

IFPB - INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA
PARAÍBA- CAMPUS CAMPINA GRANDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*
MESTRADO PROFISSIONAL EM PROPRIEDADE INTELECTUAL E
TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA PARA INOVAÇÃO

**PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE BIODISSOLVENTES UTILIZANDO
ENDOCARPO DO *SPONDIAS MOMBIN* L. (CAJÁ) PARA O TRATAMENTO
DE EFLUENTES: Estudo da viabilidade de proteção**

MARIA ELENICE PEREIRA DA SILVA

CAMPINA GRANDE-PB
Janeiro de 2021

S586p Silva, Maria Elenice Pereira da
Produção e utilização de biossorventes utilizando endocarpo do Spondias Mombin L. (Cajá) para o tratamento de efluentes: Estudo da viabilidade de proteção / Maria Elenice Pereira da Silva. - Campina Grande, 2021.
38. : il.

Relatório (Curso de Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação) - Instituto Federal da Paraíba, 2021.

Orientador: Prof. Dr. Antônio José Ferreira Gadelha

1. Propriedade intelectual . 2. Sustentabilidade. 3. Biossorvente - Spondias mombin L - . I. Título.

CDU 347.77

MARIA ELENICE PEREIRA DA SILVA

**PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE BIOSORVENTES UTILIZANDO
ENDOCARPO DO *SPONDIAS MOMBIN* L. (CAJÁ) PARA O TRATAMENTO
DE EFLUENTES: Estudo da viabilidade de proteção**

Trabalho de Conclusão de Curso -
TCC apresentado ao Programa de
Pós- Graduação *Stricto Sensu* em
Propriedade Intelectual e
Transferência de Tecnologia –
PROFNIT, do Instituto Federal da
Paraíba - Campina Grande – IFPB,
como parte dos requisitos
necessários para obtenção do título
de Mestre em Propriedade
Intelectual e Transferência de
Tecnologia.

Aprovado pela Banca Examinadora em ____/____/____

Prof.º Dr. Antônio José Ferreira Gadelha (Orientador)
Instituto Federal da Paraíba - Campus Sousa – PB

Prof.º Dr. Frederico Campos Pereira
Instituto Federal da Paraíba - Campus Campina Grande – PB

Prof.^a Dr.^a Kelly Lissandra Bruch
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

CAMPINA GRANDE-PB
Janeiro de 2021
AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, criador de tudo o que há. Sua presença me faz sentir amada, guiada, apoiada, inspirada, não importando qual direção vou, o que esteja fazendo ou com quem esteja, Ele sempre estará comigo.

Aos meus pais, Raimundo Pereira da Silva e Rozália Maria da Silva, por acreditarem nos meus sonhos e pelo apoio na jornada estudantil e na vida; aos meus irmãos Eronice Souza, Elenildes Ramos, Eumenildes Carvalho, Wellington Pereira e Evanildes Pereira pelo laço familiar existente entre nós, que me fortaleceu nos momentos de inquietação durante esta caminhada.

Aos professores do Programa que, com muita competência, transmitiram o conhecimento a partir de suas disciplinas.

Ao meu orientador, professor Dr. Antônio José Ferreira Gadelha, que foi a luz para a realização deste trabalho. Igualmente à minha banca de defesa, formada pelos doutores Frederico Campos Pereira e Kelly Lissandra Bruch, profunda gratidão pelas valorosas contribuições, sejam nas disciplinas ou como membros da banca.

A todos os amigos e colegas que fiz no decorrer desta jornada, os quais saúdo nas pessoas de Andrea de Melo Pequeno, Luciano Fagner e Victor, pelos bons momentos de interação, altas risadas, trabalhos em grupo, cafés (inúmeros), e vários cuscuz com bode que comemos juntos. Igualmente à Daniella Lucena, pela companhia amiga nos diversos “airbnd” que dividimos, pelos diversos almoços no shopping antes das aulas e muitos bate-papos.

Aos professores do IFPB - Campus Monteiro: Abraão Romão Batista, diretor geral; Inakã Silva Barreto e Jorge Eduardo Mendonça Brasil, diretores de ensino; pela compreensão, apoio e torcida nesta importante fase de minha vida. E a todos que fazem parte do grupo do IFPB - Campus Campina Grande.

Enfim, agradeço a todos que de algum modo fizeram parte desta brilhante jornada.

GRATIDÃO!

RESUMO

Fatores como aumento da população, desenvolvimento socioeconômico e alterações no modo de consumo tem aumentado a demanda pelo uso da água. Estatísticas sobre o consumo sustentável e a conservação das águas possuem dados preocupantes, sendo necessário uma consciência ambiental urgente. O desenvolvimento de uma sociedade de modo sustentável dá-se quando ela respeita o ecossistema no qual se vive, atendendo as necessidades presentes e preservando-o para as gerações futuras. Este trabalho tem como objetivo a produção e utilização de bioadsorventes utilizando o endocarpo do *Spondias mombin* L (cajá) para o tratamento de efluentes aquosos contendo contaminantes como corantes, metais pesados, óleos e graxas, através da técnica de adsorção. O bioadsorvente produzido de modo *in natura*, foi capaz de remover contaminantes com percentual de 98% para corantes. Para levantamento das informações foram utilizadas as palavras-chave *Spondias mombim*, endocarpo, biomassa, adsorção e caroço, em português e inglês. As buscas de anterioridade referentes à artigos acadêmicos/científicos foram realizadas nas bases Web of Science, Scopus e Scielo. Com relação às bases de dados sobre patentes, foram utilizadas as plataformas do INPI, Patenscope e Patentsinspiration. Neste interím, foi redigido o texto do pedido de patente para solicitar registro junto ao INPI. Diante dos resultados encontrados, conclui-se que o endocarpo do fruto *Spondias mombin* L. possui excelente capacidade adsorptiva, podendo ser considerado uma tecnologia viável, econômica, de fácil acesso e uso.

Palavras-chave: *Spondias mombim*; Endocarpo; Biomassa; Adsorção; Caroço.

ABSTRACT

Factors such as population growth, socioeconomic development and changes in consumption patterns have increased the demand for water use. Statistics on sustainable consumption and water conservation have worrying data, and urgent environmental awareness is required. The development of a society in a sustainable way occurs when it respects the ecosystem in which it lives, meeting present needs and preserving it for future generations. This work aims to produce and use biosorbents using the *Spondias mombin* L (cajá) endocarp for the treatment of aqueous effluents containing contaminants such as dyes, heavy metals, oils and greases, through the adsorption technique. The biosorbent produced in natura, was able to remove contaminants with a percentage of 98% for dyes. To collect the information, the keywords *Spondias mombim*, endocarp, biomass, adsorption and seed were used in Portuguese and English. Previous searches for academic / scientific articles were carried out on the Web of Science, Scopus and Scielo databases. Regarding the databases on patents, the INPI, Patenscope and Patentsinspiration platforms were used. In the meantime, the text of the patent application to apply for registration with the INPI was drafted. In view of the results found, it is concluded that the endocarp of the fruit *Spondias mombin* L. has excellent adsorptive capacity and can be considered a viable, economical technology, easy to access and use.

Keywords: *Spondias mombim*; Endocarp; Biomass; Adsorption; Lump.

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1 – Curva de calibração do azul de metileno | 23 |
| Gráfico 2 – Diagrama de Pareto | 31 |
| Gráfico 3 – Superfície de resposta | 31 |
| Gráfico 4 – Quantidade de corante adsorvido ao longo do tempo | 33 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 – Palavras-chaves individuais na língua portuguesa | 20 |
| Quadro 2 – Palavras-chaves em conjunto na língua portuguesa | 20 |
| Quadro 3 – Palavras-chaves individuais na língua inglesa | 20 |
| Quadro 4 – Palavras-chaves em conjunto na língua inglesa | 20 |
| Quadro 5 – Artigos relevantes para o estudo | 27 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Concentração de contaminante azul de metileno | 22 |
| Figura 2 – Soluções para obtenção da curva de calibração e equação da reta | 22 |
| Figura 3 – Adsorção dos contaminantes | 24 |
| Figura 4 – Teste de remoção do contaminante | 30 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Classificação granulométrica do adsorvente. | 21 |
| Tabela 2 – Condições experimentais para o planejamento. | 23 |
| Tabela 3 – Número de artigos recuperados a partir da palavra-chave em português. | 26 |
| Tabela 4 – Número de artigos recuperados a partir das palavras-chaves em inglês. | 26 |
| Tabela 5 – Artigos recuperados a partir das palavras-chaves em conjunto na língua portuguesa. | 27 |
| Tabela 6 – Artigos recuperados a partir das palavras-chaves em conjunto na língua inglesa. | 27 |
| Tabela 7 – Patentes encontradas a partir das palavras-chaves individuais em português. | 28 |
| Tabela 8 – Patentes encontradas a partir das palavras-chaves individuais em inglês. | 29 |
| Tabela 9 – Patentes encontradas a partir das palavras-chaves em conjunto | 29 |
| Tabela 10 – Resultados obtidos a partir do planejamento fatorial. | 32 |
| Tabela 11 – Resultados obtidos nos ensaios de cinética de adsorção | 33 |

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

°C – Grau Celsius

% - Por cento

ABRAFRUTAS - Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CONAMA - Conselho Brasileiro do Meio Ambiente Nacional

FAO - Organização Das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação

INPI - Instituto Nacional de Propriedade Industrial

OMS - Organização Mundial da Saúde

ONUBR – Organização das Nações Unidas- Brasil

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 10 |
| 2 TRATAMENTO DE EFLUENTES | 13 |
| 3 <i>SPONDIAS MOMBIN L.</i> (CAJÁ) | 15 |
| 4 PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA | 17 |
| 5 OBJETIVOS | 17 |
| 5.1 OBJETIVO GERAL | 18 |
| 5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 18 |
| 6 JUSTIFICATIVA | 18 |
| 7 MATERIAIS E MÉTODOS | 19 |
| 7.1 BUSCAS DE ANTERIORIDADE | 19 |
| 7.2 ENSAIOS DE ADSORÇÃO | 20 |
| 7.2.1 Preparação do material adsorvente | 21 |
| 7.2.2 Efluente Sintético | 21 |
| 7.2.3 Ensaio de adsorção preliminares | 22 |
| 7.2.4 Cálculo da remoção | 24 |
| 7.2.5 Planejamento Experimental | 24 |
| 7.2.6 A cinética de adsorção | 25 |
| 8 RESULTADOS | 25 |
| 8.1 BUSCAS DE ANTERIORIDADE | 28 |
| 8.2 ENSAIOS DE ADSORÇÃO | 30 |
| 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 34 |
| REFERÊNCIAS | 35 |
| ANEXO A - PATENTE | 38 |

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o Glossário de Termos e Expressões da Gestão de Recursos Hídricos e Meio Ambiente, recursos hídricos significam “coleção de águas superficiais ou subterrâneas disponíveis e que podem ser obtidas para o uso humano” (IGAM, 2012). Desde criança aprendemos que a água é um bem vital e indispensável para a vida no planeta, porém, percebe-se que a qualidade da água a nível mundial é ameaçada constantemente e, segundo a Organização das Nações Unidas – Brasil, ela se dá através do crescimento populacional, das atividades agrícolas e industriais e as mudanças climáticas. (ONUBR, 2010).

