fibras vegetais” têm-se 03 estudos na base de dados de universidades e um na SciELO, quando feita a busca por “*luffa cylindrica*” foram encontrados 02 estudos em revistas e 03 na base de dados de universidades, já utilizando a palavra “sorção” encontrou-se 02 estudos na base de dados de revistas e 01 na base de dados de universidade.

O quadro 03 apresenta os tipos de estudos encontrados a partir das palavras-chave: capacidade de sorção, fibras vegetais, *luffa cylindrica* e sorção, evidenciando os estudos que são dos tipos artigos, dissertações ou trabalho de conclusão de curso (TCC).

Quadro 03: Tipos de estudos obtidos

Título	Autor	Ano	Tipo de estudo
--------	-------	-----	----------------

Potencial de sorção do bagaço da cana-de-açúcar na contenção e remoção de derramamento de petróleo e derivados.	PAULA <i>et al.</i>	2017	Artigo
Avaliação dos processos de sorção de óleos em mantas não tecidas de pp.	ZARO	2014	Dissertação
Avaliação da capacidade de retenção da espuma de poliuretano e da fibra da paina (<i>chorisia speciosa</i>) aplicado na limpeza de derramamento de óleo diesel	ALBUQUER-QUE	2017	Dissertação
Formulação e caracterização de compósitos com fibras vegetais e matriz termoplástica.	PAULA.	2011	Dissertação
Produção e caracterização mecânica de compósitos de resina poliuretana à base de óleo de mamona e fibras de rami, sisal e bucha vegetal.	SOUSA	2013	Dissertação
Poliolefinas reforçadas com fibras vegetais curtas: sisal × curauá.	SPINACÉ <i>et al.</i>	2011	Artigo
Avaliação e desenvolvimento de um método para extração seletiva de cromo utilizando a <i>luffa cylindrica</i> como bioadsorvente.	SOUSA NETO	2016	Dissertação

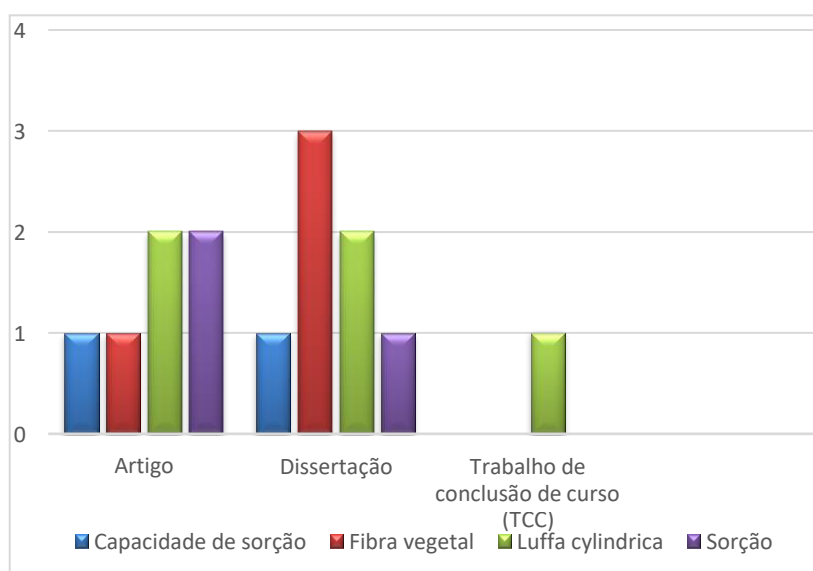
Avaliação da potencialidade de adsorção da bucha vegetal (<i>Luffa cylindrica</i>) para remoção de corante de meios aquosos.	ANTUNES <i>et al.</i>	2016	Artigo
Caracterização morfológica de plântulas de <i>Luffa cylindrica</i> L. germinadas in vitro.	BARROSO <i>et al.</i>	2014	Artigo
Estudo da adsorção de corante têxtil em fibras naturais de bucha vegetal (<i>Luffa cylindrica</i>).	VICENTIN	2017	Trabalho de conclusão de curso (TCC)
Caracterização do biossorvente <i>Luffa Cylindrica in natura</i> e funcionalizado e seu uso na remoção de eteraminas de soluções aquosas.	BASTOS	2018	Dissertação
Utilização da fibra de bananeira como adsorvente em derramamento de petróleo.	BORGES	2015	Dissertação
Características físico-químicas, energética e desempenho da fibra de coco na sorção de óleos diesel e biodiesel.	OLIVEIRA	2011	Artigo
Avaliação do bagaço de cana natural e modificado como potencial sorvente de óleo vegetal.	GUILARDUCI	2016	Artigo
Total			14

Fonte: Autora, 2021.

