

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO
GROSSO
CAMPUS CUIABÁ - BELA VISTA
DEPARTAMENTO DE ENSINO**

WISLIANE DO NASCIMENTO PINTO

**TRATAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTE DE INDÚSTRIA DE ARROZ
PARBOILIZADO COM O USO DE BIOSSORVENTES COMO AUXILIARES DE
FLOCULAÇÃO**

**Cuiabá
2018**

BACHARELADO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

WISLIANE DO NASCIMENTO PINTO

**TRATAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTE DE INDÚSTRIA DE ARROZ
PARBOILIZADO COM O USO DE BIOSSORVENTES COMO AUXILIARES DE
FLOCULAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Campus Cuiabá - Bela Vista para obtenção de título de graduado, orientado pelo Prof^o Dr. Josias do Espírito Santo Coringa e Co-orientação da Prof^a Dra. Elaine de Arruda Oliveira Coringa

**Cuiabá
2018**

Divisão de Serviços Técnicos. Catalogação da Publicação na Fonte. IFMT Campus Cuiabá Bela Vista

Biblioteca Francisco de Aquino Bezerra

P659t

Pinto, Wisliane do Nascimento

Tratamento de água e efluente de indústria de arroz parboilizado com o uso de biossorventes como auxiliares de floculação. / Wisliane do Nascimento Pinto. _ Cuiabá, 2018.

42 f.

Orientador: Prof. Dr. Josias do Espírito Santo Coringa

Coorientadora: Prof. Dr^a. Elaine de Arruda Oliveira Coringa

TCC (Graduação em Engenharia de Alimentos). Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso.

1. Jar-Test – TCC. 2. Turbidez – TCC. 3. Vegetais – TCC. I. Coringa, Josias do Espírito Santo. II. Coringa, Elaine de Arruda Oliveira. III. Título.

IFMT CAMPUS CUIABÁ BELA VISTA CDU 628.16
CDD 628.35

WISLIANE DO NASCIMENTO PINTO

**TRATAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTE DE INDÚSTRIA DE ARROZ
PARBOILIZADO COM O USO DE BIORSORVENTES COMO AUXILIARES DE
FLOCULAÇÃO**

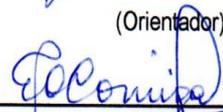
Trabalho de Conclusão de Curso em BACHARELADO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS, submetido à Banca Examinadora composta pelos Professores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso Campus Cuiabá Bela Vista como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Graduado.

Aprovado em: 23/11/2018



Prof. Dr. Josias do Espírito Santo Coringa.

(Orientador)



Profª Dra. Elaine de Artuda Oliveira Coringa

(Co-orientadora)



Profª. Dra. Daryne Lu Malgonado Gomes da Costa

(Membro da Banca)

Cuiabá

2018

DEDICATÓRIA

*A minha mãe Ana Lúcia do Nascimento e
minha irmã Wislaine do Nascimento por
todo apoio e força que me ofereceram ao
longo desta caminhada.*

AGRADECIMENTOS

Deus, o único digno de toda Honra e Glória, que me ouviu nos momentos difíceis e me concedeu força, sabedoria e saúde para superar as dificuldades que encontrei durante essa caminhada. **GRATIDÃO!**

Agradeço à minha família, meus pais e minha irmã pelo apoio, incentivo, dedicação e pela compreensão do tempo de convívio muitas vezes sacrificado para realização deste trabalho.

Ao meu pai Jose Isaias (in memoriam), que infelizmente não pode estar presente neste momento, mas que não poderia deixar de dedicar a ele, pois sempre me apoiou e nunca desistiu dos meus sonhos. Saudades eternas!

A minha mãe pela grande sabedoria, paciência e principalmente por acreditar em mim, possibilitando a concluir mais esta etapa da minha vida.

A minha irmã pelas palavras de encorajamento, apoio e pelas orações!

Aos meus orientadores Prof^o Dr^o Josias Coringa e Prof^a Dr^a Elaine Coringa, pela disponibilidade, incentivo, paciência, confiança, correções, ensinamento e apoio que foram fundamentais durante o curso e desenvolvimento deste trabalho.

A Aurélia Araújo, Aryadne Karoline, Beatriz Amorim, Jessica Carvalho, Jaqueline Gomes, Patrícia Piereti e Thays Karoline pela paciência, ajuda, alegria e tristeza compartilhada durante esses anos. Sou muito grata ao Senhor pela vida de cada uma de vocês.

Ao IFMT – Campus Cuiabá - Bela Vista pela disponibilização dos laboratórios. E a todos os professores que fizeram parte da minha história acadêmica.

Muito obrigada!

“O grau mais elevado da sabedoria humana é saber adaptar o seu caráter às circunstâncias e ficar interiormente calmo apesar das tempestades exteriores”

(Daniel Defoe)

RESUMO

O processamento de arroz parboilizado necessita de grande quantidade de água tendo como consequência a geração de efluentes rico em nutriente e matéria orgânica, que muitas vezes utilizam produtos químicos, principalmente nas etapas de coagulação e floculação, portanto, são métodos que requerem alto investimento, além de produzirem resíduos ambientalmente indesejáveis. Uma solução técnica e economicamente viável é a bioissorção, definida como um processo em que se utiliza biomassa vegetal na remoção de contaminantes e poluentes de um líquido. Esta pesquisa teve por objetivo avaliar eficiência dos bioissorventes em tratamento de efluente de uma indústria de arroz parboilizado, utilizados como coadjuvantes de floculação, através do ensaio Jar-Test. Para tanto, foram preparadas farinhas de coco verde (mesocarpo), banana (casca), quiabo e pequi (polpa) a partir da secagem em estufa (60°C) e trituração em moinho de bolas. Para análises físico-química foram determinados o pH no ponto de carga zero (pHPCZ), pH, cinzas, acidez Titulável e carboidratos. Os ensaios coagulação/floculação foram realizados com coagulantes com emprego dos quatros bioissorventes em concentrações variadas, utilizando equipamento Jar-Test (Policontrol) e efluente de arroz parboilizado e água como amostra, por fim foi avaliada a eficiência em relação a redução da turbidez do efluente e água e os parâmetros de pH, condutividade e sólidos totais, bem como a dosagem ótima do bioissorvente. De acordo com os resultados obtidos neste estudo pode-se concluir que, a aplicação das frutas e vegetais como bioissorventes para tratamento do efluente gerado no beneficiamento de arroz não é uma alternativa eficiente, pois não apresentou bom desempenho na alteração dos parâmetros analisados, porém através dos resultados obtidos para o tratamento de água, observou-se que o bioissorventes estudados apresentaram ótimo desempenho quando empregado em tratamento de água.

Palavra-chave: Jar-Test; Turbidez; Vegetais.

ABSTRACT

Processing of parboiled rice requires a large amount of water resulting in the generation of effluents rich in nutrients and organic matter which often use chemicals, mainly in the steps of coagulation and flocculation, therefore, are methods that require high investment, in addition to producing environmentally undesirable residues. A technically and economically feasible solution is biosorption, defined as a process in which plant biomass is used in the removal of contaminants and pollutants from a. The objective of this research was to evaluate the efficiency of biosorbents in effluent treatment of a parboiled rice industry used as flocculation coadjuvants, through the Jar-Test assay. For this purpose, flours of green coconut (mesocarp), banana (bark), okra and pequi (pulp) were prepared from oven drying (60°C) and ball milling. For physicochemical analysis, the pH at the zero load point (pHPCZ), pH, ash, titratable acidity and carbohydrates. The coagulation / flocculation assays were performed with Coagulant using the four biosorbents in varying concentrations, using Jar-Test (Policontrol) equipment and parboiled rice effluent and water as sample, the efficiency in relation to the reduction of turbidity of the effluent and water and the parameters of pH, conductivity and total solids, as well as the optimum dosage of the biosorbent were evaluated. According to the results obtained in this study, it can be concluded that the application of fruits and vegetables as biosorbents to treat the effluent generated in rice processing is not an efficient alternative, because it did not present good performance in the removal of analyzed parameters, but through the results obtained for the treatment of water, it was observed that the biosorbents studied presented excellent performance when used in water treatment.