Desde a década de 1980, a uma taxa anual de 1%, o uso da água tem crescido mundialmente, através de um mix de fatores como aumento da população, desenvolvimento socioeconômico e alterações nos modos de consumo. (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura - Unesco 2019). Ainda, de acordo com a Unesco, até o ano de 2050 a demanda continuará aumentando com taxa igual, significando um aumento de 20% a 30% no que se refere ao nível atual de uso.

A Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação – FAO, alerta que a indústria e a agricultura são os setores responsáveis pelo maior consumo de água no mundo. A indústria consome 22% de água utilizando-a em atividades como geração de vapor, nos sistemas de refrigeração, na remoção de impurezas e como matéria-prima. O uso doméstico responde apenas por um percentual de 8% do consumo de água, devendo esta possuir padrões de potabilidade estabelecidos pelos órgãos de controle (IDEC, 2005).

O setor agrícola absorve 70% da água a nível mundial, sendo a irrigação a atividade que mais consome água doce no planeta. Este consumo exacerbado dá-se devido às poucas chuvas ocasionadas pelo desmatamento, mudanças climáticas e a poluição do ar. Além do desperdício provocado pelo mau aproveitamento nesse processo, o uso de agrotóxicos, fertilizantes, dentre outros contaminantes, afetam profundamente o solo e os corpos d’água tanto superficiais quanto subterrâneos (IDEC, 2005).

A disponibilidade da água no mundo não acontece de modo uniforme, pois a América do Sul possui 26% da água doce existente no planeta e uma população de apenas 6%, enquanto o continente asiático possui 36% de água e congrega 60% da população mundial, segundo o Programa Hidrológico Internacional da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO). Para suas atividades diárias

que vão desde beber, tomar banho, escovar os dentes, cozinhar etc., o ser humano precisa de pelo menos 40 litros de água. O uso sustentável é responsabilidade de todos, mas a discrepância existente entre os habitantes é significativa, pois com apenas 8% de água potável em seu habitat um europeu gasta em torno de 150 litros de água, seis vezes a mais que um indiano que consome apenas 25 litros por dia. Dois fatores influenciam no consumo diário de água: o desenvolvimento do país e a renda das pessoas (BRASIL, 2005).

Diante de estatísticas sobre o consumo sustentável e a conservação da água, dados preocupantes são divulgados continuamente. Segundo levantamento obtido pelo MMA/MEC/IDEC (2005), 20% da população mundial, que habita principalmente os países afluentes do hemisfério norte, consomem 80% dos recursos naturais e energia do planeta e produz mais de 80% da poluição e da degradação dos ecossistemas. Enquanto isso, 80% da população mundial, que habita principalmente os países pobres do hemisfério sul, fica com apenas 20% dos recursos naturais. Para reduzir essas disparidades sociais, permitindo aos habitantes dos países do sul atingirem o mesmo padrão de consumo material médio de um habitante do norte, seriam necessários, pelo menos, mais dois planetas Terra.

O cenário apresentado revela dados preocupantes, mas deve-se somar, ainda, ao consumo desenfreado e ao desperdício, a contaminação das águas.

Efluentes como rejeitos, metais pesados, pesticidas, resíduos oleosos etc. trazem consequências desastrosas para o meio ambiente quando não são tratados de modo adequado e são despejados nos corpos d'água. Os processos industriais e agrícolas geram quantidades significativas de resíduos, que possuem diversos poluentes como, por exemplo, metais pesados que se acumulam na cadeia alimentar e desse modo chegam até o homem, podendo causar diversas doenças e até mesmo levar a óbito.

Os metais pesados são os agentes tóxicos mais conhecidos pelo homem. Quiçá 2000 a.C., grandes quantidades de chumbo eram obtidas de minérios como subprodutos da fusão da prata. Isto terá sido, provavelmente, o início da utilização deste metal pelo homem. Se, por um lado, foram os primeiros tóxicos a serem identificados, eles não incluíam todos os metais, pois os efeitos maléficos do cádmio, por exemplo, foram identificados recentemente e ainda hoje não está perfeitamente apurado a sua toxicocinética. Dos metais conhecidos, nem todos provocam toxicidade, pois do total dos 80 (oitenta) metais conhecidos, cerca de 30 (trinta) são tóxicos para o homem. (CAMPOS; NAKANO, 2002).

Além dos metais pesados, os recursos hídricos também são poluídos pelas indústrias têxteis, alimentícias, cosméticas e tintas com seus inúmeros tipos de corantes. Estes são utilizados pela humanidade desde a antiguidade, basta observar as pinturas deixadas por nossos antepassados. Até o século XIX uma quantidade considerável dos corantes era obtida de fontes naturais, em especial os vegetais. O primeiro corante sintético foi descoberto em 1856, quando William Perkin tentava sintetizar a quinina para o tratamento da malária. Após a descoberta, patenteou o produto e abriu uma fábrica de tintas em Greenford, Oeste de Londres (NETTO, 2009).

Essa descoberta fez com que o corante vegetal fosse substituído pelo sintético devido à grande facilidade de obtenção em detrimento do corante vegetal, não se atentando para a poluição do meio ambiente a curto, médio e longo prazo. Acerca dessa temática, Guaratini & Zanoni (2000) expõem que no âmbito industrial são produzidos aproximadamente 10.000 (dez mil) corantes e perto de 2.000 (dois mil) encontram-se disponíveis para a indústria têxtil.

O descarte inapropriado de efluentes industriais nas águas afeta a aparência dos corpos d'água, diminuindo os processos fotossintéticos e prejudicando a vida aquática.

Diversos estudos foram e estão sendo realizados intencionando desenvolver tecnologias que sejam capazes de minimizar a toxicidade dos efluentes industriais bem como a remoção da cor em efluentes coloridos, pois, de acordo com Burkinshaw e Salihu (2013), anualmente a indústria têxtil produz mais de 700.000 (setecentas mil) toneladas de corantes, o que a torna responsável pela maior parte da produção, utilização e descarte de efluentes aquosos no meio ambiente. Segundo Ghazi Morkri *et al.* (2015) de toda a produção e consumo, 10% (dez por cento) são descartados nos corpos hídricos, ocasionando inúmeros problemas ao meio ambiente.

As tecnologias usadas nestes processos utilizam métodos chamados de convencionais, porém desvantagens como alto consumo de energia e custo de produção e a baixa eficiência como resultado, motivaram os pesquisadores a buscar alternativas sustentáveis para remover contaminantes das águas chamadas de métodos não convencionais, pois utilizam materiais naturais como resíduos de frutas, resíduos de vegetais e plantas (VALLADARES-CISNEROS *et al.*, 2017).

Nesse contexto, desenvolver um biossorvente utilizando resíduos agroindustriais como material adsorvente se justifica, pelo fato destes materiais serem eficientes, possuírem baixo custo, serem encontrados em abundância na natureza dentre outros aspectos, desempenhando desta forma papel fundamental no que se refere ao tratamento

dos corpos hídricos contaminados, bem como dar destino adequado aos resíduos originados da indústria alimentícia, que por não terem valor comercial não possuem destino específico.

2 TRATAMENTO DE EFLUENTES

A poluição ambiental é um dos maiores problemas enfrentados pela sociedade contemporânea, sendo a dos corpos hídricos a que impacta de modo avassalador a biota e os seres humanos, e as principais fontes de contaminação são os efluentes industriais, mineração e atividades agrícolas (AGUIAR, *et al.*, 2002). Fatores como aumento populacional, consumismo exacerbado e principalmente o surgimento de vários tipos de indústrias contribuem para a degradação ambiental.

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU, 2010), diariamente são despejadas nas águas de todo o mundo de modo inadequado, milhões de toneladas de esgotos, resíduos agrícolas e industriais.

Para retornarem aos recursos hídricos, os efluentes precisam ser tratados, pois caso contrário, o impacto ambiental gerado e os custos para recuperação são gigantescos. De acordo com o tipo de poluente, existe o tratamento mais adequado, devendo ser observado a Resolução nº 430/2011, que alterou e complementou a Resolução 357 do Conselho Brasileiro do Meio Ambiente Nacional (CONAMA) de 17 de março de 2005.

A citada Resolução CONAMA nº 430/11 dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para lançamento de efluentes em corpos de água. Nesta dissertação, entenderemos melhor sobre essa importante resolução.

Portanto, é de suma importância a proteção das águas para a sustentabilidade do planeta, sendo de responsabilidade das empresas a descarga dos efluentes nos corpos hídricos de acordo com os parâmetros CONAMA.

Diversos métodos são disponibilizados para eliminação ou amenização desta poluição e de acordo com Bálamo *et al.* (2011), a metodologia química pode ser realizada através de troca iônica, precipitação eletroquímica, eletroflotação, oxidação, precipitação química, coagulação e floculação. Porém Ali (2013) afirma que nestes métodos a operacionalização possui um custo elevado, além de gerar subprodutos tóxicos como o lodo.

