

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

CÂMPUS AVARÉ

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE BIODISSISTEMAS

MAYARA ALCIDES

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE APLICAÇÃO DE POLISSACARÍDEO
INSOLÚVEL DE KEFIR COMO BIOADSORVENTE DE CORANTES TÊXTEIS.**

AVARÉ

2021

MAYARA ALCIDES

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE APLICAÇÃO DE POLISSACARÍDEO INSOLÚVEL
DE KEFIR COMO BIOADSORVENTE DE CORANTES TÊXTEIS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Biosistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - *Campus Avaré*, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro de Biosistemas.

Orientador (a): Prof (a). Dr (a). Marcela Pavan Bagagli.

AVARÉ
2021

Catálogo na fonte
Instituto Federal de São Paulo – Campus Avaré

Alcides, Mayara

Avaliação do potencial de aplicação de polissacarídeo insolúvel de kefir como Bioadsorvente de corantes têxteis / Mayara Alcides. – Avaré, 2021.
48 p.

Orientador: Marcela Pavan Bagagli

Monografia (Graduação – Engenharia de Biosistemas) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus Avaré, Avaré, 2021.

1. Efluentes. 2. Kefir. 3. Exopolissacarídeo. 4. Corantes. I. Bagagli, Marcela Pavan. II. Título.

MAYARA ALCIDES

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE APLICAÇÃO DE POLISSACARÍDEO INSOLÚVEL
DE KEFIR COMO BIOADSORVENTE DE CORANTES TÊXTEIS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Biosistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - *Campus Avaré*, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro de Biosistemas.

COMISSÃO EXAMINADORA

[Assinatura no documento anexo]

Profa. Dra. Marcela Pavan Bagagli
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus
Avaré

[Assinatura no documento anexo]

Profa. Dra. Adria de Sousa Bentes
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus
Capivari

[Assinatura no documento anexo]

Prof. Dr. Gustavo Pio Marchesi Krall Ciniciato.
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus
Avaré

Avaré, 26 de novembro de 2021.

Dedico essa monografia a Deus e a minha família,
pessoas essenciais durante a minha trajetória.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus, por me manter firme e forte em todos os momentos, proporcionando discernimento, sabedoria e paciência.

Agradeço a minha família e ao meu namorado, por serem meu alicerce e por todo o apoio durante a graduação.

Aos amigos, professores e colegas, agradeço por tudo ao longo do decorrer da graduação, por todas as partes boas e também pelos desafios e barreiras que enfrentamos.

Gratidão ao grupo de estudos que formei na graduação, denominado como “MJ”, por todo o conhecimento compartilhado, e também por todos os projetos, trabalhos e atividades desenvolvidos.

Em especial, agradeço à minha orientadora Marcela, que ao decorrer do curso, me apoiou e auxiliou em todos os projetos, eventos, trabalhos e empecilhos. Sendo a melhor “chefinha” e servindo como exemplo e inspiração.

“Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar. ”

(A BÍBLIA, 2014)

RESUMO

As indústrias têxteis apresentam como um dos principais problemas ambientais a geração de efluentes contendo corantes sintéticos que além de potencialmente tóxicos para animais e plantas, inviabilizam o reuso de águas no processo. A remoção destes corantes pode ser realizada de diversas formas, sendo que o processo de adsorção em matrizes poliméricas naturais e materiais naturais alternativos têm encontrado espaço no tratamento de águas residuárias, sendo uma opção de baixo custo e elevada eficiência. Desta forma, este trabalho teve por objetivo avaliar a aplicação do exopolissacarídeo produzido por grãos de kefir (BioAdk) como adsorvente de corantes têxteis (Vermelho Dianacil M e Azul Dianativo HFG) em solução aquosa. Foi determinado o (pH_{PCZ}) do BioAdk, sendo que nos ensaios de adsorção foi utilizado um valor de pH abaixo, do pH_{PCZ} e o outro acima do pH_{PCZ} , sendo eles 5, 7 e 9, nas concentrações de 5, 12,5 e 20 ppm de corante. O acompanhamento do processo de adsorção foi realizado em termos de pH e absorvância (nos máximos comprimentos de onda para cada corante) nos tempos 0h, 4h, 24h, 48h e 118 horas de incubação. O BioAdk apresentou maior afinidade pelo corante azul nas condições experimentais avaliadas, sendo, o pH 9,0 o melhor para a redução da absorvância das soluções para todas concentrações deste corante.

Palavras-chave: efluentes têxteis; kefir; exopolissacarídeo; corantes.

ABSTRACT

One of the main environmental problems in the textile industries is the generation of effluents containing synthetic dyes that, in addition to being potentially toxic to animals and plants, make the reuse of water in the process unfeasible. The removal of these dyes can be carried out in different ways, and the adsorption process on natural polymeric matrices and alternative natural materials has found space in the treatment of wastewater, being a low-cost and high-efficiency option. Thus, this work aimed to evaluate the application of exopolysaccharide produced by kefir grains (BioAdk) as adsorbent for textile dyes (Dianacil Red M and Dianative Blue HFG) in aqueous solution. The pHPCZ of BioAdk was determined, and in the adsorption tests a pH value below the pHPCZ and the other above the pHPCZ were used, being 5, 7 and 9, at concentrations of 5, 12.5 and 20 ppm of dye. The monitoring of the adsorption process was carried out in terms of pH and absorbance (at the maximum wavelengths for each dye) at times 0h, 4h, 24h, 48h and 118 hours of incubation. BioAdk showed greater affinity for the blue dye in the experimental conditions evaluated, with pH 9.0 being the best for reducing the absorbance of solutions for both dyes.

Key-words: Effluents; kefir; Exopolysaccharide; Dyes.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Efluente de Indústria Têxtil.

Figura 2 - Diferentes tipos de biomassa que podem ser aplicados em processos de adsorção.

Figura 3 - Sistema de adsorção em equilíbrio.

Figura 4 - Kefir de água.

Figura 5 - Determinação do pH_{pcz} do BioADK.

Figura 6 - Variação das concentrações de corante Azul Dianativo HFG nas soluções com diferentes concentrações iniciais do corante em (a) pH inicial 5 (b) pH inicial 7,0 e (c) pH inicial 9,0, ao longo do tempo de incubação.

Figura 7 - Porcentagem de Remoção do corante (%RC) Azul Dianativo HFG após 118 h de incubação com o BioADK (avaliados pelo teste de Tukey). Letras iguais indicam que não há diferença significativa a 95% de confiança entre os ensaios.

Figura 8 - Quantidade de corante Azul Dianativo HFG adsorvido por g de BioADK nas diferentes condições experimentais (avaliados pelo teste de Tukey). Letras iguais indicam que não há diferença significativa a 95% de confiança entre os ensaios.

Figura 9- Variação das concentrações de corante Vermelho Dianacil M nas soluções com diferentes concentrações iniciais do corante em (a) pH inicial 5 (b) pH inicial 7,0 e (c) pH inicial 9,0, ao longo do tempo de incubação.

Figura 10 - Porcentagem de Remoção do corante (%RC) Vermelho Dianativo M após 118 h de incubação com o BioADK (avaliados pelo teste de Tukey). Letras iguais indicam que não há diferença significativa a 95% de confiança entre os ensaios.

Figura 11 - Quantidade de corante Vermelho Dianativo M adsorvido por g de BioADK nas diferentes condições experimentais (avaliados pelo teste de Tukey). Letras iguais indicam que não há diferença significativa a 95% de confiança entre os ensaios.

Figura 12 - Reação do BioADK em diferentes pHs.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplos de corantes.

Tabela 2 – Informações sobre os corantes avaliados.

Tabela 3 – Comprimento de máxima adsorção dos corantes.

Tabela 4 - Observação da coloração das soluções de corante Azul Dianativo HFG incubadas por 118h com o BioADK.

Tabela 5 - Observação da coloração das soluções de corante Vermelho Dianativo M incubadas por 118h com o BioADK.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%RC	Porcentagem de remoção do corante
BioAdk	Exopolissacarídeo produzido por grão de Kefir
Cf	Concentrações finais
Ci	Concentrações iniciais
EPS	Exopolissacarídeo
FZEA	Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos
g.	Gramas
HCl	Ácido clorídrico
M	Massa
M	Mol
Máx.	Máxima
Min	Minutos
NaCl	Cloreto de sódio
NaOH	Hidróxido de sódio
Nm	Nanômetro
Ppm	Partes por milhão
PZC	Ponto de Carga Zero
Qe	Quantidade de corante adsorvido no equilíbrio

USP Universidade de São Paulo

V Volume

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 PROBLEMATIZAÇÃO	17
1.2 OBJETIVOS	17
1.2.1 Objetivo Geral	17
1.2.2 Objetivos Específicos.....	18
2 REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1 Indústria Têxtil	18
2.2 Corantes	18
2.4 Adsorção de corantes.....	22
2.4.1 Aplicação de biomateriais como adsorventes de compostos em efluentes	23
2.5 Kefir	24
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	25
3.1 Grãos de Kefir	25
3.2 Corantes.....	26
3.3 Determinação do ponto de carga zero do adsorvente.....	27
3.4 Avaliação dos comprimentos de onda de máxima absorção dos corantes utilizados e curva padrão para concentração de corante em solução	27
3.5 Avaliação da adsorção de corantes em soluções aquosas	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	28

5. CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS.....	41
ANEXO	46

1 INTRODUÇÃO

Um dos principais impactos negativos ao meio ambiente oriundos das indústrias têxteis é a geração de efluentes contendo concentração significativa de corantes, os quais, mesmo em concentrações próximas de 1 ppm, são detectáveis a olho nu, e inviabilizam o reaproveitamento da água no processo de tingimento (GUARATINI & ZANONI, 2000).

Figura 1 - Efluente de Indústria Têxtil.



Fonte: MAZZOLANI, 2020.

