



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ - UFPA
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ - CAMTUC
FACULDADE DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

EMANUELLE REGINA ARAÚJO GOMES
THIAGO ALVES DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA *Moringa oleífera* NO TRATAMENTO DE ÁGUA
E DE EFLUENTES**

TUCURUÍ - PA

2021



EMANUELLE REGINA ARAÚJO GOMES – 201634140002

THIAGO ALVES DOS SANTOS - 201534140025

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA *Moringa oleífera* NO TRATAMENTO DE ÁGUA E DE EFLUENTES

Trabalho apresentado à Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal do Pará – Campus Tucuruí, como requisito de avaliação parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientadora: Prof.^a Dra. Etiene Elayne Meireles da Rocha

Coorientador: Prof. Dr. Maurício Alves da Motta Sobrinho

TUCURUÍ - PA

2021

EMANUELLE REGINA ARAÚJO GOMES

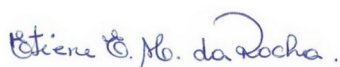
THIAGO ALVES DOS SANTOS

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA *Moringa oleífera* NO TRATAMENTO DE ÁGUA E DE EFLUENTES

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito final para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental, pela Universidade Federal do Pará.

Data de aprovação: 01/10/2021

Banca Examinadora:



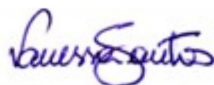
Prof.^a Dra. Etiene Elayne Meireles da Rocha

Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental/ UFPA – Orientadora



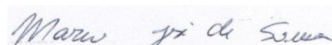
Prof. Dr. Maurício Alves da Motta Sobrinho

Departamento de Engenharia Química/ UFPE – Coorientador



Prof.^a Ma. Vanessa Conceição dos Santos

Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental/ UFPA – Examinador Interno



Prof. Dr. Marco José de Sousa

Faculdade de Engenharia da Computação/ UFPA – Examinador Externo

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

A658a Gomes, Emanuelle Regina Araújo.
AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA Moringa oleífera NO
TRATAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTES / Emanuelle Regina
Araújo Gomes, Thiago Alves dos Santos. — 2021.
88 f. : il. color.

Orientador(a): Prof^ª. Dra. Etiene Elayne Meireles da Rocha
Coorientador(a): Prof. Dr. Maurício Alves da Motta Sobrinho
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade
Federal do Pará, Campus Universitário de Tucuruí, Faculdade de
Engenharia Sanitária e Ambiental, Tucuruí, 2021.

1. Coagulação. 2. Floculação. 3. Tratamento de efluentes. 4.
Tratamento de Água. 5. Moringa oleífera. I. Título.

CDD 628.162

Dedicamos esta pesquisa a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para nosso crescimento pessoal, profissional e intelectual.

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, por me dar forças para chegar até aqui e vencer esta etapa tão importante e por sempre me guiar nos meus caminhos.

Aos meus pais Mara e Márcio, por me apoiarem em todas as situações e por jamais terem permitido que eu desistisse nos momentos em que desejei, e além disso por sempre investirem na minha educação, bem como na de minha irmã, possibilitando que nós alcançássemos todas as vitórias até aqui.

A minha irmã Rafaela por sempre me apoiar, me incentivar, pelo companheirismo, por nunca ter permitido que eu desistisse, por me auxiliar em todo este trabalho, por me ajudar a estudar, a compreender aquilo que não conseguia e por toda paciência comigo nessa jornada.

Aos meus tios, primos e avós por sempre se fazerem presentes nas minhas conquistas e por sempre torcerem pelo meu sucesso, me apoiando e incentivando durante todos esses anos.

Aos meus amigos de Recife: Luiz, Maryne, Ziani, Bruna e Jorge por terem tido paciência para me ensinar e ajudar em todo o processo da pesquisa, desde a coleta, caracterização, análise e também na escrita. Agradeço de coração, sem essa ajuda de vocês, teria sido bem mais difícil.

Aos meus amigos de curso, aos amigos da faculdade, principalmente Giles e Carlos e os amigos da vida: Evinny, Erika e Yago, por desde o primeiro dia de aula se fazerem presentes na minha vida, dando total apoio, carinho, amizade, puxões de orelha, companheirismo, parceria e muito amor. Além de toda força durante esses 5 anos, para os mais diversos motivos e situações e por também nunca terem me deixado desistir.

Ao meu parceiro e amigo Thiago Alves por ter me convidado para este trabalho, por ter dado o pontapé inicial e possibilitado que nós vivêssemos tantas experiências e adquiríssemos tanto aprendizado em todo esse período, além do apoio e amizade sempre presentes.

Um agradecimento mais que especial à Atlética Predadores da Engenharia e a Esquadro Projetos e Consultoria, dois marcos na minha história acadêmica, sem os quais eu não seria nem 50 % da bagagem que carrego comigo para minha formação. Conheci pessoas incríveis, fiz amizades e aprendi com cada uma delas um pouco do que sei hoje!

A todos os professores do nosso curso, em especial a nossa professora Dra. Etiene Elayne Meireles da Rocha por ter aceito o convite em nos orientar, se dispondo a nos ajudar para que pudéssemos fazer um excelente trabalho, além da confiança em nós depositada.

Agradeço também ao professor Dr. Maurício Alves da Motta Sobrinho por ter aberto as portas para esse intercâmbio e ter proporcionado tanto aprendizado e experiências, além de ter possibilitado a pesquisa acontecer.

Por fim, agradeço ao meu companheiro Keury, que mesmo em pouco tempo de convivência, me apoiou e deu forças para concluir essa jornada.

Emanuelle Regina Araújo Gomes

Primeiramente a Deus por me guiar e proteger durante todos os meus anos de estudos longe de casa.

Ao meu pai Raimundo Campelo e à minha mãe Analy Alves que são exemplos de caráter e perseverança, e por serem as pessoas mais protetoras e batalhadoras conheço. Obrigado por construírem uma família tão unida e dedicada e por nos momentos mais difíceis e obscuros, mesmo separados em distância sempre serem suporte, luz e amor.

A minha irmã Alice Alves, e aos meus familiares em geral, que mesmo em meio a tantas adversidades sempre me incentivaram e aconselharam a estudar e permitiram ser quem eu sou.

Agradecimento especial ao meu avô Altenor Alves, carinhosamente conhecido como Vô Mangi que faleceu em janeiro deste ano por conta do COVID-19, ele que mesmo vindo de uma comunidade pesqueira e nunca ter tido oportunidade de estudar sempre foi meu incentivador e “meu maior fã”. Vô, infelizmente o senhor não tá aqui pra ver seu primeiro neto formado em universidade pública, mas estará sempre comigo no meu coração e como formador do meu caráter, te amo.

Aos professores Etiene Rocha e Maurício Motta por terem sido nossos orientadores e terem acreditado em nós e em nossa pesquisa, e por terem desempenhado tal função com dedicação e amizade.

A Dona Helena Pinto e a dona Hilda que cuidaram de mim como um verdadeiro filho durante os anos que morei em Tucuruí.

Aos amigos Pernambucanos Luiz, Maryne, Ziane, Bruna, e Jorge que tanto nos acolheram e ensinaram durante os meses de intercâmbio, obrigado por toda a paciência conosco.

Aos muitos e bons amigos criados durante a graduação e que levarei pra vida, em especial Marlon, Ygor, Alexsandra, Monique, Marlete, Arielly, Gustavo Torres, Gustavo França, Roberta, Renato e Borges.

As minhas amigas de vida e irmãs de alma Alda Mendonça e Alice Brandão por sempre estarem comigo e por sempre me incentivarem.

A minha dupla, cúmplice, parceira, e ombro amigo Emanuelle Araújo o qual durante a graduação me incentivou a ser um estudante melhor, e que nunca desistiu de mim. Obrigado por dividir durante os últimos anos, principalmente durante nossa pesquisa, bons e maus momentos, noites em claros, e principalmente conhecimento, obrigado por tanto.

A Atlético Predadores da Engenharia, seus associados, aos momentos vividos e aos amigos feitos nela. Meus mais sinceros agradecimentos por ser meu refúgio durante os momentos mais difíceis da graduação e por me proporcionar os momentos mais felizes da faculdade.

Thiago Alves dos Santos

RESUMO

Dentre os recursos naturais que o homem dispõe, a água é indispensável para a sobrevivência. Esta deve passar por processos de tratamento para se encontrar adequada ao consumo ou para outros fins. Neste sentido, tecnologias acessíveis e baratas, a exemplo do uso de coagulantes naturais, como a *moringa oleífera*, podem viabilizar o acesso à água potável. O presente trabalho buscou avaliar a eficiência do processo de coagulação-floculação, utilizando sementes de *moringa oleífera* e biocoagulante natural a base da mesma para o tratamento de água e de efluentes. Foram coletadas amostras de água do Riacho do Cavouco em Recife – PE, o qual recebe contribuição de esgotos de hospitais e laboratórios e amostras de esgotos têxteis da Lavanderia Nossa Senhora do Carmo em Caruaru – PE, avaliando-se os parâmetros pH, Turbidez e Cor. Posteriormente foi feito preparo da solução coagulante com as sementes e através do planejamento fatorial 2^3 determinou-se o ponto ótimo de eficiência do tratamento aplicado para cada amostra. A análise dos resultados foi realizada com auxílio do Diagrama de Pareto e de Gráficos de Superfície de Resposta. Observou-se significância estatística dos parâmetros de Turbidez e Cor em todas as amostras avaliadas. Entretanto, para pH houve pouca ou ausência de significância. Para os resultados analisados intra e inter-métodos, observou-se os melhores percentuais de remoção para o biocoagulante, sendo constatado que este apresentou-se mais eficiente para turbidez da amostra 1 da Lavanderia Nossa Senhora do Carmo e para cor das amostras 1, 2 e 3 do Riacho do Cavouco, sendo assim considerado mais eficiente que o coagulante à base de semente da moringa. Assim, os resultados evidenciam que ambos os coagulantes podem ser utilizados no tratamento de água e de efluentes, entretanto, a sua melhor eficiência se dará mediante estudos das dosagens e terá comportamentos diferentes para cada tipo de efluente.

Palavras-chave: Coagulação. Floculação. Tratamento de efluentes. Tratamento de água. *Moringa oleífera*.

ABSTRACT

Among the natural resources available to human beings, water is indispensable for survival. It must undergo treatment processes to be suitable for consumption or other purposes. In this sense, accessible and cheap technologies, such as the use of natural coagulants, like *moringa oleifera*, can provide access to drinking water. This paper sought to assess the efficiency of the coagulation-flocculation process, using *moringa oleifera* seeds and a natural biocoagulant based on this plant for the treatment of water and effluents. Water samples were collected from the Cavouco Stream, located in Recife-PE, which receives sewage from hospitals and laboratories, and from textile sewage from the Nossa Senhora do Carmo Laundry, located in Caruaru-PE, assessing the following parameters: pH, Turbidity and Color. Subsequently, the coagulant solution was prepared with the seeds and, through factorial planning 2^3 , the optimal point of efficiency of the treatment applied for each sample was determined. The analysis of the results was performed with the help of the Pareto Diagram and Response Surface Plots. Statistical significance was observed for the Turbidity and Color parameters in all the assessed samples. However, there was little or no significance for pH. For the results analyzed intra- and inter-methods, it was observed the best removal percentages for the biocoagulant, being verified that this was more efficient for turbidity in sample 1 from the Nossa Senhora do Carmo Laundry and for color in samples 1, 2 and 3 from the Cavouco Stream, being considered more efficient than the coagulant based on *moringa* seed. Accordingly, the results show that both coagulants can be used in the treatment of water and effluents; however, their best efficiency will be achieved by studying the dosages and will have different behaviors for each type of effluent.

Keywords: Coagulation. Flocculation. Treatment of effluents. Treatment of water. *Moringa oleifera*.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Rio Capibaribe | 32 |
| Figura 2 – Pontos de coleta do Riacho do Cavouco | 33 |
| Figura 3 – Mapa de localização dos três pontos | 33 |
| Figura 4 – Procedimento de coleta | 34 |
| Figura 5 – Amostras RC1, RC2 e RC3 respectivamente..... | 35 |
| Figura 6 – Ponto de coleta | 35 |
| Figura 7 – Amostra nos galões plásticos | 36 |
| Figura 8 – Amostra identificada | 36 |
| Figura 9 – Equipamento para caracterização do pH..... | 38 |
| Figura 10 – Equipamento para caracterização da turbidez..... | 38 |
| Figura 11 – Equipamento para caracterização da cor..... | 38 |
| Figura 12 – Biocoagulante..... | 39 |
| Figura 13 – Vagem da moringa | 39 |
| Figura 14 – Preparação da moringa..... | 39 |
| Figura 15 – Jar Test utilizado na precipitação química | 46 |
| Figura 16 – Balança Analítica, modelo FA2104N | 46 |
| Figura 17 – Beckers de 600 ml, com 200 ml de efluente | 46 |
| Figura 18 – Beckers submetidos ao tempo de sedimentação | 47 |
| Figura 19 – Amostras no Tubo Falcon | 47 |
| Figura 20 – Gráficos de ajuste para a Turbidez..... | 55 |
| Figura 21 – Gráficos de ajuste para a Cor | 56 |
| Figura 22 – Diagrama de Pareto adaptado para pH..... | 56 |
| Figura 23 – Gráficos de ajuste para a Turbidez..... | 57 |
| Figura 24 – Gráficos de ajuste para a Cor | 58 |
| Figura 25 – Diagrama de Pareto adaptado para pH..... | 59 |
| Figura 26 – Gráficos de ajuste para a Turbidez..... | 60 |
| Figura 27 – Gráficos de ajuste para a Cor | 61 |
| Figura 28 – Diagrama de Pareto adaptado para pH..... | 61 |
| Figura 29 – Gráficos de ajuste para a Turbidez..... | 62 |
| Figura 30 – Diagrama de Pareto adaptado para cor..... | 63 |
| Figura 31 – Gráficos de ajuste para pH | 64 |
| Figura 32 – Gráficos de Hnp | 65 |

| | |
|--|----|
| Figura 33 – Gráficos de ajuste para a Turbidez..... | 66 |
| Figura 34 – Gráficos de ajuste para a Cor | 66 |
| Figura 35 – Diagrama de Pareto adaptado para pH..... | 67 |
| Figura 36 – Gráficos de ajuste para a Turbidez..... | 67 |
| Figura 37 – Gráficos de ajuste para a Cor | 68 |
| Figura 38 – Diagrama de Pareto adaptado para pH..... | 68 |
| Figura 39 – Gráficos de ajuste para a Turbidez..... | 69 |
| Figura 40 – Gráficos de ajuste para a Cor | 70 |
| Figura 41 – Diagrama de Pareto adaptado para pH..... | 70 |
| Figura 42 – Gráficos de ajuste para a Turbidez..... | 71 |
| Figura 43 – Gráficos de ajuste para a Cor | 71 |
| Figura 44 – Gráficos de ajuste para o pH..... | 72 |
| Figura 45 – Gráficos de Hnp | 73 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 - Metodologias utilizadas no estudo de coagulação – floculação..... | 37 |
| Quadro 2 - Equipamentos utilizados no estudo de coagulação – floculação..... | 37 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Valores de variáveis de entrada para ensaio de coagulação com <i>moringa</i> | 41 |
| Tabela 2 – Valores de variáveis de entrada para ensaio de coagulação com biocoagulante.... | 41 |
| Tabela 3 – Valores de variáveis fixa | 41 |
| Tabela 4 – Valores de variáveis de entrada para ensaio de coagulação com <i>moringa</i> | 42 |
| Tabela 5 – Valores de interação entre os pontos de ensaio da coagulação com <i>moringa</i> | 42 |
| Tabela 6 – Valores de variáveis de entrada para ensaio de coagulação com <i>moringa</i> | 43 |
| Tabela 7 – Valores de interação entre os pontos de ensaio da coagulação com <i>moringa</i> | 43 |
| Tabela 8 – Valores de variáveis de entrada para ensaio de coagulação com <i>moringa</i> | 43 |
| Tabela 9 – Valores de interação entre os pontos de ensaio da coagulação com <i>moringa</i> | 44 |
| Tabela 10 – Valores de variáveis de entrada para ensaio de coagulação com <i>moringa</i> | 44 |
| Tabela 11 – Valores de interação entre os pontos de ensaio da coagulação com <i>moringa</i> | 44 |
| Tabela 12 – Valores de variáveis de entrada para ensaio de coagulação com biocoagulante.. | 45 |
| Tabela 13 – Valores de interação entre os pontos de ensaio da coagulação com biocoagulante | 45 |
| Tabela 14 – Resultados para análise descritiva dos métodos | 49 |
| Tabela 15 – Resultados para análise Intra Métodos para os quatro momentos de coleta pareada | 51 |
| Tabela 16 – Resultados da análise Inter Métodos das variáveis estudadas | 53 |

LISTA DE SIGLAS/ABREVIATURAS

| | |
|---------|---|
| ANA | Agência Nacional de Águas |
| Cc | Concentração do Coagulante |
| CONAMA | Conselho Nacional de Meio Ambiente |
| DBO | Demanda Bioquímica de Oxigênio |
| DEQ | Departamento de Engenharia Química |
| DP | Desvio Padrão |
| DQO | Demanda Química de Oxigênio |
| EPI | Equipamento de Proteção Individual |
| ETA | Estação de Tratamento de Água |
| ETE | Estação de Tratamento de Esgoto |
| FIOCRUZ | Fundação Oswaldo Cruz |
| FUNASA | Fundação Nacional de Saúde |
| GPTA | Grupo de Processos e Tecnologias Ambientais |
| HNP | Probabilidade Meio Normal |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia Estatística |
| LIMA | Laboratório Interdisciplinar de Meio Ambiente |
| LNSC1 | Lavanderia Nossa Senhora do Carmo amostra 1 |
| MO | <i>Moringa Oleífera</i> |
| NTU | Unidade Nefelométrica de Turbidez |
| OD | Oxigênio Dissolvido |
| pH | Potencial Hidrogeniônico |
| RC1 | Riacho do Cavouco amostra 1 |
| RC2 | Riacho do Cavouco amostra 2 |
| RC3 | Riacho do Cavouco amostra 3 |
| Tc | Tempo de Coagulação |
| Td | Tempo de Decantação |
| Tf | Tempo de Floculação |
| TOC | Carbono Orgânico Total |
| UFPE | Universidade Federal de Pernambuco |
| Vc | Velocidade de Coagulação |
| Vf | Velocidade de Floculação |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 18 |
| 1.1 OBJETIVOS | 20 |
| 1.1.1 Objetivo geral | 20 |
| 1.2.1 Objetivo específicos | 20 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 21 |
| 2.1 <i>MORINGA OLEÍFERA</i> (MO) | 21 |
| 2.2 TRATAMENTO DE ÁGUA..... | 22 |
| 2.2.1 Coagulação e Flocculação | 24 |
| 2.3 TRATAMENTO DE EFLUENTES | 25 |
| 2.3.1 Efluentes Residuais | 26 |
| 2.3.2 Efluente Têxtil | 27 |
| 2.4 IMPACTO DO LANÇAMENTO DE EFLUENTE NOS CORPOS D'ÁGUA..... | 28 |
| 2.4.1 Poluição por Matéria Orgânica | 29 |
| 2.5 PLANEJAMENTO FATORIAL/EXPERIMENTAL..... | 30 |
| 3 MATERIAIS E MÉTODOS | 31 |
| 3.1 ÁREA DE ESTUDO | 31 |
| 3.2 COLETA | 32 |
| 3.2.1 Riacho do Cavouco | 33 |
| 3.2.1.1 Procedimento de coleta..... | 34 |
| 3.2.2 Lavanderia Nossa Senhora do Carmo | 35 |
| 3.2.2.1 Procedimento de coleta..... | 36 |
| 3.3 LOCAL DA REALIZAÇÃO DA CARACTERIZAÇÃO | 37 |
| 3.4 CARACTERIZAÇÃO..... | 37 |
| 3.5 SOLUÇÕES COAGULANTES | 38 |
| 3.5.1 Preparo da semente de <i>Moringa Oleífera</i> | 39 |
| 3.5.2 Dosagens dos Coagulantes | 40 |
| 3.5.2.1 Semente da moringa | 40 |
| 3.5.2.2 Biocoagulante | 40 |
| 3.6 ENSAIOS EM ESCALA DE BANCADA | 40 |
| 3.6.1 Planejamento Fatorial | 40 |
| 3.6.2 Ensaio de coagulação-floculação | 45 |
| 3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA..... | 47 |
| 3.7.1 Parte I | 48 |

| | |
|--|-----------|
| 3.7.2 Parte II | 48 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 49 |
| 4.1 RESULTADO ANÁLISE INTRA E INTER MÉTODOS | 49 |
| 4.1.1 Intra - Métodos | 49 |
| 4.1.2 Inter – Métodos..... | 52 |
| 4.2 RESULTADO ATRAVÉS DE GRÁFICOS DE SUPERFÍCIE DE RESPOSTA. | 54 |
| 4.2.1 Para o coagulante com semente da <i>Moringa</i>..... | 55 |
| 4.2.1.1 Amostra RC1 | 55 |
| 4.2.1.2 Amostra RC2 | 56 |
| 4.2.1.3 Amostra RC3 | 59 |
| 4.2.1.4 Amostra LNSC1 | 61 |
| 4.3.1 Para o biocoagulante natural à base de <i>Moringa</i> | 65 |
| 4.3.1.1 Amostra RC1 | 65 |
| 4.3.1.2 Amostra RC2 | 67 |
| 4.3.1.3 Amostra RC3 | 68 |
| 4.3.1.4 Amostra LNSC1 | 70 |
| 5 CONCLUSÃO | 75 |
| REFERÊNCIAS | 76 |
| APÊNDICE..... | 85 |