Keywords: Jar-Test; Turbidity; Vegetables.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma do processo de Beneficiamento do arroz parboilizado.....	19
Figura 2. Localização da empresa em estudo.	25
Figura 3. Coleta de água no Rio Coxipó.....	26
Figura 4. Aparelho Jar-test.....	27
Figura 5. Gráficos do PCZ do biossorvente em solução salina em variadas concentrações de H ⁺ e OH ⁻ (pH 1 a 12). (a) Quiabo; (b) Coco verde; (c) Pequi; (d) casca de banana.....	31
Figura 6. Gráfico com os valores de turbidez obtido no ensaio de coagulação	32
Figura 7. Gráfico com os valores de pH obtido no ensaio de coagulação.	33
Figura 8. Gráfico dos parâmetros analisados no ensaio de coagulação- (a) Condutividade elétrica e (b) sólidos totais dissolvidos.....	34
Figura 9. Gráfico com os valores de turbidez obtido no ensaio de coagulação	36
Figura 10. Gráfico com os valores de pH obtido no ensaio de coagulação.	37
Figura 11. Gráfico com os valores de condutividade obtido no ensaio de coagulação.	37
Figura 12. Gráfico com os valores de sólidos toais dissolvidos obtido no ensaio de coagulação	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

EC – Condutividade Elétrica

ETA- Estação de tratamento de água

ETE- Estação de Tratamento de Efluente

mg/L – Miligrama por litro

UNT- Unidade Nefolometrica de Turbidez

PAC – Policloreto de Alumínio

PCZ- Ponto de Carga Zero

pH- Potencial Hidrogeniônico

TDS- Sólidos Totais Dissolvido

$\mu\text{S/cm}$ - microsiemens por centímetro

$\%E_{RT}$ - Eficiência da redução da turbidez

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização do efluente bruto de uma indústria de beneficiamento de arroz parboilizado	20
Tabela 2. Determinação físico-química dos biossorventes.....	29
Tabela 3. Análises físico-químicas da água bruta e tratada com coagulante primário Sulfato de alumínio.	32
Tabela 4. Análises físico-químicas do efluente bruto e tratado com coagulante primário (PCA 110).	35

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1. Biossorventes	16
2.2. Arroz	17
2.2.1. Tipos de Arroz	17
2.2.2. Arroz Parboilizado	18
2.3. Efluente gerado.....	19
2.3.1. Tratamento de efluente do beneficiamento do arroz parboilizado	20
2.3.2. Tratamento físico-químico	21
2.3.3. Coagulação/Floculação	21
2.3.4. Decantação	22
2.3.5. Coagulantes	22
2.4. Jar-Test.....	22
2.5. Potencial Hidrogeniônico – pH	22
2.6. Turbidez.....	23
3. MATERIAL E MÉTODOS – METODOLOGIA	24
3.1. Obtenção e preparação dos biossorventes	24
3.2. Análise eletroquímica: determinação do ponto de carga zero (pcz)	24
3.3. Análises de caracterização físico-química dos biossorventes	24
3.4. Local de estudo- efluente e coleta.....	25
3.5. Coleta de Amostra de água.....	25
3.6. Caracterização do efluente e água bruto.....	26
3.7. Determinação da dosagem ótima do coagulante	27
3.8. Testes com os Biossorvente	28
3.9. Caracterização da água e do efluente tratado.....	28
3.9.1. Determinação da Eficiência da Redução de Turbidez da Água Bruta ...	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
4.1. Caracterização físico-química dos biossorventes.....	29
4.2. Determinação do ponto de carga zero (pcz).....	30
4.3. Ensaio para escolha da dosagem de Sulfato de Alumínio.....	31
4.4. Caracterização da água tratada com emprego de biossorventes	32
4.5. Ensaio para escolha da dosagem de policloreto de alumínio (PCA 110).....	34

4.6. Caracterização do efluente tratado com biossorventes	35
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
6. REFERÊNCIAS	40

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a questão ambiental tornou-se um dos grandes temas que repercutem no cenário internacional, trazendo como consequência a estruturação do setor ambiental dentro do setor administrativa do Estado Brasileiro. O parque industrial do País, ao modernizar-se, trouxe cenários que utilizam novas tecnologias não agressivas ao meio ambiente, que fabricam produtos limpos e adotam práticas gerenciais novas para o controle da poluição.

Tendo em vista o impacto ambiental causado pelos resíduos gerados pelo setor produtivo, orgânicos e inorgânicos, no Estado de Mato Grosso, a existência de poucos trabalhos dedicados ao tratamento de efluentes de indústrias de arroz parboilizado bem como a destinação final destes resíduos, há necessidade da implantação de metodologias ecologicamente viáveis e tratamento segundo normas técnicas vigentes e com base tecno-científica.

A indústria de beneficiamento de arroz necessita de grande quantidade de água na etapa de parboilização e limpeza dos fornos, tendo como consequência uma geração de efluentes rico em nutriente e matéria orgânica que muitas vezes são lançados ao corpo receptor sem nenhum tratamento, causando um grande impacto ambiental

Vários estudos têm sido realizados com o intuito de melhorar os métodos de tratamentos de águas e efluentes existentes, aliando a eficiência e a minimização das concentrações de produtos químicos utilizados, principalmente nas etapas de coagulação e floculação.

Nos processos de tratamento de água e efluentes geralmente são utilizados sais de alumínio e ferro na coagulação e floculação. Entretanto, tais métodos requerem alto investimento, além de produzirem resíduos ambientalmente indesejáveis. Uma solução técnica e economicamente viável é a biossorção, definida como um processo em que se utiliza biomassa vegetal na retenção, remoção ou recuperação de contaminantes e poluentes de um líquido.

No presente trabalho foram utilizadas águas de rio e efluente de uma indústria de beneficiamento de arroz e teve por finalidade avaliar a eficiência de diferentes biossorventes (casca da banana, quiabo, mesocarpo do pequi e a fibra do coco) no tratamento de água e do efluente, através do ensaio Jar-Test.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Questões ambientais vêm chamando atenção mundial para preservação e controle ambiental, com isso a busca por novos métodos e alternativas que possuam baixo custo e alta eficiência estão sendo estudados. As indústrias são as que mais causam impactos ambientais, a descoberta de Biossorvente para o tratamento de águas residuárias, vem ganhando força, pois seu custo é baixo e há em abundância, e por atender aos conceitos de sustentabilidade, pois é um material biodegradável e sustentável.

2.1. Biossorventes

De acordo com VAGHETTI (2009) o termo Biossorvente engloba toda a biomassa, seja ela ativa (com atividade metabólica) ou inativa (sem atividade metabólica). Todos os biossorventes são oriundos de alguma forma biológica, como vegetais, crustáceos, microrganismos e animais.

Quando de forma ativas são utilizadas como biossorventes os sistemas de remoção de íons metálicos se tornam mais complexos envolvendo rotas metabólica de bioacumulação. Já a remoção de íons metálicos por massas inativas, como resíduos agrícolas, é estabelecida por processo físico e químicos ocorridos entre adsorventes e adsorvatos (VOLESKY; NAJA, 2005).

Biossorventes são compostos principalmente por macromoléculas como substâncias húmicas, lignina, celulose, hemicelulose, proteínas e pectina. Essas macromoléculas apresentam grupos funcionais tais como tiol (-SH), sulfato (-OSO₃H), carbonila (>C=O), carboxil (-COOH), amina (-NH₂), amida (-CONH₂), hidroxil (-OH). Esses grupos funcionais são determinados como os principais sítios ativos para sorção de íons metálicos, sendo os átomos de oxigênio, nitrogênio e enxofre os ligantes, devido à capacidade de doação de um par de elétrons. Assim, a sorção de íons metálicos envolvendo mecanismos de complexação e troca iônica é possível (MCKAY, 1996)

O presente trabalho avaliou-se aplicação de frutas e vegetais como fibra de coco verde (mesocarpo), banana verde (casca), quiabo e pequi (polpa) como adsorvente.

Resíduos de frutas e vegetais produzidos em grande quantidades pelas indústrias de processamento de alimentos e agricultura muitas vezes causam

incômodo em aterros municipais. A biossorção por esses adsorventes à base de resíduos pode ser usada como uma técnica econômica e eficiente para a remoção de metais pesados tóxicos e corantes das águas residuais (PATEL, 2012).

O uso desses biossorventes serviram como coagulantes auxiliares que irá potencializar as reações de coagulações e a formações de flocos, que consequentemente reduzirá os gastos com produtos químicos que são geralmente utilizado sozinho como coagulante primário, diminuirá o volume de lodo gerado e aumentará a eficiência de remoção de cor, turbidez ou carbono orgânico total da água (DI BERNARDO, *et al.*, 2003).

Recentemente, muitos trabalhos vem estudando o uso viável desses biossorventes para descontaminação de água, tratamento de efluentes industriais e agrícolas e recuperação de metais. Os adsorventes orgânicos à base de resíduos, caracterizados por boa capacidade de absorção e cinética rápida, são esperados para serem econômica e ecologicamente viáveis (PATEL,2012)

2.2. Arroz

O arroz (*Oryza sativa*) é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo, o arroz teve sua origem na Ásia, mais precisamente na China, já no Brasil, o arroz foi introduzido pela frota de Pedro Álvares Cabral, porém, só passou a ser cultivado após o ano de 1530, na Capitania de São Vicente. (WALTER *et. al.*, 2008).

O arroz é composto principalmente por amido, apresentando concentrações menores de proteínas, lipídios, fibras e cinzas. Portanto, a sua composição está diretamente ligada a variedades, variações ambientais, de manejo, de processamento e de armazenamento. As camadas externas contêm maiores quantidades de proteínas, lipídios, fibra, minerais e vitaminas, sendo o seu centro rico em amido (GARCIA, 2009).