Outro meio de descontaminação é o método físico, que inclui a filtragem por membrana (nanofiltração, osmose reversa, eletrodialise). O processo é pouco atraente

devido à curta vida, no caso da utilização em larga escala (AHMARUZZMAN, 2011). As técnicas são eficazes, pois removem todas as classes de corantes, no entanto, o entupimento da membrana e o alto custo limitam a sua utilização para tratar os efluentes contaminados (CARDOSO, 2012).

O terceiro método é o biológico, utilizando algas, leveduras, bactérias e fungos. Estes organismos cumprem bem o papel de acumulador e degradam diversos contaminantes. Ainda, de acordo com Ahmaruzzaman (2011), é necessário ter à disposição grandes áreas para que seja executado e as variações ambientais o limitam. Para Cardoso (2012), esta técnica tem como ponto positivo o custo, mas o tempo necessário faz com que o seu uso ainda seja restrito.

Motivados pelas desvantagens como, por exemplo, tempo necessário, alto consumo de energia, alto custo, baixa eficiência, geração de subprodutos tóxicos, dentre outros, originados pelos métodos biológico, físico e químico, pesquisadores buscaram outros tipos de materiais que possuíssem propriedades adsorventes eficientes para remover produtos contaminantes. Alternativas com baixo custo e que não impactasse o meio ambiente dentro dos parâmetros estabelecidos pela Resolução nº 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA e pela Resolução nº 430/11 que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes e que complementa e altera a Resolução nº 357/05.

Alternativas que incluem os subprodutos de processos da agroindústria através da técnica de adsorção têm sido adotadas por pesquisadores para limpeza dos corpos d'água contaminados (ALI, 2013). É também considerada uma técnica eficaz e versátil para descontaminação de efluentes aquosos, até mesmo em baixas concentrações.

Diversas abordagens têm sido propostas por pesquisadores a nível mundial para o desenvolvimento de métodos não convencionais como a biossorção, que consiste na adsorção de metais pesados fazendo uso de adsorventes originados de biomassa viva e não viva, resíduos agroindustriais e da indústria alimentar (EL-SAYED E EL-SAYED, 2014).

A biossorção é uma técnica utilizada para remover ou recuperar metais pesados, corantes, óleos e graxas. O processo de biossorção compreende uma fase sólida (adsorvente) e outra líquida (adsorvato). O adsorvente atrai o adsorvato, no entanto a remoção do metal difere de um biossorvente para outro, porque a remoção está ligada aos grupos funcionais químicos contidos em sua estrutura (LAVARDA, 2010).

Essa metodologia tem como vantagens o baixo custo, alta eficiência, produção mínima de lodo, seja químico ou biológico, não necessita de ativação e probabilidade de regeneração do adsorvente e resgate do metal (VILAR, *et al.*, 2007).

Para que a biossorção seja considerada economicamente viável o adsorvente deve ser encontrado em abundância na natureza, menor ou nenhum tratamento e subproduto industrial, sem valor ou destino específico. (EL-SAYED E EL-SAYED, 2014).

3 *SPONDIAS MOMBIN L. (CAJÁ)*

O Brasil é um dos três maiores produtores de frutas do mundo, com uma produção anual de 44 (quarenta e quatro) milhões de toneladas em 2019, onde China e Estados Unidos continuam líderes no primeiro e segundo lugar respectivamente, de acordo com a Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados - ABRAFRUTAS (ANUÁRIO DA FRUTICULTURA, 2020). Grande parte das frutas in natura são concentradas no mercado interno, mas de acordo com o Instituto Brasileiro de Fruticultura – IBRAF, o consumo per capita do brasileiro é de apenas 58 (cinquenta e oito) quilos por ano, ficando atrás de países como Itália e Espanha com 114 e 120 quilos por ano respectivamente.

A Cajazeira é uma árvore de porte alto, podendo ultrapassar os 20 metros de altura. Possui casca grossa e rugosa, folhas com comprimento de até 30cm e flores esbranquiçadas. Seus frutos são carnosos e possui apenas uma semente que tem entre 3 e 4cm de comprimento, ovóide ou oblongo, achatado na base. A casca é fina e lisa e a polpa possui sabor ácido-adocicado. Quando maduro, tanto o fruto quanto a polpa possuem cor que varia do amarelo ao alaranjado. O endocarpo ou caroço é grande, de cor branca, súbero-lignificado e enrugado, podendo conter de zero a cinco sementes/endocarpo. (VIEIRA NETO, 2002).

A cajazeira é um gênero pertencente à família Anacardiaceae, que é composta por um quantitativo de 60-75 gêneros e cerca de 600 (seiscentas) espécies. Encontra-se nas regiões tropicais da América, da África e da Ásia. A família do gênero *Spondias* tropical possui entre 14 (quatorze) a 20 (vinte) espécies a nível mundial sendo encontradas nas Américas entre 4 (quatro) a 7 (sete) espécies (BACHELIER & ENDRESS, 2009).

Pelo fato da *Spondias monbim* ser uma frutífera perene, tem despertado grande interesse da indústria alimentícia devido ao sabor e aroma dos seus frutos e rendimento da polpa de mais de 60% (sessenta por cento), bem como na indústria farmacêutica pelas

características farmacológicas. Nos últimos anos descobriu-se que o extrato das folhas e dos ramos da cajazeira continham taninos elágicos com propriedades medicinais para o controle de bactérias gram negativas e positivas. (SACRAMENTO; SOUZA, 2000).

Em território brasileiro são encontradas principalmente nas regiões Norte e Nordeste. Dependendo da região, a Cajazeira é conhecida por nomes diferentes como taperebá, cajá mirim, cajá e cajá verdadeiro. Possui uma grande importância socioeconômica para as regiões onde são cultivadas, tendo alto valor comercial, pois seus frutos podem ser consumidos *in natura* ou processados em forma de polpas, sucos, geleias etc. Além da indústria alimentícia também são utilizadas na indústria madeireira e farmacêutica (SACRAMENTO; SOUZA, 2000).

Segundo Sacramento e Souza (2000), os frutos da cajazeira assim que são colhidos tem peso que variam de 4,8 a 37,4g. Embora o caroço seja volumoso, possui densidade baixa o que torna o peso alto. Sua casca possui entre 8,4 a 18,7% e endocarpo de 15,7 a 31,1% e polpa com rendimento superior a 60% podendo chegar a 80%.

Andrade *et al* (2003) traz como resultado de sua pesquisa dados que se referem às características físico-química dos frutos da cajazeira como pH (2,61), superior aos valores mínimos do Padrão de Identidade e Qualidade (PIC) para a polpa de cajá no Brasil que é de 2.2 (BRASIL, 2000). Quanto às características físicas da cajazeira foram encontradas: massa do fruto (12,12g); massa da semente (4,34g) ou (35, 80%); massa da casca (1,65g) ou (13,61%); massa de polpa (6,11g) e rendimento de 49,96%. Observa-se que houve uma diferença no rendimento da polpa entre as duas pesquisas, resultado da variação das características físico-químicas das frutas como fator genético, local, época da colheita, estágio de maturação, tratos culturais etc. (SACRAMENTO E SOUZA, 2000).

Para o desenvolvimento deste biossorbente escolheu-se o resíduo agroindustrial gerado a partir do despulpamento de frutos do *Spondias mombin L.* (cajá), como tecnologia para remoção de corantes e metais pesados de efluentes aquosos, através da técnica de adsorção.

De acordo com estimativa da Organização das Nações Unidas Para a Alimentação e a Agricultura – FAO, é possível que a produção de resíduos da agroindústria a nível mundial, atinja 1,3 (um vírgula três) bilhões de toneladas por ano, sendo que deste total, 1/3 (um terço) dos alimentos que podem ser destinados ao consumo humano são desperdiçados, seja como resíduos, oriundos do processamento ou como perda na cadeia produtiva (FAO, 2013). Além disso, o consumo de produtos comerciais a partir de frutos

regionais tem aumentado na última década no Brasil, principalmente pelo aumento de sua disponibilidade ao longo do ano e fácil preparação (CARVALHO *et al.*, 2015).

4 PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA

De acordo com Coelho (2003), o termo “prospecção tecnológica” refere-se a atividades de prospecção em torno do tempo e do significado das mudanças tecnológicas, capacidades funcionais ou inovação. Tem como objetivo incorporar informações ao processo de gestão da tecnologia, procurando prever o estado ou condições futuras da tecnologia que podem afetar sua contribuição para os objetivos estabelecidos.

É de suma importância realizar estudo de prospecção tecnológica, pois esta ferramenta tem como objetivo orientar o caminho a ser percorrido ao se buscar por novas e/ou adaptação de tecnologias e/ou produtos, mapear mercados e concorrência, podendo ser entendida como uma estratégia para inovação.

Existem diferentes formas de se prospectar, como por exemplo, prospecção com especialistas, bancos de patentes, artigos científicos dentre outros. Segundo Coelho (2003) a literatura sugere a utilização de mais de uma técnica, método ou ferramenta em estudos de prospecção, pois uma complementa a outra, auxiliando nas desvantagens individuais de cada uma.

De acordo com Abdallah *et al.* (2018) a busca de anterioridade talvez seja o modo mais simples de prospecção. Ao realizar a pesquisa bibliográfica, é possível descobrir se existem publicações na forma de resumos ou artigos sobre a tecnologia em questão, bem como identificar se existem tecnologias semelhantes ou afins, se já foram divulgadas ou encontram-se em uso. Outra função desempenhada pela busca de anterioridade é que ela propicia o início da prospecção tecnológica, avaliando o que já existe no mercado, a evolução da mesma e como ela está sendo implantada na sociedade (QUINTELLA; TORRES, 2011).

A prospecção tecnológica tem como objetivo mapear o desenvolvimento tanto científico quanto tecnológico, intervindo de modo positivo na indústria, na economia ou na sociedade como um todo. Nesse sentido, a prospecção tecnológica se torna ferramenta necessária para o desenvolvimento de novas tecnologias.

A sociedade contemporânea é caracterizada pela globalização que traz consigo mudanças quase que instantâneas, entre elas, a sustentabilidade ambiental. Estudos

prospectivos nos permitem identificar as tendências ao iniciar o desenvolvimento de novos produtos e/ou processos, partindo de tecnologias já existentes.