1 INTRODUÇÃO

Dentre os recursos naturais que o homem dispõe, a água é um dos mais importantes, pois é indispensável para a sobrevivência, sendo utilizado para atender suas necessidades pessoais, e compromissos socioeconômicos. Esses múltiplos usos da água, no entanto, quando realizados de forma inadequada comprometem não apenas a disponibilidade dos recursos hídricos, como também podem impactar negativamente o meio ambiente e a saúde humana. Este uso em função dos prejuízos causados pelas ações naturais, e principalmente antrópicas, têm sofrido restrições significativas, as quais alteram a quantidade e qualidade de água disponível para o consumo humano, o que resulta em problemas e conflitos de ordem social, econômica e ambiental (SOUZA *et al.*, 2014).

Devido à esta utilização inadequada, que compromete as características dos recursos hídricos, é necessário, para promover o abastecimento de água, que este passe por etapas de tratamento que irão adequá-la aos padrões de potabilidade exigidos pelos órgãos competentes, para o consumo humano (FRANCISCO, POHLMANN; FERREIRA, 2011). Estes estabelecem e definem, por meio de legislações, os respectivos padrões. No Brasil os determinantes vigentes para o consumo humano são definidos pela portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, que entrou em vigor em detrimento ao anexo XX da portaria GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017.

Para que o abastecimento de água ocorra de forma correta, em todas as fases do tratamento deve ocorrer o controle da qualidade da água, desde a coleta no manancial, até a distribuição e destinação final, uma vez que, inúmeros fatores podem prejudicar a condição final da água de abastecimento (ACHON, 2008). Segundo Di Bernardo (2003), o tratamento de águas de abastecimento é o grupamento de operações e processos executados com o intuito de adequar as características físico-químicas e biológicas da água bruta, com propriedades organolépticas agradáveis, isto é, com características que podem ser percebidas pelos sentidos, e que não ofereça ameaça à saúde humana.

Cabe ressaltar que existe uma desigualdade no abastecimento de água relacionado às zonas urbana e rural. Dados do censo demográfico de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) indicam que enquanto na zona urbana brasileira 91,90% dos domicílios é contemplado com rede geral de abastecimento de água, na zona rural este percentual cai para apenas 27,79% (IBGE, 2011). Nos demais domicílios rurais, cujo não há rede geral de água, o abastecimento de água é feito a partir de métodos alternativos como poços freáticos ou

artesianos, cisternas, nascentes, fontes superficiais, água de chuva, entre outros métodos que podem ou não garantir uma água de qualidade nessas localidades (CAVALCANTE, 2014).

Assim como a água, os efluentes em sua totalidade também estão susceptíveis a passar por processos de tratamento com o objetivo de utilizá-lo para outros fins, sejam eles potáveis ou não, os quais se encontram em sua maioria, em rios, lagoas, lagos e etc. e, através dos quais, se efetua a captação para abastecimento. A Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) oferece como alternativa simples e eficaz para a desinfecção de águas: o hipoclorito de sódio, entretanto algumas, por apresentarem elevada turbidez, na linguagem informal, chamada de água “barrenta” não poderão utilizar unicamente deste processo (HENRIQUES *et al.*, 2012).

De acordo com Lima (p. 22, 2015), a água utilizada para o consumo humano e doméstico, na maioria dos países desenvolvidos é captada dos rios e, o autor complementa que, estas águas:

“Geralmente apresentam uma turbidez elevada, devido à presença de uma grande quantidade de material sólido em suspensão, principalmente em época chuvosa, bactérias e outros microrganismos. Por isso, se faz necessário uma máxima remoção desses materiais para que a água seja consumida com segurança. O processo de remoção é feito pela adição de coagulantes químicos, dentro de uma sequência de tratamento controlado”.

Neste sentido, tecnologias acessíveis e baratas, como o uso de coagulantes naturais e filtração lenta, podem promover o acesso à água potável nestes casos (ARANTES *et al.*, 2014). Além disso, Lima, Almeida e Vicentini (2020) consideram que o uso de coagulantes naturais, se comparados aos coagulantes químicos apresentam vantagens ao meio ambiente e à saúde humana por serem biodegradáveis e não tóxicos, além de produzirem lodos em menor volume, variando de 20 a 30% do que é gerado pelos coagulantes metálicos, como os sais de alumínio, que pode predispor à doença de Alzheimer.

Como alternativa de coagulante natural têm-se a *Moringa Oleífera* (MO), uma planta da família *Moringaceae*, popularmente conhecida como *moringa*. É a espécie do seu gênero mais cultivada, na qual pode chegar a 12 metros de altura e seus ramos podem crescer até 10 metros de comprimento. Originária da Índia a planta encontra-se difundida por diversas regiões de clima compatível, sendo tolerante à seca, produz vagens com sementes que podem ser utilizadas para a clarificação e remoção de microrganismos, possuindo elevado interesse ambiental. (LIMA JUNIOR; ABREU, 2018).

É importante mencionar que, evidências do uso de sementes pulverizadas de MO para o tratamento de água, cujo custo é menor do que o tratamento químico convencional, estabelece uma possibilidade de alta importância. Além do mais, autores relatam na literatura que ocorrem remoções de 90 a 99% de bactérias. (MUYIBI; EVISON, 1995).

Diante do exposto, pode-se observar que atualmente ainda se encontra dificuldade no que diz respeito aos processos de tratamento de água e efluentes, seja devido ao custo, seja devido à dificuldade desse tratamento chegar a algumas localidades, principalmente as de zonas rurais. Dessa forma, justifica-se a utilização da MO no tratamento de águas e efluentes, como um coagulante natural, de baixo custo e fácil acesso, por meio do qual é possível obter, através do processo de coagulação-floculação, uma água de qualidade melhor, se comparado as características iniciais desta.

Assim, poderá ser constatado neste trabalho que a MO poderá ser utilizada para a potabilização de água e/ou para o tratamento de efluente, contribuindo para a melhoria da qualidade destes. Portanto, a presente pesquisa tem como objetivo avaliar a eficiência da MO no tratamento de água e efluentes, através da utilização de suas sementes, bem como do biocoagulante natural derivado da mesma, comparando os resultados de ambas e apresentando qual possui melhor eficiência.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar a eficiência da utilização da *moringa oleífera* no tratamento de água e de efluentes através do processo de coagulação-floculação, utilizando sementes de *Moringa Oleífera* e biocoagulante natural à base de *moringa*.

1.2.1 Objetivo específicos

- 1 Avaliar a eficiência da semente da *Moringa Oleífera* no tratamento de água e efluentes, por meio do processo de coagulação-floculação, para remoção dos parâmetros de cor e turbidez.
- 2 Avaliar a eficiência do biocoagulante natural à base de *moringa* no tratamento de água e efluentes, por meio do processo de coagulação-floculação, para remoção dos parâmetros de cor e turbidez.
- 3 Comparar a eficiência da utilização das sementes de *Moringa Oleífera* e do biocoagulante natural à base de *moringa* nos tratamentos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MORINGA OLEÍFERA (MO)

Originária do sudoeste indiano a *MO lam* é uma planta abundantemente distribuída não só no subcontinente indiano, mas em países como Egito, Filipinas, Ceilão, Tailândia, Malásia, Burma, Paquistão, Singapura, Jamaica e Nigéria. No Brasil sua introdução é relativamente recente, datando 1950, na forma de planta ornamental, por intermédio do pesquisador Warwick Estevam Kerr. (GUALBERTO *et al.*, 2014).

De uma família monogenérica, a *Moringaceae*, e de ordem das Papavelares a MO também conhecida como árvore benzólica, árvore de óleo Ben, raiz-forte, e acácia-branca é uma árvore de crescimento rápido que era utilizada pelos antigos romanos, gregos e egípcios, e que agora é amplamente cultivado e se naturalizou em muitos locais nos trópicos. Possui madeira de baixa qualidade, mas que há séculos é defendida para usos medicinais e industriais tradicionais (FAHEY, 2005).

A árvore é caducifólia, isto é, perdem as suas folhas na estação seca ou no inverno, podendo crescer rapidamente mesmo em solos pobres, bem adaptadas à seca e podendo atingir até 15m de altura, com diâmetro variando de 20cm a 40cm na altura do peito. Produz frutos triangulares e secos, que facilitam a dispersão das sementes pela ação do vento (FERREIRA *et al.*, 2008).

Segundo Jesus *et al.* (2013) a MO pode ser cultivada em altitude de até 1400 metros, em quase todos os tipos de solos, exceto por aqueles onde há possibilidade de encharcamento no terreno. O potencial da *moringa* vem chamando a atenção de pesquisadores, técnicos e extensionistas, devido à sua alta adaptabilidade, rusticidade e baixo custo de produção, sendo por essas características considerada uma cultura agrícola de potencial socioambiental que atende a necessidade não só da agricultura familiar como também de comunidades em condições de vulnerabilidade social. (DIAS, DURIGAN; GUIMARÃES, 2018).

Todas as partes da árvore da *Moringa* são comestíveis e há muito tempo são consumidas pelos humanos. Entre os múltiplos usos, destacam-se: cultivo em alamedas (produção de biomassa), biogás (de folhas), agente de limpeza doméstica (folhas amassadas), corante azul (madeira), cercas (árvores vivas), fertilizante (bolo de sementes), nutriente foliar (suco extraído das folhas), adubo verde (das folhas), mel e clarificador de caldo de cana (sementes em pó), mel (néctar de flor), medicamento (todas as partes da planta), plantações ornamentais, biopesticida (incorporação de folhas no solo para evitar o tombamento das mudas), polpa

(madeira), corda (casca), tanino para curtir peles (casca e goma), mas principalmente a purificação da água (sementes em pó) (HALDAR; KOSANKAR, 2017).

Os autores Amagloh & Benang (2009) asseguram que as sementes de MO contêm proteínas com peso molecular baixo e seu pó quando dissoluto em água apresenta cargas positivas que atraem cargas negativas como, por exemplo, argilas e siltes, originando flocos densos que com a força da gravidade sedimentam. Os autores afirmam também, que por ser de origem orgânica, há grandes vantagens no uso de coagulante à base de *moringa*, quando comparado aos químicos, como exemplo o sulfato de alumínio, em especial para comunidades pequenas, pois pode ser preparado no próprio local.

Na ciência ambiental as sementes de MO têm sido aplicadas no tratamento de águas brutas (SHARMA *et al.*, 2006) e também de efluentes (SILVA *et al.*, 2001). O tratamento ocasiona essencialmente a remoção de cor e turbidez e age no processo de coagulação-floculação-sedimentação em detrimento dos sais metálicos como cloreto férrico (FeCl_3), e sulfato de alumínio, que usualmente são empregados.

Além da remoção de turbidez em águas brutas, a MO tem se mostrado propícia para a retirada de metais visando à melhora da qualidade das águas. Suas sementes possuem ainda especificidades adsorptivas com resultância bastante consideráveis para a remoção de cádmio (SHARMA *et al.*, 2006). Silva *et al.* (2001) concluíram após observações sobre o tratamento de efluentes têxteis que, a utilização de coagulantes naturais como a MO é uma alternativa favorável sendo capaz de auxiliar no tratamento primário, uma vez que eleva a eficiência nos decantadores no que diz respeito a remoção de sólidos em suspensão.

2.2 TRATAMENTO DE ÁGUA

O tratamento de água consiste no processo de remoção de partículas suspensas e coloidais, além de microrganismos, matéria orgânica, e de outras substâncias presentes nas águas que podem afetar a saúde humana (BOTERO *et al.* 2009). Este processo, cujo objetivo é de potabilidade, consiste na adequação da água em sua forma bruta aos padrões de potabilidade em vigor através da Portaria GM/MS nº 888 de 4 de maio de 2021. A obediência a esses critérios determina qual a seleção da tecnologia de tratamento a ser implantada, levando em consideração a qualidade das águas a ser tratada e as características da comunidade a ser beneficiada. (DI BERNARDO; BRANDÃO; HELLER, 1999).

No Brasil existem aproximadamente 7.500 estações de tratamento de água (ETAs), as quais são projetadas com ciclos que podem incluir os processos de coagulação, floculação, decantação e filtração (ACHON, BARROSO; CORDEIRO, 2013). Os custos de implantação

são onerosos variando de US\$ 4 a 6 mil por L/s (estação de concreto) e US\$ 2 a 3 mil por L/s (estações pré-fabricadas) e compreendem na conjunção de obras civis, custos do terreno, do meio filtrante e de equipamentos, cujo estão relacionados diretamente à magnitude da vazão afluyente, e à localização geográfica da estação em relação aos centros mais desenvolvidos (CORDEIRO, 2008).

Nesse contexto, e em detrimento dessas localizações, Ali *et al.* (2010) afirmam que uma das maiores dificuldades em levar o abastecimento e o tratamento de água às zonas rurais se deve a onerosidade, principalmente pela distância e escassez de recursos nesses locais, assim como a dispersão e a baixa densidade populacional. Diante disso, “muitas comunidades do meio rural, por consumirem água de baixa qualidade, ficam, permanentemente, sob risco de infecções e doenças de grande gravidade” (LO MONACO *et al.*, 2010).

Cabe lembrar que tanto nas zonas urbanas, como nas rurais, partes dos cursos d'água sofrem com o lançamento de esgoto doméstico e o não tratamento destes geram inúmeros problemas de cunho ambiental, tais como a poluição de águas superficiais e subterrâneas, problemas à saúde humana pelos riscos de disseminação de doenças, bem como problemas econômicos, uma vez que as “deficiências” na saúde humana geram custos hospitalares, como também influenciam nas condições de trabalhabilidade de indivíduos e, por isso, é de suma importância o tratamento desses recursos hídricos (LO MONACO *et al.*, 2010).

Diante disso e da dificuldade de tratamento em alguns panoramas, alternativas de tratamento não convencionais são mencionadas na literatura. Lima e Rollemberg (2020) apresentam como uma solução a utilização de coagulantes naturais como a MO e a quitosana, os quais apresentam vantagens em relação aos coagulantes químicos, por ventura de que os primeiros produzem lodo em menor quantidade, são não tóxicos, biodegradáveis e possuem menores teores de metais.

Além disso, para Paterniani e Conceição (2014), a filtração lenta de areia é uma modalidade alternativa para essas situações, uma vez que tem por vantagem a utilização de materiais simples e não necessita de equipamentos especializados, assim como não utiliza produtos químicos, é de fácil construção e tem menor produção de lodo. Aponta-se ainda, a desinfecção por radiação solar, como alternativa de tratamento. Segundo Moura (2000) e Silva (2004), essa solução possibilita a inativação de bactérias indicadoras de contaminação fecal e microrganismos patógenos, entretanto o uso se limita ao consumo no mesmo dia da desinfecção.

2.2.1 Coagulação e Floculação

A coagulação é uma das primeiras etapas no processo de tratamento de água e consiste em adicionar um composto (coagulante) no efluente de água bruta, onde através da mistura rápida, promove a homogeneização da mistura. Devido à importância da coagulação, tornam-se necessários estudos sobre diversos tipos de compostos coagulantes, uma vez que caso o processo não tenha êxito todas as etapas subsequentes podem ser prejudicadas (PAVANELLI, 2001).

Existem dois mecanismos básicos no processo de coagulação, quais sejam a coagulação eletrocinética e a ortocinética. Na primeira, o autor Konradt-Moraes (2009) *apud* Di Bernardo e Dantas (2005), caracteriza como “o Potencial Zeta é reduzido por íons ou colóides de cargas opostas” e na segunda, “as misturas se agregam e formam flocos que aglomeram as partículas em suspensão”, sendo o Potencial Zeta descrito como a medida do potencial elétrico que se encontra ao redor do meio líquido e da partícula em que ela está inserida.

No processo da coagulação existem variados compostos, sejam eles naturais/orgânicos e inorgânicos, entre os quais se pode destacar para os primeiros a quitosana e a MO e, para os últimos, o cloreto férrico ou sais de ferro e o sulfato de alumínio (VAZ *et al.*, 2010), os autores destacam ainda a preocupação com a utilização dos últimos, uma vez que os lodos produzidos que contenham eles, podem comprometer a saúde humana.

Enquanto na coagulação as partículas presentes no meio são desequilibradas após introdução de coagulante e agitação intensa, na floculação são promovidas congregações entre as partículas que foram desestabilizadas por meio de agitação lenta (MORUZZI *et al.*, 2016). A floculação resulta do processo em que as partículas eletrostaticamente instáveis são forçadas a se movimentarem, com o objetivo de que se atraiam, formando flocos que ao sofrerem processo de agitação, propendem a aderir uns aos outros, tornando-se mais pesados e volumosos, para nos processos posteriores, serem separados nas unidades de decantação e filtração (PEREIRA, 2012 *apud* AZEVEDO NETO *et al.*, 1979).

Nos processos de coagulação e floculação, o gradiente de velocidade e tempo de agitação influenciam a etapa global de coagulação-floculação, onde para resultados mais eficientes destes processos, deve haver um aperfeiçoamento do gradiente de velocidade e do tempo. Na condição de baixa velocidade e tempo, ocorre a diminuição do tamanho dos flocos, dificultando a sedimentação. Para altas velocidades e tempos, após a formação dos flocos, pode haver a quebra parcial desses, o que resulta partículas menores e no retardo da sedimentação. (GEWEHR, 2012).