Há uma diversidade de corantes disponíveis para aplicação na indústria têxtil, apresentando estrutura molecular diversa, inclusive algumas contendo metais pesados, que podem apresentar efeito tóxico em vegetais e animais, incluindo o homem, sendo os riscos destes dependentes do modo e do tipo de exposição aos corantes (GUARATINI & ZANONI, 2000; JAIKUMAR & RAMAMURTHI, 2009; CUNHA, 2014).

Há diversos tipos de tratamentos que vêm sendo aplicados em efluentes têxteis, como troca iônica, precipitação química, filtração por membrana, osmose reversa, entre outros, apresentando destaque a coagulação, processos oxidativos e a adsorção. Um método que vem sendo bastante explorado é o de biossorção. Esse processo propõe utilizar biomassas de origem vegetal ou microbiana, podendo apresentar boa eficiência

ao final do tratamento, tornando-se uma alternativa interessante do ponto de vista econômico e ecológico (CUNHA, 2014; TEODORO, 2015).

Os grãos de kefir apresentam microrganismos envoltos em uma estrutura pequena e rígida, de formato irregular, coloração amarelada, composta por uma matriz polissacarídica-proteica (SANTOS, et al., 2012). Parte do polissacarídeo encontrado no grão de kefir tem o nome de kefirano, sendo um exopolissacarídeo solúvel em água (PAIVA et al., 2016; GHASEMLOU et al., 2011). Os grãos de kefir secos consistem numa matriz de aproximadamente 45% de kefirano (ELISETE 2009).

A Engenharia de Biosistemas atua em diversas áreas, sendo uma delas o tratamento de efluentes, fazendo ligação entre os conhecimentos biológicos e tecnológicos, elevando a eficiência dos sistemas, preconizando baixo impacto ambiental, buscando atender aos anseios da sociedade moderna. Portanto, o projeto tem como propósito aplicar a matriz polissacarídica-proteica insolúvel dos grãos de kefir como adsorvente para a remoção de corantes usualmente utilizados na indústria têxtil em soluções aquosas. Esse biomaterial tem sido pouco explorado no tratamento de resíduos, sendo uma opção econômica e de fácil obtenção.

1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

A utilização de corantes em indústrias têxteis acarreta problemas ambientais como a geração de efluentes que além de poderem ser tóxicos para animais e plantas, inviabilizam o reuso de águas. Grãos de kefir apresentam uma matriz polissacarídica-proteica insolúvel que pode ser aplicada como um composto adsorvente. Por estes motivos, o trabalho visou explorar a matriz polissacarídica-proteica insolúvel dos grãos de kefir para remoção de corantes, utilizados na indústria têxtil, em solução aquosa.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste projeto foi avaliar a aplicação do biossorvente de grãos de kefir (BioAdk) no tratamento de soluções aquosas contendo corantes têxteis.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para tanto, os seguintes objetivos específicos serão executados:

- a) Avaliação da capacidade de biossorção de corantes têxteis em diferentes pHs.
- b) Avaliação da capacidade de biossorção de corantes têxteis em diferentes concentrações iniciais de corante.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Indústria Têxtil

Segundo a Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de confecção (Abit), o setor têxtil e de confecção é o mais tradicional e complexo dentro dos setores industriais do mundo, há cerca de 33 mil indústrias desse segmento no território nacional (CNI, 2017), no qual um dos principais problemas do setor é a geração de efluentes, que contêm uma vasta quantidade de carga orgânica, teor de sais inorgânicos, pH variável, corantes sintéticos entre outros (GUARATINI & ZANONI, 2000; CUNHA, 2014). A utilização hídrica dessas indústrias é elevada, na qual cerca de 15% de toda a água doce disponível é consumida por esse setor (SILVA, 2005). Após a utilização, essas águas se tornam inviabilizadas para reuso.

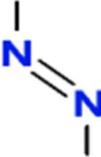
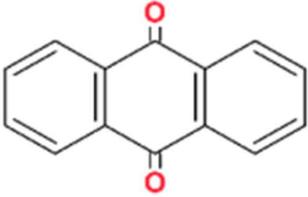
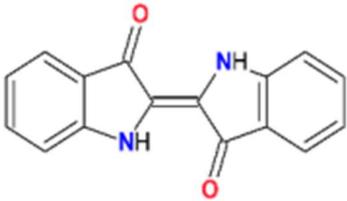
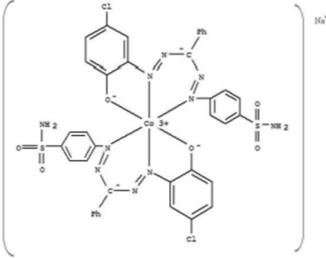
2.2 Corantes

Existem mais de 2.000 tipos de corantes com características próprias bem definidas e com estruturas complexas, disponíveis para as indústrias têxteis. Essas substâncias são carregadas pelos efluentes industriais, podendo apresentar elevada resistência aos processos naturais de biodegradação, alguns apresentam metais pesados, que podem apresentar efeitos tóxicos em animais, vegetais e o homem, além de, mesmo em baixas concentrações, apresentam cor visível. Esses fatores inviabilizam o reuso das águas no processo e mesmo em outras áreas. A diversidade de compostos

torna o efluente têxtil muito variável e, conseqüentemente de difícil tratamento (GUARATINI & ZANONI, 2000; JAIKUMAR, et al., 2009; CUNHA, 2014).

Os tipos de corantes são divididos em classes tendo como base em suas estruturas químicas. A tabela 1 apresenta algumas estruturas de corantes sintéticos bem como exemplos de corantes comerciais que apresentam tais estruturas.

Tabela 1 - Exemplos de corantes.

Classe química do corante	Estrutura	Exemplos
Azo		Laranja de metila Vermelho congô Laranja G
Antraquinona		Azul brilhante reativo X-BR Azul reativo 4 Vermelho de alizarina S
Indigoide		Índigo Índigo Carmim Púrpura de Tiro
Metalizados		Ácido preto 180

Fonte: Adaptado de Ardila-Leal *et al.* (2021) e Zanoni & Yamanaka (2016).

Na indústria têxtil, os corantes do tipo azo são os mais frequentes e, além da classificação da classe química, essa indústria ainda categoriza os corantes de acordo com a forma de fixação na fibra têxtil, em que podemos citar os corantes ácidos, básicos, reativos, diretos e dispersivos (GUARATINI & ZANONI, 2000; ARDILA-LEAL *et al.*, 2021). O grupo de corantes reativos, os quais contém um grupo eletrofílico que pode formar ligações com hidroxilas, grupos amino, tióis, entre outros, apresentando como cromóforo (região da molécula responsável pela cor do composto) grupos funcionais do tipo azo ou antraquinona, os quais são utilizados frequentemente para tingimento de fibras celulósicas (GUARATINI & ZANONI, 2000; DINIZ, 2015; TEODORO, 2015; ZANONI & YAMANAKA, 2016). Os corantes classificados como ácidos apresentam características aniônicas devido à presença de grupos sulfônicos na estrutura (GUARATINI & ZANONI, 2000; DINIZ, 2015; TEODORO, 2015), essas duas classes serão alvo de estudo deste trabalho.

2.3 Tratamento de efluentes contendo corantes

Há diversos tratamentos que vêm sendo estudados para aplicação em efluentes contendo corantes têxteis, com a finalidade de removê-los ou degradá-los, tais como processos de coagulação, oxidação química, separação por membrana, eletroquímica, degradação microbiana aeróbica e anaeróbia, no entanto, nem sempre esses processos são viáveis tecnicamente ou economicamente (TEODORO, 2015; CUNHA, 2014).

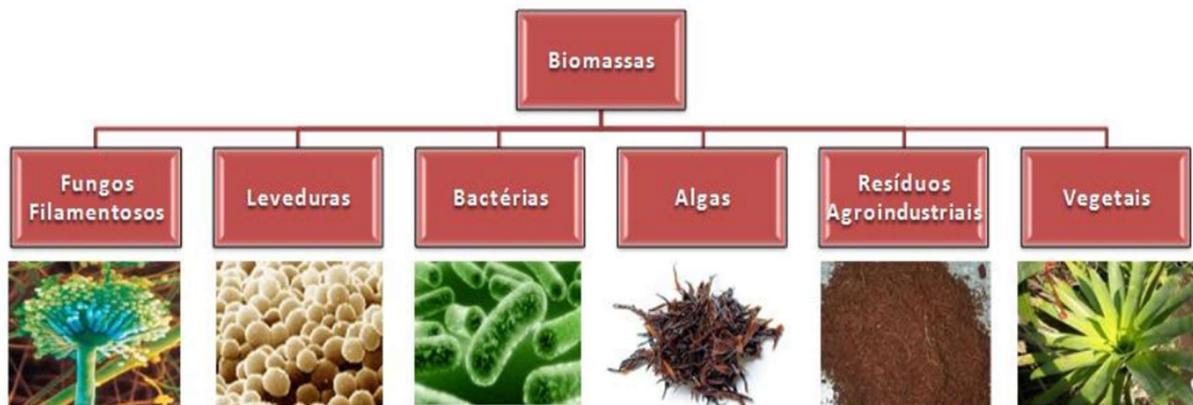
Silva (2011) avaliou a degradação de corantes em efluentes têxteis utilizando extrato bruto da enzima peroxidase extraída de nabo, sendo observada que esta enzima foi capaz de remover cinco corantes têxteis de águas residuárias. Outras enzimas também têm sido aplicadas no tratamento desses efluentes, entre elas a lacase (ARDILA-LEAL *et al.*, 2021)

O uso de biomateriais como compostos adsorventes tem sido uma alternativa econômica e eficiente em comparação com métodos convencionais para a remoção de corantes de efluentes, no qual o processo de adsorção oferece flexibilidade nas operações e também na produção de adsorventes (TEODORO, 2015). Entre os materiais

estudados estão bagaço de cana, cinzas, palha de arroz, biomassa fúngica, entre outros (JAIKUMAR & RAMAMURTHI, 2009).