2.2.1. Tipos de Arroz

A classificação do arroz é feita em relação ao grupos, subgrupos, classes e tipos. De acordo com AMATO (2007) os tipos de arroz levam oficialmente o nome de subgrupos: Integral, Polido e Parboilizado. Portanto neste estudo iremos nos atentar apenas com parboilizado, pois é do seu beneficiamento que se gera maior

quantidade de efluentes, e conseqüentemente maiores impactos para meio ambiente.

2.2.2. Arroz Parboilizado

A palavra “parboilizado” é derivado termo inglês parboiled, oriundo da aglutinação de partial + boiled, ou seja, cozido parcialmente. O processo de parboilização consiste em um tratamento hidrotérmico do arroz com a casca, antes das etapas de descascamento e polimento. O arroz parboilizado ao ser beneficiado, apresentam uma coloração amarela e maior concentração de proteínas, minerais e vitaminas (GARCIA, 2009).

O processamento do arroz parboilizado se diferencia basicamente em três etapas, o encharcamento, onde o grão de arroz ainda com a casca, passa pela etapa de classificação e lavagem, para em seguida ser colocados em tanques com água, na faixa de 60° C a 70°C, por um certo período, é nesta etapa que os nutrientes contidos na película e germes se solubilizam em direção ao interior do grão. A segunda etapa é a gelatinização do amido, o arroz ainda úmido é submetido a uma temperatura elevada, em contato com vapor e sob pressão, provocando modificações na estrutura do amido. A secagem é a terceira etapa utilizada para que esse arroz possa ser classificado como parboilizado, que tem como objetivo diminuir a umidade para obter um produto final de boa conservação (MIGUELIS,2012).

A figura 1 apresenta o fluxograma do processo de beneficiamento do arroz parboilizado, destacando o ponto em que há maior geração de efluente.

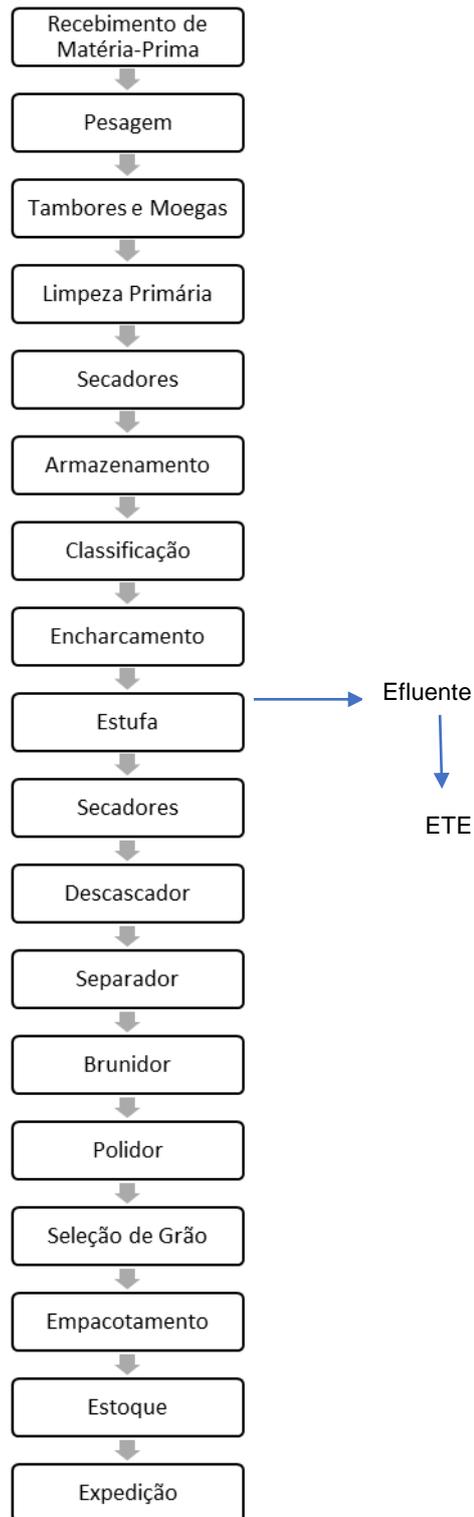


Figura 1. Fluxograma do processo de Beneficiamento do arroz parboilizado.
Fonte: Possamai DELLA, 2006.

2.3. Efluente gerado

A indústria de beneficiamento de arroz necessita de grande quantidade de água na etapa de encharcamento e limpeza dos fornos, gerando uma grande

quantidade de efluente com alto níveis da DQO, DBO, sólidos, pH ácido e com temperatura altas, que muitas vezes são lançados aos corpos receptores sem nenhum tratamento, causando um grande impacto ambiental. As características desse efluente fazem com que se tenha a necessidade de um tratamento eficaz, porém muitas vezes tratamento para esse tipo de efluente acabam sendo economicamente inviáveis, dificultando a implantação nas empresas (AMATO,2002).

A tabela 1 apresenta os resultados da caracterização do efluente bruto segundo Milanesi (2003).

Tabela 1. Caracterização do efluente bruto de uma indústria de beneficiamento de arroz parboilizado

Parâmetro	Unidade	Resultados	Mínimo Detectável
pH		6,5	0,1
DQO	(mg.L ⁻¹)	8016,4	0,5
DBO ₅	(mg.L ⁻¹)	4277	1,0
Fósforo Total	(mg.L ⁻¹)	152,0	0,1
Nitrogênio Total	(mg.L ⁻¹)	151,5	0,1
Sólidos Totais	(mg.L ⁻¹)	7587	1,0
Sólidos Totais Voláteis	(mg.L ⁻¹)	2612	1,0
Sólidos Dissolvidos	(mg.L ⁻¹)	2436	1,0
Sólidos Dissolvidos Voláteis	(mg.L ⁻¹)	894	1,0

Fonte: Milanesi (2003)

2.3.1. Tratamento de efluente gerado no beneficiamento do arroz parboilizado

De acordo com Nunes (2004) para se definir qual tipo tratamento (físico-químico ou biológico), a DQO e a DBO devem ter certo nível de diferença entre si: quando a DQO apresentar valores menor que o dobro da DBO, o método mais indicado é o tratamento biológico, pois grande parte da matéria orgânica é biodegradável, porém quando DQO for três a quatro vezes maior que a DBO, provavelmente que grande parte da matéria orgânica não seja biodegradável, sendo o processo físico-químico mais indicado. Neste estudo, optou-se por testar tratamento físico-químico, por ser um efluente de alto nível de DQO.

2.3.2. Tratamento físico-químico

O processo de tratamento físico-químico de efluente consiste no processo de remoção de sólidos presentes em efluentes e precipitação dos mesmos por meio da introdução de produtos químicos coagulantes, seguido de uma mistura rápida para dispersá-los e posteriormente uma mistura lenta para a formulação dos flocos sedimentáveis, no caso por meio de um equipamento denominado jar test. Os produtos são aplicados com objetivo de remover grande parte das impurezas presentes na água e podem ser classificados como coagulante inorgânico e orgânico (MANCUSO; SANTOS, 2003)

As etapas do tratamento físico-químico são basicamente compostas por coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção, dentre essas etapas, a coagulação/floculação e decantação, são etapas interligadas e responsáveis pela elevada eficiência na remoção de material particulado, a seguir descreve-se as etapas mais importante do tratamento físico-químico.

2.3.3. Coagulação/Floculação

O processo de coagulação é uma operação unitária que consiste na mistura de coagulante para o desequilíbrio das partículas suspensas e coloidais, esta operação ocorre em duas etapas obrigatoriamente, sendo a mistura rápida e mistura lenta. A mistura rápida tem por objetivo de dissipar o coagulante, já a etapa de mistura lenta, ocorre após a desestabilização das partículas e formação coágulos, para iniciar-se a floculação.

A floculação é uma operação unitária de clarificação, que consiste na agitação relativamente suave, para que ocorram choques entre as partículas e assim se aglomerem formando partículas maiores, buscando a formação de flocos mais pesados e maiores que poderão ser extraídos com mais facilidade (MARTINS, 2015).

Os coagulantes utilizados neste processo podem ser divididos em coagulantes inorgânico e orgânico. Segundo Martins, 2014 os coagulantes inorgânicos mais utilizados no tratamento de água são o sulfato de alumínio, cloreto férrico, cloreto ferroso, já os coagulantes orgânicos são conhecidos como polímeros naturais, são biodegradáveis, não produzem poluição, não ocasionam problema de

saúde e são de baixo custo, podendo ser utilizados não somente como coagulantes mais também como auxiliares de coagulação.

2.3.4. Decantação

A sedimentação é um fenômeno físico que consiste na separação das partículas em que as partículas suspensas apresentam movimentos descendentes devido a ação da gravidade. O decantador é responsável pela remoção de partículas sólidas suspensa, garantindo a clarificação da água (PARSEKIAN, 1998).