De acordo com o quadro 03, têm-se que os tipos de estudos mais encontrados são artigos e dissertações, de modo que dos catorze estudos selecionados, 06 são artigos, 07 deles são dissertações e 01 trabalho de conclusão de curso.

O Gráfico 02 apresenta os tipos e quantidades de estudos encontrados na literatura.

Gráfico 02: Tipos e quantidades de estudos encontrados



Fonte: Autora, 2021.

Analisando o Gráfico 02, pode-se perceber que os estudos selecionados a partir da palavra-chave “capacidade de sorção” possui um artigo e uma dissertação, os estudos com “fibra vegetal” apresentam um artigo e três dissertações, já os estudos encontrados a partir da “*luffa cylindrica*” apresenta dois artigos, duas dissertações e um trabalho de conclusão de curso (TCC), os estudos envolvendo a palavra-chave “sorção” possuem dois artigos e uma dissertação.

Desse modo, é perceptível que houve uma diversificação nos tipos de estudos encontrados e selecionados através dos dois filtros de busca: palavras-chave e estudos publicados nos dez últimos anos (2010-2020).

O Quadro 04, apresenta os autores que utilizaram as fibras vegetais *in natura* e com tratamento térmico em seus estudos:

Quadro 04: Estudos que utilizaram fibras *in natura* x tratamento térmico

Fibras <i>in natura</i>	Fibras com tratamento térmico
PAULA <i>et al.</i> , 2017.	ZARO, 2014.

OLIVEIRA, 2011.	BARROSO <i>et al.</i> , 2014.
BORGES, 2015.	ANTUNES <i>et al.</i> , 2016
BASTOS, 2018.	BASTOS, 2018.
GUILARDUCI, 2016.	GUILARDUCI, 2016.
PAULA, 2011.	PAULA, 2011.
SOUSA, 2013.	-
ALBUQUERQUE, 2017.	-
VICENTIN, 2017.	-
SOUSA NETO, 2013.	-
SPINACÉ <i>et al.</i> , 2011.	-

Fonte: Autora, 2021.

Dos estudos encontrados, é possível perceber que os autores PAULA *et al.*, 2017; OLIVEIRA, 2011; BORGES, 2015; BASTOS, 2018; SPINACÉ *et al.*, 2011; PAULA, 2011; SOUSA, 2013; ALBUQUERQUE, 2017; VICENTIN, 2017; GUILARDUCI, 2016 e SOUSA NETO, 2013, em seus estudos, fizeram uso das fibras *in natura*, enquanto que os autores ZARO, 2014; BARROSO, *et al.*, 2014; GUILARDUCI, 2016; BASTOS, 2018; ANTUNES *et al.*, 2016 e PAULA, 2011, utilizaram as fibras com tratamento térmico, para a conclusão dos seus estudos. Desse modo, os estudos correspondem, em sua maioria, a utilização de fibras em estado *in natura*, no entanto, quando comparado os resultados da sorção em fibras *in natura* e com tratamento térmico, identifica-se que a utilização da fibra *in natura*, apesar de possuir considerável teor de sorção, não é tão eficaz quanto a utilização das fibras com tratamento térmico, de modo que o teor de sorção aumenta consideravelmente.

O Quadro 05 apresenta as características da fibra vegetal da *Luffa Cylindrica* na perspectiva de alguns autores.

Quadro 05: Caracterização da fibra da esponja vegetal

Autor	Características	Técnica/equipamento
-------	-----------------	---------------------

BASTOS, 2018.	fruto longo e cilíndrico, verde, liso e com 10 listas longitudinais pouco salientes, com numerosas sementes pretas, cinzentas ou pardas-claras e rugosas. Possui fibras finas, resistentes, elásticas e macias. O tamanho pode variar de 15-20 cm ou de 1,20-1,50 cm, com espessura de 8-10 cm.	espectro infravermelho e absorção atômica.
ANTUNES <i>et al.</i> , 2016.	Área superficial, baixa densidade, alta porosidade, volume específico dos poros bastante alto, estabilidade em uma ampla faixa de pH e resistência a autoclavagens sem a ocorrência de danos, mudanças de formas, estrutura e textura, além de fibras finas lignocelulósicas hidrofílicas, resistentes, elásticas e suaves.	espectrofotometria UV-visível.
BARROSO <i>et al.</i> , 2014.	cucurbitácea trepadeira.	-
VICENTIN, 2017.	trepadeira, apresenta alto grau de porosidade, celulose, alto volume específico, biodegradabilidade, fonte renovável atóxica, baixo custo.	varredura espectroscópica UV-visível.
SOUSA NETO, 2013.	renovável, não poluente, é altamente porosa, apresenta lignina e polissacarídeos em sua composição, é de fácil produção e de baixo custo.	infravermelho.