Diversos tipos de biomateriais podem ser utilizados como bioissorventes e diversos trabalhos relatam a aplicação da técnica de adsorção para a remoção de corantes (e outros materiais poluentes) de águas residuais (ALMEIDA, 2016). A figura 2 ilustra algumas possibilidades de biomassas que podem ser aplicadas como bioissorventes.

Figura 2 - Diferentes tipos de biomassa que podem ser aplicados em processos de adsorção.



Fonte: VENEU, 2010.

Honorato *et al.* (2015), avaliou a bioissorção do corante azul de metileno utilizando como adsorventes palha de milho e bainha de palmito pupunha, os quais apresentaram, respectivamente, $102,8 \text{ mg. g}^{-1}$ e $50,9 \text{ mg. g}^{-1}$ de capacidade máxima de adsorção, sendo os resíduos promissores para o tratamento de efluentes.

Carboidratos insolúveis poliméricos também vêm sendo utilizados para a remoção de corantes de resíduos têxteis (CRINI, 2005). Blackburn, 2004, avaliou o uso de polissacarídeos catiônicos para a remoção de corantes de efluentes têxteis, sendo verificado que a quitina, quitosana, goma guar, locuste e acácia apresentaram resultados satisfatórios removendo, em média, 60% da coloração do corante azul 193 ácido.

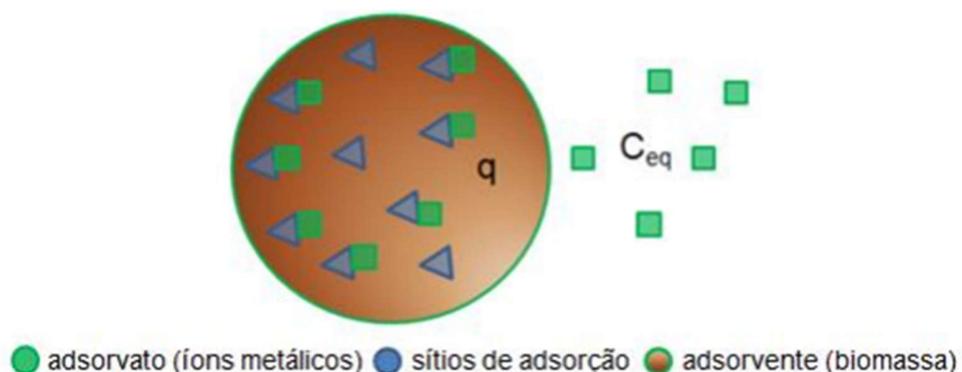
2.4 Adsorção de corantes

O processo de adsorção tornou-se um dos mais usuais para a remoção de material orgânico e inorgânico de águas residuárias, com principal aplicação em meio industrial, sendo mais efetivo principalmente em processos de purificação e separação para volumes de pequena escala (NASCIMENTO et al., 2020; PURNHAGEN et al., 2016).

O processo de adsorção é realizado através da operação de transferência de massa, no qual faz com que certos sólidos se concentrem na superfície da substância, sendo possível a separação dos componentes de fluidos líquidos ou gasosos. Basicamente podemos identificar dois tipos de interações na adsorção, a física, através de forças de van der Waals, e a química, por método de compartilhamento ou transferência de elétrons (NASCIMENTO et al., 2020).

Vários fatores podem interferir no processo de adsorção, tais como a combinação entre os tipos de forças envolvidas (física ou química), a área da superfície, o pH do meio, temperatura, a natureza do solvente e as propriedades do adsorvente e do adsorvato. Uma das vantagens do processo é a possibilidade de reutilização do adsorvente, uma vez que, por ser reversível, podem ser regenerados por um processo de dessorção. (NASCIMENTO et al., 2020). A figura 3, retirada do trabalho de Veneu (2010) apresenta um esquema de adsorção genérico, no estado de equilíbrio, tendo como adsorvato íons metálicos, em que " C_{eq} " é a concentração de equilíbrio dos íons (mg/L) e " q " é a quantidade de material adsorvido (mg/L).

Figura 3 - Sistema de adsorção em equilíbrio.



Fonte: VENEU, 2010.

2.4.1 Aplicação de biomateriais como adsorventes de compostos em efluentes

Cardoso (2010) utilizou como adsorvente casca de pinhão in natura e carbonizada, para a remoção do corante azul de metileno de soluções aquosas. Em pH básico de 8,5, ocorreu a adsorção mais favorável, no tempo de 6h para a forma carbonizada e 4h para in natura, em 25° C. Como resultado ambos mostraram ser bons em adsorver o corante, sendo 252 mg g⁻¹ in natura e 529 mg g⁻¹ para a forma carbonizada.

A remoção do corante azul de metileno é difícil em soluções aquosas devido à sua estrutura química, uma alternativa acessível é o processo de adsorção, esse processo envolve transferência de moléculas específicas de um fluido líquido sendo o adsorbato para uma fase sólida, adsorvente (ARTIFON, 2018). A utilização de hidrogéis é uma alternativa para tratamento de efluentes, por conseguir solver em soluções aquosas, colágeno e quitosana, possuem um bom grau de intumescimento, por causa dos grupos funcionais que interagem com a água, apresentando uma remoção eficiente do corante azul de metileno presente em soluções aquosas, de 30 a 50 mg em hidrogéis com quitosana e 2,4 a 3,4 mg com colágeno, num intervalo de tempo de 180 min (ALMEIDA, 2016).

Borges, 2002, utilizou resíduo industrial de camarão, como uma opção de adsorvente renovável de ânions, após processos selecionou a quitina com grau de desacetilação da ordem de 25% como sólido adsorvente. Os testes foram feitos em frascos agitados com soluções sintéticas, tendo como resultado a remoção de 92% de íons sulfato em um intervalo de 60 min, sendo que o sólido apresentou capacidade de adsorção de 3,2 mEq.g⁻¹. Íons molibdato também foram removidos com 82% de eficiência em 15 min de contato, sendo a quitina uma opção no tratamento de efluentes de mineração de cobre e molibdênio.

Volpi *et al.* (2019) estudaram a aplicação de grãos de kefir de água na redução da concentração de metais pesados durante o processo de fermentação, sendo observado que em presença de sacarose (5%) após 24h de incubação de soluções de metais com

os grãos de kefir (proporção 1:1) com pH inicial 4,5, houve redução da concentração de Cr e Pb de 70% e de 50% para Cu, Ni e Mn.

2.5 Kefir

Os grãos de kefir de água apresentam estrutura pequena e rígida, formato irregular, coloração transparente-amarelada onde um conjunto complexo de mais de 40 espécies de bactérias e leveduras são recobertos por uma matriz polissacarídica e proteica insolúvel. Entre os principais microrganismos presentes no kefir de água estão as bactérias ácido lácticas, bactérias acéticas e leveduras (ZANIRATI, 2012; SILVA, 2013; PAIVA et al., 2016; FIORDA et al, 2017).

Figura 4 – Grãos de Kefir de água.



Fonte: KEFIRDELEITE, 2020.

Os grãos liberam no meio onde se desenvolvem um polissacarídeo solúvel, denominado de kefirano. Embora muito seja descrito na literatura em relação ao kefirano de grãos de kefir de leite, pouco ainda é reportado referente aos kefir de água. Fels et al. (2018) avaliaram o polissacarídeo extracelular solúvel de kefir de água cultivado em solução de sacarose 10%, sendo observado, majoritariamente, estruturas ramificadas de dextranas (polissacarídeo de glicoses unidas por ligações glicosídicas α (1 \rightarrow 6) e levanas (frutooligosacarídeo onde unidades de frutose são unidas por ligações glicosídicas α (2 \rightarrow 6)). Esses polissacarídeos apresentam aplicação industrial, tal como no aumento da viscosidade e retenção de água de alimentos, para produção de filmes comestíveis com

elevada barreira à aromas (PAIVA et al., 2016; GHASEMLOU et al., 2011, KOOIMAN, 1968), na produção de microesferas para liberação controlada de medicamentos (BLANDÓN, et al., 2016), entre outros.

Em relação aos polissacarídeos insolúveis que constituem os grãos, eles podem atuar como suporte e proteção aos microrganismos presentes. Essa fração é composta majoritariamente por dextranas insolúveis com quantitativo elevado de ligações do tipo α (1 \rightarrow 3) (FELS *et al.*, 2018). Pouco é relatado na literatura a respeito da fração insolúvel do kefir de água.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Grãos de Kefir

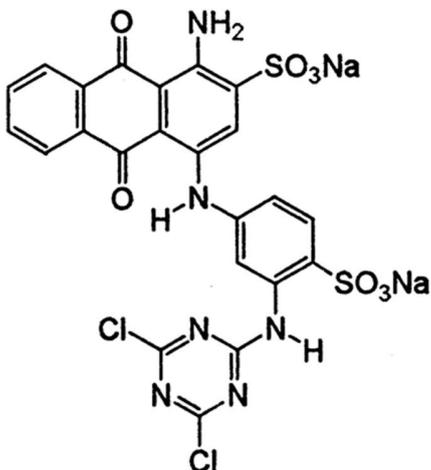
Os grãos de kefir de água foram gentilmente doados pelo laboratório de Bioprocessos/FZEA/USP, e foram mantidos a 27°C em solução de açúcar mascavo (8%) trocada semanalmente. Antes da realização dos ensaios, os grãos foram retirados da solução, lavados com água destilada.

Para obtenção do exopolissacarídeo insolúvel dos grãos de kefir, grãos foram submetidos à temperatura de 80°C por 20 minutos (a fim de inativar os microrganismos e enzimas presentes) e então, centrifugados (4°C por 10 min a 6400 x g). O sobrenadante foi descartado e ao precipitado adicionou-se água destilada e foi novamente submetido ao mesmo processo (a fim de solubilizar todo polissacarídeo solúvel presente). O precipitado, ao final da segunda lavagem dos grãos, foi liofilizado e homogeneizado em almofariz com pistilo, sendo este material o biossorvente de grãos de kefir (BioAdK). O material foi mantido a -18°C até o momento de uso, sendo colocado 0,005g em cada tubo falcon com solução do corante e feito um controle contendo apenas solução de corante.