Prospectar sobre tecnologias de tratamento de efluentes contaminados pode resultar em soluções para este problema, contribuindo na redução dos impactos ao meio ambiente, bem como para verificar a viabilidade de uma nova tecnologia ou adaptação de um produto tecnológico, pois ela perpassa todo o processo da pesquisa.

5 OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GERAL

- Avaliar a viabilidade da proteção da produção e utilização do resíduo do endocarpo do cajá no tratamento de efluentes aquosos.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a eficiência de remoção de contaminantes de efluentes aquosos por meio da adsorção em resíduo do endocarpo do cajá;
- Elaborar um diagnóstico do estado da técnica em bases científicas sobre o tema;
- Realizar a busca de anterioridade em bancos de patentes;
- Redigir o texto do pedido de patente do biossorvente obtido do endocarpo do fruto do *Spondias Mombin L.* (cajá).

6 JUSTIFICATIVA

A sociedade contemporânea é caracterizada pela globalização que traz consigo mudanças quase que instantâneas, entre elas, a sustentabilidade ambiental. Estudos prospectivos nos permitem identificar as tendências ao iniciar o desenvolvimento de novos produtos e/ou processos, partindo de tecnologias já existentes. Prospectar sobre tecnologias de tratamento de efluentes contaminados pode resultar em soluções para este problema, contribuindo na redução dos impactos ao meio ambiente.

Há uma grande preocupação da sociedade e principalmente de pesquisadores com a poluição ambiental decorrente de descartes inadequados de efluentes contendo corantes, metais pesados, óleos e graxas dentre outros contaminantes nos corpos hídricos. Essa

contaminação afeta os ecossistemas, tanto pela estética como pela diminuição da fotossíntese, devido a sua toxicidade, sua alta solubilidade na água e baixa taxa de degradabilidade (EL-SAYED e EL-SAYED, 2014).

Diversas são as fontes de metais pesados, como as tintas, metalurgia, mineração, curtume, agronegócio, têxtil, gerando uma quantidade significativa de resíduos tóxicos que geralmente são despejados nos corpos hídricos sem tratamento ou com tratamento abaixo do indicado pelos órgãos de controle. Importante lembrar que eles não são biodegradáveis e acumulam-se nos organismos vivos. São produtos perigosos para a saúde humana, podendo atacar os sistemas nervoso, reprodutor, digestivo, dentre outros, bem como ao meio ambiente, principalmente os ecossistemas aquáticos (AKHTAR *et al.*, 2010).

Para Cardoso (2012), biossorventes de origem vegetal possuem em sua composição uma quantidade relevante de sítios adsorptivos, os quais são responsáveis por reterem uma variedade de espécies químicas, por processos de troca iônica ou complexação. Para deixar mais claro a importância dos adsorventes naturais em detrimento dos convencionais serão descritos o conceito de cada um para melhor compreensão.

Entende-se por adsorventes naturais os materiais alternativos (biopolímeros ou partes de plantas) e adsorventes convencionais, os materiais naturais ou sintéticos, que para serem utilizados necessitam de ativação, como carbono, argilas, membranas etc. (VALLADARES-CISNEROS *et al.*, 2017).

7 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia deste trabalho é dividida em dois tópicos: buscas de anterioridade e ensaios de adsorção.

7.1 BUSCAS DE ANTERIORIDADE

Dado a relevância da busca de anterioridade, este trabalho utiliza este tipo de pesquisa científica objetivando verificar o estado da técnica do produto que se pretende proteger na forma de patente. Foram realizadas buscas em bases nacionais de registros de trabalhos científicos/acadêmicos como Scielo, Scopus e Web of Science. No que se refere

à patente, a busca foi realizada no Instituto Nacional de Propriedade Industrial - INPI e nas bases internacionais Patentscope e Patentinspiration.

Para o mapeamento nas bases nacionais utilizou-se as palavras-chaves de forma individual e em conjunto (quadro 1 e 2) selecionando os campos “título” e “resumo”.

Quadro 1 - Palavras-chaves individuais na língua portuguesa.

| Bases | <i>Spondias mombin</i> |
|------------------------------------|------------------------|
| Scopus Scielo Web of Science | Endocarpo |
| | Biomassa |
| | Adsorção |
| | Caroço |

Fonte: Elaborada pelos autores (2020).

Quadro 2 - Palavras-chaves em conjunto na língua portuguesa.

| Bases | Palavras-chaves |
|------------------------------------|---|
| Scopus Scielo Web of Science | <i>Spondias mombin</i> e endocarpo |
| | <i>Spondias mombin</i> e endocarpo e biomassa |
| | <i>Spondias mombin</i> e endocarpo e biomassa |
| | <i>Spondias mombin</i> e endocarpo e adsorção |

Fonte: Elaborada pelos autores (2020).

Também foram realizadas buscas de modo individual e em conjunto com as palavras-chaves em língua inglesa, conforme demonstra quadros 3 e 4.

Quadro 3 - Palavras-chaves individuais na língua inglesa.

| Bases | Palavras-chaves |
|------------------------------------|-----------------|
| Scopus Scielo Web of Science | endocarp |
| | biomass |
| | adsorption |
| | Core |

Fonte: Elaborada pelos autores (2020).

Em conjunto usou-se as palavras abaixo com o boleador and para obtenção de melhores resultados.

Quadro 4 - Palavras-chaves em conjunto na língua inglesa.

| Bases | Palavras-chaves |
|------------------------------------|--|
| Scopus Scielo Web of Science | <i>Spondias mombin</i> and endocarp |
| | <i>Spondias mombin</i> and endocarp and biomass |
| | <i>Spondias mombin</i> and endocarp and adsorption |
| | <i>Spondias mombin</i> and endocarp and core |

Fonte: Elaborada pelos autores (2020).

Mediante os resultados das buscas realizou-se seleção dos documentos através da análise de seus títulos e resumos, aonde aqueles que foram significativos para este trabalho foram analisados na íntegra.

7.2 ENSAIOS DE ADSORÇÃO

7.2.1 Preparação do material adsorvente

O material adsorvente utilizado foi o endocarpo do fruto do cajá, obtido numa agroindústria local, onde recebeu um pré-tratamento, sendo triturado em um moinho de facas e em seguida lavado com água e seco em estufa a 60°C por 24 horas, com o intuito de retirar impurezas. Por fim, o material foi armazenado em embalagens plásticas a temperatura ambiente.

O material foi submetido a uma classificação granulométrica utilizando um agitador vibratório de peneiras com diferentes valores de abertura de malha (mesh). Para tanto, foram utilizados 200 g do material in natura triturado e lavado, submetidos à uma agitação de 5 vibrações por segundo, durante 7 minutos. Os dados são apresentados na Tabela 01.

Tabela 1 - Classificação granulométrica do adsorvente.

| Peneira (abertura) | Massa retida (g) | % retido |
|--------------------|------------------|----------|
| 4 mesh | 93,32 | 46,66 |
| 9 mesh | 39,50 | 19,75 |
| 16 mesh | 31,52 | 15,76 |
| 24 mesh | 11,20 | 5,60 |
| 32 mesh | 7,57 | 3,79 |
| Resíduo | 16,89 | 8,44 |

Fonte: compilação dos autores (2020)

Ensaio preliminares e limitações técnicas levaram à escolha do material com granulometria entre 16 e 32 mesh para a realização dos ensaios de adsorção.

7.2.2 Efluente Sintético

Foram preparadas soluções contendo concentrações conhecidas dos contaminantes (corante têxtil e metal pesado). O corante de referência utilizado nos ensaios de adsorção foi o azul de metileno (Marca Dinâmica), que é usado em diferentes tipos de indústria, em particular, têxtil, papel e poliésteres. Utilizou-se o nitrato de chumbo ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) da marca Dinâmica, grau analítico, como fonte de íons metálicos nos testes dos ensaios de adsorção.

Figura 1– Concentração de contaminante azul de metileno

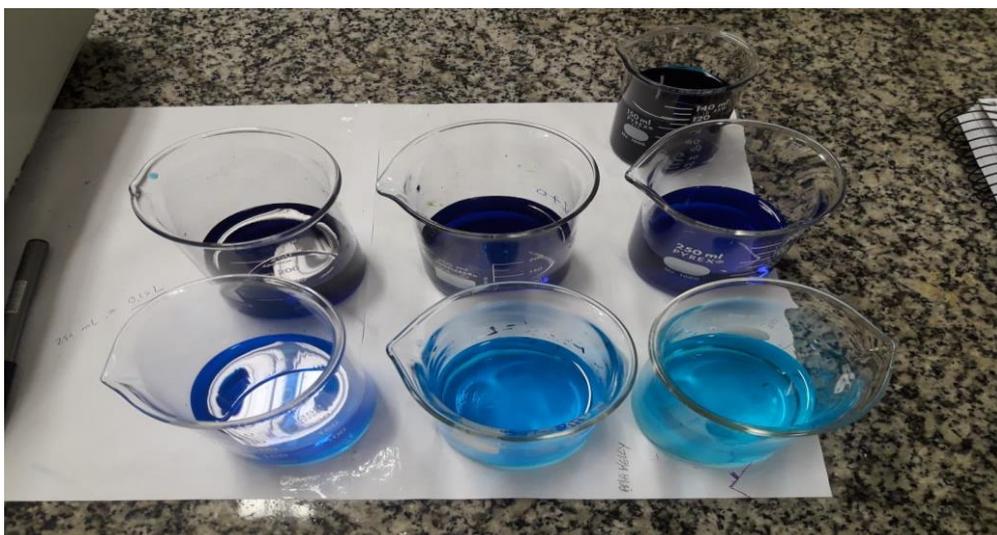


Foto: Compilação dos autores

7.2.3 Ensaios de adsorção preliminares

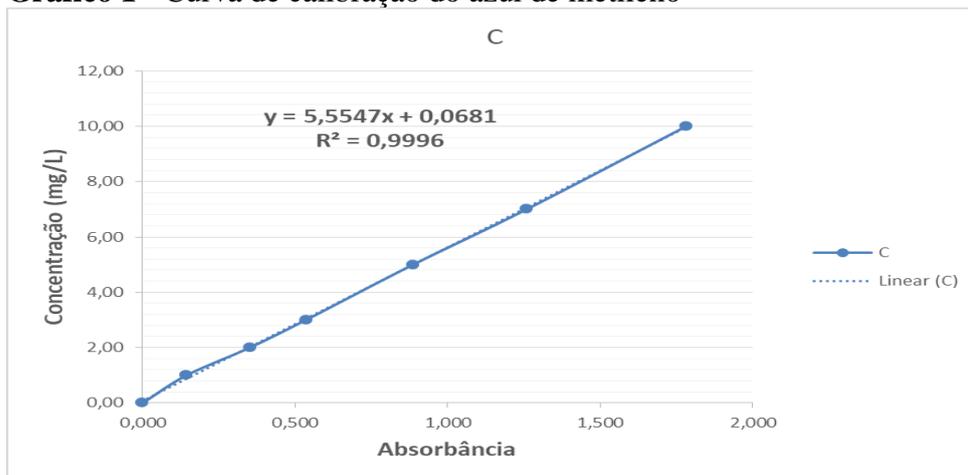
Os primeiros testes realizados tinham como objetivo iniciar os procedimentos experimentais. No primeiro momento foi preparado 1 L de solução estoque de azul de metileno com concentração de 100 mg/L. A partir dela foram preparadas outras 6 soluções de concentrações 1, 2, 3, 5, 7 e 10 mg/L, para se obter a curva de calibração e a equação da reta, que serão utilizadas para se calcular a massa de adsorbato removida da solução.