Usualmente, os polímeros sintéticos são utilizados como floculantes, que atuam como pontes que adsorvem e ligam às partículas coloidais em água, porém, apesar dos polímeros sintéticos serem os mais utilizados, segundo Zhao *et al.* (2012) floculantes sintéticos podem conter contaminantes que agridem a saúde humana e podem reagir com outros produtos químicos presentes na água, causando reações secundárias não desejadas.

É importante mencionar que os estudos sobre coagulantes naturais vêm crescendo desde a década passada. Cordeiro *et al.* (2008) verificaram que a MO se apresentou eficiente na remoção de cor e turbidez, com remoções de até 84,7% e 91,4% respectivamente. Já Ribeiro (2010), por exemplo, verificou a efetividade da aplicação da MO no tratamento de água como coagulante e concluiu que remoção de turvação pode chegar a valores superiores a 94%. Por sua vez Nishi *et al.* (2011) analisaram a utilização das sementes de *moringa* como meio de catalisar o processo de coagulação/floculação da água, visando a remoção de cistos de *Giardia* e *Cryptosporidium* e constataram que a solução de sementes apresentou resultados satisfatórios removendo mais de 90% destes cistos. Portanto, podendo ser julgada como um processo promissor nas etapas de coagulação/floculação.

2.3 TRATAMENTO DE EFLUENTES

O tratamento de efluentes é constituído por um sistema com vários processos, cujo objetivo se dá através da remoção de substâncias indesejáveis da água, de forma a promover sua adequação às legislações ambientais (MARCONDES, 2012). Segundo Metcalf e Eddy (2015), dentre os processos de tratamento, se tem como principais aqueles agrupados em processos unitários físicos, biológicos e químicos.

Segundo Crespilho *et al.* (2004) os processos físicos se caracterizam pela separação de fases do efluente, sendo estas as fases líquida e sólida, ocorrendo por meio de processos de gradeamento, sedimentação ou decantação, peneiramento e flotação de resíduos, os quais têm por objetivo a separação de materiais sólidos do efluente.

Os processos biológicos se caracterizam pela ação de microrganismos, por meio de transformação da matéria orgânica e se subdivide em processos anaeróbios e aeróbios, através dos quais ocorre a degradação de substâncias e matéria orgânica presentes nos efluentes (BARCELLOS; CARVALHO, 2010).

Os processos químicos se caracterizam pela utilização de produtos químicos, cujo objetivo está relacionado a remoção de substâncias ou elementos que não foram removidos nos outros processos de tratamento (físico e biológico), sendo eles: cloração, ozonização, radiação ultravioleta, coagulação, floculação, etc (METCALF; EDDY, 2015).

Tais processos de tratamento de efluentes devem ter sua execução precedida por condições que precisam ser analisadas, como por exemplo: sua finalidade, a produção de odor; a quantidade de investimento; a geração de lodo; a qualidade do efluente tratado; a segurança operacional, a hipótese de reutilização do efluente; o atendimento às portarias e resoluções ambientais vigentes, etc (MARCONDES, 2012).

De acordo com a resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, nº 430, 13 de maio de 2011, fica estabelecido no art. 3 que “os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis” (BRASIL, 2011).

Para o tratamento de diversos tipos de efluente, os biocoagulantes como a *moringa* aparecem como uma forma alternativa e barata. Dessa forma, Parteniani (2009) obteve reduções médias da turbidez e da cor aparente, de 90 e 96% nos processos de sedimentação simples e filtração lenta ao tratar águas com turbidez variando de 50 até 100 Unidade Nefelométrica de Turbidez (NTU). Já De Paula e Ilha (2015) aplicaram a *moringa* em águas residuárias, a qual reagiu apresentando resultados excelentes para remoção de sólidos suspensos, turbidez, cor e, até mesmo, remoção de dureza da água. Por fim, Santana *et al.* (2020) em sua pesquisa utilizaram a semente de *moringa* como agente clarificador de efluentes de tintas industriais e obtiveram para todos os experimentos realizados, a eficiência de remoção de cor e turbidez acima de 97%. Portanto, conclui-se que a *moringa* se apresenta eficiente no tratamento de efluentes.

2.3.1 Efluentes Residuais

Um efluente pode ser caracterizado a partir das impurezas que são inseridas no recurso hídrico, e pela utilização para qual ele foi atribuído, como uso doméstico, industrial, comercial, hospitalar, laboratorial, agrícola, de infiltração, pluviais e outras fontes (MARTINS ROCHA; SANTANA, 2018 *apud* OLIVEIRA, 2006).

Os efluentes residuais urbanos apresentam como principais componentes águas residuais advindas de serviços e instalações residenciais, essencialmente provenientes do metabolismo humano e de atividades domésticas, podendo, no entanto, apresentar uma pequena fração de águas residuais provenientes dos sistemas de drenagem como recepção de águas pluviais e de áreas impermeabilizadas, bem como de laboratórios e clínicas hospitalares (SARAIVA, 2015).

Uma mistura complexa de substâncias orgânicas e inorgânicas, dissolvidas e em suspensão, incluindo numerosos microrganismos patogênicos são os principais contaminantes presentes neste tipo de efluente. Tornando de imprescindível relevância a caracterização qualitativa do efluente e a padronização de acordo com as resoluções e portarias ambientais vigentes (MELTCALF; EDDY, 2003), como por exemplo, as resoluções CONAMA nº 357/2005, nº 397/2008 que complementa a nº 357, nº 410/2009 que prorroga o prazo estabelecido pela nº 357 e nº 430/2011 (BRASIL, 2005).

Os efluentes residuais urbanos quando não tratados corretamente, podem implicar no consumo de oxigênio no meio receptor, potencializando os processos de eutrofização, ser prejudiciais a existência da vida aquática e servir de transmissor à proliferação de vetores de doenças patogênicas, gerando também consequências na saúde humana (NAUGHTON; HYNDS, 2014).

No Brasil, observa-se uma expressiva evolução quanto ao uso da água e limitações legais para seu uso, bem como restrições para o descarte de efluentes. Tais efluentes, para que tenham uma destinação correta e não prejudicial ao meio ambiente, precisam passar por processos de tratamento específicos ao tipo de efluente, quantidade e também de destinação, de forma que estejam dentro dos padrões e sejam aceitáveis pela legislação ambiental (METCALF; EDDY, 2015).

2.3.2 Efluente Têxtil

A agricultura e as indústrias são as maiores instâncias consumidoras de água doce disponibilizada, sendo o setor têxtil responsável por 15% de toda a água consumida pelas indústrias (TWARDOKUS, 2004). Nessa conjuntura, o setor têxtil apresenta um eminente destaque, uma vez que, por gerar grandes volumes de efluentes devido a sua grande área industrial instalada, causam sérios problemas de contaminação ambiental, quando não são corretamente tratados (KUNZ, 2002).

Para Holkar *et al.* (2016), grande parte dos poluentes encontrados em efluentes têxteis são produtos químicos que, ao serem excluídos sem tratamento em corpos hídricos, modificam as propriedades físico-químicas do meio. Devido à alta concentração de matéria orgânica nesses efluentes, o autor destaca ainda que bactérias heterotróficas podem se multiplicar rapidamente nos corpos hídricos, afetando a sobrevivência de seres aquáticos devido à competição por oxigênio.

Os efluentes têxteis podem, além desses efeitos acima citados, apresentar potencial carcinogênico e mutagênico (RAMOS, 2020). Os corantes comprometem a fotossíntese e

consequentemente a quantidade de oxigênio dissolvido (OD) ao impedir a penetração de luz e, além dos metais, estes são os contaminantes mais alarmantes em efluentes têxteis, em virtude de suas propriedades de alta dissolução, nocividade e baixa degradabilidade (HOLKAR *et al.*, 2016).

Segundo Ramos (2020), os tratamentos biológicos são os mais empregados para melhorar a eficiência de algumas ETEs, enquanto o processo de coagulação-floculação tem se tornado a principal etapa na remoção de poluentes nesses efluentes. Para o autor, é possível notar, todavia, a conveniência de explorar métodos para o tratamento de efluentes têxteis conforme os processos oxidativos avançados, os quais impedem e diminuem a formação de resíduos sólidos, comum nos processos convencionais.

Para o tratamento desses efluentes um dos agentes coagulantes mais empregados nos tratamentos tradicionais é o sulfato de alumínio. Contudo o volume de lodo produzido neste processo é elevado e existem debates acerca da toxicidade do alumínio deste tipo de lodo. Sendo assim, com a utilização de um biocoagulante evitam-se tratamentos que produzam grande quantidade de lodo abundante deste metal (RENAULT *et al.*, 2008). O autor destaca que concentrações elevadas de alumínio na água podem implicar em riscos à saúde humana, por isso, a elaboração e uso de coagulantes orgânicos é uma alternativa viável para a purificação de águas residuais.

2.4 IMPACTO DO LANÇAMENTO DE EFLUENTE NOS CORPOS D'ÁGUA

O aumento da produção de efluentes vem sendo consequência do processo de urbanização e do crescimento populacional das cidades, os quais são ricos em materiais orgânicos e em sua maioria são despejados sem tratamento em corpos hídricos (MARTINS, ROCHA; SANTANA, 2018). Segundo os autores, o lançamento destes, em grandes quantidades, ocasiona a diminuição do OD e o aumento da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), provocando desequilíbrios no meio aquático e no ecossistema.

Os impactos advindos desse lançamento estão não somente relacionados ao OD e DBO, mas também as modificações das características do meio aquático, o comprometimento do consumo deste, a contaminação por organismos patogênicos, a eutrofização, bem como os impactos provocados ao meio ambiente e ao ser humano (MARTINS, ROCHA; SANTANA, 2018).

É importante destacar que através de estudos já realizados, e de caracterização de corpos receptores, todos os corpos hídricos possuem um limite de recebimento desses efluentes, o qual

é medido através da sua capacidade de autodepuração, ou seja, o processo natural de recuperação das características após recebimento de efluente (COSTA; TEIXEIRA, 2010).

2.4.1 Poluição por Matéria Orgânica

As principais fontes de matéria orgânica nos corpos hídricos podem ser alóctones como a descarga de esgotos por fontes pontuais, escoamento superficial, bem como as autóctones como a decomposição de algas, peixes e invertebrados, sendo a matéria orgânica encontrada sob a forma de carbono orgânico dissolvido, carbono orgânico particulado e carbono inorgânico dissolvido, nos sedimentos e na biota aquática (KNAPIK *et al.*, 2009).

De acordo com Ferreira, Cunha-Santino e Junior (p. 68, 2015), as fontes de nutrientes, podem ser difusas e pontuais, e são definidas como:

“As fontes difusas (também chamadas de não pontuais) originam-se de múltiplos pontos de descarga, abrangendo grandes áreas e geralmente associadas ao uso da terra (p. ex. os escoamentos superficiais urbanos e agrícolas). As fontes pontuais resultam da descarga de nutrientes em locais específicos que podem ser facilmente identificados, como por exemplo, esgotos domésticos e industriais”.

A matéria orgânica presente em ecossistemas aquáticos pode ser determinada através dos parâmetros de demanda química de oxigênio (DQO), carbono orgânico total (TOC) e DBO (KNAPIK *et al.*, 2009), o qual representa “um indicador indireto de matéria orgânica biodegradável, determinado pela quantidade de oxigênio necessária para que os microrganismos estabilizem a matéria orgânica presente” (LEITE, 2004).

A resolução do CONAMA, nº 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, estabelece a partir do seu art. 14º os limites máximos de DBO de 3, 5 e 10 mg/L para as águas doces de classe 1, 2 e 3 respectivamente (BRASIL, 2005).

O processo de decaimento da DBO, ou seja, a oxidação da matéria orgânica, tem como principais responsáveis os organismos decompositores como os fungos, protozoários e bactérias heterotróficas, sendo este último grupo o de maior presença (VON SPERLING, 2016). A elevada disponibilidade de matéria orgânica no meio aquático, apresenta condições favoráveis para que os organismos decompositores possam proliferar (LEITE, 2004).

De acordo com Leite (p. 40, 2004):

“A matéria orgânica só pode ser degradada se houver no meio outros elementos essenciais para completar reações metabólicas realizadas pelos decompositores, como nutrientes e micronutrientes, sem os quais o substrato permanece inalterado ao longo do tempo, podendo erroneamente ser considerado inerte. Da mesma forma, na presença de elementos tóxicos, os

seres decompositores tanto podem morrer quanto podem não realizar suas funções vitais de reprodução e alimentação, e assim não modificar a matéria orgânica”.

2.5 PLANEJAMENTO FATORIAL/EXPERIMENTAL

Nas pesquisas científicas, há uma reflexão que deve ser realizada no início dos estudos para a definição das condições experimentais, de tal forma que se possa obter resultados confiáveis, por meio da otimização de parâmetros experimentais (PERALTA-ZAMORA, MORAIS; NAGATA, 2005). Os autores destacam que no planejamento experimental, o planejamento fatorial ganha destaque visto que permite avaliar de forma simultânea, a partir de um pequeno número de ensaios experimentais, um grande número de variáveis.

Com o intuito de melhor entender os fundamentos do planejamento fatorial, Cunico *et al.* (2008) *apud* Chemkeys (2007) afirmam que é necessário ter domínio de alguns conhecimentos básicos, os quais podemos destacar: fator, que se refere a cada variável em estudo; nível, que se refere as condições de operação desses fatores, podendo estes serem identificados com os sinais positivo (+) e negativo (-), sendo como baixo (-) e alto (+); e efeito, que se refere a mudança na resposta quando se modifica o nível baixo (-) para o nível alto (+), além disso esses efeitos podem ser classificados em principal e de interação.

Os níveis do planejamento através da representação com os sinais + e -, permitem esquematizar as variáveis do estudo na forma de matrizes de planejamento, assim como permitem determinar, através de cálculos, a influência das variáveis e das suas interações no sistema (BRASIL *et al.*, 2007), além disso, para Cunico *et al.* (2008) a atribuição aos níveis se dá de maneira arbitrária e não gera interferência na realização dos experimentos ou na interpretação dos resultados.

Segundo Cunico *et al.* (2008) *apud* Barros Neto (1996), o planejamento fatorial geralmente é o mais indicado “quando se deseja estudar os efeitos de duas ou mais variáveis de influência, sendo que em cada tentativa ou réplica, todas as combinações possíveis dos níveis de cada variável são investigadas”. Para esse tipo de planejamento, utiliza-se uma expressão como representação, sendo esta b^k , onde “b” é o número de níveis e “k” é o número de fatores (NEVES, SCHVARTZMAN; JORDÃO, 2002).

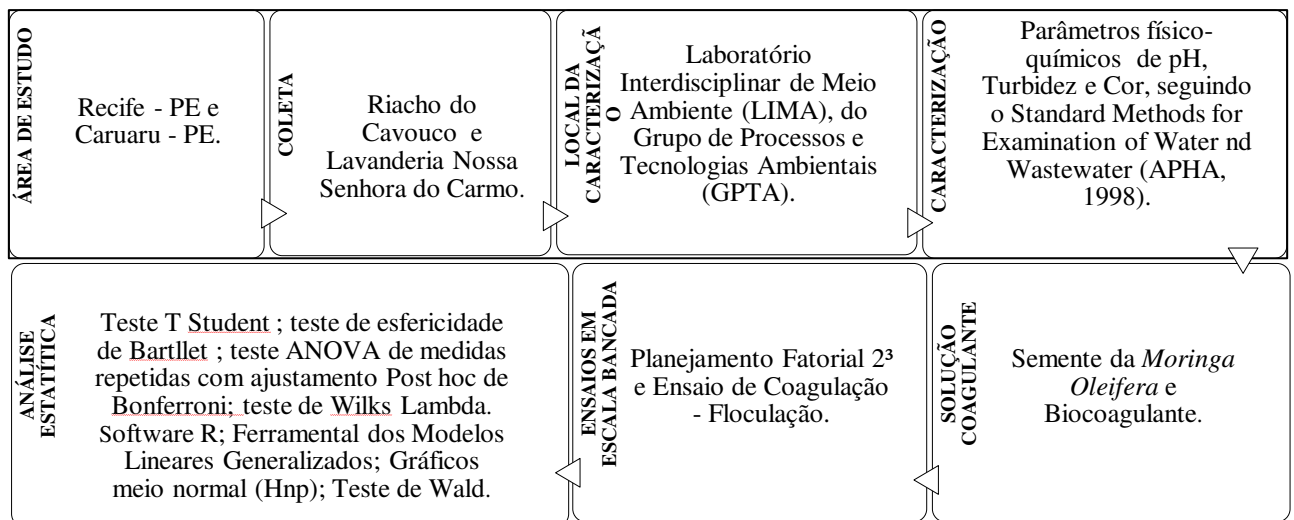
Em casos mais simples de planejamento fatorial, os fatores (k) estão presentes em apenas dois níveis (b) (NEVES, SCHVARTZMAN; JORDÃO, 2002), de forma que esta representação signifique que para 2 diferentes níveis para 2 fatores (2^2 , tem-se um total de 4 experimentos a serem realizados, bem como para 2 diferentes níveis para 3 fatores (2^3 , o total de experimentos a serem realizados seria 8. Segundo os autores, apesar desse tipo de

planejamento fatorial ser mais comum, ele se mostra vantajoso, pois permite a verificação de “tendências importantes para a realização de investigações posteriores”.

O estudo realizado por meio de planejamento fatorial apresenta diversas vantagens, dentre as quais podemos destacar: redução do número de ensaios sem prejuízo na qualidade da informação; estudo simultâneo de diversas variáveis; realização da pesquisa em etapas; seleção das variáveis que influenciam um processo com número reduzido de ensaios; elaboração de conclusões a partir de resultados qualitativos (BUTTON, 2016).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para analisar a eficiência da *moringa* como coagulante natural, seja através da semente, e/ou do biocoagulante, é necessário realizar a caracterização da água e do efluente antes e após sua utilização. Tal avaliação ocorreu por meio de dois processos de tratamento de água, quais sejam, coagulação e floculação. As etapas desta metodologia estão representadas no fluxograma abaixo.



Fonte: Próprios autores (2021)

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Para o estudo em questão, as coletas foram realizadas no Riacho do Cavouco, localizado no município de Recife – PE, e na lavanderia têxtil Nossa Senhora do Carmo, localizada no município de Caruaru – PE. A escolha do Riacho do Cavouco deu-se devido este apresentar contribuições de esgotos oriundos de hospitais e laboratórios, podendo também ser caracterizado como efluente residual e ao fato da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) não possuir uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). Além disso, com o intuito de testar

a eficiência do coagulante utilizado na pesquisa para diferentes tipos de efluentes, estabeleceu-se a segunda área de estudo como sendo o município de Caruaru, uma vez que este apresenta diversas lavanderias têxteis.

O município de Recife está localizado na Região Nordeste, na região leste do estado de Pernambuco, sendo a capital do respectivo estado. Dispõe de uma população de 1.635.461 pessoas, área de aproximadamente 218 km² e densidade demográfica de 7.039,64 hab/km², segundo o censo do IBGE, 2010. Nele fica localizado um dos pontos de coleta do presente estudo, o Riacho do Cavouco, sob coordenadas 8°2'52.05" S e 34°57'10.33" O, que faz parte da malha urbana e hídrica de Recife, cuja antiga nascente conhecida como Laguinho, situa-se no campus universitário da UFPE.

O Riacho do Cavouco corta a cidade de Recife, passando por bairros como a Várzea, Engenho do Meio, Sudene, Cordeiro e Iputinga, até desaguar no Rio Capibaribe (Figura 1).

Figura 1 – Rio Capibaribe.