2.3.5. Coagulantes

O Policloreto de Alumínio é um sal de alumínio Pré-polimerizado que apresenta uma estrutura molecular condensada com pontes de oxigênio entre átomos de alumínio, que proporciona vantagens significativas na floculação em relação aos demais coagulantes, sendo considerado superior ao sulfato de alumínio por ter maior efetividade na eliminação das substâncias coloidais, uma eficácia de até 2,5 vezes maior e menor variação do pH do efluente tratado (PAVANELLI, 2001)

2.4. Jar-Test

Equipamento utilizado para otimizar o processo de coagulação/floculação, a realização deste teste ajuda a determinar a dosagem dos produtos químicos a serem adicionados, como também para determinar o tempo de mistura a ser aplicado no tratamento.

O jar-test possui de quatro a seis jarros com capacidade de um e dois litros. A agitação é realizada por pás giratórias que simulam as situações que acontecem nas ETA e ETE. Os equipamentos mais modernos possuem programação para definir o tempo de mistura rápida e mistura lenta (DELLA, 2006)

2.5. Potencial Hidrogeniônico – pH

RICHTER; AZEVEDO NETTO (2002) enfatizam que o pH é um termo usado universalmente para expressar a intensidade da condição ácida ou alcalina de uma solução, que mede a concentração dos íons hidrogeniônicos. É fundamental que em

cada etapa do tratamento este parâmetro seja monitorado, principalmente nas fases de coagulação, floculação, e no controle da corrosão

Águas com pH em níveis elevado formam incrustações nas tubulações e caldeiras, já águas com pH baixo tem ação corrosiva em metais, paredes de concretos e superfícies de cimento-amianto (DELLA, 2006).

2.6. Turbidez

A turbidez é uma característica física da água devida à presença de sólidos suspensão com tamanho variando desde suspensões grosseiras aos colóides, sendo causada por partículas inorgânica como argila, lodo, areia, silte e descarga de esgoto doméstico ou industrial, a presença dessas partículas causa a dispersão e a absorção da luz, dando a água uma aparência nebulosa e esteticamente indesejável. A medição da turbidez é realizada através do aparelho nefelômetros que mede a quantidade de material suspenso e os valores são expressos em Unidade Nefelométricas de Turbidez (UNT) (RICHTTER; AZEVEDO NETTO, 2002).

3. MATERIAL E MÉTODOS – METODOLOGIA

3.1. Obtenção e preparação dos bioissorventes

Os bioissorventes utilizados neste estudo foram biomassa da Banana (casca), coco (mesocarpo), Pequi (mesocarpo) e quiabo. Para remoção das impurezas, os bioissorventes foram inicialmente lavados em água corrente, depois picados em pedaços pequenos e secos em estufa a 60°C por 24 horas. Após foram triturados em moinho de bolas (Tecnal Modelo TE-350) para obtenção do pó, para em seguida ser peneirados e armazenados em recipientes adequados à temperatura ambiente até as análises.

3.2. Análise eletroquímica: determinação do ponto de carga zero (pcz)

A determinação do ponto de carga zero (pHPCZ) é um parâmetro que indica o valor de pH no qual um determinado sólido possui carga igual a zero em sua superfície. Através deste parâmetro é possível prever a carga na superfície do adsorvente em função do pH.

Para análise do ponto de carga zero dos bioissorventes foi utilizada a metodologia de Alfredo (2015) que consistiu em adicionar 20 mg do bioissorvente (em triplicata) em 20 mL de solução aquosa de NaCl 0,1 mol.L⁻¹, sob 12 diferentes condições de pH inicial (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12), ajustados com soluções de HCl ou NaOH 0,1 mol.L⁻¹. Após 24 h de equilíbrio sob agitação de 100 rpm, a 25 °C, depois deste período as realizou-se a leitura do pH final da solução determinado com potenciômetro. O gráfico da variação de pH (pH_{final} - pH_{inicial}) em função do pH_{inicial} foi construído, e o valor do pHPCZ foi estimado a partir deste gráfico.

3.3. Análises de caracterização físico-química dos bioissorventes

As análises físico-químicas foram realizadas segundo a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz IAL (2008), que consistiu nas análises de pH, teor de cinzas, acidez Total e teor de carboidrato totais.

A determinação do pH foi realizada pelo método potenciométrico com leitura em pHmetro utilizando o medidor de pH (MARCONI MA-522) previamente calibrado em solução tampão pH 4,0 e 7,0. O teor de cinzas foi determinado por meio da incineração das amostras, previamente evaporada, em forno mufla (Quimis) a 550 °C por 6 horas.

A acidez total foi determinada por volumetria potenciométrica, sugerido para amostras escuras ou fortemente coloridas. O teor de carboidratos totais foi realizado através do método de Lane-Eynon, com utilização do reagente de Fehling.

3.4. Local de estudo- efluente e coleta

O estudo foi realizado em uma empresa de beneficiamento de arroz localizada nas coordenadas $15^{\circ}72'68.62''$ S e $56^{\circ}14'02.83''$ O, no bairro Distrito Industrial, município de Várzea Grande/MT (Figura 2).



Figura 2. Localização da empresa em estudo.

A coleta do efluente analisado foi obtido na indústria de beneficiamento de arroz, localizada no município de Várzea Grande, MT, que no processamento do grão gera cascas e cinzas no efluente final. Esse efluente foi retirado do primeiro tanque de encharcamento após 24 horas de submersão em água, sendo dessa maneira o mais representativo para o processo por ser concentrado e com maior quantidade de subprodutos.

3.5. Coleta de Amostra de água

A água de estudo, foi coletada no rio Coxipó no município de Cuiabá-MT próximo à estrada do moinho conforme Figura 3.



Figura 3. Coleta de água no Rio Coxipó

3.6. Caracterização do efluente e água bruta

As análises foram efetuadas seguindo as metodologias descritas em pelo Standard methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012).

O efluente bruto e a água foram caracterizados quanto a:

- a) Turbidez pelo método turbidimétrico, as análises foram realizadas no turbidímetro digital de bancada (HANNA Instruments, modelo HI 93703), com leitura de 0 a 1000 NTU;
- b) pH foi realizado pelo método potenciométrico com leitura em pHmetro utilizando o medidor de pH (MARCONI MA-522) previamente calibrado em solução tampão pH 4,0 e 7,0;
- c) Condutividade pelo método condutivimétrico, foram realizadas com medidor portátil HANNA EC/TDS/temperatura DiST®5, modelo HI98311), com faixa de condutividade de 0 a 3999 $\mu\text{S}/\text{cm}$;
- d) Teor de sólidos totais foram realizadas com medidor portátil (HANNA EC/TDS/temperatura DiST5, modelo HI98311), com faixa de sólidos totais de 0 a 2000 ppm (mg/L).

3.7. Determinação da dosagem ótima do coagulante

A etapa de mistura rápida foi realizada em escala laboratorial em equipamento denominado jar-test ou reator estático como mostra a figura 4. A adição do coagulante e dos polímeros e a agitação são realizadas nestes jarros com capacidade de aproximadamente 2 L com agitadores ajustáveis do próprio aparelho.



Figura 4. Aparelho Jar-test

A dosagem ótima do coagulante primário utilizado na floculação foi estabelecida através de sucessivas tentativas, onde através da turbidez da água bruta, pode-se determinar as dosagens iniciais a serem trabalhadas. Por meio da análise do pH e da turbidez pode-se definir a dosagem mais eficiente, de acordo com a eficiência da redução da turbidez e menor variabilidade do pH. Os coagulantes utilizados foram, sulfato de alumínio para água nas concentrações de 15,17,19,21,23 e 25 mg/L, já para o efluente utilizou-se Poli Cloreto de Alumínio PLC 110 nas concentrações de 4, 8, 12, 16, 20 e 24 mg/L. O ensaio consistiu em três fases:

Mistura rápida: A mistura rápida consistiu na adição do coagulante no tempo de 1 minuto com uma rotação de 100 rpm.

Floculação: enquanto nessa fase segue a floculação com uma redução no movimento das paletas para 45 rpm uma duração de 15 minutos.

Decantação: após a mistura lenta aguardou-se um tempo de 10 minutos de modo que houvesse uma sedimentação dos flocos formados e a possível observação da clarificação da água. Assim foi coletados 200 ml de amostras de cada jarro para análise de pH, turbidez, condutividade e sólidos totais dissolvidos.

As análises foram realizadas no laboratório de Águas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – Campus Cuiabá Bela Vista. Todas as análises foram feitas em triplicata.