3.2 Corantes

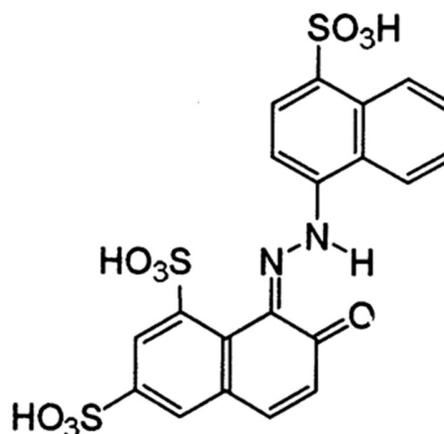
Os corantes têxteis utilizados foram gentilmente doados pela empresa Danny Color Corantes na forma de pós. Os corantes avaliados apresentam as características conforme a tabela 2 (dados fornecidos pela empresa).

Tabela 2 – Informações sobre os corantes avaliados.

Corante	Azul Dianativo HFG
Nome	C.I.Reactive Blue 4,C.I.61205
Classificação	Corante Reativo
Estrutura molecular	Antraquinona
Fórmula molecular	$C_{23}H_{12}Cl_2N_6Na_2O_8S_2$
Massa molecular (g/mol)	681,39
Molécula	

Corante	Vermelho Dianacil M
Nome	C.I.Acid Red 18,C.I.16255
Classificação	Corante ácido
Estrutura molecular	Mono azo
Fórmula molecular	$C_{20}H_{11}N_2Na_3O_{10}S_3$
Massa molecular (g/mol)	604,48

Molécula



3.3 Determinação do ponto de carga zero do adsorvente

Avaliou-se o ponto de carga zero (pH_{PCZ}) do BioAdK de acordo com o descrito por Cunha (2014). Para tanto, foi preparada uma solução 1% do biossorvente em solução 0,1M de NaCl em diferentes condições de pH (2 a 9), sendo este ajustado com NaOH 0,1M ou HCl 0,1M. As soluções foram incubadas em agitador rotativo a 30°C e 50 rpm por 24 horas. Após este período, o material foi filtrado em papel filtro qualitativo e foi medido o pH do filtrado. Em seguida, foi plotado o gráfico de variação do pH versus pH inicial, sendo o pH_{PCZ} determinado pelo ponto onde ΔpH se iguala a zero. Este valor foi utilizado como referência para a determinação dos pH de estudo do processo de adsorção.

3.4 Avaliação dos comprimentos de onda de máxima absorção dos corantes utilizados e curva padrão para concentração de corante em solução

O comprimento de onda de máxima de absorção ($\lambda_{\text{máx}}$) pelos corantes utilizados foram determinadas fazendo uma análise de varredura de absorção em relação ao comprimento de onda, utilizando o espectrofotômetro visível GENESYS™ 10S. Então foi construída uma curva padrão, para cada corante em solução aquosa, relacionando a concentração de corante e a absorbância da respectiva solução. Foi montado um modelo linear para descrever a relação e ser aplicada nos cálculos das análises futuras.

3.5 Avaliação da adsorção de corantes em soluções aquosas

A adsorção dos corantes foi avaliada na forma de bateladas, em frascos de 50 ml contendo 5 ml de solução aquosa de corante e 0,05g de BioAdK, paralelamente foi incubado um tubo falcon contendo apenas 50 ml de solução de corante (tubo controle). Os frascos foram mantidos a 30°C e 50 rpm em banho agitado, sendo retiradas amostras após 0h, 4h, 24h, 48h e 118 horas de incubação. As alíquotas foram centrifugadas (4°C por 10 min. a 6400 x g) e determinada a absorbância no comprimento de onda máximo de cada um dos corantes estudados. O pH foi determinado em todos os tempos amostrados.

Os ensaios realizados utilizaram 3 concentrações iniciais de corantes, sendo elas 5, 12,5 e 20 ppm, em pH acima, abaixo e no pH_{PCZ}. A percentagem de remoção do corante (%RC) pelo BioAdK foi calculada pela equação 1.

$$\%RC = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \quad (1)$$

A quantidade de corante adsorvido no equilíbrio (q_e) foi calculado pela equação 2, sendo o ponto de equilíbrio o momento em que não se observa mais alterações na concentração do corante em solução.

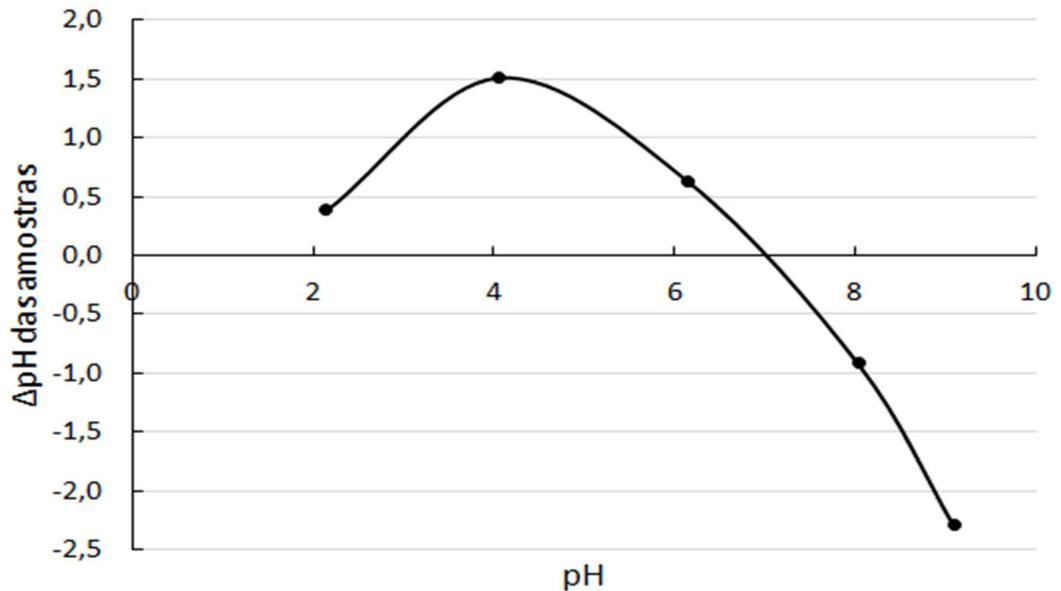
$$q_e = (C_i - C_f) \times \frac{V}{m} \quad (2)$$

Em que C_i e C_f são, respectivamente, as concentrações iniciais e finais da solução de corantes, V é o volume da solução de corantes e m é a massa de BioAdK utilizada nos ensaios.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Determinação do ponto de carga zero do Adsorvente

A Figura 5 apresenta o comportamento da variação do pH da solução 1% de BioADK após incubação em diferentes pHs iniciais. O ponto onde as cargas do adsorvente se neutralizam está indicado na figura como pH_{pcz}.

Figura 5 - Determinação do pH_{pcz} do BioADK.

Como o pH_{PCZ} foi estimado em 7,0, os ensaios de adsorção dos dois corantes ao BioADK foram realizados nos pHs 5,0, 7,0 e 9,0, em que a matriz estaria, respectivamente, positivamente carregada, com cargas neutralizadas e negativamente carregadas.

4.2 Comprimento de onda de máxima de absorção ($\lambda_{\text{máx}}$)

Foi realizada análise de varredura das absorbâncias das soluções dos corantes entre os comprimentos de onda 200 nm e 800 nm e determinou-se o comprimento de máxima absorção, os quais estão apresentados na tabela 3.

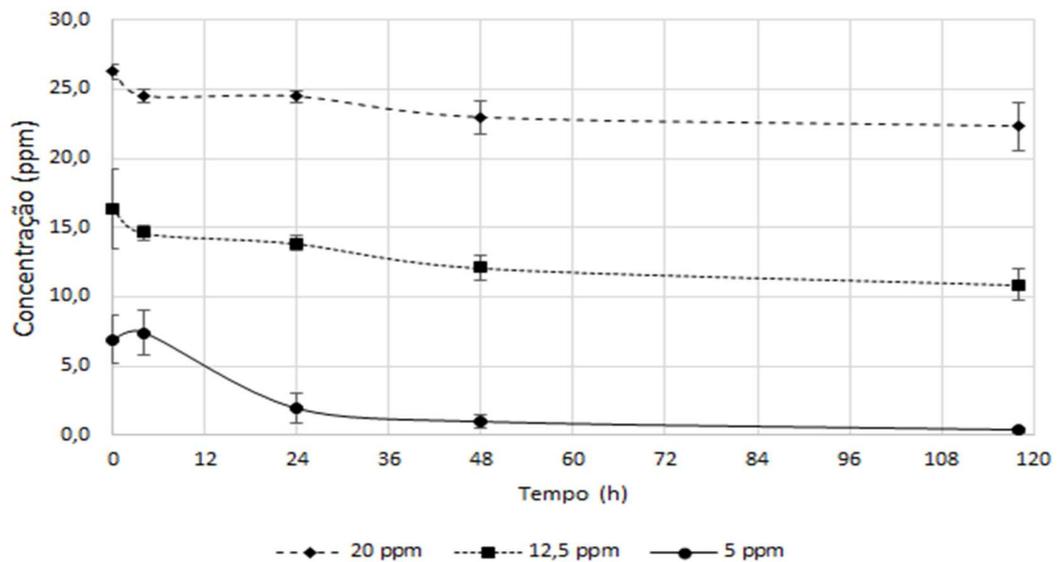
Tabela 3 – Comprimento de máxima adsorção dos corantes.