Figura 2 – Soluções para obtenção da curva de calibração e equação da reta



Fonte: compilação dos autores

Para construir a curva de calibração utilizou-se o espectrofotômetro na região do espectro do visível em 665 nm, tendo como ponto zero de absorvância a água destilada. Com esses valores foi possível construir a equação da reta a partir do Gráfico 1.

Gráfico 1 - Curva de calibração do azul de metileno

Fonte: compilação dos autores.

Com a finalidade de observar a capacidade de adsorver o material, foi realizado um teste quantitativo. Nele foram preparados 4 ensaios onde adicionou-se em quatro erlenmeyers de 100 mL, 5 gramas do material adsorvente e quatro soluções de azul de metileno com concentrações de 3, 5, 10 e 25 mg/L, os quais foram levados para a mesa agitadora por 30 minutos com agitação de 50 rpm. Onde todos os ensaios tiveram uma redução acima de 90% (Tabelas 2 e 3).

Foi realizado um planejamento experimental fatorial 2³, que consiste em analisar 3 fatores em 2 níveis, para avaliar as influências das variações do pH, velocidade de agitação e quantidade de material adsorvente. Para trabalhar com essas condições foram necessários 8 ensaios, onde todas as soluções possuíam concentrações iniciais de 25 mg/L (Tabela 2).

Tabela 2 - Condições experimentais para o planejamento.

| Ensaio | pH | Agitação (rpm) | Massa Ads. (g) |
|--------|------|----------------|----------------|
| 1 | 2,0 | 20 | 1,00 |
| 2 | 2,0 | 20 | 5,00 |
| 3 | 2,0 | 40 | 5,00 |
| 4 | 12,0 | 40 | 5,00 |
| 5 | 12,0 | 40 | 1,00 |
| 6 | 12,0 | 20 | 1,00 |
| 7 | 2,0 | 40 | 1,00 |
| 8 | 12,0 | 20 | 5,00 |

Fonte: compilação dos autores

O pH das soluções foi ajustado através do uso de soluções de hidróxido de sódio (NaOH) e ácido clorídrico (HCl), ambos à 0,1 M, adicionados gota a gota nas respectivas

soluções que necessitavam de um aumento ou diminuição da acidez, para isso, utilizou-se um pHmetro digital da marca Ion.

Como possui dois níveis de agitação, dividiu-se os ensaios em dois grupos, os que teriam agitação máxima, ensaios 3, 4, 5 e 7 e os de agitação mínima ensaios 1, 2, 6 e 8. Ambos os grupos passaram 30 minutos sob agitação constante em banho finito. Logo após utilizou-se o esquema de filtração simples para separar a solução do material adsorvente, já contendo o adsorbato. Em seguida as amostras foram levadas ao espectrofotômetro para analisar a absorbância e calcular a concentração final por meio da equação do Gráfico 1.

7.2.4 Cálculo da remoção

Para se obter o teor de corante removido da solução utilizou-se a Equação 01:

$$\% \text{ Remoção} = (C_0 - C_t / C_0) \times 100 \quad 01$$

Em que C_0 é a concentração do azul de metileno no tempo inicial e C_t é a concentração final, que é obtida com a equação da reta no tempo t .

7.2.5 Planejamento Experimental

Para determinar as melhores condições de trabalho para o estudo de adsorção de corantes têxteis, utilizando como adsorvente o endocarpo do cajá *in natura*, um planejamento experimental foi empregado, variando os parâmetros massa de adsorvente, pH e velocidade de agitação, avaliando-se a capacidade de remoção do contaminante (% Remoção).

Figura 3 – Adsorção dos contaminantes



Fonte: Compilação dos autores

O estudo da adsorção dos contaminantes foi realizada no seguinte sistema de trabalho: 100 mL de solução do efluente sintético acondicionados em erlenmeyer a 25°C, mantidos em uma mesa agitadora com velocidade de agitação entre 10 e 50 rpm; concentração do contaminante de 50 a 500 mg. L⁻¹; pH de 3,0 a 10,0 e massa de adsorvente de 0,1 a 5,0 g de adsorvente. Em intervalos de tempo pré-estabelecidos, as amostras foram recolhidas com o auxílio de seringa plástica descartável e, em seguida, filtradas em papel filtro qualitativo. A quantificação da concentração de contaminante residual foi medida pela técnica adequada para a determinação da capacidade de remoção.

7.2.6 A cinética de adsorção

Para avaliação da cinética de adsorção adicionou-se em um Erlenmeyer de 250 ml, 0,1 L da solução do corante a 25 mg/L, 5 g do adsorvente e foi mantida em agitação constante de 50 rpm por 7 min, onde foi retirado uma alíquota a cada pequenas faixas de tempo para fazer a análise no espectrofotômetro.

A quantidade de corante adsorvido (q) durante a reação da cinética foi calculado pela Equação 02.

$$q(t) = \frac{C_i - C_f}{m} V \quad 02$$

Em que C_i (mg/L) é a concentração inicial da solução, C_f (mg/L) é a concentração final da solução, V (L) é o volume em litros e m (mg) é a massa do adsorvente.

8 RESULTADOS E DISCUSSÃO

8.1 BUSCAS DE ANTERIORIDADE – BASES ACADÊMICAS/CIENTÍFICAS

No estudo prospectivo relacionados as busca de artigos, observou-se que utilizando as palavras-chaves isoladamente, obteve-se o resultado (Tabela 3) mais expressivo a partir da base Scielo quando comparados a Scopus e Web of Science. A busca foi realizada considerando os campos “título” e “resumo” e “palavras-chaves”. A busca deu-se em um lapso temporal de 20 (vinte) anos.

Tabela 3 – Número de artigos recuperados a partir da palavra-chave em português.

| Palavras-Chaves | Web of Science | Significativo | Scopus | Significativo | Scielo | Significativo |
|-----------------|----------------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|
| Spondias mombin | 226 | 0 | 347 | 0 | 86 | 1 |
| Endocarpo | 1.107 | 4 | 10 | 1 | 154 | 0 |
| Biomassa | 20 | 0 | 647 | 0 | 3.173 | 1 |
| Adsorção | 1 | 0 | 251 | 9 | 938 | 14 |
| Caroço | 2 | 0 | 44 | 0 | 220 | 0 |

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Na base web of Science foram encontradas quatro (4) resultados positivos para a palavra endocarpo; na Scopus um (1) para endocarpo e nove (9) para adsorção; em Scielo foram um (1) para as palavras *Spondias mombin* e biomassa e quatorze (14) para adorção.

No que se refere as buscas realizadas com as palavras-chaves em inglês, retornaram com a palavra Core, 1.171.204 documentos na base Scopus. Observa-se que a maioria dos resultados possuem um valor quantitativo alto, fato que impossibilitou suas análises. Foram analisadas os resultados com as palavras “Endocarp” na base Scopus e com a palavra “Adsorption” na base Scielo, ambos com (4) e (46) documentos com significado.

Tabela 4 – Número de artigos recuperados a partir da palavra-chave em inglês.

| Palavras-Chaves | Web of Science | Significativo | Scopus | Significativo | Scielo | Significativo |
|-----------------|----------------|---------------|-----------|---------------|--------|---------------|
| Endocarp | 0 | 0 | 1.348 | 4 | 193 | 0 |
| Biomass | 345.191 | não analisado | 389.610 | não analisado | 8.023 | não analisado |
| Adsorption | 449.247 | não analisado | 598.192 | não analisado | 2.874 | 46 |
| Core | 797.590 | não analisado | 1.171.204 | não analisado | 5.682 | não analisado |

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A tabela 5 representa a quantidade de artigos recuperados com as palavras-chaves em conjunto na língua portuguesa. Verifica-se que o número de resultados obtidos são reduzidos em comparação com as palavras de forma isolada.

Tabela 5 – Artigos recuperados a partir das palavras-chaves em conjunto na língua portuguesa.

| Palavras-chaves | Scopus | Scielo | Web Of Science |
|-----------------|--------|--------|----------------|
| | | | |

| | | | |
|--|---|---|---|
| spondias mombin e endocarpo | 0 | 4 | 2 |
| spondias mombin e endocarpo e biomassa | 0 | 0 | 0 |
| spondias mombin e endocarpo e adsorção | 0 | 0 | 0 |
| spondias mombin e endocarpo e caroço | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Com as palavras-chaves em língua inglesa, de todas as bases pesquisadas houve retorno de documentos apenas com o conjunto *spondias mombin* and endorcap, conforme tabela abaixo. Analisando de modo geral os dois grupos de palavras de acordo com as tabelas 5 e 6 obteve-se 17 documentos que após leitura exploratória dos títulos e resumos, nenhum mostrou-se relevante para este estudo.