3.8. Testes com os Biossorvente

Após a determinação das dosagens ótimas conforme descrito no item anteriores, aplicou-se os biossorventes em diferentes dosagens em associação com os coagulantes primários (a dosagem ótima escolhida) a fim de determinar a concentração necessária dos biossorventes para clarificação das amostras. Esses auxiliares foram trabalhados nas seguintes concentrações nos jarros: 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5 e 3,0 ppm respectivamente, foram aplicados em cada jarro 1 dosagem diferente dos mesmos, sendo estes aplicados após a mistura rápida (1 minuto) e com a mesma duração de tempo na floculação (15 minutos) e velocidade de rotação (45 rpm).

3.9. Caracterização da água e do efluente tratado

Após aos ensaios de Jar test, o efluente tratado foi submetido as mesmas caracterizações realizadas para o efluente bruto.

3.9.1. Determinação da Eficiência da Redução de Turbidez da Água Bruta

Após a realização de cada ensaio, os dados referentes ao pH e turbidez foram tabelados e calculados a eficiência da redução da turbidez, baseado na seguinte fórmula:

$$\%E_{RT} = \frac{T_i - T_f}{T_i} \times 100 \quad (1)$$

Através desse resultado expresso em porcentagem com base na redução da turbidez pode-se determinar a dosagem eficiente do coagulante e do biossorventes necessária para uma boa clarificação da amostra bruta.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Caracterização físico-química dos bioissorventes

A tabela 2 apresenta os resultados das determinações químicas dos bioissorventes estudados.

Tabela 2. Determinação físico-química dos bioissorventes

Bioissorventes	pH	Cinzas (%)	Acidez Titulável (%)	Carboidratos totais (%)
QUIABO	5,6 ± 0,07	19,7 ± 0,79	31,2 ± 1,31	45,92
BANANA	4,93 ± 0,07	13,61 ± 0,11	46,2 ± 3,32	49,28
PEQUI	3,55 ± 0,02	2,2 ± 00,07	59,7 ± 1,84	92,78
COCO	3,25 ± 0,014	6,46 ± 0,15	82,1 ± 4,15	45,88

Os bioissorventes possuem algumas características como, ser de baixo custo, reutilizável, ser eficiente na remoção dos materiais poluentes e ter elevada seletividade de adsorção, conhecer as características dos materiais adsorventes é necessário para obter uma operação adequada e melhor compreender o seu comportamento. Segundo VAGHETTI (2009), são materiais ricos em celuloses, hemicelulose e pectina, servindo para a adsorção de compostos iônico ou não, por terem interação hidrofóbica e forças de Van de Waals, e ainda possuem grandes variedades de grupos orgânicos, que podem reter os adsorvatos na sua superfície, pois são materiais fibrosos com sítios ativos disponíveis

De maneira geral, os resultados encontrados para a composição química, foram baixos e, desta forma, indica que as biomassas estudadas podem ser bons adsorventes.

Os valores de pH encontrados para os bioissorventes variam 3,25 a 5,6, o pH exercem influência diretamente na efetividade dos bioissorventes, segundo COSTA (2017) é um dos fatores que mais afeta o processo de adsorção, a eficiência da adsorção pode aumentar ou diminuir dependendo dos valores de pH, pois a sua variação pode ativar ou desativar os sítios de ligações disponíveis, porém a eficiência da adsorção podem aumentar com o aumento do pH, isto devido ao aumento da densidade de cargas negativas das soluções que irá gerar sítios ativos para interação, contudo a sua eficiência dependerá também das características dos adsorvatos (SILVA et. al., 2014).

O teor de cinzas indica a quantidade de matéria inorgânica disponível, de acordo RIBEIRO (2000), o teor de cinzas no bioissorventes está relacionado com a capacidade de repelir a água, onde, quanto menor for a quantidade de cinzas, maior será a sua capacidade de se repelir a água, analisando os resultados obtidos, o quiabo e a banana apresentaram teores de cinzas maiores, indicando que sua capacidade de reter água é maior em relação aos outros bioissorventes analisados.

A presença de carboidratos nos bioissorventes, indica que na estrutura desses matérias adsorventes possuem grupos carbonilas e hidroxila, na forma de celulose, hemicelulose e lignina, e assim, considera-se que há disponibilidade de grupos funcionais, que são responsáveis interação dos sítios ativos (MCKAY, 1996).

4.2. Determinação do ponto de carga zero (pcz)

O pHPCZ do bioissorvente foi calculado a partir da média aritmética dos pontos que se apresentaram constantes para o pH final. Tal parâmetro indica o valor de pH no qual um sólido apresenta carga eletricamente nula em sua superfície, ou seja, o número de cargas positivas é igual ao número de cargas negativas. O pHPCZ corresponde à faixa na qual o pH final se mantém constante, independentemente do pH inicial da solução (Figura 5).

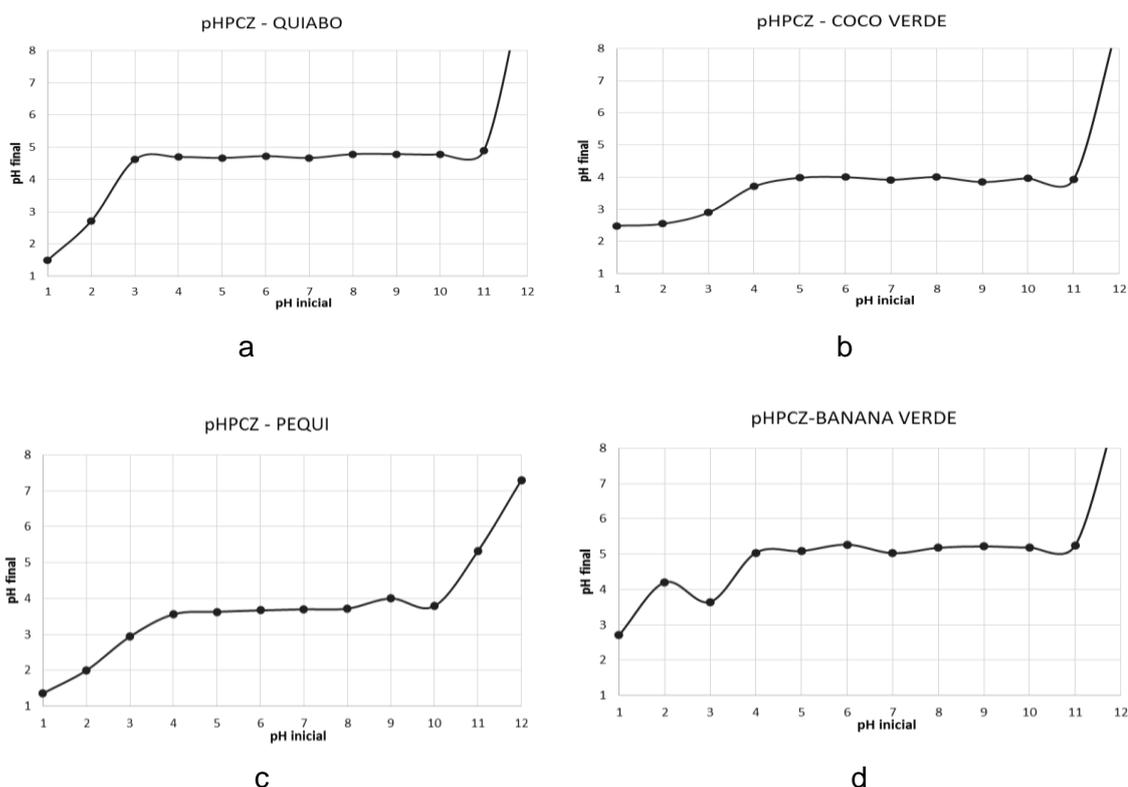


Figura 5. Gráficos do PCZ do biossorvente em solução salina em variadas concentrações de H⁺ e OH⁻ (pH 1 a 12). (a) Quiabo; (b) Coco verde; (c) Pequi; (d) casca de banana.

Segundo SILVA et al., (2010), este parâmetro é importante porque permite prever a carga na superfície do adsorvente em função do pH e, desta forma, avaliar porque dependendo do pH da solução a adsorção ocorre de maneira mais eficiente do que em outro. FREITAS et al., (2015) relata que quando um material sólido entra em contato com uma solução líquida com pH abaixo do pHPCZ, a superfície é carregada positivamente e neste caso, os adsorventes são mais eficazes para a remoção, por exemplo, de corantes aniônicos. Por outro lado, em soluções aquosas com um pH mais alto do que o pHPCZ, a superfície é carregada negativamente e, adsorve, preferencialmente, cátions. Portanto, o adsorvente é indicado para a remoção de corantes catiônicos (DEOLIN et al., 2013).

De acordo com os dados (figuras 5b e 5c respectivamente), casca do coco verde e o mesocarpo de pequi apresentaram menores valores de pHPCZ, indicando serem eficientes na remoção de contaminantes catiônicos como metais pesados, uma vez que em contato com efluentes cujo pH for maior que 4, o material adsorvente apresenta-se negativamente carregado (RIBEIRO et al., 2011). Os demais biossorventes testados, podem ser eficientes na remoção de metais pesados (cátions), o pH do efluente deverá ser maior que 5,0 (para a casca de banana verde) e maior que 5 (para o quiabo).