Fonte: Observatório de Saneamento Ambiental do Recife (2019).

O município de Caruaru, está localizado na Região Nordeste, no estado de Pernambuco, a oeste da capital do estado, distando desta cerca de 130 km. Dispõe de uma população de 365.278 pessoas, área de aproximadamente 920 km² e densidade demográfica de 342,07 hab/km², segundo o censo do IBGE, 2010. Neste município encontra-se o outro ponto de coleta, nesse caso, a Lavanderia Nossa Senhora do Carmo, sob coordenadas 8°16'26.3" S e 35°57'48.8" O.

3.2 COLETA

As amostras coletadas foram retiradas de quatro pontos distintos, sendo três deles no Riacho do Cavouco em Recife – PE e um na Lavanderia Nossa Senhora do Carmo em Caruaru

– PE. A escolha dos pontos de coleta no município de Recife deu-se em virtude de estes apresentarem contribuições diferentes de lançamento de esgoto em cada um dos pontos e, para o município de Caruaru, como a coleta foi realizada dentro da unidade de tratamento da Lavanderia Têxtil, este apresentava apenas a contribuição da própria lavanderia como efluente.

3.2.1 Riacho do Cavouco

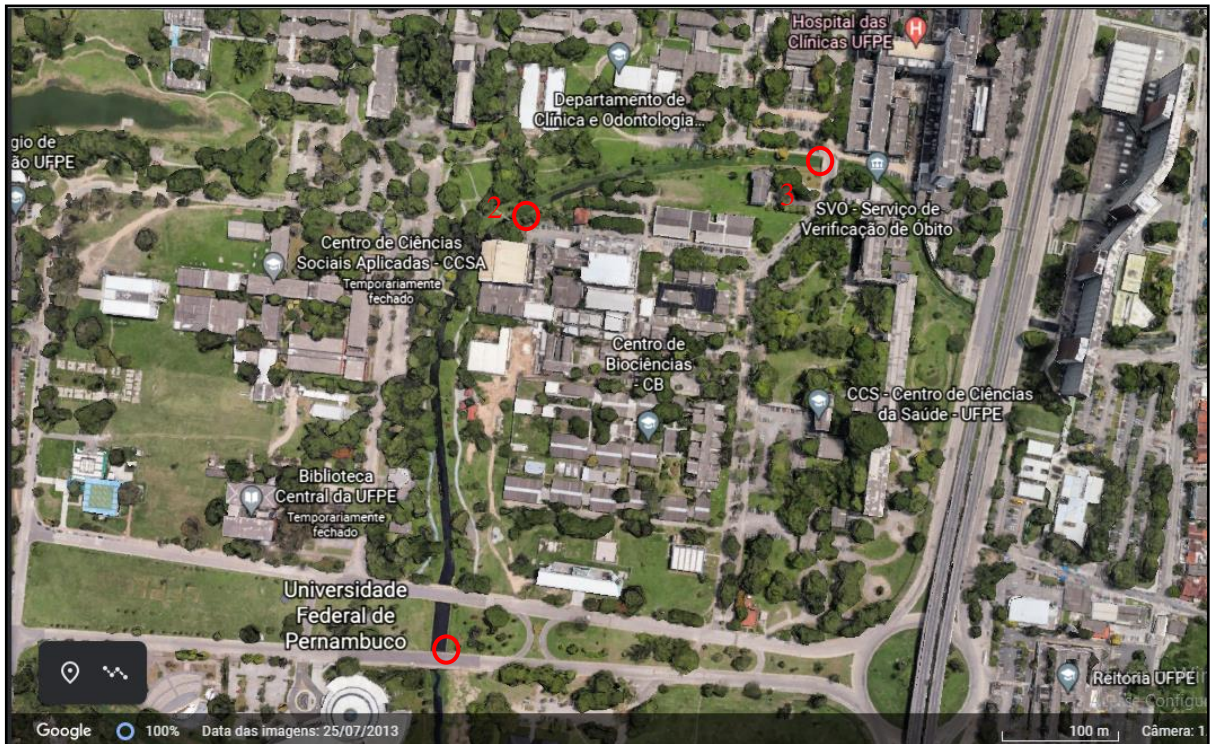
As coletas realizadas no Riacho do Cavouco foram retiradas no bairro da Várzea, no campus universitário, sendo estas em três pontos, apresentados na Figura 2: o ponto A, próximo ao Centro de Convenções da UFPE, sob coordenadas $8^{\circ}03'08.0''$ S e $34^{\circ}56'60.0''$ O; o ponto B, próximo a Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), sob coordenadas $8^{\circ}02'55.4''$ S e $34^{\circ}56'58.1''$ O; e o ponto C, próximo ao Hospital das Clínicas da UFPE, sob coordenadas $8^{\circ}02'53.7''$ S e $34^{\circ}56'48.6''$ O. Tem-se também abaixo a Figura 3 com mapa de localização dos três pontos descritos acima.

Figura 2 – Pontos de coleta do Riacho do Cavouco.



Legenda: A – ponto de coleta 01; B – ponto de coleta 02; C – ponto de coleta 03.
Fonte: Próprios autores (2021).

Figura 3 – Mapa de localização dos três pontos.



Legenda: 1 – próximo ao Centro de Convenções; 2 – próximo a FIOCRUZ; 3 – próximo ao Hospital das Clínicas.

Fonte: Adaptado do Google Earth (2021).

3.2.1.1 Procedimento de coleta

O procedimento de coleta (Figura 4) da amostra de água se deu da seguinte forma: inicialmente, utilizou-se um balde e, com o auxílio de uma corda, este era arremessado no riacho e recolhido com cada uma das amostras. Em seguida, essas amostras foram inseridas em bombonas plásticas de polietileno, já higienizadas, as quais têm por característica serem próprias para armazenagem de produtos químicos, cujo volume correspondente era de cinco litros, estas foram armazenadas à temperatura ambiente.

Figura 4 – Procedimento de coleta.



Legenda: A – Lançamento do balde; B – Recolhimento do efluente; C e D – Inserção da amostra nas bombonas.

Fonte: Próprios autores (2021).

Cabe ressaltar que nas coletas foi utilizado equipamento de proteção individual (EPI), a saber, luvas de látex, uma vez que, a olho nu não é possível identificar se há ou não a presença de compostos (perigosos/ contaminantes) no efluente. Dessa forma, cada amostra coletada foi inserida em uma bombona e identificada como: Riacho do Cavouco amostra 1 (RC1); Riacho do Cavouco amostra 2 (RC2); Riacho do Cavouco amostra 3 (RC3), sendo estas respectivamente de cada ponto mencionado no parágrafo anterior, como demonstra a Figura 5 abaixo. Após o procedimento de coleta, as amostras foram refrigeradas a 4°C no laboratório onde seria realizada a caracterização dos efluentes para início da parte experimental.

Figura 5 – Amostras RC1, RC2 e RC3 respectivamente.



Fonte: Próprios autores (2021).

3.2.2 Lavanderia Nossa Senhora do Carmo

A coleta realizada na Lavanderia Nossa Senhora do Carmo foi retirada da estação de tratamento da própria lavanderia, como apresentado na Figura 6, sob coordenadas 8°16'26.3" S e 35°57'48.8" O. A respectiva estação possui procedimento de tratamento com as seguintes etapas: gradeamento; coagulação/floculação; decantação; leito de secagem; e filtro de areia ou filtro de carvão ativado. Entretanto, no momento de realização da coleta, a mesma havia passado apenas pelo processo de gradeamento e aplicação de sulfato.

Figura 6 – Ponto de coleta.



Fonte: Próprios autores (2021).

3.2.2.1 Procedimento de coleta

O procedimento de coleta da amostra do efluente se deu da seguinte forma: dentro da estação de tratamento da lavanderia existem locais específicos para cada etapa de tratamento, após a etapa do gradeamento, o efluente sai por meio de uma tubulação, através da qual foi coletada a amostra. Em seguida, essa amostra foi inserida em galões plásticos (como demonstrado na Figura 7) já higienizados, cujo volume correspondente era de cinco litros, estas foram armazenadas à temperatura ambiente.

Figura 7 – Amostra nos galões plásticos.



Fonte: Próprios autores (2021).

O procedimento foi realizado utilizando-se EPI, a saber, luvas de látex, para que não houvesse contato direto com o efluente coletado. Dessa forma, a amostra coletada foi inserida em um galão e identificada como Lavanderia Nossa Senhora do Carmo amostra 1 (LNSC1), conforme Figura 8 abaixo. Após o procedimento de coleta, as amostras foram refrigeradas a 4°C no laboratório onde seria realizada a caracterização dos efluentes para início da parte experimental.

Figura 8 – Amostra identificada.



Fonte: Próprios autores (2021).

3.3 LOCAL DA REALIZAÇÃO DA CARACTERIZAÇÃO

Os ensaios realizados na presente pesquisa foram procedidos no Laboratório Interdisciplinar de Meio Ambiente (LIMA), do Grupo de Processos e Tecnologias Ambientais (GPTA), mais especificamente nos Laboratórios de Qualidade da Água e de Esgoto, que estão inseridos neste, localizados no Departamento de Engenharia Química (DEQ) da UFPE, sob coordenadas 8°02'48.1" S e 34°57'02.8" O.

3.4 CARACTERIZAÇÃO

Os critérios para a caracterização das amostras foram seguidos a partir dos métodos do *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998). Neste estudo, foram considerados parâmetros físico-químicos para caracterização, quais sejam, Potencial Hidrogeniônico (pH); Turbidez; e Cor.

Os parâmetros para caracterização foram analisados de acordo com as seguintes metodologias descritas no Quadro 1.

Quadro 1 - Metodologias utilizadas no estudo de coagulação – floculação.

| PARÂMETROS | MÉTODOS |
|----------------|--------------------------------------|
| pH | Método eletrométrico – SMEWW 4500 B |
| Turbidez (NTU) | Método Nefelométrico – SMEWW 2130 B |
| Cor (mg Pt/L) | Color, True and Apparent Method 8025 |

Fonte: Próprios autores (2021).

A caracterização das amostras analisadas foi realizada com os seguintes equipamentos descritos no Quadro 2, e apresentados nas Figuras 9, 10 e 11.

Quadro 2 - Equipamentos utilizados no estudo de coagulação – floculação.

| PARÂMETROS | EQUIPAMENTOS |
|----------------|---|
| pH | pHmetro de bancada – Químis Q400AS |
| Turbidez (NTU) | Turbidímetro microprocessado – Químis Q279P |
| Cor (mg Pt/L) | Fotômetro – Nova 60 MERCK |

Fonte: Próprios autores (2021).

Figura 9 – Equipamento para caracterização do pH.



Fonte: Quimis (2021).

Figura 10 – Equipamento para caracterização da turbidez.



Fonte: Quimis (2021).

Figura 11 – Equipamento para caracterização da cor.



Fonte: Merck (2021).

Cabe ressaltar que no procedimento de caracterização através dos parâmetros físico-químicos mencionados acima, considerou-se ambas as amostras *in natura* (bruto) e após o tratamento com a *moringa* e biocoagulante.

3.5 SOLUÇÕES COAGULANTES

A solução coagulante utilizada na presente pesquisa foi preparada a partir das sementes de MO e o biocoagulante (Figura 12) utilizado foi produzido pela *Claeff*, empresa de Engenharia e Produtos Químicos de Pernambuco, entretanto o mesmo também possui como base as sementes da planta, porém, através da extração do vapor destas.

Figura 12 – Biocoagulante.



Fonte: Próprios autores (2021).

3.5.1 Preparo da semente de *Moringa Oleífera*

A literatura disponibiliza vários processos de extração de coagulante a partir da MO e, diante disso, utilizou-se como base para o procedimento, o descrito por Katayon *et al.* (2006). Dessa forma, para esta pesquisa as vagens da *moringa* (Figura 13) foram colhidas no campus da UFPE, no DEQ, em seguida ocorreu a remoção das sementes das vagens. As cascas das sementes foram retiradas e ocorreu a trituração das sementes por meio de pilão, como demonstrado na Figura 14.

Figura 13 – Vagem da moringa.



Fonte: Ciprest (2017).

Figura 14 – Preparação da moringa.



Legenda: A – Semente da *moringa*; B – Semente descascada; C – Trituração da semente; D – Semente triturada.

Fonte: Próprios autores (2021).

3.5.2 Dosagens dos Coagulantes

3.5.2.1 Semente da *moringa*

O estudo de dosagem realizado com as sementes, foi adaptado da metodologia de Paterniani, Mantovani e Sant'Anna (2009), por meio do qual os autores adotaram como referência as concentrações de 150, 300 e 500 mg de coagulante, para cada litro e com 100 NTU. Dessa forma, a dosagem do presente estudo se deu através desta adaptação, para os valores de concentrações de 50, 100 e 150 mg de coagulante.

O procedimento da dosagem foi realizado da seguinte forma: inicialmente, tomou-se os valores de NTU obtidos no ensaio de turbidez para cada amostra e realizou-se uma proporção destes, com base nas concentrações, junto com o valor da metodologia descrita acima. Após obtenção do resultado da proporção, dividiu-se o valor por 5, uma vez que o presente estudo utilizou o volume de 200 ml das amostras.

O resultado final da dosagem é convertido para gramas (g) e este teve seu valor aumentado em 100 unidades, pois uma única semente de *moringa* pesa entre 0,23 a 0,25 g segundo estudos morfométricos feitos por Xavier, Guedes e Pereira (2014). Dessa forma, o aumento do valor objetivou máxima aproximação do peso de uma semente. Justifica-se ainda devido a necessidade de simplificação do processo para situações onde não há, por exemplo, como quantificar o peso da *moringa*, podendo dessa forma se quantificar em unidades de sementes.

3.5.2.2 Biocoagulante

Para o estudo de dosagem do biocoagulante, realizou-se uma adaptação da metodologia de Neto (2017), por meio do qual o autor adota como referência as concentrações de 0,50, 1,25 e 2,00 ml de biocoagulante, para cada 300 ml de amostra.

Para a dosagem deste produto, inicialmente tomou-se o valor de 200 ml de volume das amostras do estudo e realizou-se uma proporção destes, com os valores da metodologia descrita na seção anterior. Após obtenção do resultado da proporção, três valores de concentração para a dosagem foram encontrados, sendo estes, 0,40, 0,80 e 1,35 ml.

3.6 ENSAIOS EM ESCALA DE BANCADA

3.6.1 Planejamento Fatorial

Para a realização dos ensaios, foi feito o planejamento fatorial 2^3 fundamentado na metodologia adaptada de Mello (2011), por meio do qual foram definidas como variáveis de

entrada a concentração do coagulante (Cc) em miligramas para a semente e mililitros para o biocoagulante, velocidade de floculação (Vf) em rotação por minuto (rpm) e o tempo de floculação (Tf) em minutos. As variáveis fixas foram tempo de decantação (Td) em minutos, a velocidade de coagulação (Vc) em rpm e tempo de coagulação (Tc) em segundos e o volume utilizado para este ensaio foi de 200 ml.

Na Tabela a seguir pode-se verificar os valores utilizados para as variáveis de entrada da *moringa* (Tabela 1) de acordo com seus respectivos níveis de planejamento.

Tabela 1 – Valores de variáveis de entrada para ensaio de coagulação com *moringa*.

| Variáveis | | | |
|------------------|------------------------------|-----------------|-----------------|
| | Conc. Coagulante (mg) | Vf (rpm) | Tf (min) |
| Nível | 1 | 2 | 3 |
| + | 150 | 60 | 6 |
| - | 50 | 20 | 2 |
| 0 | 100 | 40 | 4 |

Fonte: Próprios autores (2021).

Na Tabela a seguir pode-se verificar os valores utilizados para as variáveis de entrada do biocoagulante (Tabela 2), de acordo com seus respectivos níveis de planejamento.

Tabela 2 – Valores de variáveis de entrada para ensaio de coagulação com biocoagulante.

| Variáveis | | | |
|------------------|------------------------------|-----------------|-----------------|
| | Conc. Coagulante (ml) | Vf (rpm) | Tf (min) |
| Nível | 1 | 2 | 3 |
| + | 1,35 | 60 | 6 |
| - | 0,40 | 20 | 2 |
| 0 | 0,80 | 40 | 4 |

Fonte: Próprios autores (2021).

Na Tabela 3 pode-se verificar os valores utilizados para as variáveis fixas do ensaio de coagulação - floculação.

Tabela 3 – Valores de variáveis fixa.

| Variáveis fixas | |
|------------------------|-----------|
| Td | 60 (min) |
| Vc | 110 (rpm) |
| Tc | 50 (seg) |

Fonte: Próprios autores (2021).

Cabe lembrar que, como mencionado no procedimento da dosagem, foi realizada uma proporcionalidade para cada metodologia a partir dos seus valores de concentrações. Portanto, para cada valor de concentração da semente da *moringa*, utilizou-se o resultado da análise da turbidez, para se obter os valores de concentrações da *moringa*. Bem como, para cada valor de concentração, por meio da proporcionalidade, obteve-se valores de concentrações de biocoagulante para cada amostra.

Portanto, as Tabelas apresentadas abaixo, demonstram os valores de variáveis de entrada (Tabelas 4, 6, 8 e 10), bem como as suas respectivas interações entre pontos (Tabelas 5, 7, 9 e 11), para o ensaio com a semente da *moringa*. Cada ensaio foi realizado em triplicata e foi retirada uma média dos valores.

- **Riacho do Cavouco - Amostra 01**

Fazendo uma proporcionalidade das concentrações:

Dado que: turbidez = 17.2 NTU

50 mg – 0,172 g; 100 mg – 0,344 g; 150 mg – 0,516 g

Tabela 4 – Valores de variáveis de entrada para ensaio de coagulação com *moringa*.

| Nível | Conc. Coagulante | Vel. Floculação | T. Floculação |
|-------|------------------|-----------------|---------------|
| + | 0,516 g | 60 | 6 |
| - | 0,172 g | 20 | 2 |
| 0 | 0,344 g | 40 | 4 |

Fonte: Próprios autores (2021).

Tabela 5 – Valores de interação entre os pontos de ensaio da coagulação com *moringa*.

| | Conc. Coagulante | Vel. Floculação | T. Floculação |
|----------|------------------|-----------------|---------------|
| 1 | 0,516 g | 60 rpm | 6 min |
| 2 | 0,516 g | 60 rpm | 2 min |
| 3 | 0,516 g | 20 rpm | 2 min |
| 4 | 0,516 g | 20 rpm | 6 min |
| 5 | 0,172 g | 60 rpm | 6 min |
| 6 | 0,172 g | 60 rpm | 2 min |
| 7 | 0,172 g | 20 rpm | 2 min |
| 8 | 0,172 g | 20 rpm | 6 min |
| 9 | 0,344 g | 40 rpm | 4 min |

Fonte: Próprios autores (2021).

- **Riacho do Cavouco - Amostra 02**

Fazendo uma proporcionalidade das concentrações:

Dado que: Turbidez = 177 NTU

50 mg – 1,77 g; 100 mg – 3,54 g; 150 mg – 5,31 g

Tabela 6 – Valores de variáveis de entrada para ensaio de coagulação com moringa.

| Nível | Conc. Coagulante | Vel. Flocculação | T. Flocculação |
|-------|------------------|------------------|----------------|
| + | 5,31 g | 60 | 6 |
| - | 1,77 g | 20 | 2 |
| 0 | 3,54 g | 40 | 4 |

Fonte: Próprios autores (2021).