Fonte: Autora, 2021.

No Quadro 05, dos catorze estudos selecionados, cinco deles trazem a caracterização da fibra vegetal da *Luffa Cylindrica*, bem como, aspectos físicos e químicos, referentes a sua cor, tamanho, espessura, estrutura, textura e formas, além da composição e produção. Caracteriza ainda, as fibras vegetais como materiais renováveis e de baixo custo, apresentando fibras finas, porosas, com alta resistência e elasticidade. Desse modo, as fibras das esponjas vegetais possuem características e propriedades que possibilitam realizar atividades de sorção de forma satisfatória, sendo uma ótima alternativa para a indústria, a fim de minimizar impactos causados ao ambiente, além de ser um material de fácil cultivo, biodegradável e de menor custo.

No que diz respeito as técnicas utilizadas pelos autores, BASTOS, 2018 utiliza a técnica infravermelho e absorção atômica; ANTUNES *et al.* (2016) faz uso da espectrofotometria UV-visível; VICENTIN (2017), utiliza varredura espectroscópica UV-visível e SOUSA NETO (2013) utiliza também infravermelho. No entanto, todas essas técnicas de análises fazem parte do método espectrométrico, no qual, classificam-se em duas categorias: espectroscopia molecular e espectroscopia atômica. Assim, tem-se as técnicas infravermelho e UV-visível pertencentes a categoria da espectroscopia molecular e a absorção atômica na categoria da espectroscopia atômica. No mais, o método analítico espectrométrico apresenta bom desempenho quanto a utilização de esponjas vegetais.

O Quadro 06 apresenta taxas de sorção presentes nos estudos de alguns autores, de modo a evidenciar que em diferentes tipos de óleos, as fibras com tratamento térmico desempenham melhor teor de sorção.

Quadro 06: Taxa de sorção em fibras *in natura* e com tratamento térmico

Tipo de fibra	Tipo de óleo	Taxa de sorção (g/g⁻¹)	Referência
<i>In natura</i>	Óleo sintético	7,62	PAULA <i>et al.</i> , 2017
<i>In natura</i>	Petróleo	2,56	BASTOS, 2018
<i>In natura</i>	Óleo vegetal	58,00	GUILARDUCI, 2016
Tratamento térmico	Óleo vegetal	64,00	GUILARDUCI, 2016
Tratamento térmico	Petróleo	7,82	BASTOS, 2018
Tratamento térmico	Diesel	5,53	ZARO, 2014
Tratamento térmico	Óleo lubrificante	18,96	ZARO, 2014
Tratamento térmico	Petróleo	12,24	ZARO, 2014

Fonte: Autora, 2021.

Com base nos resultados apresentados nas pesquisas, as taxas de sorção das fibras, apresentam boa capacidade de sorção devido ser um material esponjoso, com boa área de superfície, rugosidade, estabilidade de PH, estrutura e textura. No entanto, percebe-se que a utilização da fibra *in natura* não apresenta bom desempenho quanto as taxas de sorção presentes na literatura, desse modo, é preciso que as fibras vegetais passem por um processo de tratamento térmico para obter melhor desempenho. Isso ficou mais evidente através da análise comparativa feita pelos autores BASTOS (2018) e GUILARDUCI (2016), onde, em seus estudos experimentais, foram testadas as fibras *in natura* e com tratamento térmico, de modo, que em seus resultados, apresentou-se melhores teores sorcivos quando utilizado tratamento térmico.

O Quadro 07 apresenta uma comparação do teor de sorção feita pelos autores BASTOS (2018) e GUILARDUCI (2016).