PARA ÁGUA:

4.3. Ensaio para escolha da dosagem de Sulfato de Alumínio

Na tabela 3 encontra-se os valores dos parâmetros realizado para caracterizar a água bruta e tratada com coagulante primário. O coagulante primário escolhido para o tratamento de água, foi Sulfato de Alumínio. A determinação da dosagem ótima só foi realizada através de ensaios de bancada e as dosagens foram escolhidas a partir da redução de turbidez da água bruta.

Tabela 3. Análises físico-químicas da água bruta e tratada com coagulante primário Sulfato de alumínio.

Parâmetros	Efluente Bruto (41,7 °C)	Água Tratado com Sulfato de Alumínio						Legislação Resolução nº 357/05
		15	17	19	21	23	25	
Condutividade Elétrica (µS)	75	65	62	65	65	65	66	-
Sólido totais dissolvidos (mg/L)	41	32	33	32	33	33	32	-
Turbidez (NTU)	28,29	5	3,44	3,60	5,24	4,29	4,45	40
pH	6,64	6,45	6,25	6,20	6,13	6,07	5,98	5,0 a 9,0

A turbidez está relacionada com a presença de partículas em suspensão (MACÊDO, 2004). Analisando a tabela 3, a dosagem que obteve a melhor eficiência foi de 17 mg/L com 3,44 NTU, com uma redução de 88 % das partículas em suspensão, com o uso do coagulante primário, sendo está a concentração escolhida para os testes dos bio sorventes. Em relação aos demais parâmetros, percebeu-se que os resultados de pH, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos não apresentaram resultados relevantes em relação à água bruta.

4.4. Caracterização da água tratada com emprego de bio sorventes

As figuras abaixo apresentam os resultados da caracterização da água após o emprego dos bio sorventes em diferentes concentrações juntamente com o sulfato alumínio a 17mg/L

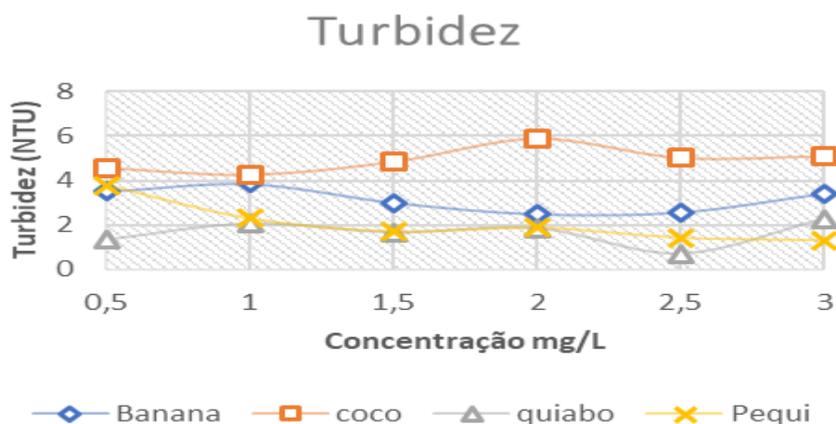


Figura 6. Gráfico com os valores de turbidez obtido no ensaio de coagulação

Para os resultados de turbidez na figura 6, observou-se que o pequi, e quiabo apresentaram menores valores de turbidez, onde o pequi obteve uma eficiência de 93% na concentração 2,5 mg/L, já o quiabo uma remoção de 97,5% na mesma concentração, indicando assim que tanto o pequi quanto quiabo foram excelentes adsorventes, pois pelos resultados encontrados observou que os mesmos apresentam características química compatível com a água estudada, pois restou apenas 7,0% e 2,5% do sólidos em suspensão respectivamente.

A figura 7 apresenta os resultados encontrados para pH após aos ensaios com os biossorventes

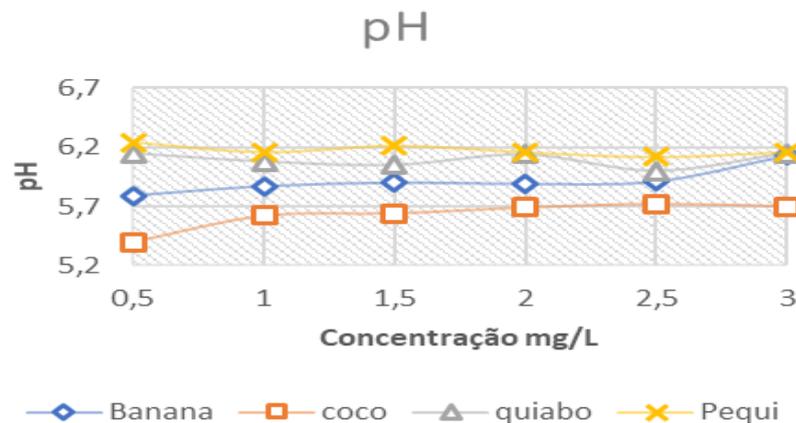


Figura 7. Gráfico com os valores de pH obtido no ensaio de coagulação.

Para os resultados encontrados na figura 7 e 8, nota-se que todos os biossorventes analisados apresentaram valores semelhantes a água tratada com Al_2SO_3 17 mg/ L, indicando que os biossorventes estudados não interfere diretamente nestes parâmetros.

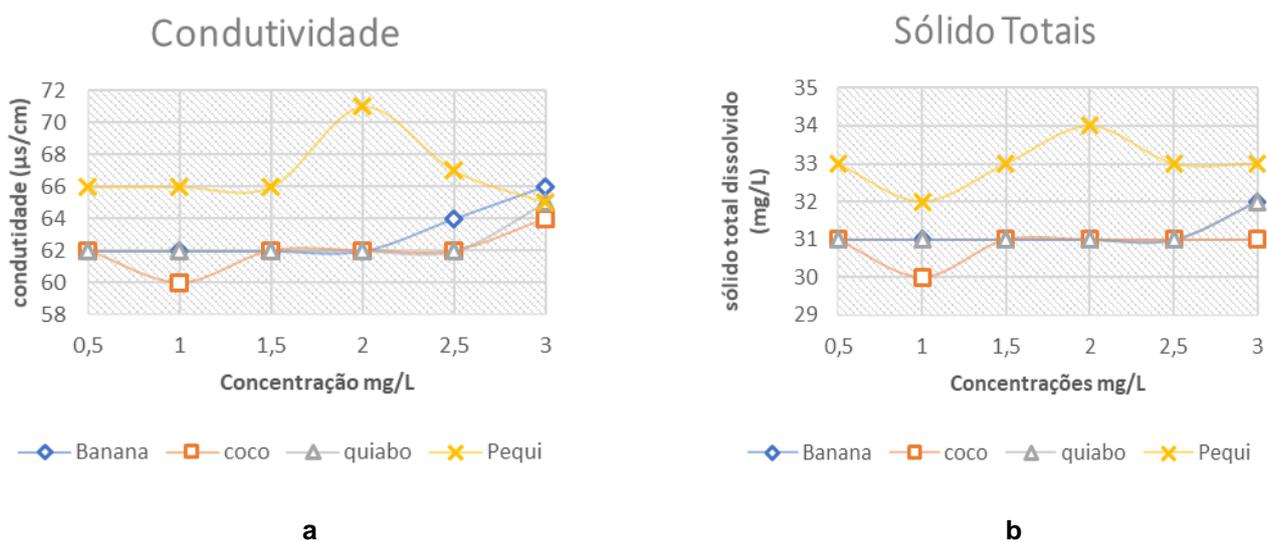


Figura 8. Gráfico dos parâmetros analisados no ensaio de coagulação- (a) Condutividade elétrica e (b) sólidos totais dissolvidos

PARA O EFLUENTE:

4.5. Ensaio para escolha da dosagem de policloreto de alumínio (PCA 110)

A tabela 4 apresenta resultados das análises do efluente bruto e o tratado. A partir da caracterização do efluente bruto, observou-se que os parâmetros analisados estão fora do padrão determinando na Resolução do CONAMA nº 357/2005, onde determina que o valor máximo de turbidez seja de 40 NTU, sendo que o valor encontrado para a turbidez foi de 125 NTU, ainda nesta resolução é exigido que a faixa de pH esteja entre os valores de 6,0 a 9,0, porém de acordo com os resultados observado na tabela 4, o valor pH foi de 4,0, logo o efluente bruto gerado do beneficiamento do arroz parboilizado não está em conformidade, tendo assim a necessidade de realizar um tratamento antes de seu lançamento no corpo receptor.

O coagulante primário escolhido para o tratamento do efluente, foi Poli Cloreto de Alumínio. A determinação da dosagem ótima só foi realizada através de ensaios de bancada e as dosagens foram escolhidas a partir da redução de turbidez do efluente bruto.