Corante têxtil	Comprimento de onda de máxima absorção (nm)
Vermelho Dianacil M	509
Azul Dianativo HFG	625

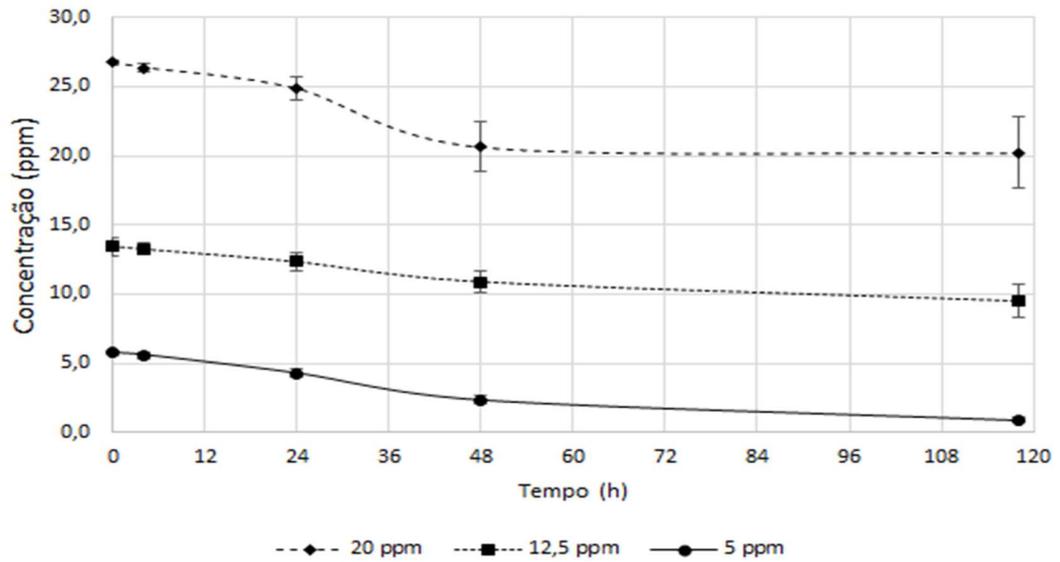
4.3 Ensaio de adsorção para o corante azul

Os ensaios de adsorção realizados com diferentes concentrações de corante (5ppm, 12,5 ppm e 20 ppm) e diferentes pHs iniciais (5,0, 7,0 e 9,0), para o corante azul, podem ser observados na Figura 6. Os controles foram omitidos, no entanto não houve variação significativa entre as concentrações dos corantes ao longo da incubação para todas as condições.

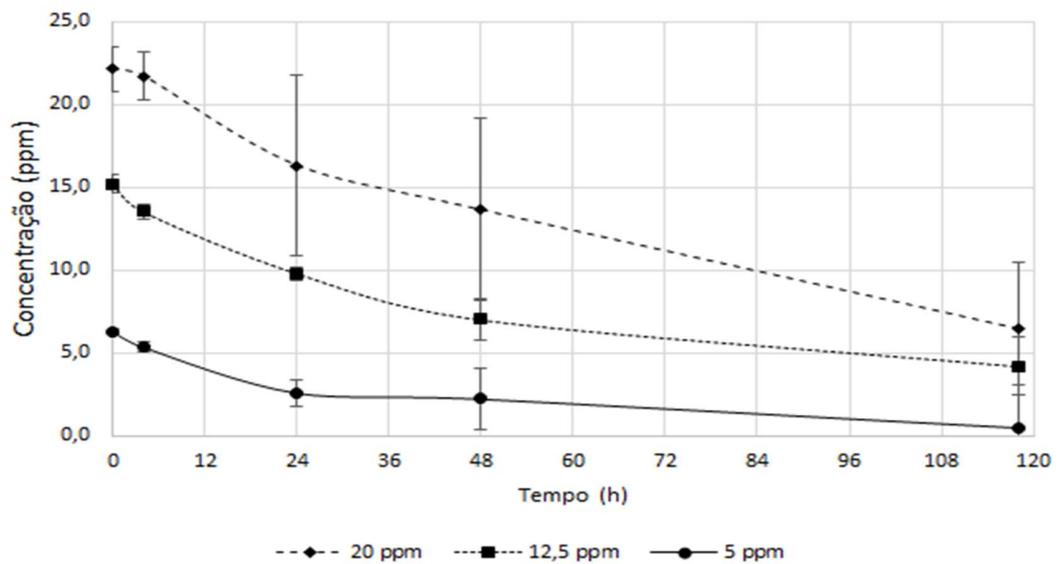
Figura 6 - Variação das concentrações de corante Azul Dianativo HFG nas soluções com diferentes concentrações iniciais do corante em (a) pH inicial 5 (b) pH inicial 7,0 e (c) pH inicial 9,0, ao longo do tempo de incubação.



(a)



(b)



(c)

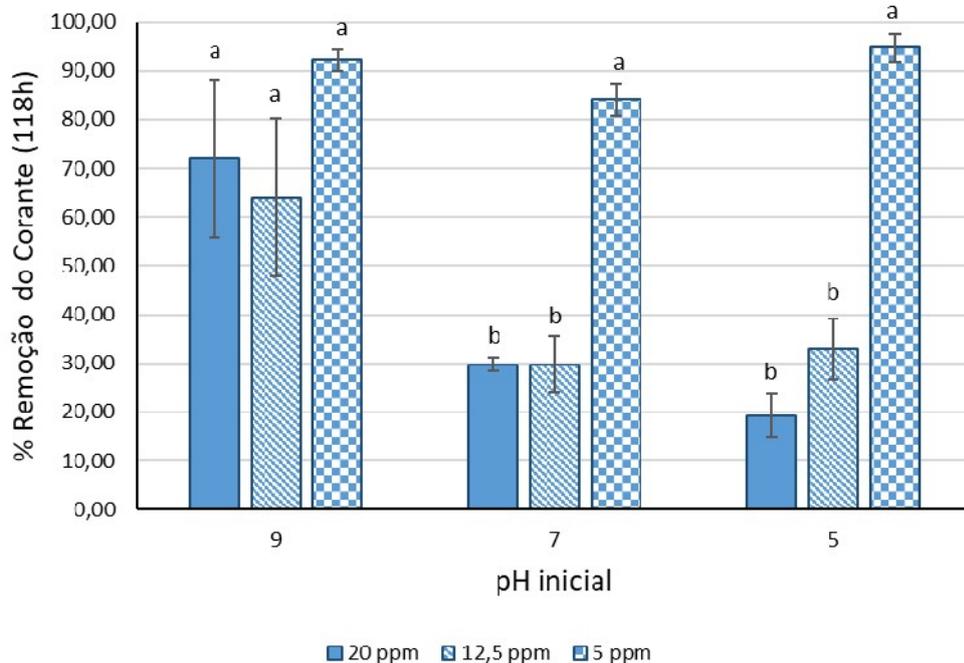
Observou-se que houve redução significativa, com 95% de significância (avaliadas pelo teste de Tukey), para as três concentrações da solução de corante azul incubadas por 118h com o BioADK em ph inicial 9,0.

As soluções de corante azul incubadas em pH 5,0 apresentaram as menores reduções do estudo, no entanto, ainda assim, houve diferença significativa (com 95% de confiança, avaliadas pelo teste de Tukey) entre os valores das concentrações finais (após 118h de incubação com o BioADK) e iniciais, indicando que mesmo nesta condição, ainda é possível adsorver parte do corante.

Para as soluções de corante azul com pH inicial de 7,0, o comportamento foi intermediário entre os resultados observados para o pH 9,0 e 5,0, sendo que após 118h de incubação, as concentrações observadas foram significativamente inferiores às iniciais, com 95% de confiança, avaliadas pelo teste de Tukey.

A Figura 7 apresenta a porcentagem de remoção do corante (%RC) da solução, após 118h de incubação com o BioADK.

Figura 7 - Porcentagem de Remoção do corante (%RC) Azul Dianativo HFG após 118 h de incubação com o BioADK (avaliados pelo teste de Tukey).



Letras iguais indicam que não há diferença significativa a 95% de confiança entre os ensaios.

Para as soluções com a menor concentração do corante (5 ppm) o valor do pH inicial da solução não apresentou influência significativa na %RC, sendo que esta ficou,

em média, em $90,3 \pm 5,5$ %. Para as concentrações de 20 ppm e 12,5 ppm, o comportamento da %RC em relação aos diferentes pHs foi estatisticamente igual, sendo observada maior %RC em pH 9,0 e esta redução foi significativamente (95% de confiança) superior às observadas em pH 7,0 e 5,0. Para a solução de 20 ppm a %RC em pH 9,0 foi de $72,0 \pm 16\%$.

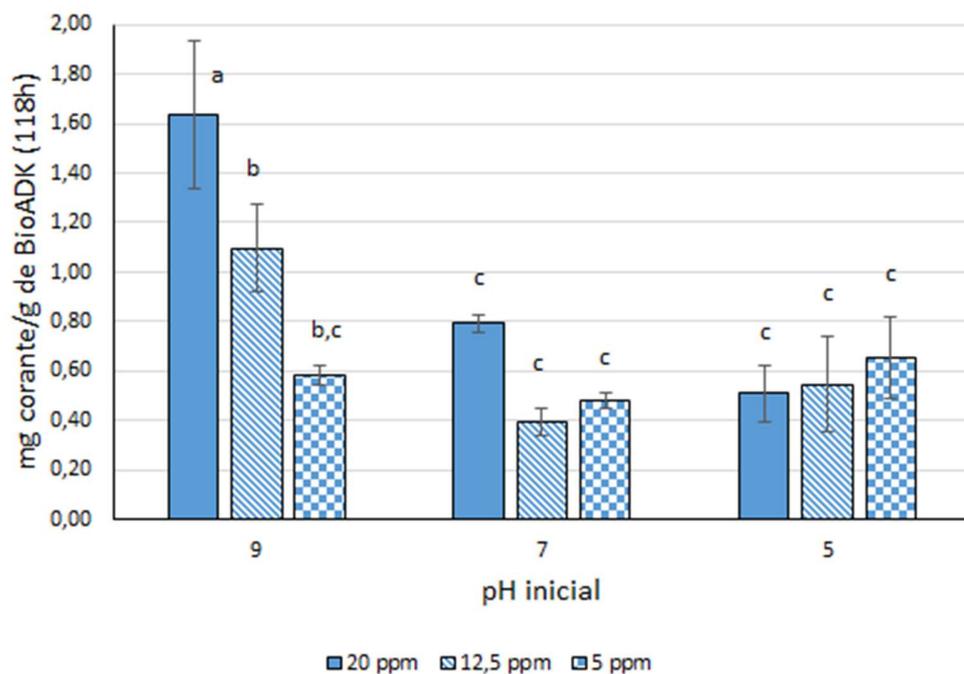
A Tabela 4 apresenta foto das soluções controle e após incubação de 118h para cada concentração e pH analisados.