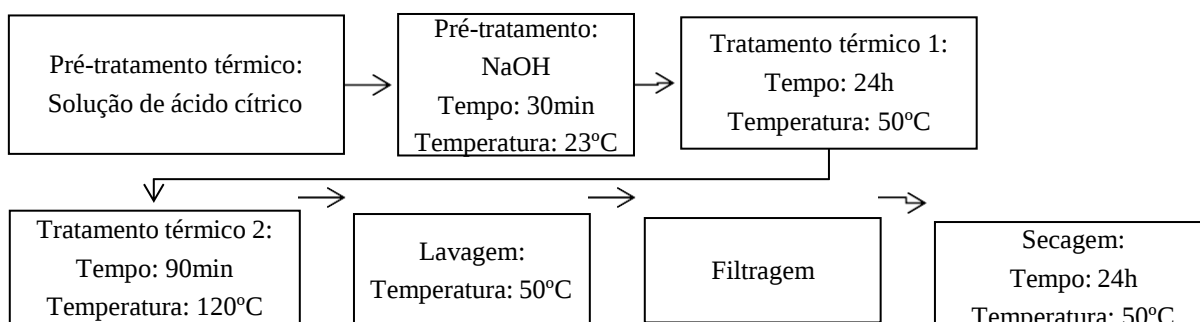
Quadro 07: Comparação das taxas de sorção

Taxa de sorção da fibra <i>in natura</i> (g/g ⁻¹)	Taxa de sorção da fibra com tratamento térmico (g/g ⁻¹)	Tipo de óleo	Referência
2,56	7,82	Óleo sintético	BASTOS, 2018
58,00	64,00	Petróleo	GUILARDUCI, 2016

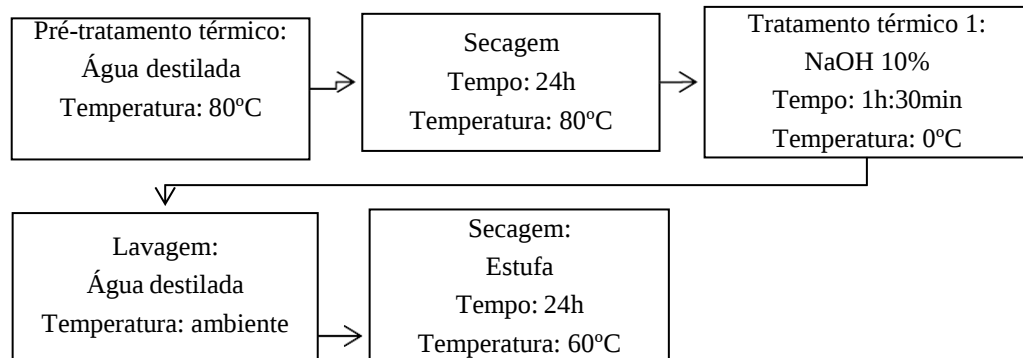
Fonte: Autora, 2021.

O Quadro 07 apresenta uma análise comparativa entre as taxas de sorção utilizando fibra *in natura* e com tratamento térmico, na qual, fica evidente que quando utiliza-se tratamento térmico, as fibras apresentam melhor teor sorcivo. Desse modo, têm-se também que o GUILARDUCI (2016) apresenta melhor desempenho, sorvendo 64,00 g/g⁻¹ de petróleo. No entanto, BASTOS (2018) conseguiu aumentar 60% de sorção utilizando tratamento térmico, isso pode ser decorrente do tipo óleo utilizado, como também pelo processo de tratamento adotado.

Tratamento térmico utilizado por BASTOS (2018):



Tratamento térmico utilizado por GUILARDUCI (2016):



Percebe-se que ambos os autores utilizaram pré-tratamento, tratamento térmico, lavagem e secagem. No entanto, algumas soluções e etapas de tratamento foram divergentes, onde, BASTOS (2018) utiliza ácido cítrico como tratamento térmico, seguido de NaOH e duas etapas de tratamento variando o tempo e a temperatura. Desse modo, os tratamentos variando o tempo e a temperatura podem ter sido os fatores fundamentais para o aumento de sorção em 60%.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca por alternativas eficientes, de baixo custo, naturais e de menor impacto ambiental tem se tornado cada vez mais necessária. Desse modo, o intuito do trabalho foi analisar as fibras da esponja vegetal *Luffa Cylindrica* para a sorção de óleos, a partir de uma revisão da literatura. Através dos estudos e de suas análises, verificou-se que as fibras da esponja vegetal *Luffa Cylindrica* apresentam bom desempenho no que se refere a sorção das fibras, devido as suas características físicas e químicas, como a porosidade, sendo favorável para absorção de algumas substâncias, além disso, apresenta boa resistência, não é um material tóxico e possui facilidade de cultivo.