Tabela 6 – Artigos recuperados a partir das palavras-chaves em conjunto na língua inglesa.

| Palavras-chaves | Scopus | Scielo | Web Of Science |
|---|--------|--------|----------------|
| spondias mombin and endocarp | 5 | 4 | 2 |
| spondias mombin and endocarp and biomass | 0 | 0 | 0 |
| spondias mombin and endocarp and adsorption | 0 | 0 | 0 |
| spondias mombin and endocarp and core | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Do quantitativo de resultados obtidos com as palavras-chaves em inglês e português, de modo individual e em conjunto, 80 (oitenta) trabalhos tratam de algum aspecto sobre o tema abordado, como técnica de adsorção, *Spondias mombin*, limpeza de águas, metais, contaminação. Após análise, quatro artigos foram considerados significativos para esta prospecção, conforme quadro abaixo:

Quadro 5 - Artigos relevantes para o estudo.

| Autores | Título | Objetivo |
|--------------------------------|--|---|
| de Souza, <i>et al.</i> (2017) | Biomassa do cajá (<i>Spondias mombin</i>) na adsorção do corante violeta cristal | Avaliar o potencial da biomassa do caroço do cajá na adsorção do corante violeta cristal em meio aquoso. O biossorvente removeu 95% em 10 minutos de estudo cinético. |
| Gadelha, <i>et al.</i> (2018) | Avaliação do uso dos resíduos da produção de polpa de cajá como | Elaboração e utilização de um filtro formado por tubo de PVC, |

| | | |
|------------------------------|--|---|
| | biossorventes para adequação da qualidade de águas de abastecimento | possuindo em seu interior areia, brita e fibra do caroço do cajá. O biossorvente apresentou-se com potencialidade na atenuação de teores de sais presentes na água. |
| Nunes (2018) | Adsorção de ácido diclorofenxiacético (2,4-d) utilizando Carvão ativado produzido com biomassa de cajá (<i>Spondias Mombin L.</i>)” | Testar a eficiência de adsorção do carvão ativado produzido a partir de biomassa de cajá (<i>Spondias Mombin L.</i>) em diferentes concentrações de 2,4-D em meio aquoso, aplicando diferentes modelos cinéticos. Concluiu-se que o carvão possui potencialidade em adsorver quantidades significativas do herbicida 2,4-D em efluentes líquidos. |
| Adeogun <i>et al.</i> (2010) | Biossorção de íons de chumbo no biossorvente preparado a partir de Cascas de prumo (<i>Spondias mombin</i>): estudos de cinética e equilíbrio. | Remover ions de chumbo em solução aquosa a 25°C, utilizando cascas de Prumo (<i>Spondias mombin</i>). |

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

8.2 BUSCAS DE ANTERIORIDADE - PATENTES

Após as buscas de publicações nas bases acadêmicas/científicas, foi realizada uma prospecção tecnológica, com as palavras-chaves nos banco de dados do INPI, bem como nas plataformas Patentsinspiration e Patentscope, com as palavras individual e em conjunto, empregando-se os campos “título” e “resumo”.

Tabela 7 – Patentes encontradas a partir das palavras-chaves individuais em português.

| Palavras-Chaves | INPI | Significativo | Patentscope | Significativo | Patentinspiration | Significativo |
|------------------------|-------|---------------|-------------|---------------|-------------------|---------------|
| <i>Spondias mombin</i> | 23 | 0 | 45 | 0 | 36 | 0 |
| Endocarpo | 56 | 0 | 121 | 0 | 36 | 0 |
| Biomassa | 1.481 | 2 | 3.423 | 0 | 82.454 | não analisado |
| Adsorção | 1.378 | 2 | 899 | 1 | 913 | 2 |
| Caroço | 103 | 0 | 52 | 0 | 100 | 0 |

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Os resultados encontrados na tabela acima tiveram quantidades diferenciadas em todas as plataformas. Com a palavra “Biomassa” obteve-se uma quantidade bastante elevada de patentes, tornando impossível uma análise.

Quanto ao levantamento utilizando os termos em inglês, após leitura dos documentos encontrados, não houve resultados relevantes para a pesquisa. Observou-se que as plataformas patentscope e patentinspiration retornaram com números altos, impedindo a análise.

Tabela 8 – Patentes encontradas a partir das palavras-chaves individuais em inglês.

| Palavras-Chaves | INPI | Significativo | Patentscope | Significativo | Patentinspiration | Significativo |
|-----------------|------|---------------|-------------|---------------|-------------------|---------------|
| Endocarp | - | - | 99 | 0 | 141 | 0 |
| Biomass | - | - | 77.123 | não analisado | 2.469 | 0 |
| Adsorption | - | - | 191.476 | não analisado | 203.512 | não analisado |
| Core | 9 | 0 | 91.162 | não analisado | 1.116.377 | não analisado |

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Na base de dados do INPI bem como na base Patentscope, o tema tratado na maior parte das patentes diz respeito aos fitoterápicos com atividades anti-inflamatória e antiviral, compostos no tratamento de Aids e condições associadas, cosméticos, dentre outros.

Tabela 9 – Patentes encontradas a partir das palavras-chaves em conjunto utilizadas nas bases de dados.

| Palavras-Chaves | INPI | Significativo | Patentscope | Significativo | Patentinspiration | Significativo |
|--|------|---------------|-------------|---------------|-------------------|---------------|
| <i>Spondias mombin</i> e endocarp | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| <i>Spondias mombin</i> and endocarp | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Spondias mombin</i> e endocarp e biomassa | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Spondias mombin</i> and endocarp and biomass | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Spondias mombin</i> e endocarp e adsorção | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Spondias mombin</i> and endocarp and adsorption | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Spondias mombin</i> e endocarp e caroço | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Spondias mombin</i> and endocarp and core | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

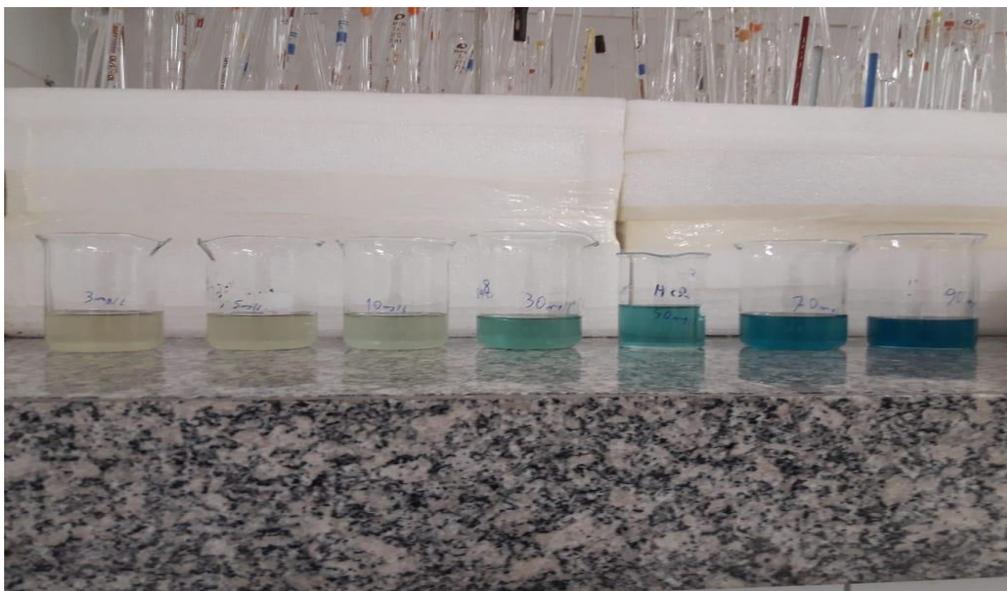
Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

O resultado encontrado a partir das palavras-chaves em conjunto, tratava-se da mesma patente, “Síntese do carvão ativado utilizando o endocarpo da *Spondias mombin L*”, em todos os casos. Ela tem como objetivo obter através do endocarpo do cajá, um carvão ativado para uso e aplicação como suporte, catalisador ou adsorvente.

8.3 ENSAIOS DE ADSORÇÃO

No que se refere aos ensaios de adsorção para corante o teste comprovou a capacidade de adsorção do material, já que conseguiu-se remover mais de 90% da concentração do corante em todos os ensaios. É importante ressaltar que quanto maior a concentração inicial da solução maior a redução.

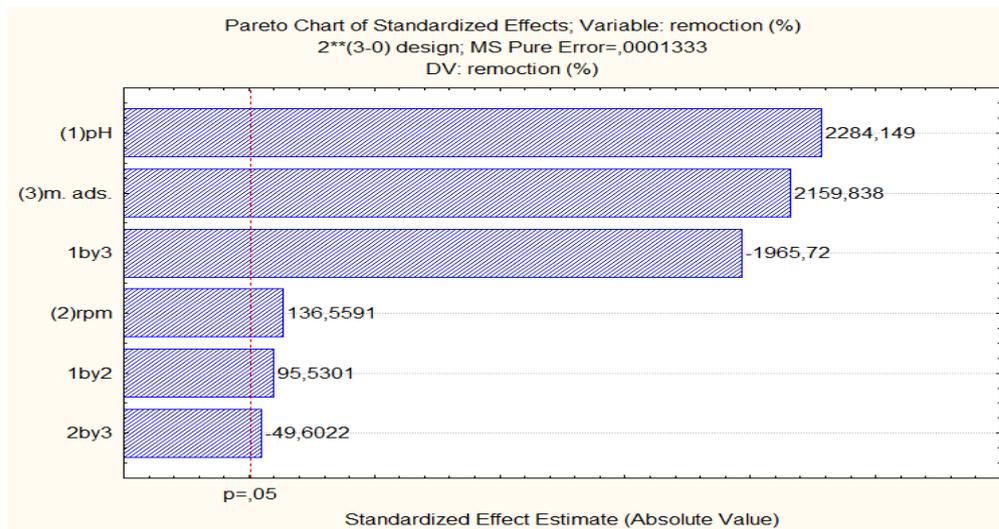
Figura 4 – Teste de remoção do contaminante



Fonte: Compilação dos autores

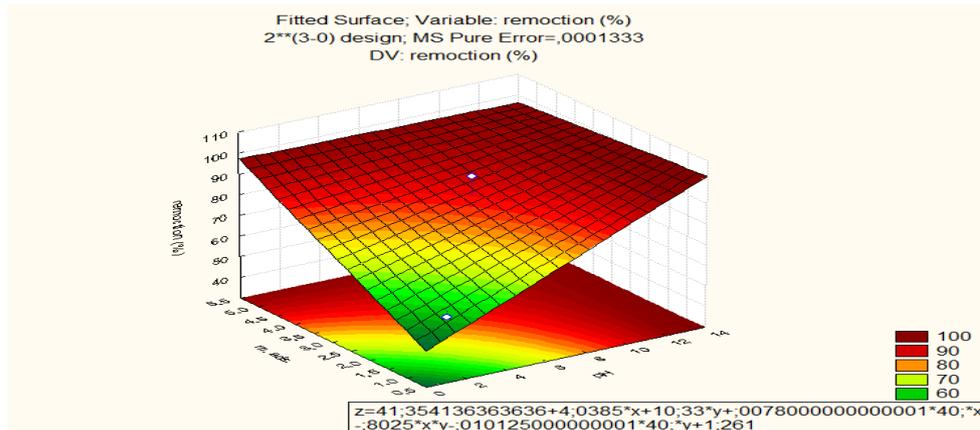
O ponto central foi realizado com pH 7, massa de adsorvente de 3 g, agitação 30 rpm e concentração de 25 mg/L, obtendo uma absorvância de 0,171 e uma redução de 95,93%.