Tabela 7 – Valores de interação entre os pontos de ensaio da coagulação com moringa.

| | Conc. Coagulante | Vel. Flocculação | T. Flocculação |
|---|------------------|------------------|----------------|
| 1 | 5,31 g | 60 rpm | 6 min |
| 2 | 5,31 g | 60 rpm | 2 min |
| 3 | 5,31 g | 20 rpm | 2 min |
| 4 | 5,31 g | 20 rpm | 6 min |
| 5 | 1,77 g | 60 rpm | 6 min |
| 6 | 1,77 g | 60 rpm | 2 min |
| 7 | 1,77 g | 20 rpm | 2 min |
| 8 | 1,77 g | 20 rpm | 6 min |
| 9 | 3,54 g | 40 rpm | 4 min |

Fonte: Próprios autores (2021).

- **Riacho do Cavouco - Amostra 03**

Fazendo uma proporcionalidade das concentrações:

Dado que: Turbidez = 146 NTU

50 mg – 1,46 g; 100 mg – 2,92 g; 150 mg – 4,38 g

Tabela 8 – Valores de variáveis de entrada para ensaio de coagulação com moringa.

| Nível | Conc. Coagulante | Vel. Flocculação | T. Flocculação |
|-------|------------------|------------------|----------------|
| + | 4,38 g | 60 | 6 |
| - | 1,46 g | 20 | 2 |
| 0 | 2,92 g | 40 | 4 |

Fonte: Próprios autores (2021).

Tabela 9 – Valores de interação entre os pontos de ensaio da coagulação com moringa.

| | Conc. Coagulante | Vel. Flocculação | T. Flocculação |
|----------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 1 | 4,38 g | 60 rpm | 6 min |
| 2 | 4,38 g | 60 rpm | 2 min |
| 3 | 4,38 g | 20 rpm | 2 min |
| 4 | 4,38 g | 20 rpm | 6 min |
| 5 | 1,46 g | 60 rpm | 6 min |
| 6 | 1,46 g | 60 rpm | 2 min |
| 7 | 1,46 g | 20 rpm | 2 min |
| 8 | 1,46 g | 20 rpm | 6 min |
| 9 | 2,92 g | 40 rpm | 4 min |

Fonte: Próprios autores (2021).

• **Lavanderia Nossa Senhora do Carmo – amostra 01**

Fazendo uma proporcionalidade das concentrações:

Dado que: Turbidez = 34,45 NTU

50 mg – 2,29 g; 100 mg – 4,58g; 150 mg – 6,87g

Tabela 10 – Valores de variáveis de entrada para ensaio de coagulação com moringa.

| Nível | Conc. Coagulante | Vel. Flocculação | T. Flocculação |
|--------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| + | 6,87 g | 60 | 6 |
| - | 2,29g | 20 | 2 |
| 0 | 4,58 g | 40 | 4 |

Fonte: Próprios autores (2021).

Tabela 11 – Valores de interação entre os pontos de ensaio da coagulação com moringa.

| | Conc. Coagulante | Vel. Flocculação | T. Flocculação |
|----------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 1 | 6,87 g | 60 rpm | 6 min |
| 2 | 6,87 g | 60 rpm | 2 min |
| 3 | 6,87 g | 20 rpm | 2 min |
| 4 | 6,87 g | 20 rpm | 6 min |
| 5 | 2,29g | 60 rpm | 6 min |
| 6 | 2,29g | 60 rpm | 2 min |
| 7 | 2,29g | 20 rpm | 2 min |
| 8 | 2,29g | 20 rpm | 6 min |
| 9 | 4,58 g | 40 rpm | 4 min |

Fonte: Próprios autores (2021).

As Tabelas apresentadas abaixo demonstram os valores de variáveis de entrada (Tabela 12), bem como as suas respectivas interações entre pontos (Tabela 13), para o ensaio com o biocoagulante. Cada ensaio foi realizado em triplicata e foi retirada uma média dos valores. Para este, realizou-se uma única proporcionalidade de coagulação para ser utilizada em todas as amostras.

Fazendo uma proporcionalidade das concentrações:

0,5ml – 0,40ml g; 1,25ml – 0,80ml; 2,0ml – 1,35ml

Tabela 12 – Valores de variáveis de entrada para ensaio de coagulação com biocoagulante.

| Nível | Conc. Coagulante | Vel. Floculação | T. Floculação |
|-------|------------------|-----------------|---------------|
| + | 1,35ml | 60 | 6 |
| - | 0,40ml | 20 | 2 |
| 0 | 0,80ml | 40 | 4 |

Fonte: Próprios autores (2021).

Tabela 13 – Valores de interação entre os pontos de ensaio da coagulação com biocoagulante.

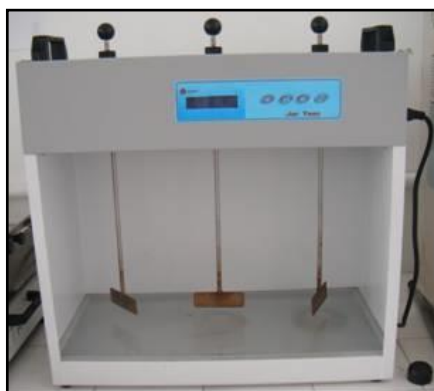
| | Conc. Coagulante | Vel. Floculação | T. Floculação |
|---|------------------|-----------------|---------------|
| 1 | 1,35ml | 60 rpm | 6 min |
| 2 | 1,35ml | 60 rpm | 2 min |
| 3 | 1,35ml | 20 rpm | 2 min |
| 4 | 1,35ml | 20 rpm | 6 min |
| 5 | 0,40ml | 60 rpm | 6 min |
| 6 | 0,40ml | 60 rpm | 2 min |
| 7 | 0,40ml | 20 rpm | 2 min |
| 8 | 0,40ml | 20 rpm | 6 min |
| 9 | 0,80ml | 40 rpm | 4 min |

Fonte: Próprios autores (2021).

3.6.2 Ensaio de coagulação-floculação

Para realizar os ensaios de coagulação foi utilizado o equipamento “*Jar Test*” (Figura 15), Quimis modelo Q305ME, cuja capacidade é de três provas. Para este ensaio foi utilizada a semente da MO e o biocoagulante.

Figura 15 – *Jar Test* utilizado na precipitação química.



Fonte: Próprios autores (2021).

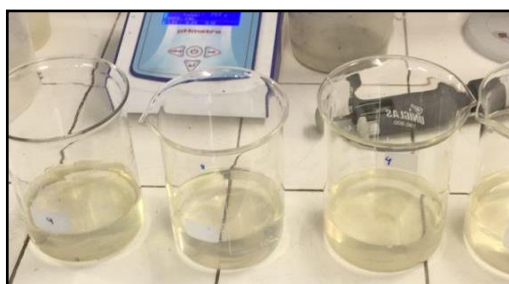
Para o estudo, o coagulante foi pesado na balança analítica Bioprecisa, modelo FA2104N (Figura 16) e com o auxílio de uma espátula adicionou-se aos poucos o coagulante no vidro de relógio, até atingir a quantidade em gramas desejada. Após a pesagem, tomando de posse os valores de concentração obtidos no planejamento fatorial, os coagulantes foram transferidos para *beckers* de 600 ml, cada um contendo 200 ml do efluente, conforme Figura 17.

Figura 16 – Balança Analítica, modelo FA2104N.



Fonte: Biosystems (2021).

Figura 17 – *Beckers* de 600 ml, com 200 ml de efluente.

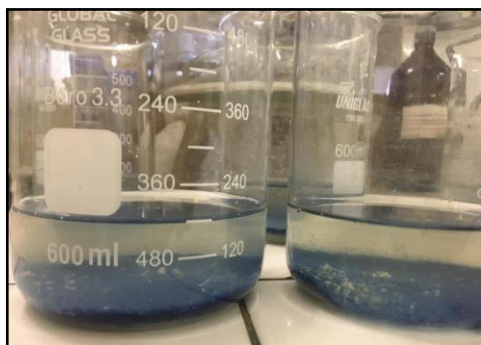


Fonte: Próprios autores (2021).

O procedimento seguiu-se com a utilização do “*Jar Test*”, onde, por meio deste, os *beckers* contendo as amostras foram colocados no equipamento e submetidos as variáveis de

coagulação e floculação do planejamento fatorial. Após finalizada esta etapa, os *beckers* foram colocados na bancada e submetidos a variável de tempo de sedimentação (60 minutos) (Figura 18).

Figura 18 – *Beckers* submetidos ao tempo de sedimentação.



Fonte: Próprios autores (2021).

Decorridos os tempos de sedimentação, as amostras foram retiradas dos *beckers* com o auxílio de uma pipeta e foram colocadas em tubos Falcon (Figura 19) e levadas para a centrífuga, modelo Q222HM, por cinco minutos, para que os sobrenadantes decantassem totalmente. Após esse procedimento, as amostras foram caracterizadas novamente, para se obter um comparativo do antes e depois da utilização da semente.

Figura 19 – Amostras no Tubo Falcon.



Fonte: Próprios autores (2021).

Para o biocoagulante, o procedimento do ensaio se deu da mesma forma, excetuando-se que este foi pipetado diretamente nas amostras contidas nos *beckers*, com as concentrações correspondentes do planejamento fatorial.

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para o presente estudo foi realizado inicialmente a análise estatística descrita na parte I, com o intuito de avaliar individualmente cada coagulante (semente da moringa e biocoagulante), sendo conhecida como intra-métodos, considerando os pré e pós testes de cada

amostra, bem como avaliar comparativamente a utilização destes coagulantes, sendo conhecida como inter-métodos, considerando apenas os pós testes das amostras.

A necessidade de utilização da segunda análise (parte II) foi devido após a leitura de outros trabalhos com os mesmos coagulantes, ser constatado que é utilizado o diagrama de Pareto e os gráficos de superfície de resposta para esse tipo de trabalho e, por isso, optou-se por trazer essa análise para acrescentar ainda mais nos resultados do estudo. Além disso, justificase a utilização dessa análise com outro *software*, pois, mesmo sendo possível o ferramental do *software* SPSS fazer o mesmo ajuste e a mesma análise que foi feita no *software* R, o responsável pela estatística não sabia trabalhar com o SPSS, assim como quem fez a primeira análise, não sabia trabalhar com os gráficos de superfície de resposta.

3.7.1 Parte I

A estatística foi realizada pelo *software* SPSS for Windows® 23 (IBM, 2016). As análises foram apresentadas como média, desvio padrão (DP) e variações percentuais ($\Delta\%$). Para a análise de cada amostra intra-métodos utilizou-se o teste *T Student* pareado. Dessa forma, para análise intra e inter-métodos optou-se pelo teste de ANOVA de medidas repetidas com ajustamento *Post hoc de Bonferroni*, com os valores de $\Delta\%$ porque os dados de pré-teste foram uma constante. O $\Delta\%$ foi calculado pela fórmula $\Delta\% = (\text{pós teste} - \text{teste}) * 100 / \text{teste}$. O nível de significância estatística adotado foi de $p < 0,05$. O teste de esfericidade de *Bartlett* foi usado e mostrou significância ($p < 0,05$) para pH, Turbidez e Cor. O teste de Wilks Lambda mostrou diferença ($p < 0,05$) tanto para análise intra como para inter métodos. O poder do experimento foi calculado para as amostras do Riacho do Cavouco (RC1, RC2 e RC3) e a amostra da Lavanderia Nossa Senhora do Carmo (LNSC1), intra métodos mostrando os seguintes valores: pH (29%), Turbidez (99%) e Cor (99%). Já o poder do experimento para a comparação inter métodos mostrou os valores: pH (87%), Turbidez (99%) e Cor (99%).

3.7.2 Parte II

As estatísticas foram realizadas através do *software* livre R (R Core Team, 2020). Para a metodologia de superfície de resposta (KHURI, 1993), foi realizado o ajuste do modelo através do ferramental dos Modelos Lineares Generalizados (NELDER; WEDDERBURN, 1972), dado que as suposições para o uso do modelo de regressão linear normal não foram satisfeitas. Para avaliação da qualidade do ajuste do modelo foram gerados gráficos de probabilidade meio Normal (Hnp) dos resíduos deviance dos modelos. O ajuste é considerado

bom se a maior parte dos resíduos, representados pelos pontos, se encontrarem dentro das bandas de confiança simuladas, representadas pelas linhas nos gráficos.

Para avaliar a significância dos parâmetros, foi utilizado um teste de hipóteses muito utilizado na literatura denominado teste de Wald (WALD, 1943), que gera um diagrama de Pareto (ou gráfico de efeitos). Dessa forma, uma adaptação foi feita de tal modo que os efeitos padronizados dispostos no gráfico de Pareto, são os valores da estatística de Wald para testar cada parâmetro utilizando as hipóteses e a linha de referência é baseada na distribuição qui-quadrado com liberdade de grau 1 usando um nível de significância de 5%, cujo valor é 3.84.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção estão apresentados os resultados das análises das amostras do estudo usando os dois coagulantes, quais sejam, a semente de MO e o biocoagulante natural à base da *moringa*. Estes resultados serão apresentados através de análises individuais, bem como comparativas, ou seja, demonstrando a relação inter métodos.

4.1 RESULTADO ANÁLISE INTRA E INTER MÉTODOS

Os resultados apresentados a seguir demonstram a análise das amostras pré (bruta) e pós a utilização dos coagulantes de semente de *Moringa* e do biocoagulante, ou seja, intra-métodos, bem como apresentam a análise inter-métodos, fazendo neste último, um comparativo entre os dois coagulantes utilizados.

4.1.1 Intra - Métodos

A Tabela 14 abaixo apresenta os dados descritivos com valores de tendência central e dispersão dos $\Delta\%$ das variáveis pH, Turbidez e Cor dos métodos *Moringa* e biocoagulante.

Tabela 14 – Resultados para análise descritiva dos métodos.

| Variáveis | Métodos | Média $\Delta\%$ | DP $\Delta\%$ | Máximo | Mínimo |
|-----------|----------------|------------------|---------------|--------|--------|
| pH | <i>Moringa</i> | -0.22 | 2.32 | -4.04 | 2.15 |
| Turbidez | | 26.61 | 32.18 | -18.6 | 66.86 |
| Cor | | -23.12 | 13.25 | -41.94 | -4.84 |
| Ph | Biocoagulante | -46 | 23.03 | -66.58 | -19.19 |
| Turbidez | | 6.16 | 16.99 | -14.97 | 36.73 |
| Cor | | -43.18 | 8.3 | -51.41 | -27.36 |

DP: Desvio Padrão

Fonte: Próprios autores (2021).

Para esta análise, os resultados individuais dos nove pontos de interação que apresentaram diminuição para os três parâmetros das amostras, verificados através do $\Delta\%$

negativo, foram: RC1 (1), RC2 (6, 7, 8 e 9), RC3 (4) e LNSC1 (1, 2, 3, 5, 6, 7, 8 e 9) para a *moringa*; RC1 (1, 5, 6 e 7), RC3 (5, 6, 7 e 8) e LNSC1 (todos) para o biocoagulante, como apresentado no Apêndice.

Os resultados apresentados na Tabela 15 para análise Intra - Métodos, ou seja, para os pré e pós testes de cada amostra (RC1, RC2, RC3 e LNSC1) apresentaram diferenças ($p < 0,05$) para todas as variáveis analisadas de ambos os métodos. Estes resultados são mostrados pelo delta percentual ($\Delta\%$) absoluto das médias dos pontos de interação de cada amostra. Vale lembrar que as diferenças significativas positivas são aquelas onde houve remoção dos parâmetros analisados, e as negativas são aquelas onde houve aumento dos valores dos parâmetros.

Para o pH, houve diferença significativa positiva para as amostras RC2 e LNSC1, e negativa para a amostra RC3. Já para a Turbidez, houve diferença significativa negativa para a amostra RC1, e nas demais amostras RC2, RC3 e LNSC1, a diferença foi positiva. E finalmente para a variável Cor houve diferença positiva nas amostras RC1, RC3 e LNSC1, resultados esses para o método utilizando a *moringa*.

Já para o método utilizando o Biocoagulante, também se evidenciou diferença ($p < 0,05$) para todas as variáveis estudadas. Para o pH, houve diferença significativa positiva para todas as amostras avaliadas. Para a Turbidez, houve diferença significativa negativa para a amostra RC2 e positiva para as amostras RC3 e LNSC1 de avaliação. Já para a variável Cor houve diferença positiva para as amostras RC1 e LNSC1, além disso, verificou-se uma diferença negativa na amostra RC2.

Com isso pode ser observado que as melhores porcentagens de remoção do pH ocorrem para a amostra LNSC1 (1,23 %) para a *moringa* e a amostra RC2 (3,81%) para o biocoagulante, já para a variável Turbidez temos amostra RC2 (135,11%) para *moringa* e LNSC1 (184,37%) para biocoagulante e por fim, para a Cor, ambos os coagulantes apresentaram melhor percentual de remoção na amostra LNSC1 (101,67%; 223,56%). Além disso, pode-se destacar a amostra LNSC1 que apresentou os melhores resultados para remoção dos parâmetros.

Tabela 15 – Resultados para análise Intra Métodos para os quatro momentos de coleta pareada.

| Método Moringa | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|-----------------|------------------|
| Variáveis | Pré vs Pós | Δ% RC1 | p-valor | Δ% RC2 | p-valor | Δ% RC3 | p-valor | Δ% LNSC1 | p-valor |
| pH | pH1 vs pH2 | 0,02 | 0,779 | 0,2 | 0,006 | -0,18 | 0,005 | 1,23 | <0,001 |
| Turbidez (NTU) | Tur1 vs Tur2 | -4,58 | 0,038 | 135,11 | <0,001 | 92,19 | 0,001 | 6,89 | 0,001 |
| Cor (mg Pt/L) | Cor1 vs Cor2 | 14,33 | 0,001 | -8,89 | 0,407 | 46,11 | <0,001 | 101,67 | <0,001 |
| Método Biocoagulante | | | | | | | | | |
| Variáveis | Pré vs Pós | Δ% RC1 | p-valor | Δ% RC2 | p-valor | Δ% RC3 | p-valor | Δ% LNSC1 | p-valor |
| Ph | pH1 vs pH2 | 3,43 | <0,001 | 3,81 | <0,001 | 3,71 | <0,001 | 2,74 | <0,001 |
| Turbidez (NTU) | Tur1 vs Tur2 | -1,81 | 0,308 | -4,17 | 0,030 | 46,56 | <0,001 | 184,37 | <0,001 |
| Cor (mg Pt/L) | Cor1 vs Cor2 | 89,77 | <0,001 | -39,33 | <0,001 | -17,56 | 0,058 | 223,56 | <0,001 |

Os números em negrito indicam um valor de $p \leq 0,05$.

Fonte: Próprios autores (2021).

4.1.2 Inter – Métodos

Os resultados apresentados na Tabela 16 para a análise Inter - Métodos, também mostraram diferenças ($p < 0,05$) para as variáveis pH, Turbidez e Cor. Para o pH a diferença foi positiva nas quatro amostras de coleta de dados, favorável ao método utilizando o Biocoagulante (B) comparado ao método utilizando a semente da *Moringa* (M). Para a turbidez a diferença entre os grupos foi mostrada na amostra RC2, favorável a semente da *Moringa* (M) e na LNSC1, favorável ao Biocoagulante (B), as demais amostras RC1 e RC3 não apresentam diferenças significativas, não sendo possível indicar qual dos métodos é melhor favorável. Finalmente, para a variável Cor, a diferença estatística foi mostrada nas três amostras do RC, onde a diferença foi favorável ao Biocoagulante (B) quando comparado a semente *Moringa* (M), e com relação a amostra LNSC1 esta não apresenta diferença significativa, não sendo possível declarar para qual método é favorável.