Com isso, de acordo com a literatura, as fibras da esponja vegetal *Luffa Cylindrica* proporcionam uma boa alternativa para sorção de substâncias oleosas, sendo um sorvente eficiente, inovador e de baixo custo. As fibras in natura e com tratamento térmico possuem bom teor de sorção. No entanto, verificou-se que a utilização das fibras in natura possui menos desempenho quando comparadas as fibras com tratamento térmico, desse modo, para se obter melhores resultados de taxa de sorção, é necessário que as fibras passem por um tratamento térmico, estes, por sua vez, permitem melhores condições nas propriedades das fibras, sorvendo cerca de 60% a mais das substâncias oleosas.

No mais, as fibras das esponjas vegetais mostram-se viáveis para a substituição de sorventes químicos, sendo um material atóxico, que gera menos impactos ambientais, são biodegradáveis e fonte renovável, sendo sua utilização economicamente viável e proporcionando também economia para as pessoas.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, C. G. **Avaliação da capacidade de retenção da espuma de poliuretano e da fibra da paina (*chorisia speciosa*) aplicado na limpeza de derramamento de óleo diesel**. 2017. 67 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2017.
- AL-MAJED, A. A., et al. A sustainable approach to controlling oil spills. **Journal of environmental management**, v.113, p.213-227, 2012.
- ANNUNCIADO, T. R. **Estudo da *Chorisia speciosa* e outras fibras vegetais como sorventes para o setor de petróleo**. Curitiba, 2005.
- ANTUNES, A. *et al.* Avaliação da potencialidade de adsorção da bucha vegetal (*luffa cylindrica*) para remoção de corante de meios aquosos. **Tecno-Lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 20, n. 2, p. 72-79, 2016. Jul-Dez. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/tecnologica/article/view/6397>. Acesso em: 22/04/2020.
- AQUINO, F. M. **Estudo da adsorção de fenol utilizando biomassa residual para aplicação no tratamento de água produzida na indústria do petróleo**. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2015. Disponível em: file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/TCC_-_2015.1_-_Flavia_de_Medeiros_Aquino.pdf. Acesso em: 10/05/2021.
- ARAÚJO, A. C. Celulose Bacteriana. Knoow.net, 2017. Disponível em: <https://knoow.net/cienciasexactas/quimica/celulose-bacteriana/>. Acesso em: 28/05/2021.
- BARROSO, P. A. *et al.* Caracterização morfológica de plântulas de *Luffa cylindrica* L. germinadas in vitro. **Revista Agrotec**, [s. l], v. 35, p. 89-93, 2014. Disponível em: <http://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/at/index>. Acesso em: 05/11/2020.
- BASTOS, P. C. **Caracterização do bioissorvente *Luffa Cylindrica* in natura e funcionalizado e seu uso na remoção de eteraminas de soluções aquosas**. 2018. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2018.
- BERG, J. C. “An Introduction to Interfaces & Colloids: The bridge to nanoscience”, 2010, World Scientific. ATKINS, P. Físico-Química, 8a ed. Vol. 2, p. 322 -342. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4948884/mod_resource/content/1/Adsorcao%20solido-gas-12-09-2019.pdf. Acesso em: 25/05/2021.
- BEZERRA, K. Absorção. **Estudo prático**, 2016. Disponível em: <https://www.estudopratico.com.br/absorcao/>. Acesso em: 18/05/2021.
- BORGES, T. da S. **Utilização da fibra de bananeira como adsorvente em derramamento de petróleo**. 2015. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

BRASIL. Presidência da República Casa Civil. Lei n. 12.305 de 02 de Agosto de 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm#:~:text=L12305&text=LEI%20N%C2%BA%2012.305%2C%20DE%202%20DE%20AGOSTO%20DE%202010.&text=Institui%20a%20Pol%C3%ADtica%20Nacional%20de,1998%3B%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%A2ncias. Acesso em: 18/05/2021.

DUTRA, F. V. A. **Materiais sorventes empregados em diferentes métodos de preparo de amostras**. São João del-Rei, 2014.

FRANCO, K. B. **Estudo da adsorção de eteraminas de soluções aquosas pela bucha vegetal (Luffa Cylindrica)**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2019.

FERREIRA, T. R. **Sorção de petróleo por fibras vegetais**. Natal: UFRN, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15585/1/TatianaRF.pdf>. Acesso em: 17/05/2021.