Utilizou-se o diagrama de Pareto (Gráfico 2) para demonstrar influência da taxa de agitação (rpm), massa de material adsorvente (m. ads), níveis de potencial hidrogeniônico (pH) e suas interações na remoção do corante azul de metileno, tomando como base os resultados da Tabela 7.

Gráfico 2 - Diagrama de Pareto

Fonte: Compilação dos autores (2020)

A partir do diagrama de Pareto é possível observar que os fatores de maior influência são o pH e a massa de adsorvente, juntamente com sua interação, sendo esse resultado mais bem visualizado pela superfície de resposta do Gráfico 3, que demonstra a relação desses dois fatores com a remoção do corante.

Gráfico 3 - Superfície de resposta

Fonte: Compilação dos autores (2020)

Como visto na literatura, o endocarpo do fruto do cajá contém propriedades que permitem a remoção de corantes das soluções coloridas, fazendo assim o tratamento da água, isso foi comprovado no trabalho.

A utilização dos fatores pH, agitação e massa do adsorvente permitiu observar quais os parâmetros ideais para utilizar com intuito de melhorar o tratamento do efluente. Na Tabela 7 são apresentados em ordem decrescente a porcentagem de redução do adsorbato.

Tabela 10 - Resultados obtidos a partir do planejamento fatorial.

| Ensaio | pH | Agitação (rpm) | Mass. Adso. (g) | %Redução |
|--------|----|----------------|-----------------|----------|
| 4 | + | + | + | 92,02 |
| 5 | + | + | - | 91,51 |
| 8 | + | - | + | 91,20 |
| 3 | - | + | + | 89,31 |
| 6 | + | - | - | 88,84 |
| 2 | - | - | + | 88,71 |
| 7 | - | + | - | 55,36 |
| 1 | - | - | - | 55,29 |

Fonte: compilação dos autores

Como se pode observar, os dois ensaios que obtiveram os melhores resultados possuíam o nível de pH máximo, no ensaio 3, em que esse nível era mínimo a redução foi menor, corroborando com o diagrama de Pareto (Gráfico 2), sobre a importância dos níveis de fatores. Demonstrando que a adsorção, em uma faixa de pH entre 2 e 12, é maior quando tem-se um meio básico e mais massa de material adsorvente.

A velocidade de agitação aumenta a adsorção do material, já que, mesmo os ensaios possuindo níveis de pH mínimo e/ou massa mínima um nível maior de agitação favorece a redução (Ensaio 3 e 7).

Analisando um fator separadamente, quando os outros dois fatores estão em condições mínimas, comparando-os com o ensaio de menor redução, pode-se verificar que o nível de pH é o fator de maior influência, visto que o Ensaio 6 apresenta uma redução de 33,55% em relação ao Ensaio 1, enquanto o Ensaio 2, que tem o nível de massa máximo, possui diferença de 33,35% em relação ao Ensaio 7, com o maior nível de agitação

A Tabela 8 representa os dados obtidos na determinação da cinética de adsorção com 0,1 L da solução a 25 mg/L, onde q é o total de corante retirado da solução, é possível notar que a remoção do corante foi maior até 150 segundos e que houve pouca adsorção entre 180 e 420 segundos. É importante enfatizar que a remoção foi inferior aos ensaios anteriores devido ao fato de que não foi realizado o processo de filtragem simples, pois o tempo de filtragem iria acarretar erros nas análises.

Tabela 11 - Resultados obtidos nos ensaios de cinética de adsorção

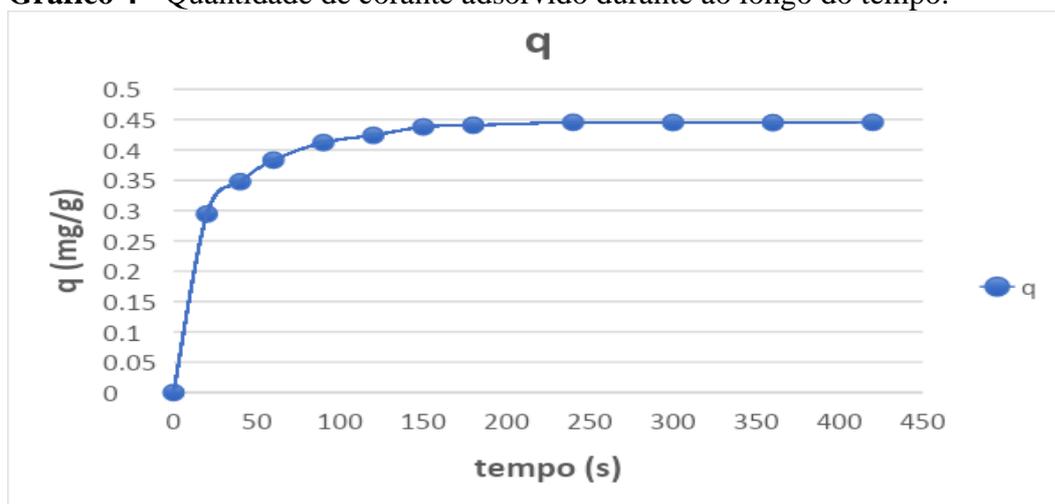
| t (s) | Absorb. | Conc. Fin. (mg/L) | %Red. | Q (mg/g) |
|---------|---------|-------------------|---------|------------|
| 0 | | 25 | 0 | 0 |
| 20 | 1,840 | 10,2887 | 58,8450 | 0,29423 |
| 40 | 1,360 | 7,6225 | 69,5100 | 0,34755 |
| 60 | 1,040 | 5,8450 | 76,6200 | 0,38310 |
| 90 | 0,780 | 4,4008 | 82,3969 | 0,41198 |

| | | | | |
|-----|-------|--------|---------|---------|
| 120 | 0,673 | 3,8064 | 84,7743 | 0,42387 |
| 150 | 0,548 | 3,1121 | 87,5517 | 0,43776 |
| 180 | 0,523 | 2,9732 | 88,1072 | 0,44054 |
| 240 | 0,480 | 2,7344 | 89,0626 | 0,44531 |
| 300 | 0,483 | 2,7510 | 88,9959 | 0,44498 |
| 360 | 0,485 | 2,7621 | 88,9515 | 0,44476 |
| 420 | 0,480 | 2,7344 | 89,0626 | 0,44531 |

Fonte: compilação dos autores

Os valores de q obtidos pela Equação 02 foram expressos no Gráfico 4 para melhor visualização do efeito da cinética da reação.

Gráfico 4 - Quantidade de corante adsorvido durante ao longo do tempo.



Fonte: Compilação dos autores (2020)

A busca de anterioridade encontrou quatro artigos e uma patente que utilizam o vegetal *Spondias mombin* como produto, mas com objetivos distintos deste estudo, fato que não inviabilizou a continuidade da pesquisa. Os artigos citados tratam do uso da biomassa do cajá de diferentes formas: em forma de pó (carbonáceo) para adsorção do corante violeta cristal; através da fibra do caroço do cajá juntamente com areia e brita para atenuar os teores de sais na água; como carvão ativado a partir da biomassa para adsorção de ácido diclorofenoxiacético (2,4-D) e a biossorção de íons de chumbo a partir das cascas do cajá que foram secas, trituradas e pulverizada em pó.

No que se refere a patente encontrada, trata-se de um processo para obter um carvão ativado, sintetizado a partir dos resíduos do endocarpo da *Spondias mombin* L., visando sua utilização como suporte, catalisador ou adsorvente. Observa-se que a finalidade da biomassa é diferenciada nesta pesquisa, que utiliza o endocarpo como matéria prima única, de forma granulada e sem tratamento físico, para remoção do corante azul de metileno em efluentes aquosos.

O endocarpo do fruto da cajazeira apresenta grandes propriedades como adsorvente demonstrando um rendimento notável, já que a maioria dos resultados apresentados obtiveram uma remoção acima de 88% da concentração de azul de metileno de efluentes aquosos, mostrando que o endocarpo do cajá possui uma grande capacidade para ser utilizado no tratamento de efluentes contaminados pelo corante azul de metileno.

Os ensaios de adsorção obtiveram os melhores resultados através de fatores como: granulometria do adsorvente, com valores de abertura de malha entre 16 e 32 (mesh); Ensaios com pH entre 2 e 14 teve melhor variação com pH7; a massa do adsorvente com melhor nível de remoção foi 3 gramas do produto; quanto ao nível de agitação entre 20 e 40rpm, o desempenho satisfatório foi com 30rpm e a concentração do adsorbato ideal foi de 25mg/L.