Tabela 16 – Resultados da análise Inter Métodos das variáveis estudadas.

| Variáveis | Pós vs Pós | $\Delta\%$ RC1 | p-valor | $\Delta\%$ RC2 | p-valor | $\Delta\%$ RC3 | p-valor | $\Delta\%$ LNSC1 | p-valor |
|----------------|---------------------------------|----------------|------------------|----------------|------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|
| pH | <i>Moringa</i> Vs BioCoagulante | 45,77 (B) | <0,001 | 46,72 (B) | <0,001 | 51,15 (B) | <0,001 | 26,35 (B) | 0,002 |
| Turbidez (NTU) | <i>Moringa</i> Vs BioCoagulante | 20,45 | 0,111 | -97,06 (M) | <0,001 | -14,44 | 0,287 | 60,49 (B) | <0,001 |
| Cor (mg Pt/L) | <i>Moringa</i> Vs BioCoagulante | 20,06 (B) | <0,001 | -41,93 (B) | 0,025 | -59,61 (B) | <0,001 | 4,20 | 0,294 |

Os números em negrito indicam um valor de $p \leq 0,05$. B – Favorável ao Biocoagulante. M – Favorável a semente da *Moringa*.

Fonte: Próprios autores (2021).

Dessa forma, pode-se considerar que neste estudo o Biocoagulante apresenta melhor eficiência na remoção dos parâmetros Turbidez e Cor para a maioria das amostras analisadas, podendo este ser considerado melhor eficiente que a semente da *Moringa*, nestes casos. No que diz respeito a utilização deste segundo coagulante, como foi possível perceber, ele também apresenta boa remoção e por se tratar de um método que também pode ser realizado de forma caseira, é indicado como alternativa para tratamento simplificado como também foi identificado no estudo de Silva (2005) em localidades rurais e/ou locais onde não há tratamento.

É possível notar a diferença na remoção dos parâmetros das amostras principalmente devido ao tipo de amostra. Como um dos efluentes era de uma lavanderia têxtil, estes possuem maiores teores devido a adição de produtos como corantes, fibras e produtos que aumentam a carga orgânica do mesmo, como afirma Neto (2017).

No que diz respeito aos melhores pontos de interação, é importante mencionar que esta parte da análise considera apenas os pós testes, considerando a significância estatística. Já para os pontos mencionados na análise Intra – métodos (pré e pós - moringa e biocoagulante), foi levado em consideração qualquer diminuição apresentada no $\Delta\%$, o que demonstra que apesar de alguns pontos apresentarem diminuição, pode não haver significância.

Com relação a remoção da turbidez, foi possível observar que existe uma relação entre o valor inicial da turbidez e a eficiência de remoção, onde para maiores valores de turbidez da amostra inicial, ocorrem maiores taxas de remoção da mesma, como também foi observado no trabalho de Muniz, Duarte; Oliveira (2015) e de Skoronski *et al.* (2014), sendo utilizado neste último, outro tipo de coagulante, um a base de tanino. Ainda com relação a este parâmetro, destaca-se que outro coagulante como *cactus Opuntia ficus-indica*, pode também ser eficiente na remoção da turbidez, com os resultados sendo dependentes da turbidez inicial da água, entretanto, a eficiência da remoção da turbidez é maior quando a moringa é aplicada como agente, como é destacado no estudo de Lima, Almeida e Vicentini (2020).

4.2 RESULTADO ATRAVÉS DE GRÁFICOS DE SUPERFÍCIE DE RESPOSTA.

A coloração dos gráficos de superfície são de azulado a esverdeado, onde um menor valor é representado por cores mais próximas do azul e valores maiores são representados por cores mais próximas do verde. O nosso interesse nesse resultado é identificar qual combinação dos fatores Cc, Vf e Tf podem minimizar as variáveis respostas Cor e Turbidez em cada amostra (RC1, RC2, RC3 e LNSC1). É importante mencionar os resultados estão apresentados apenas com relação aos valores pós utilização dos coagulantes, não tomando como referência os valores iniciais das amostras.

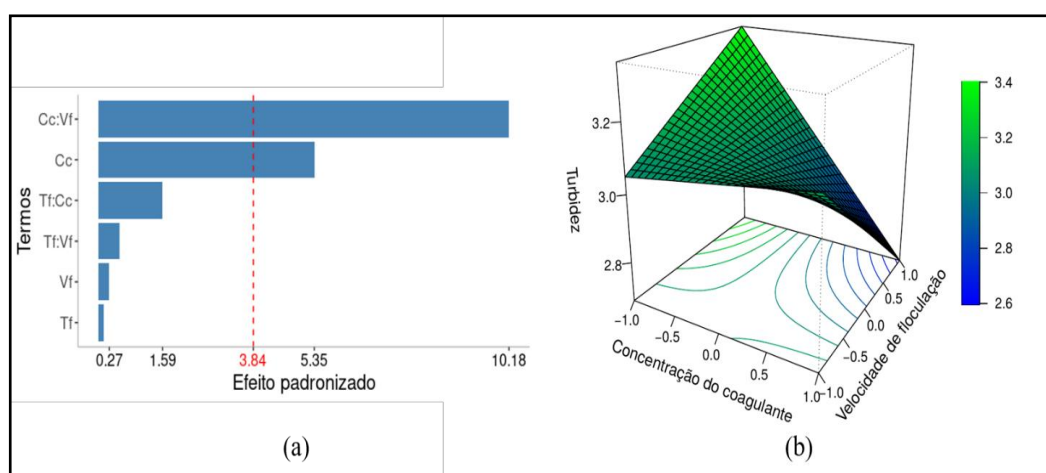
Para gerar os gráficos de superfície de resposta, trabalhou-se na escala no preditor linear, isto é, em uma situação hipotética onde a variável resposta em questão seja a Turbidez, o Gráfico gerado exibe a superfície com base nos valores para o logaritmo neperiano da Turbidez e, dado que o logaritmo é uma função monótona, a combinação dos fatores que minimiza a variável resposta, também minimiza o logaritmo da variável resposta, assim a interpretação é muito similar em ambos os casos. Desse modo, nos Gráficos apresentados posteriormente tem-se os eixos referentes ao logaritmo neperiano das variáveis com o nome apenas da variável (Cor, Turbidez ou pH) para facilitar a interpretação.

4.2.1 Para o coagulante com semente da *Moringa*

4.2.1.1 Amostra RC1

Os diagramas de Pareto apresentados nas Figuras 20 (a) e 21 (a), mostram que houve significância dos resultados para o fator Cc, para a interação entre Cc e Vf, bem como para Vf, pois mesmo este não sendo significativo à 5%, sua interação com Cc apresentou significância, portanto, a variável deve ser mantida. Nas Figuras 20 (b) e 21 (b), tem-se os gráficos das superfícies de resposta com os quais é possível notar que a combinação dos níveis (+) com (+) de ambos os fatores, quais sejam, o valor da dosagem de 0,516 g (Cc) com velocidade de 60 rpm (Vf), é o que minimiza as variáveis respostas Turbidez e Cor, ou seja, apresentam maior valor de remoção.

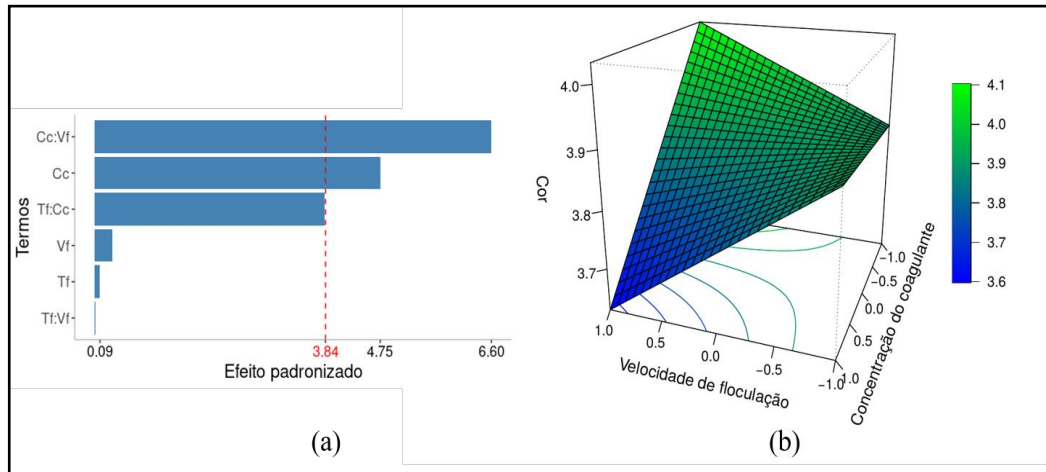
Figura 20 – Gráficos de ajuste para a Turbidez.



Legenda: (a) Diagrama de Pareto adaptado para Turbidez; (b) Superfície de resposta para Turbidez.

Fonte: Próprios autores (2021).

Figura 21 – Gráficos de ajuste para a Cor.

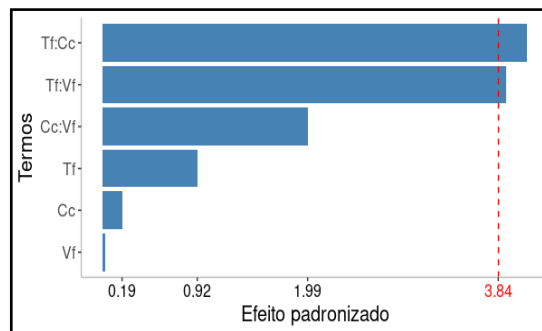


Legenda: (a) Diagrama de Pareto adaptado para Cor; (b) Superfície de resposta para Cor.

Fonte: Próprios autores (2021).

Para o caso do pH é possível ver pela Figura 22 que o parâmetro para a interação entre as variáveis Tf e Cc e Tf e Vf foram significativos à 5%, porém quando as demais variáveis que não tiveram seus parâmetros significativos foram retiradas do modelo, este perdeu a significância e não houve ajuste da superfície.

Figura 22 – Diagrama de Pareto adaptado para pH.



Fonte: Próprios autores (2021).

Dessa forma, com base no que foi apresentado e tomando como referência a Tabela 5 de valores de interação entre os pontos de ensaio da coagulação com a semente da *moringa*, temos que os pontos 1 e 2 apresentam melhor eficiência na remoção da Turbidez e da Cor, para qualquer Tf. O pH apresentou pouca ou ausente significância.

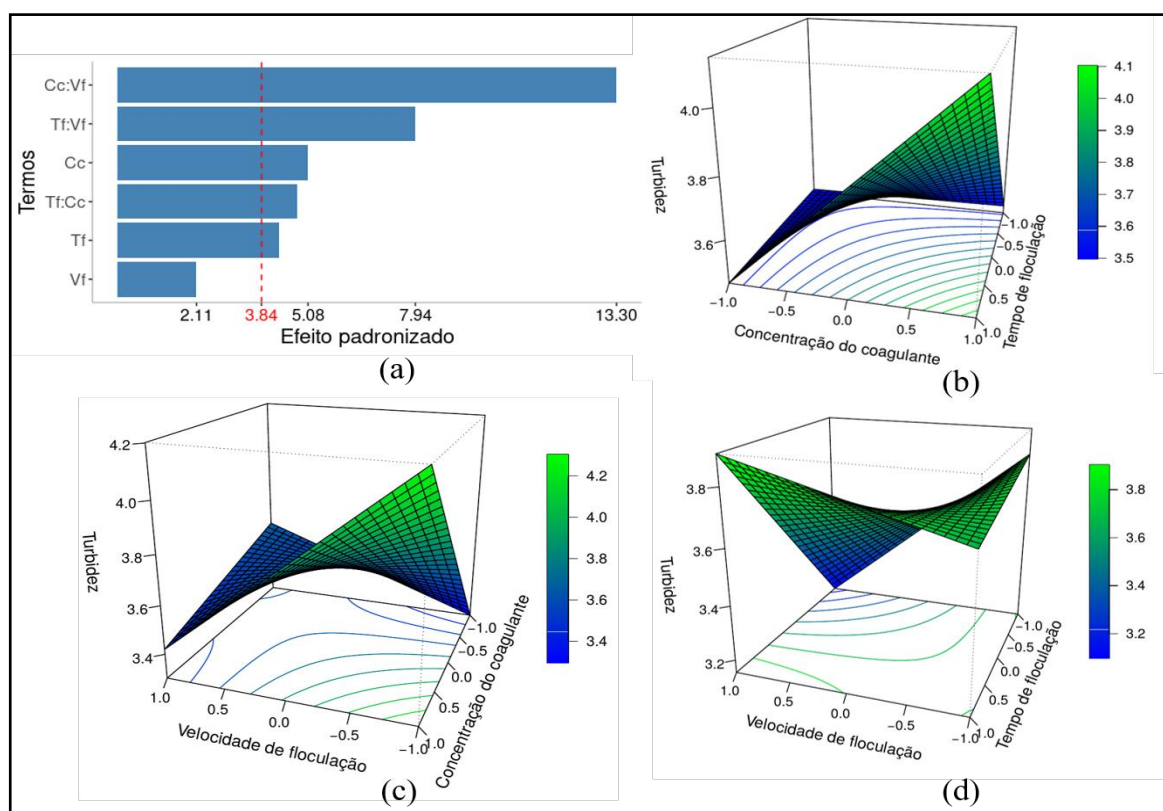
4.2.1.2 Amostra RC2

O diagrama de Pareto apresentado na Figura 23 (a), mostra que houve significância dos resultados para os fatores Cc, Tf, para as interações entre Cc e Vf, Tf e Vf, Tf e Cc, bem como para a variável Vf, pois mesmo este último não sendo significativo à 5%, suas interações com

as demais variáveis foram. Nesta figura, tem-se três gráficos da superfície de resposta, pois só é possível a visualização de duas em duas variáveis predictoras, de tal forma que se mostra o comportamento da variável resposta dada a combinação dois a dois, mantendo a terceira variável (não apresentada no gráfico), fixa no nível 0.

Desse modo, na Figura 23, tem-se três situações que minimizam a variável resposta Turbidez, a primeira para a superfície (b) mantendo a variável Vf fixa no nível 0 (40 rpm), e combinando-se os níveis (-) da variável Cc (1,77 g), tanto com o nível (+) sendo 6 min, quanto com o nível (-) sendo 2 min da variável Tf; a segunda para a superfície (c) mantendo a variável Tf fixa no nível 0 (4 min), combinando-se os níveis (+) com (+), respectivamente 5,31g e 60 rpm e a terceira para a superfície (d) mantendo a variável Cc fixa no nível 0 (3,54 g), combinando-se o nível (+) da Vf, ou seja, o valor de 60 rpm com o nível (-) do Tf, o valor de 2 min.

Figura 23 – Gráficos de ajuste para a Turbidez.



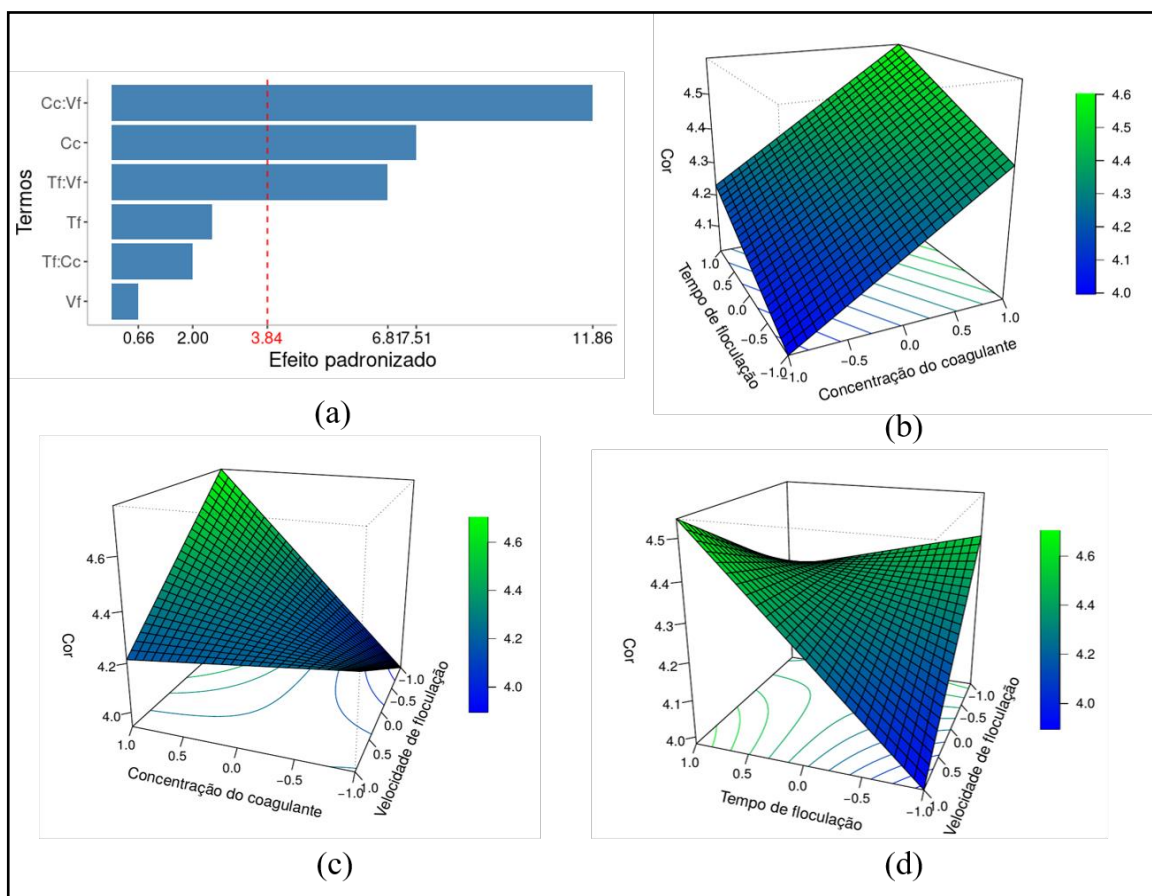
Legenda: (a) Diagrama de Pareto adaptado para Turbidez; (b) Superfície de resposta para Turbidez (Cc×Tf); (c) Superfície de resposta para Turbidez (Cc×Vf); (d) Superfície de resposta para Turbidez (Tf×Vf).

Fonte: Próprios autores (2021).

Para a variável resposta Cor, o diagrama de Pareto apresentado na Figura 24 (a), mostra que houve significância dos resultados para a interação entre Cc e Vf, Tf e Vf e para a variável

Cc também, assim foram mantidas no modelo todas as variáveis individuais e as duas interações significativas. Portanto, têm-se na Figura 24 três gráficos de superfície de resposta que proporcionam a minimização da variável, cujas combinações são: para superfície (b), os níveis (-) com (-) das variáveis Tf e Cc, sendo respectivamente 2 min e 1,77 g, com a variável Vf fixa no nível 0 (40 rpm); para a superfície (c), o nível (-) com (-) de ambas, ou seja, os valores 1,77 g da Cc com 20 da Vf, mantendo a variável Tf fixa no nível 0 (4 min); e para a superfície (d), o nível (-) da variável Tf, ou seja, o valor 2 min com o nível (+) da variável Vf, ou seja, o valor de 60 rpm, mantendo a variável Cc fixa no nível 0 (3,54 g).

Figura 24 – Gráficos de ajuste para a Cor.