GONÇALVES, F. A. de C. *et al.* Fibras Vegetais: Aspectos Gerais, Aproveitamento, Inovação Tecnológica e uso em Compósitos. **Revista Espacios**, S. L., v. 39, p. 12-26, 2018. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a18v39n06/a18v39n06p12.pdf>. Acesso em: 11/11/2020.

GUILARDUCI, V. V. da S. *et al.* Avaliação do bagaço de cana natural e modificado como potencial sorvente de óleo vegetal. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 11, p. 129-134, 2016. Disponível em: <http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVAD>. Acesso em: 22/04/2021.

HENDGS, A. S. Da pré história ao século XXI. **EcoDebate**. Rio Grande do Sul, 28/07/2010. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2010/07/28/saiba-mais-fibras-vegetais-artigo-de-antonio-silvio-hendges/>. Acesso em: 10/05/2021.

ILLI, J. C. **Utilização de rejeito de carvão mineral modificado com HDTMA-Br como sólido sorvente no tratamento de águas contaminadas com nitrato**. Porto Alegre: Universidade do Rio Grande do Sul, 2016. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/157754/001018838.pdf?sequence=1>. Acesso: 10/05/2021.

LAKATOS, E. M; MARCONI, M. de A. **Metodologia Científica**. 6.ed. São Paul: Atlas, 2011.

LIMA, C. J. Potencial de produção de néctar de (Luffa Cylindrica Roemer) em cultivo convencional na cidade de Sousa-PB. Dissertação de Mestrado. Pombal-PB, 2014.

MARQUELLI, W. A.; et al. Irrigação na cultura da bucha vegetal. Brasília, Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento, 2013.

NÓBREGA, G. A. S. Determinação do teor de umidade do gás natural usando um dispositivo com adsorção. Monografia, Departamento de Engenharia Química/UFRN, Programa de Recursos Humanos – PRH 14/ANP, Natal- RN , 2001.

OLIVEIRA, A. F. de *et al.* Características físico-químicas, energética e desempenho da fibra de coco na sorção de óleos diesel e biodiesel. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 26, p. 1-13, 2011. Disponível em:

<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/137446/ISSN1808-8759-2012-27-01-01-18.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 22/04/2021.

PAULA, P. G. de. **Formulação e caracterização de compósitos com fibras vegetais e matriz termoplástica**. 2011. 102 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes – Rj, 2011.

PAULA, R. G. de *et al.* Potencial de sorção do bagaço da cana-de-açúcar na contenção e remoção de derramamento de petróleo e derivados. **Engevista**, [s. l], v. 19, p. 122-131, jan. 2017. Disponível em: <http://www.uff.br/engevista/seer/>. Acesso em: 19/04/2021.

PATRO, R. Bucha-Luffa Cylindrica. 2013. Disponível em: <https://www.jardineiro.net/plantas/bucha-luffa-cylindrica.html> Acesso em: 20/02/2020.

SILVA, R.; et al. Aplicações de fibras lignocelulósicas na química de polímeros e em compósitos. *Química Nova*, v. 32, No. 3, p. 661-671, 2009.

SOUSA, L. K. de. **Produção e caracterização mecânica de compósitos de resina poliuretana à base de óleo de mamona e fibras de rami, sisal e bucha vegetal**. 2013. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

SOUSA NETO, J. A. de. **Avaliação e desenvolvimento de um método para extração seletiva de cromo utilizando a luffa cylindrica como bioadsorvente**. 2016. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Goiás, Catalão-Go, 2016.

SPINACÉ, M. A. S. *et al.* Poliolefinas reforçadas com fibras vegetais curtas: sisal × curauá. **Polímeros**, [S.L.], v. 21, n. 3, p. 168-174, 17 jun. 2011. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282011000300003&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 05/11/2020.

VICENTIN, B. M. **Estudo da adsorção de corante têxtil em fibras naturais de bucha vegetal (luffa cylindrica)**. 2017. 43 f. TCC (Graduação) - Curso de Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017.

ZARO, M. **Avaliação dos processos de sorção de óleos em mantas não tecidas de PP**. 2014. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Processos e Tecnologias, Centro de Ciências Exatas e Tecnologias. Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2014.

ZOLA, R. S. **Estudo de adsorção-dessorção: equação cinética e efeito memória**. 2007. 78 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Física, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2007. Disponível em: http://www.pfi.uem.br/wp-content/uploads/2015/09/rafael_zola_2007.pdf. Acesso em: 17/05/2021.