A turbidez está relacionada com a presença de partículas em suspensão, que segundo MACÊDO (2004), é a alteração da penetração da luz pelas partículas em suspensão, que provocam a sua difusão e absorção, analisando a tabela 4, a

dosagem que obteve a melhor eficiência foi de 12 mg/L com 16,32 NTU, com uma redução de 86,96%, sendo está a concentração escolhida para os testes dos bioissorventes. O Poli Cloreto de Alumínio apresentou alta eficiência na redução de turbidez (86,94%), sendo uma ótima opção de coagulante para remover turbidez deste tipo de efluente.

Tabela 4. Análises físico-químicas do efluente bruto e tratado com coagulante primário (PCA 110).

Parâmetros	Efluente Bruto (41,7 °C)	Efluente Tratado com PCA 110 mg/L (28,9°C)						Legislação Resolução nº 357/05
		4	8	12	16	20	24	
Condutividade Elétrica (µS)	1516	2333	3708	2922	2335	3910	3880	-
Sólido totais dissolvidos (mg/L)	761	1166	1854	1463	1185	1940	1930	-
Turbidez (NTU)	125	29,66	59	16,32	109	95	125	40
pH	4,0	3,12	2,83	3,00	3,30	3,41	3,40	5,0 a 9,0

Conforme o parâmetro de condutividade e sólidos totais mencionado na tabela acima, pode-se perceber que houve um aumento significativo no efluente tratado, porém de acordo MIGUELIS (2012), isto é esperado, pois o arroz parboilizado passa por um tratamento hidrotérmico, que provoca um processo oxidativo de lipídios na estrutura deste cereal, desencadeando perturbações externas e vazamento de eletrolítico de suas camadas, que por sua vez liberam radicais livres para o efluente, que posteriormente, se concentrará no efluente tratado, assim sendo, irá aumentar o valor de condutividade e do sólido totais.

4.6. Caracterização do efluente tratado com bioissorventes

As figuras abaixo apresentam os resultados da caracterização do efluente após o emprego dos bioissorventes em diferentes concentrações juntamente com o PCA 110 a 12mg/L.

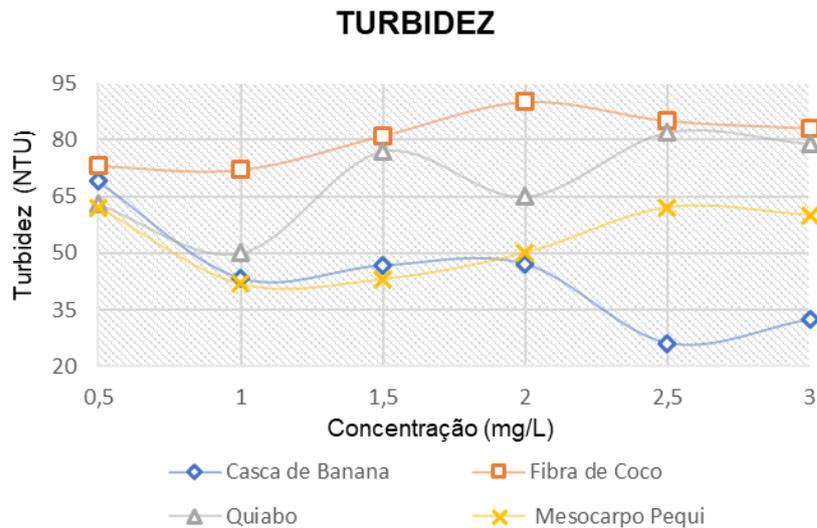


Figura 9. Gráfico com os valores de turbidez obtido no ensaio de coagulação

Na figura 9 podemos analisar, que os biossorventes não apresentaram eficiência na redução dos sólidos em suspensão, observou-se que conforme aumentava a concentração dos biossorventes no efluente, o valor da turbidez elevava, porém dentre os biossorventes estudados, a casca de banana foi a que obteve a melhor redução, 80% das partículas em suspensão foram removidos, na concentração de 2,5 mg/L, mas esta eficiência foi inferior quando comparado com o efluente tratado apenas com o coagulante primário, que apresentou 86,94% de redução, embora este estudo não tenha alcançado o resultado esperado para remoção da turbidez, o efluente tratado com o biossorvente da casca de banana, mesmo assim apresentou resultados em conformidade com os critérios estabelecido pelo CONAMA 357/2005, que especifica que o valor máximo para turbidez seja de 40 NTU.

A figura 10 apresenta os resultados encontrados para pH após aos ensaios com os biossorventes.

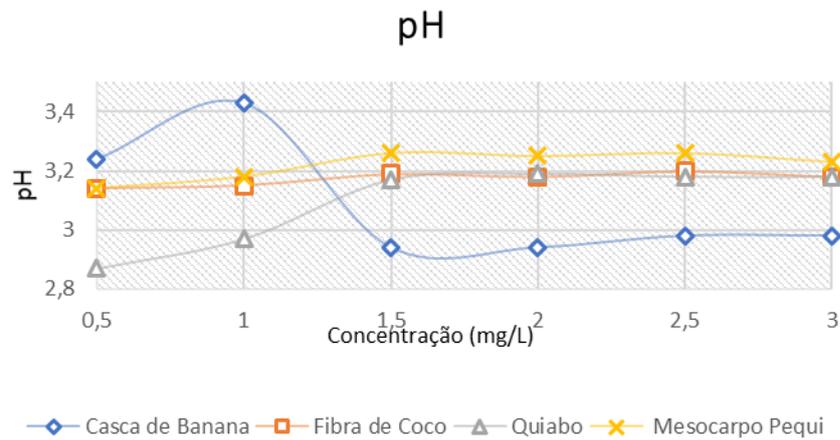


Figura 10. Gráfico com os valores de pH obtido no ensaio de coagulação.

Analisando a figura 10 podemos observar que os valores de pH encontrados nos ensaios com os biossorbentes apresentam pH baixo, com variações entre 2,87 a 3,43, segundo GUTKOSKI (1991) o pH do efluente gerado de uma indústria de beneficiamento de arroz de parboilizado tem por característica apresentar valores de pH baixo, isto é devido as alterações que ocorrem na estrutura do amido durante o processo de maceração, onde promove a fermentação do amido com decorrer do tempo. De acordo com a Resolução de nº 357 de 2005, a faixa de pH deve variar entre 6,0 a 9,0 para ser descartado aos corpos hídricos, sendo assim necessário que este efluente passe por uma correção de pH.

As figuras 11 e 12 apresentam os resultados referente a condutividade e sólidos totais respectivamente com emprego dos biossorbentes.

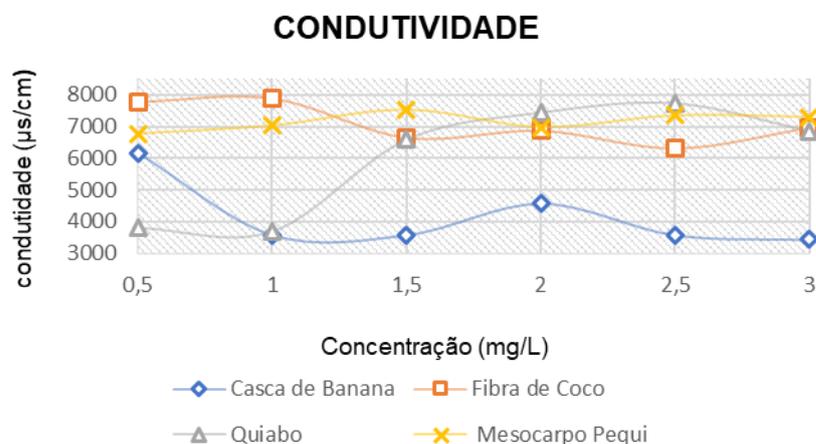


Figura 11. Gráfico com os valores de condutividade obtido no ensaio de coagulação.

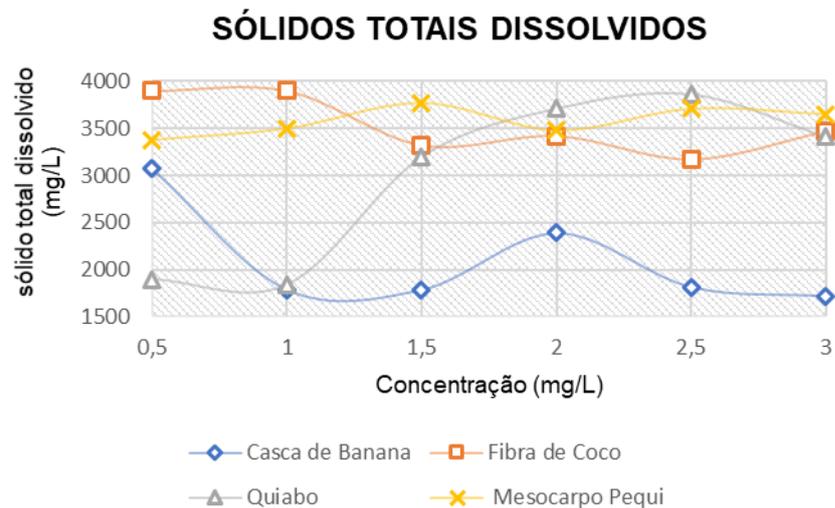


Figura 12. Gráfico com os valores de sólidos totais dissolvidos obtido no ensaio de coagulação

Pelos resultados observados nas figuras 11, 12 e na tabela 4 pode se perceber que, tanto o efluente tratado com o coagulante primário como o efluente tratado com emprego dos bioadsorventes, tiveram uma elevação nos parâmetros de condutividade e de sólidos totais, como explicado anteriormente, essa elevação já são esperadas, devido as alterações que ocorreram na estrutura do arroz durante o processo hidrotérmico, que causa liberação de radicais livres para o efluente, outra explicação encontrada está relacionada a composição dos bioadsorventes, a presença de alguns metais podem ser responsável pelo aumentando significativo da condutividade e dos sólidos totais dissolvidos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- O emprego dos biossorventes no tratamento de efluente de uma indústria de beneficiamento de arroz parboilizado não apresentou boa eficiência como auxiliares de floculação.