Tabela 4 - Observação da coloração das soluções de corante Azul Dianativo HFG incubadas por 118h com o BioADK.

Concentração (ppm)	pH 9,0	pH 7,0		pH 5,0	
	Ensaio	Controle	Ensaio	Controle	Ensaio
20					
12,5					
5					

Com relação à quantidade de corante adsorvida no equilíbrio, avaliou-se todas as soluções após 118h de incubação, que, embora a concentração de corante na solução neste tempo ainda tenha sido diferente da anterior medida (48h), foi o maior tempo avaliado nestes ensaios. A figura 8 apresenta o q_e para cada condição experimental.

Figura 8 - Quantidade de corante Azul Dianativo HFG adsorvido por gramas de BioADK nas diferentes condições experimentais (avaliados pelo teste de Tukey).



Letras iguais indicam que não há diferença significativa a 95% de confiança entre os ensaios.

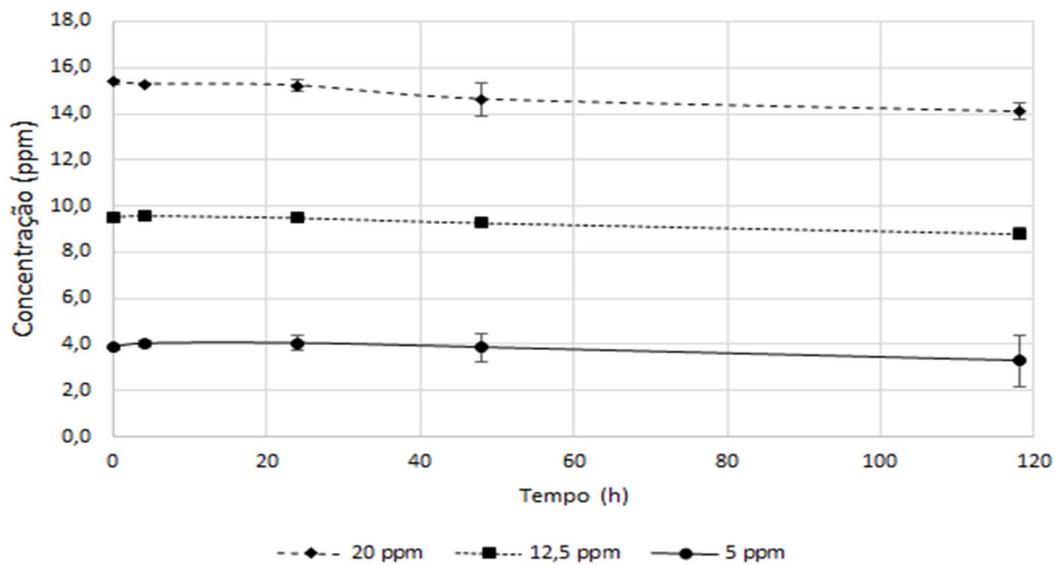
Para as soluções com pH inicial de 5,0 e 7,0 não foi observada diferença significativa, a 95% de confiança, entre o valor do q_e , estando este, em média, em $0,63 \pm 0,23$ mg de corante/g de BioADK. Os valores encontrados para o pH 9,0 foram superiores aos obtidos para os demais, mais especificamente ao se utilizar concentração inicial de corante de 20 ppm, em que o q_e foi de $1,64 \pm 0,30$ mg de corante/g de BioADK, corroborando para o resultado da %RC para este valor de pH. Mesmo para a concentração inicial de 12,5 ppm o valor obtido foi superior aos demais.

Desta forma, observa-se que este corante apresenta maior afinidade por adsorventes negativamente carregados.

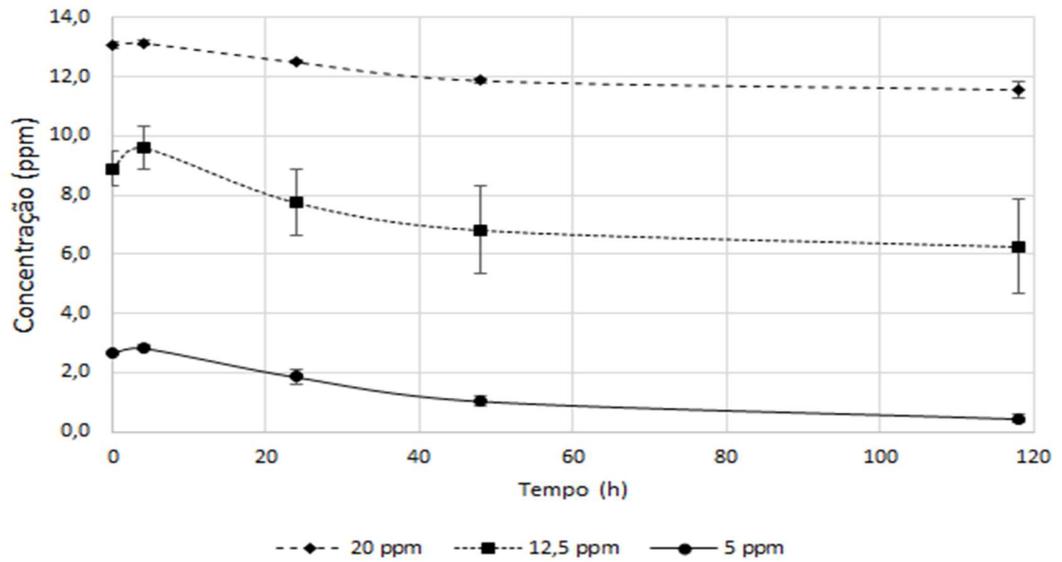
4.4 Ensaios de adsorção para o corante vermelho

Os ensaios de adsorção realizados com diferentes concentrações de corante (5ppm, 12,5 ppm e 20 ppm) e diferentes pHs iniciais (5,0, 7,0 e 9,0), para o corante vermelho, podem ser observados na figura 9. Os controles foram omitidos, no entanto não houve variação significativa entre as concentrações dos corantes em solução controle ao longo da incubação para todas as condições.

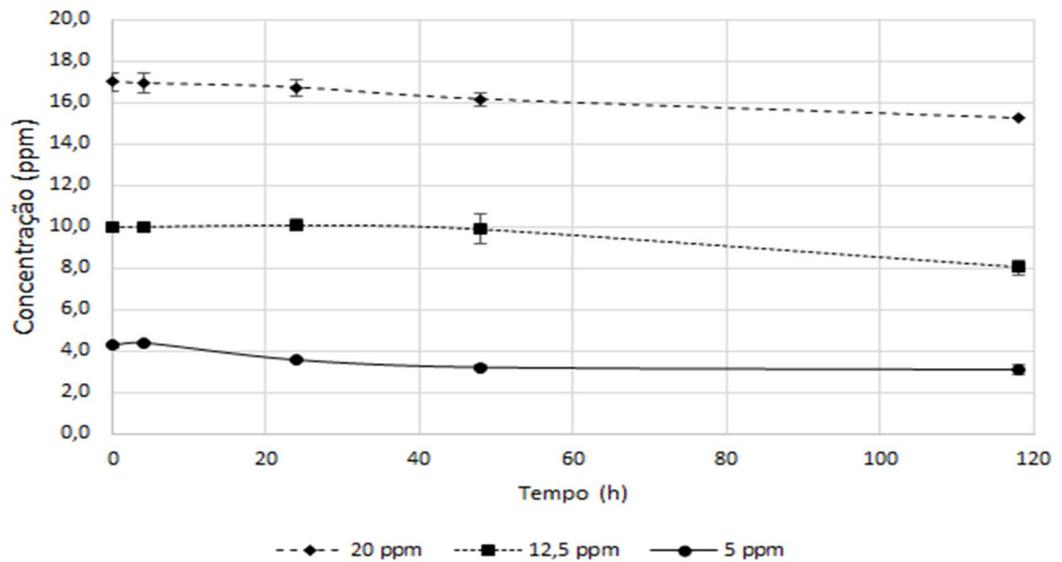
Figura 9- Variação das concentrações de corante Vermelho Dianacil M nas soluções com diferentes concentrações iniciais do corante em (a) pH inicial 5 (b) pH inicial 7,0 e (c) pH inicial 9,0, ao longo do tempo de incubação.