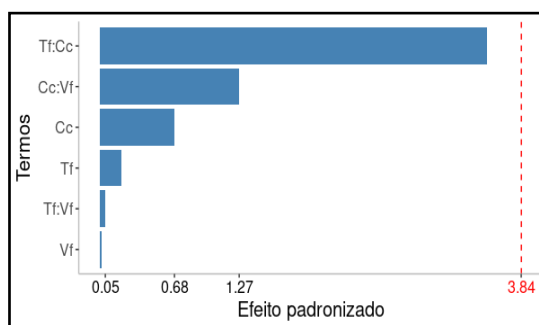


Legenda: (a) Diagrama de Pareto adaptado para Cor; (b) Superfície de resposta para Cor (Cc x Tf); (c) Superfície de resposta para Cor (Cc x Vf); (d) Superfície de resposta para Cor (Tf x Vf).

Fonte: Próprios autores (2021).

Para o caso do pH, é possível ver pela Figura 25 que nenhum parâmetro foi significativo à 5%, então não houve ajuste da superfície.

Figura 25 – Diagrama de Pareto adaptado para pH.



Fonte: Próprios autores (2021).

Dessa forma, com base no resultado e tendo como referência a Tabela 7 de valores de interação entre os pontos de ensaio da coagulação com a semente da *moringa*, temos que os pontos que apresentam melhor eficiência na remoção da Turbidez são: na situação 1, os pontos 5, 6, 7 e 8, na situação 2, os pontos 1 e 2 e na situação 3, os pontos 2 e 6. Já para a remoção de Cor, os melhores pontos são os de número: na situação 1, números 6 e 7, na situação 2, números 7 e 8 e na situação 3, números 2 e 6. Considerando-se que os pontos de melhor eficiência são aqueles que a minimização das variáveis resposta ocorrem para mais de uma variável, temos que os pontos 2, 6 e 7 respondem melhor a essa condição. O pH, assim como na amostra anterior apresentou pouca ou nenhuma significância.

4.2.1.3 Amostra RC3

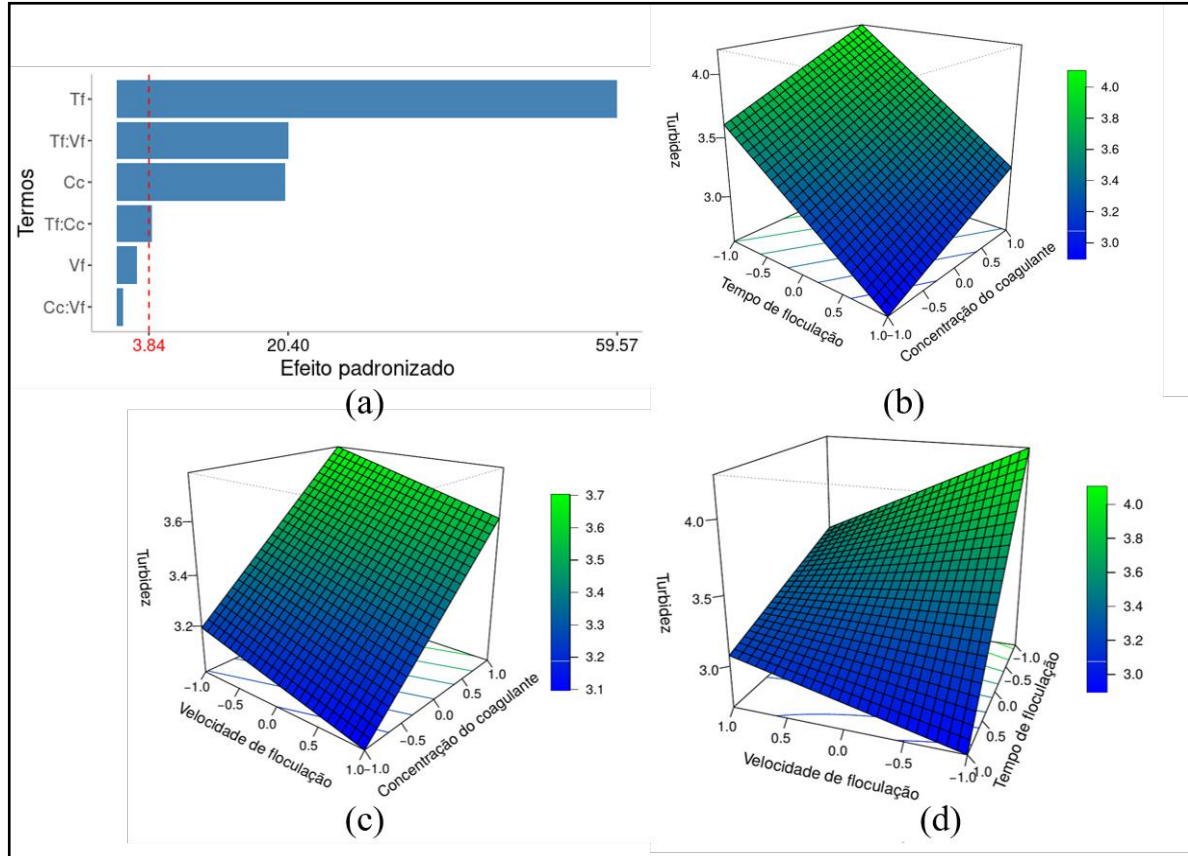
O diagrama de Pareto demonstrado na Figura 26 (a) mostra que o parâmetro para a interação entre Tf e Vf, foram significativos, bem como Cc e Tf individualmente, assim foram mantidas no modelo e também a variável Vf, pois mesmo não sendo significativa à 5%, suas interações com as demais variáveis foram. Assim, na Figura 26, tem-se três gráficos de superfície de resposta.

Desse modo, há na Figura 26, três situações de minimização da variável resposta Turbidez, quais sejam, a superfície (b), mantendo a variável Vf fixa no nível 0 (40 rpm), onde tem-se a combinação dos níveis (-) da variável Cc (1,46 g) com o nível (+) da variável Tf (6 min); a superfície (c), mantendo a variável Tf fixa no nível 0 (4 min), com a combinação do nível (-) da variável Cc (1,46 g) com o nível (+) da variável Vf (60 rpm); e a superfície (d), mantendo a variável Cc fixa no nível 0 (2,92 g), com combinação do nível (+) da Tf (6 min), com o nível (-) da Vf (20 rpm).

Para esta amostra, o valor encontrado no ponto 9 da interação entre os pontos do planejamento fatorial se destoava muito dos demais valores, fazendo com que o modelo

apresentasse estimativas longe do real valor dos parâmetros que estavam sendo estimados, ou seja, enviesando o ajuste, por isso, este foi removido da análise.

Figura 26 – Gráficos de ajuste para a Turbidez.



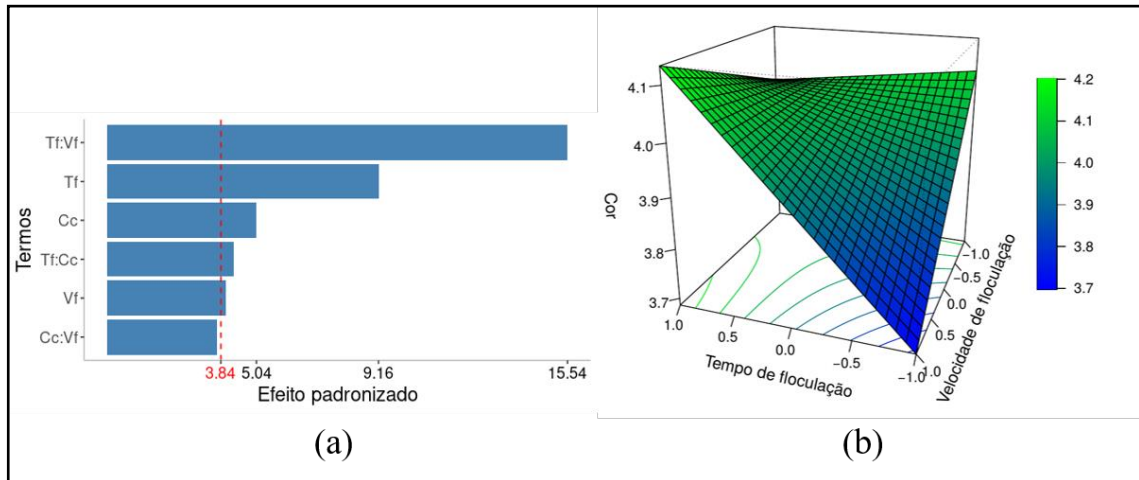
Legenda: (a) Diagrama de Pareto adaptado para Turbidez; (b) Superfície de resposta para Turbidez (Cc×Tf); (c) Superfície de resposta para Turbidez (Cc×Vf); (d) Superfície de resposta para Turbidez (Tf×Vf).

Fonte: Próprios autores (2021).

Para a variável resposta Cor, o diagrama de Pareto da Figura 27 (a) mostra que os parâmetros para a interação entre Tf e Vf foram significativos, assim como as variáveis Tf e Cc, entretanto, com a retirada das variáveis cujos os parâmetros não foram significativos à 5%, a variável Cc e a interação Tf e Cc foram retiradas também, pois seus parâmetros mudaram para não significativos.

Diante disso, na Figura 27 (b), tem-se o gráfico da superfície de resposta para o modelo final cujas variáveis foram Vf e Tf e a interação entre elas, e através dele é possível notar que a combinação do nível (-) da variável Tf (2 min) com o nível (+) da variável Vf (60 rpm) é o que minimiza a variável resposta Cor.

Figura 27 – Gráficos de ajuste para a Cor.

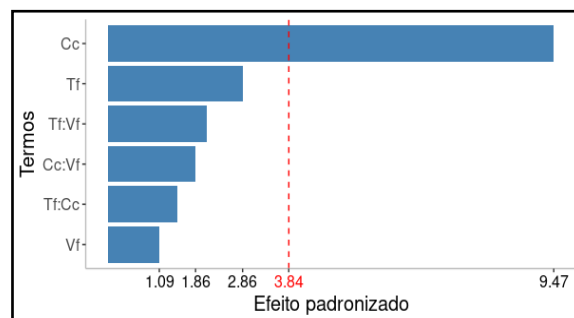


Legenda: (a) Diagrama de Pareto adaptado para Cor; (b) Superfície de resposta para Cor.

Fonte: Próprios autores (2021).

Para o caso do pH, é possível ver pela Figura 28 que apenas o parâmetro da variável Cc foi significativo à 5%, então não houve ajuste da superfície.

Figura 28 – Diagrama de Pareto adaptado para pH.



Fonte: Próprios autores (2021).

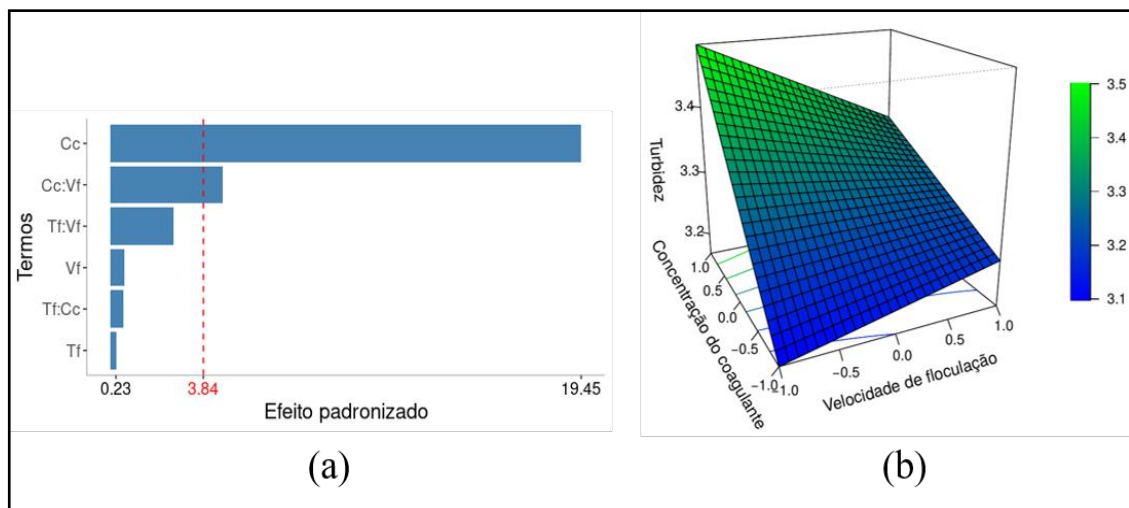
Dessa forma, com base no que foi apresentado e tendo como referência o Tabela 9 dos pontos de interação da *moringa*, temos que os pontos que apresentam melhor eficiência na remoção da Turbidez são: na situação 1, os pontos 5 e 8, na situação 2, os pontos 5 e 6 e na situação 3, os pontos 4 e 8. Já para a remoção de Cor, os melhores pontos são os de número 2 e 6. Dessa forma, considerando-se que os pontos de melhor eficiência são aqueles que ocorrem para mais de uma variável, temos que o ponto 6 responde melhor a essa condição. O pH, apresentou pouca ou nenhuma significância, como ocorre na amostra anterior.

4.2.1.4 Amostra LNSC1

O diagrama de Pareto da Figura 29 (a) mostra que o parâmetro para a interação foi significativo entre Cc e Vf, assim como apenas para Cc, e por isso foram mantidos no modelo,

da mesma forma a variável Vf, pois mesmo não sendo significativa à 5%, sua interação com Cc foi, então ela tem de ser mantida. Na Figura 29 (b), tem-se o gráfico da superfície de resposta com o qual é possível notar que a combinação dos níveis (-) com (-) das variáveis Cc (2,29 g) e Vf (20 rpm) é o que minimiza a variável resposta Turbidez.

Figura 29 – Gráficos de ajuste para a Turbidez.



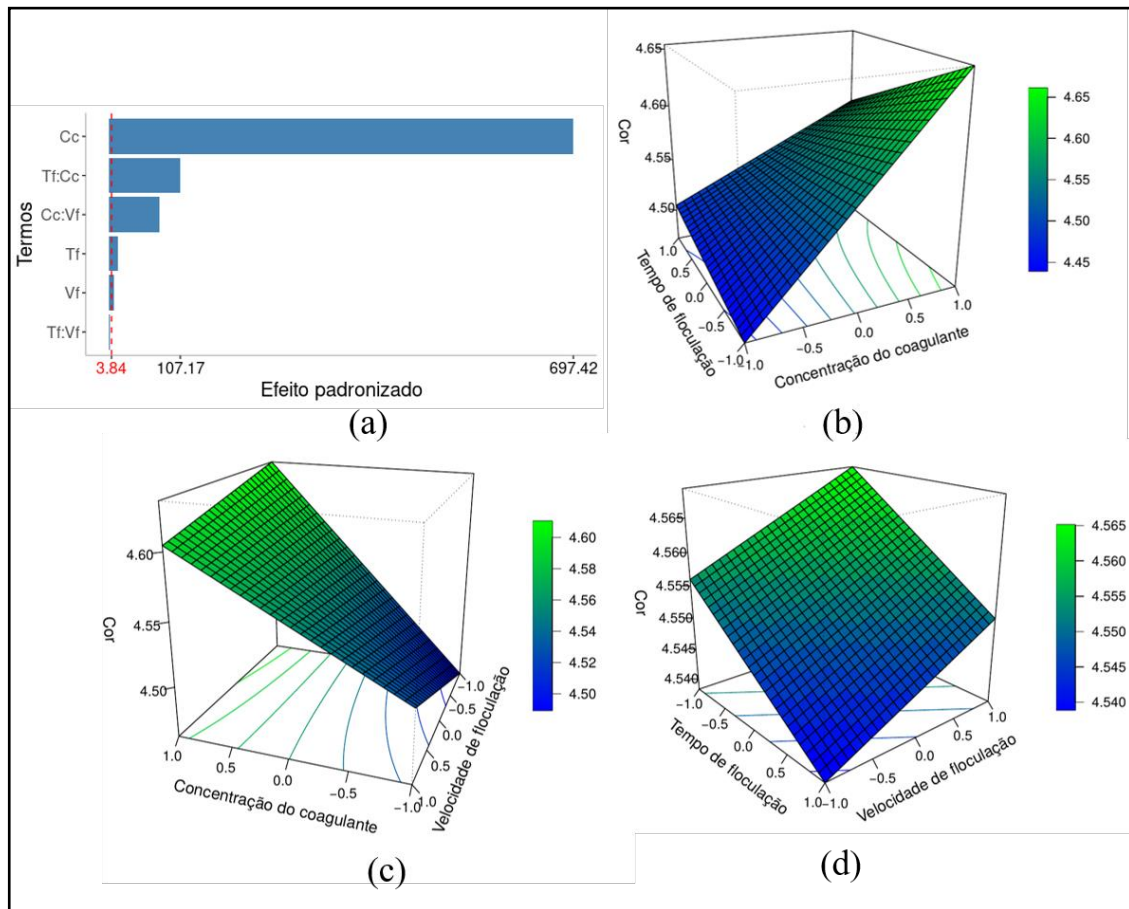
Legenda: (a) Diagrama de Pareto adaptado para Turbidez; (b) Superfície de resposta para Turbidez.

Fonte: Próprios autores (2021).

Para a variável Cor, o diagrama de Pareto da Figura 30 (a) mostra que o parâmetro para a interação entre Tf e Cc, foram significativos bem como Cc, Tf e Vf individualmente, assim foram mantidos no modelo. Na Figura 30, tem-se três gráficos de superfície de resposta que apresentam situações em que os valores minimizam as variáveis respostas, as quais serão mostradas a seguir: a superfície (b), mantém a variável Vf fixa no nível 0 (40 rpm), com combinação dos níveis (-) da variável Cc (2,29 g) com o nível (-) da variável Tf (2 min); a superfície (c), mantém a variável Tf fixa no nível 0 (4 min), com combinação do nível (-) da variável Cc (2,29 g) com o nível (-) da variável Vf (20 rpm) e; a superfície (d), mantém a variável Cc fixa no nível 0 (4,58 g), com combinação do nível (+) da Tf (6 min) com o nível (-) da Vf (20 rpm).

Para esta amostra, o valor encontrado no ponto 9 da interação entre os pontos do planejamento fatorial se destoava muito dos demais valores, fazendo com que o modelo apresentasse estimativas longe do real valor dos parâmetros que estavam sendo estimados, ou seja, viesando o ajuste, por isso, este foi removido da análise.

Figura 30 – Diagrama de Pareto adaptado para cor.