- Os parâmetros físico-químicos dos biossorventes indicou que as biomassas estudadas podem ser bons adsorventes e através do pHPCZ foi demonstrado que o pequi e a casca do coco verde são eficientes na remoção de contaminantes catiônicos quando pH da amostra for maior que 4 , enquanto que a casca de banana e o quiabo são mais eficientes na remoção de metais pesados (cátions) quando o pH da amostra for maior que 5.

- Nos ensaios de coagulação/floculação constatou-se que tratamento com coagulante primário obteve melhor eficiência quando comparado com o emprego dos biossorventes no tratamento do efluente, entretanto no tratamento de água, os biossorventes estudados apresentaram ótimo desempenho quando empregado em tratamento de água.

6. REFERÊNCIAS

- ALFREDO, A.P.C. **Adsorção de azul de metileno em casca de batata utilizando Sistema em batelada e coluna de leito fixo**. 2013. Trabalho de conclusão de curso. UTFPR, campus Toledo, 2013.
- AMATO, G. W. **Arroz parboilizado: tecnologia limpa, produto nobre/** Gilberto Wageck, José Luiz Viana de Carvalho, Sisino Silveira Filho. – Porto Alegre: Ricardo Lenz, 2002
- AMATO, G. W. **Sabores e Saberes do Arroz**. 2007. Disponível em:<
http://www.sindarrozsc.com.br/default.php?pg=conteudo_2010&area=Beneficiament
o>. Acesso em: 23 jul. 2018
- APHA. American Public Health Association/American Water Works Association/ Water Environment Federation Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater. 22^a ed. Washington: **AWWA**, 2012.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama (2005). Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Poder Executivo, Brasília, DF, 18 mar. 2005. P. 58-63. Disponível em: <
<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acessado 15 de outubro 2018
- COSTA, A. W. M. C. **Produção de biossorvente magnetizado à base de biopolímeros do tipo polissacarídeo, para remoção de cromo (VI) de efluentes industriais**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso- Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2017
- DELLA, L.O.P. **Avaliação do processo de tratamento de efluente gerado no beneficiamento do arroz parboilizado com sistema de coagulação/floculação**. 2006. Trabalho de conclusão de curso. (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2006.
- DEOLIN, M.H.S. et al. **Obtenção do ponto de carga zero de materiais adsorventes**. In: VIII EPCC. Maringá, PR. p.1-4, 2013.
- BERNARDO, D.; MENDES, C.G.N.; BANDRÃO, C.C.S.; SENS, M.L.; PÁDUA, V.L. filtração direta aplicada a pequenas comunidades. Rio de Janeiro: **ABES**, Rima, Projeto PROSAB, 2003.
- FREITAS, F. B. A. de; CÂMARA, M. Y. de F.; MARTINS, D. F. F. Determinação do PCZ de adsorventes naturais utilizados na remoção de contaminantes em soluções aquosas. **Blucher Chemistry Proceedings**, v. 3, n. 1, p. 610-618, 2015.
- GARCIA, D.M. **Efeito da época de colheita na qualidade do arroz de terras altas submetido à parboilização**. 119 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009

GUTKOSKI, C.L. **Efeitos das condições de maceração e de autoclavagem na qualidade industrial e comercial dos grãos de arroz (*Oryza sativa* L) parboilizado**. UFPel. Curso de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, 1991. (Tese de Mestrado)

IAL - Instituto Adolfo Lutz (São Paulo – Brasil). **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4ª ed. [1ª edição digital]. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

MACÊDO, J.A.B. **Águas & Águas**. 2ª edição atualizada e revisada. Belo Horizonte- MG: CRQ, 2004. p. 977.

McKAY, G. **Use of adsorbents for the removal of pollutants from wastewaters**. Flórida: CRC Press. inc. 1996. 186 p

MANCUSO, P.C. S.; SANTOS, F. **Reúso da água**. 3 ed. Barueri: Manuelie, 2003.

MARTINS, H. C. **Estudo Sobre os Processos de Coagulação, Floculação e Decantação em Efluentes Oriundos de Usina Canavieira**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2014

MARTINS, S.G. **Avaliação da eficiência da estação de tratamento de efluente de uma indústria de beneficiamento de arroz da cidade de Meleiro no Sul de Santa Catarina**. UNISUL. Palhoça, PR, 2015

MARTINS, A. A.; OLIVEIRA, R. M. S.; GUARDA, E. A. **Potencial de uso de compostos orgânicos como, coagulantes, floculantes e adsorventes no tratamento de água e efluentes**. Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, 10, 2014

MIGUELIS, F.M.P. **Avaliação do emprego de biomassa vegetais como processo alternativo no tratamento do efluente Gerado no beneficiamento de arroz parboilizado**. UNIPAMPA, Bagé, RS, 2012.

MILANESI, R.C. **Diagnóstico Ambiental: registro de efluentes líquidos**. Criciúma. 2003. p.30.

NUNES, J. A. **Tratamento físico-químico de águas residuárias industriais**. 4. ed Aracaju, SE: Gráfica Editora J. Andrade, 2004.p. 298.

PARSEKIAN, M. P. S. **Análise e proposta de formas de gerenciamento de Estação de Tratamento de Águas de Abastecimento Completo em cidades de porte médio do Estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 1998.

PAVANELLI, G. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor e turbidez elevada.** 2001.

Dissertação (Programa de Mestrado da Escola de Engenharia de São Carlos) - Universidade de São Paulo, São Carlos. 2001.

PATEL, S. Potential of fruit and vegetable wastes as novel biosorbents: Summarizing the recent studies. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, 11, pp. 365-380.

RIBEIRO, T. M. H.; **Sorção de petróleo na biomassa seca do macrófito aquático.** 2000. Tese (Doutorado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2000.

RIBEIRO, G. A. C.; SANTANA, S. A. A.; BEZERRA, C. W. B.; SILVA, H. A. S.; VIEIRA, A. P. Casca de arroz in natura e tratada com ácido nítrico como adsorventes para remoção do corante têxtil violeta brilhante remazol. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 51., 2011. São Luís. **Anais...** São Luís, 2011.

RICHTER, Carlos A.; AZEVEDO NETTO, José Martiniano de. **Tratamento de água: tecnologia atualizada.** São Paulo: Edgard Blücher, 2002. p. 332.

SOUZA, L., A. "Conceito de pH"; *Brasil Escola*. Disponível em <<http://www.brasilecola.com/química/conceito-ph.htm>>. Acesso em 10 de outubro de 2018

SILVA, N.C.R. **Using banana peels as biosorbent for the adsorption of lead (II) in aqueous solution.** 2014 45 f. Completion of course work (Bachelor of Environmental Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Campo Mourão, 2014

SILVA, J.L.B.C.; PEQUENO, O.T.B.L.; ROCHA, L.K.S.; ARAUJO, E.C.L.; MARCIEL, T.A.R.; BARROS, A.J.M. **Biossorção de metais pesados: uma revisão**, Sumé: Saúde e ciência, 2014.

SILVA, F. M.; SANTANA, S. A. A.; BEZERRA, C. W. B; SILVA, H. A. S.; Adsorção do Corante Têxtil Azul de Remazol R por Pseudocaula da Bananeira (*Musa sp*) **Cad. Pesq.**, São Luís, v. 17 n. 3, p. 71-77, 2010;

VAGHETTI, J.C.P. **Utilização de Biossorventes para Remediação de Efluentes Aquosos Contaminados com Íons Metálicos.** UFRGS, Porto Alegre, RG,2009.

VOLESKY B.; NAJA, G. Biosorption: application strategies. 16th Internat. **Biotechnol. Symp.** Compress Co., Cape Town, South Africa; 2005.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. Arroz: composição e características nutricionais. Santa Maria: **Ciência Rural**, v.38, n.4, p.1184-1192,2008.