(a)



(b)



(c)

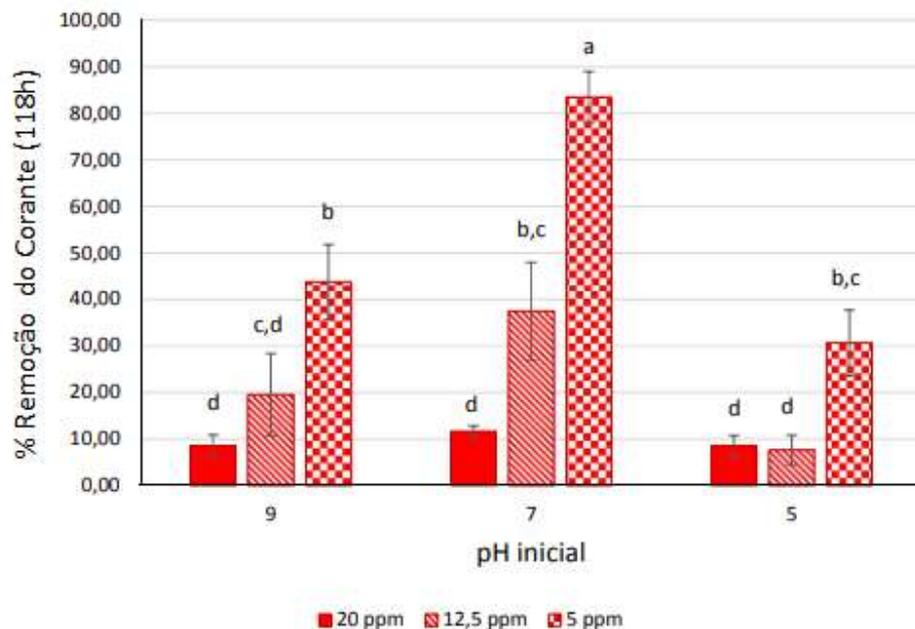
Observou-se que não houve redução significativa, com 95% de significância (avaliadas pelo teste de Tukey), para as três concentrações da solução de corante vermelho incubadas por 118h com o BioADK em ph inicial 9,0.

As soluções de corante vermelho incubadas em pH 5,0 apresentaram reduções significativas após 118h de incubação para as três concentrações avaliadas em relação ao tempo inicial.

Para as soluções de corante vermelho com pH inicial de 7,0, observou-se que para as concentrações de 12,5 ppm e 5 ppm apresentaram redução significativa, a 95% de confiança, na concentração do corante em solução após as 118h de incubação. Para a concentração superior não houve redução significativa na concentração do corante.

A Figura 10 apresenta a porcentagem de redução do corante (%RC) na solução, após 118h de incubação com o BioADK

Figura 10 - Porcentagem de Remoção do corante (%RC) Vermelho Dianativo M após 118 h de incubação com o BioADK (avaliados pelo teste de Tukey).



Letras iguais indicam que não há diferença significativa a 95% de confiança entre os ensaios.

Para as soluções com a menor concentração do corante (5 ppm) o valor de pH 7,0 da solução apresentou influência significativa na %RC sendo esta de $83,5 \pm 5,5\%$. Para as concentrações de 20 ppm e 12,5 ppm, o comportamento da %RC em relação aos diferentes pHs foi estatisticamente similar.

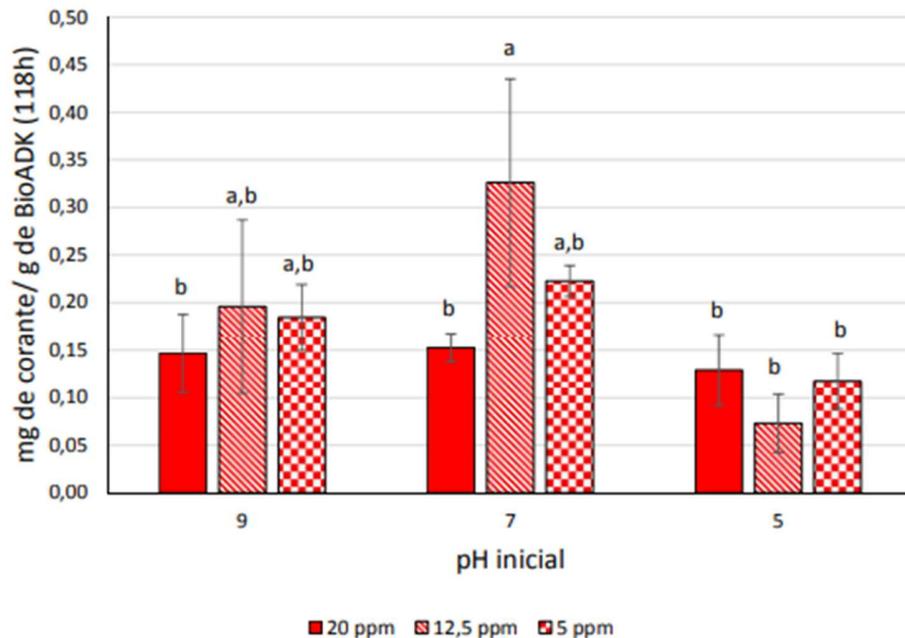
A Tabela 5 apresenta foto das soluções controle e após incubação de 118h para cada concentração e pH analisados.

Tabela 5 - Observação da coloração das soluções de corante Vermelho Dianativo M incubadas por 118h com o BioADK.

Concentração (ppm)	pH 9,0	pH 7,0		pH 5,0	
	Ensaio	Controle	Ensaio	Controle	Ensaio
20					
12,5					
5					

Com relação à quantidade de corante adsorvida no equilíbrio, avaliou-se todas as soluções após 118h de incubação, que, embora a concentração de corante na solução neste tempo ainda tenha sido diferente da anterior medida (48h), foi o maior tempo avaliado nestes ensaios. A Figura 11 apresenta o q_e para cada condição experimental.

Figura 11 - Quantidade de corante Vermelho Dianativo M adsorvido por g de BioADK nas diferentes condições experimentais (avaliados pelo teste de Tukey).

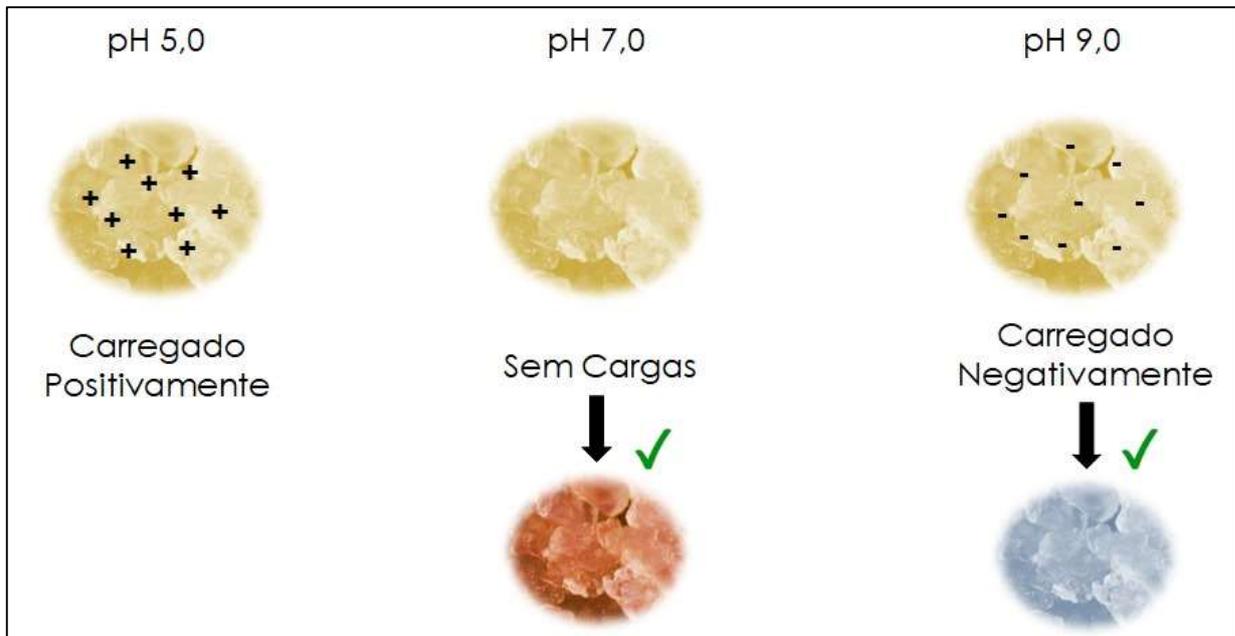


Letras iguais indicam que não há diferença significativa a 95% de confiança entre os ensaios.

Através da comparação entre as Figuras 8 e 11 observou-se que o corante Azul Dianativo HFG apresentou maior afinidade pela matriz adsorvente avaliada (BioADK), em especial em pH inicial básico. O corante Vermelho Dianacil M apresentou maior afinidade pelo BioADK em pH neutro, sendo que $0,33 \pm 0,11$ mg de corante foi adsorvido por g de BioADK, resultado cerca de 5 vezes inferior ao obtido para o corante azul.

Observa-se que os dois corantes interagem de formas diferentes com o adsorventes, uma vez que o corante vermelho foi adsorvido em condições de neutralidade de cargas dos grãos enquanto o corante azul isso ocorreu em pH básico, ou seja, com o adsorvente carregado negativamente, conforme ilustrado na figura 12.

Figura 12 - Reação do BioADK em diferentes pHs.



Fonte: Autor, 2021.

5. CONCLUSÃO

Conclui-se que os dois corantes foram adsorvidos pela matriz de polissacarídeo insolúvel presente nos grãos do Kefir de água sendo que a maior eficiência de remoção foi obtida para o corante Azul Dianativo HFG quando em condições básicas.

Como trabalhos futuros, sugere-se que sejam realizados ensaios utilizando solução tamponante, para deixar o pH do meio mais estável, podendo dessa forma melhorar a eficiência da remoção do corante têxtil. Desenvolver um sistema que seja contínuo utilizando o processo adsorção, considerando as propriedades físicas e químicas do adsorvente, e também uma possível regeneração do mesmo. E sobre o reaproveitamento dos efluentes gerados pela regeneração do adsorvente e quais as possíveis aplicações.

REFERÊNCIAS

A BÍBLIA. **Josué o novo líder**. Tradução de Antonio Carlos Frizzo. São Paulo: Paulus, 2014. 242 p. Velho e Novo testamento.