Estes fatores resultaram nos parâmetros mais indicados para o tratamento de águas contaminadas com corante azul de metileno.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho foi realizado com o intuito de avaliar a viabilidade da proteção da produção e utilização do resíduo do endocarpo do cajá *in natura*, no tratamento de efluentes aquosos, contaminados com corantes, metais pesados, óleos e graxas, através do processo de adsorção.

O despulpamento do fruto do cajá pela agroindústria gera uma quantidade significativa de resíduos que, por não possuir valor comercial, geralmente são descartados de modo inadequado no meio ambiente (um dos motivos pela escolha). Outro fator refere-se ao fato desse material ser lignocelulósicos, ou seja, possui lignina e celulose em sua composição química, com alta capacidade de adsorção.

O endocarpo do fruto *Spondias mombin L.* possui grande capacidade adsorvente, pois atende os requisitos necessário para um bom adsorvente como: fácil acesso, pois a matéria prima é encontrada nas agroindústrias de processamento de frutas; é econômica, já que os resíduos não possuem valor comercial e não possuem valor específico; é de fácil aplicação, pois se utiliza apenas o endocarpo granulado e o contaminante. Possui aplicação nas indústrias que utilizam corantes como a têxtil, alimentícia, tintas e cosmética.

Diante dos resultados expostos, conclui-se que o adsorvente oriundo do vegetal *Spondias mombin L.*, pode ser considerado uma tecnologia viável para a descontaminação de efluentes aquosos.

REFERÊNCIAS

ADEOGUN AI, BELLO OS, ADEBOYE MD. **Biosorption of lead ions on biosorbent prepared from plumb shells (*Spondias mombin*): Kinetics and equilibrium studies.** Pakistan. Journal of Science and Industrial Research. V.53, p. 246-251, 2010.

ALMEIDA, B.A.; HANNA, S. A; RODRIGUES, L. M. T. S.; SANTOS, W.P.C.; QUINTELLA, C. M.; **Busca de Anterioridade.** In: Ribeiro, N.M. Cadernos de Prospecção. Salvador. v. 1. p. 109-113. 2018.

AGUIAR, M. R. M. P.; NOVAES. A. C.; GUARINO, A. W. S. **Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminos silicatos.** Química Nova, v. 25, p.1145-1154, 2002.

AHMARUZZAMAN, M. **Resíduos industriais como potenciais adsorventes de baixo custo para o tratamento de águas residuais carregadas com metais pesados.** Advances in colloid interface science, p. 166 (1-2), 36-59. 2011.

ALI, N. A. (2013). **Removal of heavy metals from drainage waters using sugar cane bagasse.** Egy J aquac, p. 3(4), 39–53.

ARAÚJO, V.M.R.H. de. A patente como ferramenta da informação. Ciência da Informação, Brasília, v.10, n.2, p. 27-32, 1981.

BABEL, S. e KURNIAWAN, TA (2003). **Adsorventes de baixo custo para captação de metais pesados a partir de água contaminada:** uma revisão Jornal de materiais perigosos, p. 97 (1), 219-243.

BACHELIER, J. B.; ENDRESS, P. K. (2009). **Comparative floral morphology and anatomy of Anacardiaceae and Burseraceae (Sapindales), with a special focus on gynoeceum structure and evolution.** Botanical Journal of the Linnean Society, v. 159, p. 499–571.

BÁLSAMO, M.; DI NATALE, F.; ERTO, A.; LANCIA, A.; MONTAGNARO, F. e SANTORO, L. (2011). **Adsorção de cádmio por sorventes à base de cinzas de combustão de carvão – Relação entre propriedades de sorventes e capacidade de adsorção.** Journal of Hazardous Material, p. 187 (1-3), 371-378.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Consumo sustentável:** Manual de educação. Brasília: Consumers International/ MMA/ MEC/. IDEC, p. 160. 2005.

_____. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa n. 1, de 07 de janeiro de 2000. Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e

qualidade para polpa de fruta. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 10 de janeiro de 2000, Seção 1, p. 54.

_____. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 11 ago. de 2020.

BOSCO, J.; SOARES, K. T.; AGUIAR FILHO, S. P. de; BARROS, R. V. **A cultura da cajazeira.** João Pessoa: Emepa, p. 229. 2000.

CARDOSO, N. F. **Adsorção de corantes têxteis utilizando biossorventes alternativos.** 120 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, 2012.

CAVALCANTE, L. F.; LIMA, E. M. de.; FREIRE, J. L. DE O.; PEREIRA, W. E.; COSTA, A. P. M. da.; CAVALCANTE, Í. H. L. **Componentes qualitativos do cajá em sete municípios do brejo paraibano.** Acta Sci., Agron. (Online), Maringá, v. 31, n. 4, p. 627-632, Dec. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-86212009000400012&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 18 de mai. 2020.

CARVALHO, J. M.; MAIA, G. A.; FONSECA, A. V. V. da; SOUSA, P. H. M.; RODRIGUES, S. Effect of processing on physicochemical composition, bioactive compounds and enzymatic activity of yellow mombin (*Spondias mombin* L.) tropical juice. Journal of Food Science and Technology, v. 52, n. 2, p. 1182-1187, 2015.

COELHO, G. M. Prospecção tecnológica. **Metodologias nacionais e internacionais: tendências tecnológicas: nota técnica 14.** Rio de Janeiro. Instituto Nacional de Tecnologia, 2003. Projeto CTPETRO.

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO (CNPq). CNPq incentiva busca de patentes. **Inventor pode usar tutoriais do INPI.** Brasília, 23 de fevereiro de 2017. Disponível em: <<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:1AQwYTbbbdMJ:www.inpi.gov.br/noticias/chamadas-do-rocha-promovem-busca-patentaria+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>> Acesso em: 04 jun. 2019.

CONSUMO SUSTENTÁVEL: Manual de educação. Brasília: Consumers Internacional/MMA/ME/IDEC, p.160. 2005.

EL-SAYED, H.E.M.; EL-SAYED, M.M.H. Assessment of Food Processing and Pharmaceutical Industrial Wastes as Potencial Biossorbents: A Review. v. 2014, 2014.

FAO. **Desperdício de alimentos tem consequências no clima, na água, na terra e na biodiversidade.** Disponível em: <<http://www.fao.org.br/daccatb.asp>>. Acesso em: 26 de ago. de 2020.

FRUTICULTURA TROPICAL: espécies regionais e exóticas / editores técnicos, Janay Almeida dos Santos-Serejo, Jorge Luiz Loyola Dantas, Clovis Vaz Sampaio, Ygor da Silva Coelho. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

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

IGAM, Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Glossários de Termos**: gestão de recursos hídricos e meio ambiente. Belo Horizonte: Igam, 2012.

MATIAS, Beth. **Ibraf diz que é preciso incentivar consumo de frutas no País**. Agência SEBRAE, 2007. Disponível em: <<http://www.sp.agenciasebrae.com.br/sites/asn/uf/SP/ibraf-diz-que-e-preciso-incentivar-consumo-de-frutas-no-pais,f9b06f1c2a156410VgnVCM1000003b74010aRCRD>> . Acesso em: 27 de jan. 2021.

MAUVEÍNA: o primeiro corante sintético faz 150 anos! **LQES**, 2006. Disponível em: <http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/lqes_news/lqes_news_cit/lqes_news_2006/lqes_news_2006.html> Acesso em: 07 de fev. 2020.

MODENES, Aparecido Nivaldo, *et al.* Remoção dos metais pesados Cd(II), Cu(II) e Zn(II) pelo processo de bio sorção utilizando a macrófita *Eichhornia crassipes*. **Rev. Esc. Minas**, Ouro Preto, v. 66, n. 3, p. 355-362, Sept. 2013.

NETTO, R. C. M. Dossiê corantes. **FOOD INGREDIENTS BRASIL**, n. 9, 2009. Disponível em: < https://revista-fi.com.br/upload_arquivos/201606/2016060213572001465326315.pdf>. Acesso em: 22 de ago. 2012.

ONUBR, Nações Unidas no Brasil. **A ONU e a água**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/agua/>>. Acesso em 26 de ago. 2020.

ORBIT INTELLIGENCE [Base de dados – Internet]. Questel Orbit; 2020. Disponível em: <<https://www35.orbit.com/>>. Acesso em: 03 fev. 2020.

Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação – FAO. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/pt/>>. Acesso em: 26 de ago. 2020.

PATENTINSPIRATION [Base de dados - Internet] 2019. Disponível em: <<http://www.patentinspiration.com/>>. Acesso em: 26 de nov. 2019.

PERIÓDICO CAPES [Base de dados – Internet] 2019. Disponível em: <<http://www.periodico.capes.gov.br/>>. Acesso em: 13 de dez.2019.

QUINTELLA, C. M.; TORRES, E. A. **Gestão e Comercialização de Tecnologia**. Capacitação de Inovação Tecnológica para Empresários. 1. ed. Aracaju, SE: Editora da UFS, v. 1, p. 225-242, 2011.

ROCHA, A. F. D. **Cádmio, Chumbo, Mercúrio**: A problemática destes metais pesados na Saúde Pública. Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação, Universidade do Porto. 2008.

SACRAMENTO, C. K.; SOUZA, F.X. Cajá (*Spondias mombin* L.). Jaboticabal: Funep. p. 42. 2000.

SCIELO [Base de dados - Internet] 2019. Disponível em: <<http://www.scielo.org/>>. Acesso em: 02 de dez. 2019.

SCOPUS [Base de dados - Internet] 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/>>. Acesso em: 02 de dez. 2019.

SILVA, E. F. DA; MARTINS, L. S. S.; OLIVEIRA, V. R. DE. **Diversidade e estrutura genética em populações de cajá (*spondias mombin*)**. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452009000100024&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 28 de mai. 2020.

VALLADARES-CISNEROS, M. G.; VALERIO-CARDENAS, C.; DE LA CRUZ-BURELO, P. E MELGOZA -YRIGHT, R. M. **Adsorventes não convencionais, alternativas sustentáveis para tratamento de efluentes**. Disponível em: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242017000200055&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 28 de mai. 2020.

VILAR, V.J.P; BOTELHO, C.M.S; BOAVENTURA, R.A.R, **Modeling equilibrium and kinetics of metal uptake by algal biomass in continuous stirred and packed bed adsorbers**, Adsorption 13, p. 587-601, 2007.