ALMEIDA, E.A. **Remoção de corantes de efluentes industriais utilizando hidrogéis**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão/PR, 2016.

ARDILA-LEAL, L.D.; POUTOU-PIÑALES, R.; PEDROZA-RODRIGUEZ, A.M.; QUEVEDO-HIDALGO, B.E. **A brief history of colour, the environmental impact of synthetic dyes and removal by using laccases**. *Molecules*, v.26, p. 3813 - 3853, 2021.

ARTIFON, S. E. S.; et al. **Adsorção de azul de metileno em hidrogéis de quitosana e hidrogéis compósitos de quitosana/magnetita**. Universidade do estado de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2018.

BLACKBURN, R. **Natural polysaccharides and their interactions with dye molecules: Applications in effluent treatment**. *Environ. Sci. Technol.*, v. 38, p. 4905 – 4909, 2004.

BLANDÓN, L.M.; ISLAN, G.A.; CASTRO, R.G.; NOSEDA, M.D.; SOCCOL, V.T.; SOCCOL, C.R. **Kefiranalginat gel microspheres for oral delivery of ciprofloxacin**. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, v. 145, p. 706 – 715, 2016.

BORGES, A. M. **Utilização do resíduo do processamento do camarão na adsorção de ânions**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, 2002.

CARDOSO, N.F. **Remoção do Corante Azul de Metileno de Efluentes Aquosos Utilizando Casca de Pinhão *in natura* e carbonizada como adsorvente**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/ RS, 2010.

CNI. **O setor têxtil e de confecção e os desafios da sustentabilidade**. Confederação Nacional da Indústria, Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção. Brasília: CNI, 2017, 102 p.

CRINI, G. **Recent developments in polysaccharide-based materials used as adsorbents in wastewater treatment.** Prog. Polym. Sci., v.30, pp. 38 – 70, 2005.

CUNHA, B.S. **Utilização de Biossorventes alternativos na remoção de corantes têxteis.** Trabalho de conclusão de curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira, Medianeira, SP, 2014.

DINIZ, G.F.D. **Emprego de fungos na descoloração e redução da toxicidade de corantes têxteis.** Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de São João Del Rei, Sete Lagoas, 2015.

ELISETE, M. **KEFIR é ótimo para o sistema imunológico!**. Disponível em: <<http://portalarcoiris.ning.com/group/vegetarianoporamor/forum/topics/kefir-e-otimo-para-o-sistema/>> Acessado em: 20 nov. 2017.

FELS, L.; JAKOB, F.; VOGEL, R.F.; WEFERS, D. **Structural characterization of the exopolysaccharides from water kefir.** Carbohydrate Polymers, v.189, p. 296-303, 2018.

FIORDA, F.A.; MELO PEREIRA, G.V., SOCCOLI, V.T. et al.. **Microbiological, biochemical, and functional aspects of sugary kefir fermentation - a review.** Food Microbiology, v. 66, p. 86-95, 2017.

GHASEMLOU, M.; KHODAIYAN, F.; OROMIEHIE, A.; YARMAND, M.S. **Development and characterisation of a new biodegradable edible film made from kefiran, an exopolysaccharide obtained from kefir grains.** Food Chemistry, v.127(4), pp. 1496 – 1502, 2011.

GUARATINI, C.C.I.; ZANONI, M.V.B. **Corantes têxteis.** Química Nova, v.23 (1), pp.71 -78, 2000.

HONORATO, A.C; MACHADO, J.M.; CELANTE, G.; BORGES, W.G.P., Dragunski, D.C., Caetano, J. **Biossorção de azul de metileno utilizando resíduos agroindustriais.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.19 (7), pp. 705 – 710, 2015.

JAIKUMAR, V.; RAMAMURTHI,V. **Effect of biosorption parameters kinetics isotherm and thermodynamics for acid green dye biosorption from aqueous solution by brewery waste**. International Journal of Chemistry, v. 1(1), pp. 2 – 12, 2009.

KEFIRDELEITE. (2020). **Kefir de água**. Disponível em: <<https://loja.kefirdeleite.com/produto/kefir-de-agua/>> Acessado em: 20 Dez. 2020.

KOOIMAN, P. **The chemical structure of kefirin, the water-soluble polysaccharide of the kefir grain**. Carbohydrate Research, v. 7, Issue 2, p.200 -2111, jun. 1968.

MAZZOLANI, C. (2020). **Efluentes da Indústria Têxtil**. Disponível em: <<https://www.foxwater.com.br/225/efluentes-da-industria-textil/>> Acessado em: 20 dez. 2020.

NASCIMENTO, R. F; et al. 2020. **Adsorção [livro eletrônico]: aspectos teóricos e aplicações ambientais**. E-book. 2. ed. Fortaleza: Imprensa Universitária, Estudos da pós-graduação, 4749 Kb : il. Color, PDF.

PAIVA, I. M. (2013). **Caracterização estrutural e avaliação da capacidade imunomodulatória de exopolissacarídeos produzidos por lactobacilos isolados de kefir (Dissertação de mestrado)**. Universidade Estadual de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

PAIVA, I.M.; et al. 2016. **Lactobacillus kefiranofaciens and Lactobacillus satsumensis isolated from Brazilian kefir grains produce alpha-glucans that are potentially suitable for food applications**. LWT - Food Science and Technology 72 (2016), p. 390 - 398.

PURNHAGEN, G.; et al. **Análise da eficiência de adsorção de corantes têxteis por carvão ativado obtido do mesocarpo da flor de abril (*Dillenia Indica L.*)**. Projeto final de Iniciação Científica. Instituto Federal Catarinense – Campus Araquari, Araquari/SC, 2016.

RIVIÉRE, L.; KOOIMAN, P. & SCHMIDT, K. **Kefiran, um novo polissacarídeo produzido no grão de kefir por *Lactobacillus brevis***. *Archiv. Mikrobiol.* 59, 269–278 (1967). <https://doi.org/10.1007/BF00406340>.

SANTOS, F. L.; SILVA, E. O ; BARBOSA, A. O ; SILVA, J. O . **Kefir: uma nova fonte alimentar funcional?**. *Diálogos & Ciência (Online)*, v. 10, p. 1-16, 2012

SANTOS, J. P. V. **Avaliação da microbiota de grãos de kefir e atividade inibidora da bebida sobre algumas bactérias patogênicas**. 2008. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

SILVA, A.T. **Influência da temperatura na adsorção do corante azul de metileno utilizando serragem de *Pinus Elliottii* como um adsorvente alternativo: um modelo para o tratamento de efluentes têxteis**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2005.

SILVA, M.C. **Degradação de corantes e remediação de efluentes têxteis por extrato bruto de peroxidase de nabo**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2011.

SILVA, N. F. **ISOLAMENTO, ENUMERAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO PRELIMINAR DE LEVEDURAS DE GRÃOS DE KEFIR**. *Acervo de Iniciação Científica*, v.2, p. 1- 14, 2013.

TEODORO, F.S. **Adsorção de metais e corantes em celulose modificada com anidrido trimelítico**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, 2015.

VENEU, D. M. **Tratamento de soluções aquosas contendo zinco, cobre e cádmio por processo combinado de bioadsorção/bioflotação**. Dissertação de mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

VOLPI, G. **Pollution Abatement of Heavy Metals in Different Conditions by Water Kefir Grains as a Protective Tool against Toxicity.** International Journal of Chemistry, Article ID 8763902, p.10, 2019.

ZANIRATI, D. F. **Caracterização de bactérias lácticas da microbiota de grãos de kefir cultivados em leite ou água com açúcar mascavo por metodologias dependentes e independentes de cultivo.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG, jul. 2012.

ZANONI, M.B.; YAMANAKA, H. **Corantes: caracterização química, toxicológica, métodos de detecção e tratamento.** 1 ed. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2016.

ANEXO

(Folha de Aprovação do Aluno)

FORMULÁRIO N.º 13/2021 - CBEB-AVR/DAE-AVR/DRG-AVR/IFSP

FOLHA DE APROVAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

IDENTIFICAÇÃO DO(A) ALUNO(A)

Nome: Mayara Alcides

Título: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE APLICAÇÃO DE POLISSACARÍDEO INSOLÚVEL DE KEFIR COMO BIOADSORVENTE DE CORANTES TÊXTEIS.

Curso: Bacharelado em Engenharia de Biosistemas

BANCA EXAMINADORA

Nome: Adria de Sousa Bentes

Instituição/Departamento: IFSP - Câmpus Capivari

Nota: **9,8** **Julgamento:** (x) Aprovado () Reprovado

Assinatura: [assinado eletronicamente]

Nome: Gustavo Pio Marchesi Krall Ciniciato

Instituição/Departamento: IFSP - Câmpus Avaré

Nota: **8,1** **Julgamento:** (x) Aprovado () Reprovado

Assinatura: [assinado eletronicamente]

Nome: Marcela Pavan Bagagli

Instituição/Departamento: IFSP - Câmpus Avaré

Nota: **9,8** **Julgamento:** (x) Aprovado () Reprovado

Assinatura: [assinado eletronicamente]

RESULTADO FINAL

Como parte das exigências para conclusão do Curso de Engenharia de Biosistemas, o candidato(a)/aluno(a), em sessão pública, foi considerado **Aprovada** pela Comissão Examinadora, com média final **9,2**.

Avaré, 26 de novembro de 2021.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Marcela Pavan Bagagli, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 26/11/2021 13:41:00.
- **Adria de Sousa Bentes, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 26/11/2021 14:19:59.
- **Gustavo Pio Marchesi Krall Ciniciato, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 30/11/2021 16:55:01.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 25/11/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifsp.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 262293

Código de Autenticação: 93c6213b06



FORMULÁRIO N.º 13/2021 - CBEB-AVR/DAE-AVR/DRG/AVR/IFSP

via IFSP, 2ª via do(a) Aluno(a), 3ª via do(a) Co-orientador(a)
Jras"

"Este documento não contém