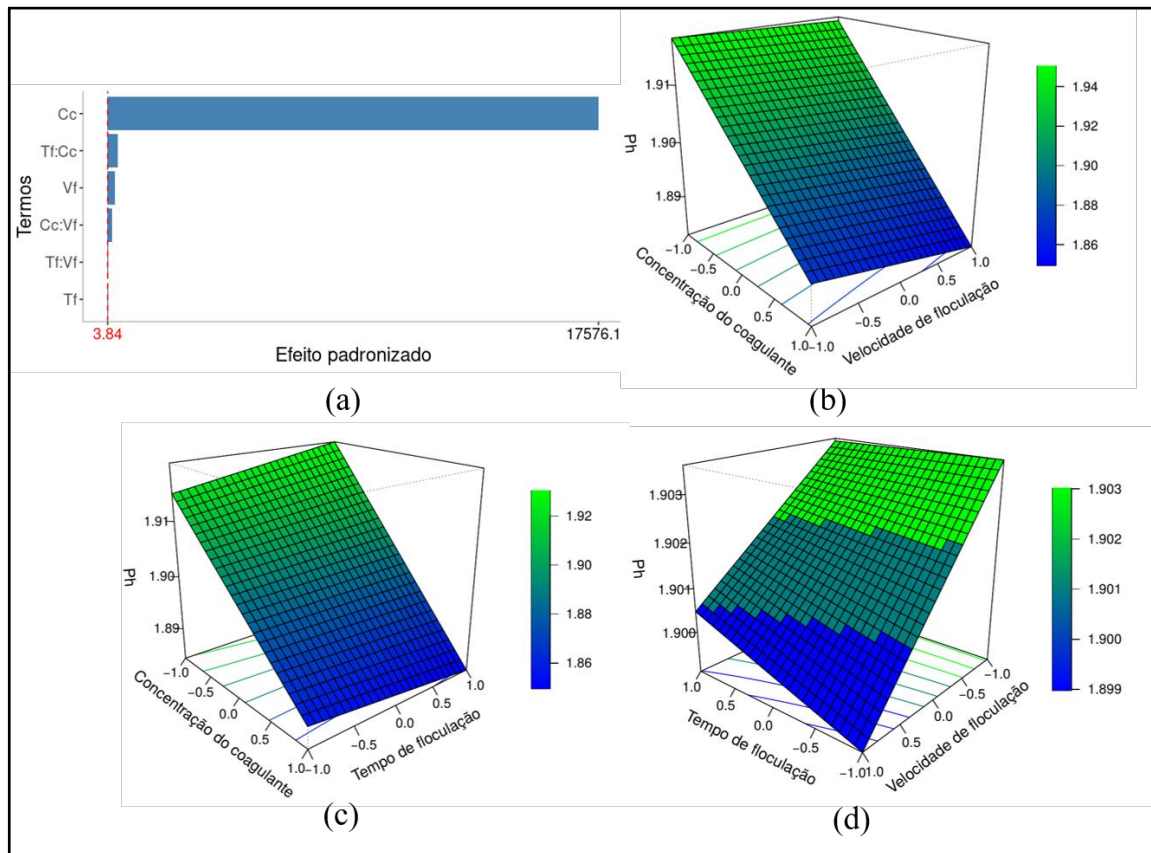
Legenda: (a) Diagrama de Pareto adaptado para Cor; (b) Superfície de resposta para Cor (Cc×Tf); (c) Superfície de resposta para Cor (Cc×Vf); (d) Superfície de resposta para Cor (Tf×Vf).

Fonte: Próprios autores (2021).

Para o pH, é possível ver através do diagrama de Pareto da Figura 31 (a) que os parâmetros para as interações entre as variáveis Tf e Cc, Tf e Vf foram significativos à 5%, assim o único parâmetro retirado do modelo final foi o relacionado à interação entre Tf e Vf. Dessa forma, foram geradas três superfícies mostrando o comportamento deste, dada a combinação dois a dois das variáveis Cc, Tf e Vf.

Através do gráfico da superfície de resposta Figura 31 (b), observa-se que mantendo a variável Tf fixa no nível 0 (4 min) e combinando-se os níveis (+) com (+) das variáveis Vf (60 rpm) e Cc (6,78 g) ocorre a minimização do valor do pH, assim como acontece para os demais gráficos, onde o gráfico da superfície de resposta (c), que mantém a variável Vf fixa no nível 0 (40 rpm), e combina os níveis (-) e (-) de ambas, ou seja, a combinação dos valores 2,29 g da Cc com 2 min do Tf e a superfície (d) que mantém a variável Cc fixa no nível 0 (4,58 g) e combina o nível (-) da variável Tf (2 min) com o nível (+) da variável Vf (60 rpm), também minimizam o valor do pH.

Figura 31 – Gráficos de ajuste para pH.



Legenda: (a) Diagrama de Pareto adaptado para pH; (b) Superfície de resposta para pH (Cc×Tf); (c) Superfície de resposta para pH (Cc×Vf); (d) Superfície de resposta para pH (Tf×Vf).

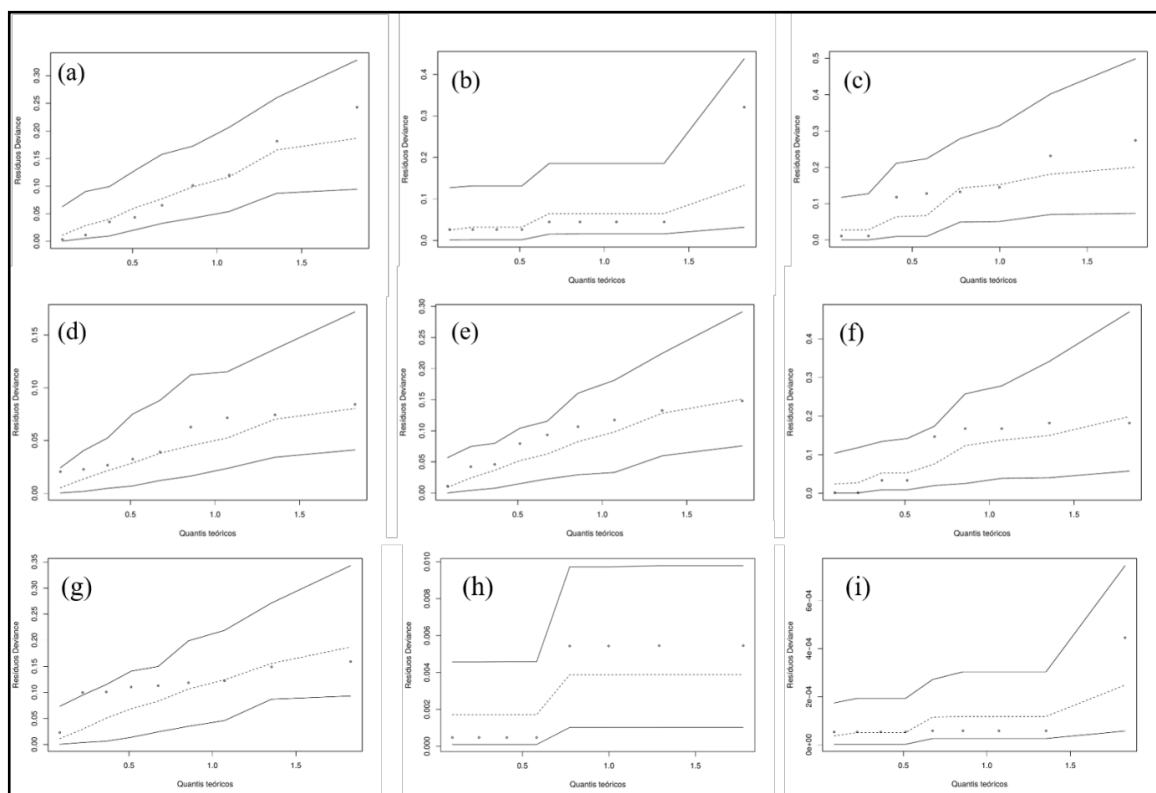
Fonte: Próprios autores (2021).

Dessa forma, tomando como referência a Tabela 11 dos pontos de interação da *moringa*, temos que os pontos que apresentam melhor eficiência na remoção da Turbidez são o 7 e 8. Para a remoção de cor, os pontos são: na situação 1, pontos 6 e 7; na situação 2, pontos 7 e 8; e na situação 3, pontos 4 e 8. Já para o pH os melhores pontos são os de número: na situação 1, números 1 e 2, na situação 2, números 6 e 7 e na situação 3, números 2 e 6. Dessa forma, considerando-se que os pontos de melhor eficiência são aqueles que minimizam mais de uma variável, temos que o ponto 7 responde melhor a essa condição.

Com relação ao pH, diferente das situações anteriores houve significância, o que pode ser justificado pelo fato de a amostra da Lavanderia ter passado por um tratamento prévio (gradeamento e aplicação de sulfato de alumínio) antes de ter sido coletada, o que pode ter ocasionado alguma reação química entre os dois coagulantes, bem como com as tinturas utilizadas na lavanderia.

A figura 32 apresentada abaixo contém os gráficos de probabilidade meio-Normal (Hnp) dos resíduos deviance dos modelos, apenas para aquelas variáveis que tiveram significância. Nela, é possível notar que o ajuste dos modelos foi bom, pois a maior parte resíduos, representados pelos pontos, se encontram dentro das bandas de confiança simuladas, representadas pelas linhas nos gráficos.

Figura 32 – Gráficos de Hnp.



Legenda: (a) Turbidez RC1; (b) Turbidez RC2 (c) Turbidez RC3 (d) Turbidez LNSC1; (e) Cor RC1; (f) Cor RC2; (g) Cor RC3; (h) Cor LNSC1; (i) pH LNSC1.

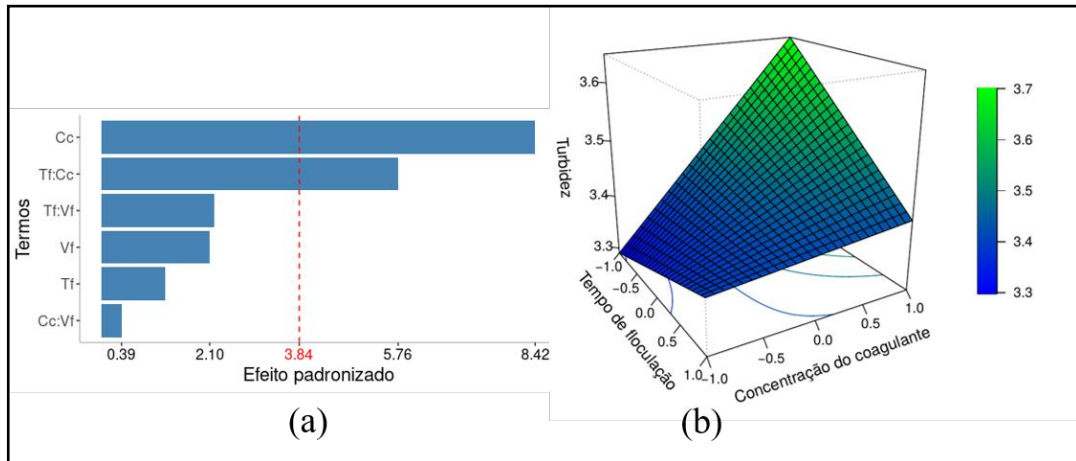
Fonte: Próprios autores (2021).

4.3.1 Para o biocoagulante natural à base de *Moringa*

4.3.1.1 Amostra RC1

O diagrama de Pareto da Figura 33 (a) mostra que os parâmetros significativos foram a interação Cc e Tf, Cc individualmente e Tf devido a sua interação com Cc. Na Figura 33 (b), tem-se o gráfico da superfície de resposta cuja a combinação dos níveis (+) com (+) de ambas as variáveis minimiza a Turbidez, ou seja, a combinação dos valores 1,35 ml da Cc com 6 min do Tf, nesse caso.

Figura 33 – Gráficos de ajuste para a Turbidez.

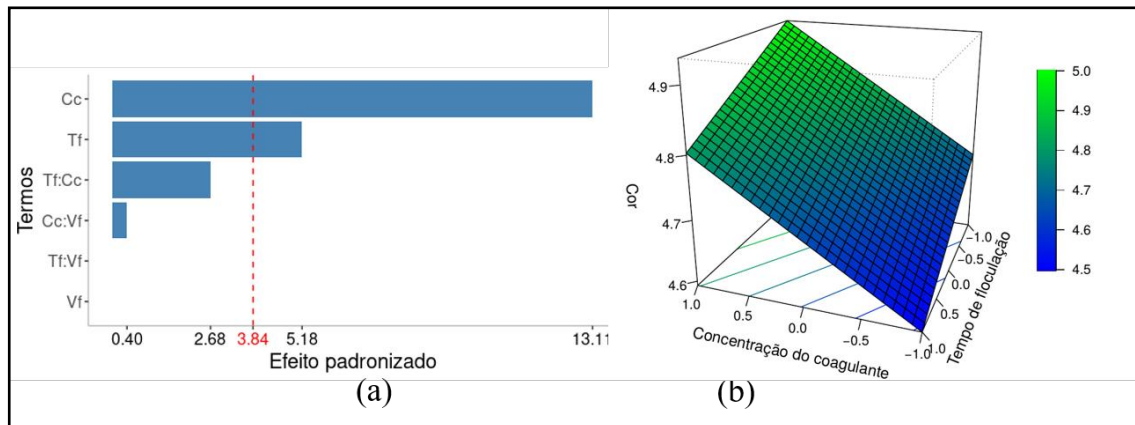


Legenda: (a) Diagrama de Pareto adaptado para Turbidez; (b) Superfície de resposta para Turbidez.

Fonte: Próprios autores (2021).

Para a variável Cor, o diagrama de Pareto da Figura 34 (a), mostra que somente os parâmetros das variáveis Cc e Tf foram significativos à 5%, então foram os únicos mantidos no modelo. Na Figura 34 (b), tem-se o gráfico da superfície de resposta por meio do qual é possível notar que a combinação do nível (+) da variável Tf, ou seja, o valor de 6 min com o nível (-) da variável Cc, ou seja, o valor de 0,40 ml desta variável minimiza a Cor.

Figura 34 – Gráficos de ajuste para a Cor.

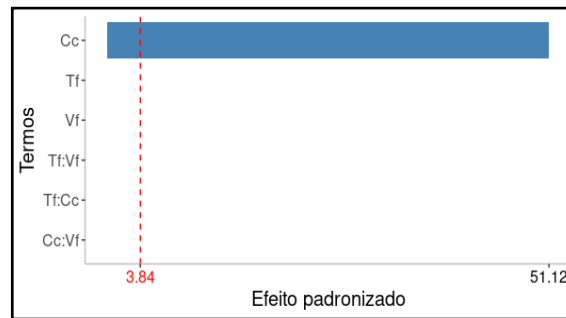


Legenda: (a) Diagrama de Pareto adaptado para Cor; (b) Superfície de resposta para Cor.

Fonte: Próprios autores (2021).

Para o pH, é possível ver pela Figura 35 que apenas o parâmetro da variável Cc foi significativo à 5%, então não houve ajuste da superfície.

Figura 35 – Diagrama de Pareto adaptado para pH.



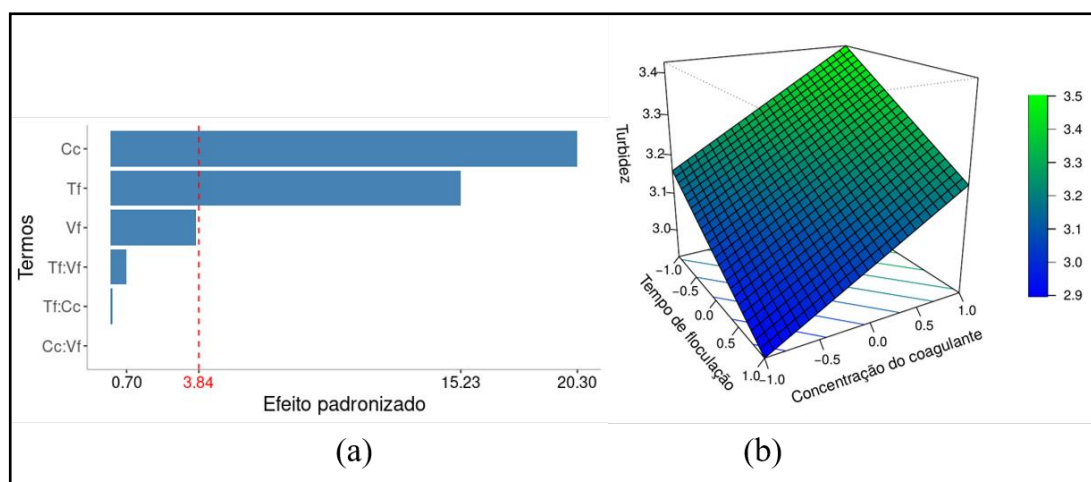
Fonte: Próprios autores (2021).

Dessa forma, com base no que foi apresentado e tomando como referência a Tabela 13 de valores de interação entre os pontos de ensaio da coagulação com o biocoagulante temos que os pontos 1 e 4 apresentam melhor eficiência na remoção da Turbidez, enquanto que os pontos 5 e 8 apresentam melhor eficiência na remoção da Cor, para qualquer Vf. Para este caso não se tem pontos que minimizam mais de uma variável ao mesmo tempo. Para o pH, apresentou-se pouca ou nenhuma significância.

4.3.1.2 Amostra RC2

Os diagramas de Pareto da Figura 36 (a) e 37 (a), mostram que somente os parâmetros das variáveis Cc e Tf foram significativos à 5%, sendo estes mantidos no modelo. Na Figura 36 (b) e 37 (b), tem-se os gráficos das superfícies de resposta com o quais é possível notar que a combinação do nível (+) da variável Tf (6 min) com o nível (-) da variável Cc (0,40 ml) minimiza a Turbidez e a Cor.

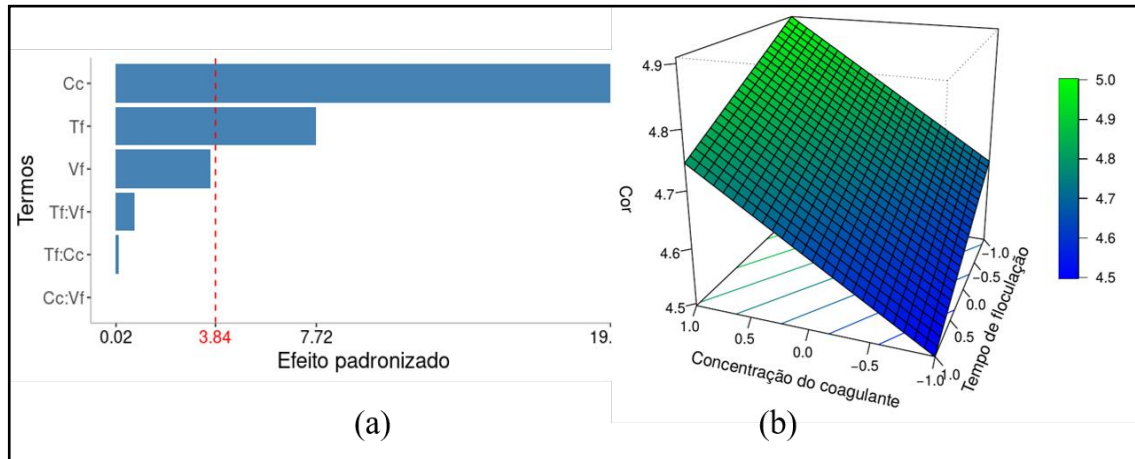
Figura 36 – Gráficos de ajuste para a Turbidez.



Legenda: (a) Diagrama de Pareto adaptado para Turbidez; (b) Superfície de resposta para Turbidez.

Fonte: Próprios autores (2021).

Figura 37 – Gráficos de ajuste para a Cor.

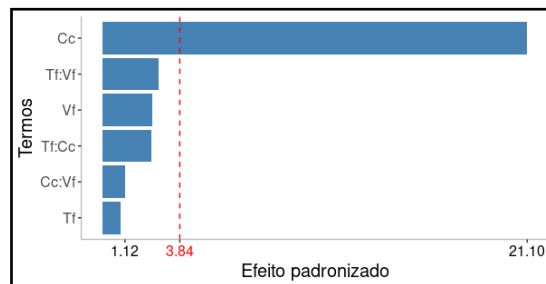


Legenda: (a) Diagrama de Pareto adaptado para Cor; (b) Superfície de resposta para Cor.

Fonte: Próprios autores (2021).

Para o pH, é possível ver pela Figura 38 que apenas o parâmetro da variável Cc foi significativo à 5%, então não houve ajuste da superfície.

Figura 38 – Diagrama de Pareto adaptado para pH.



Fonte: Próprios autores (2021).

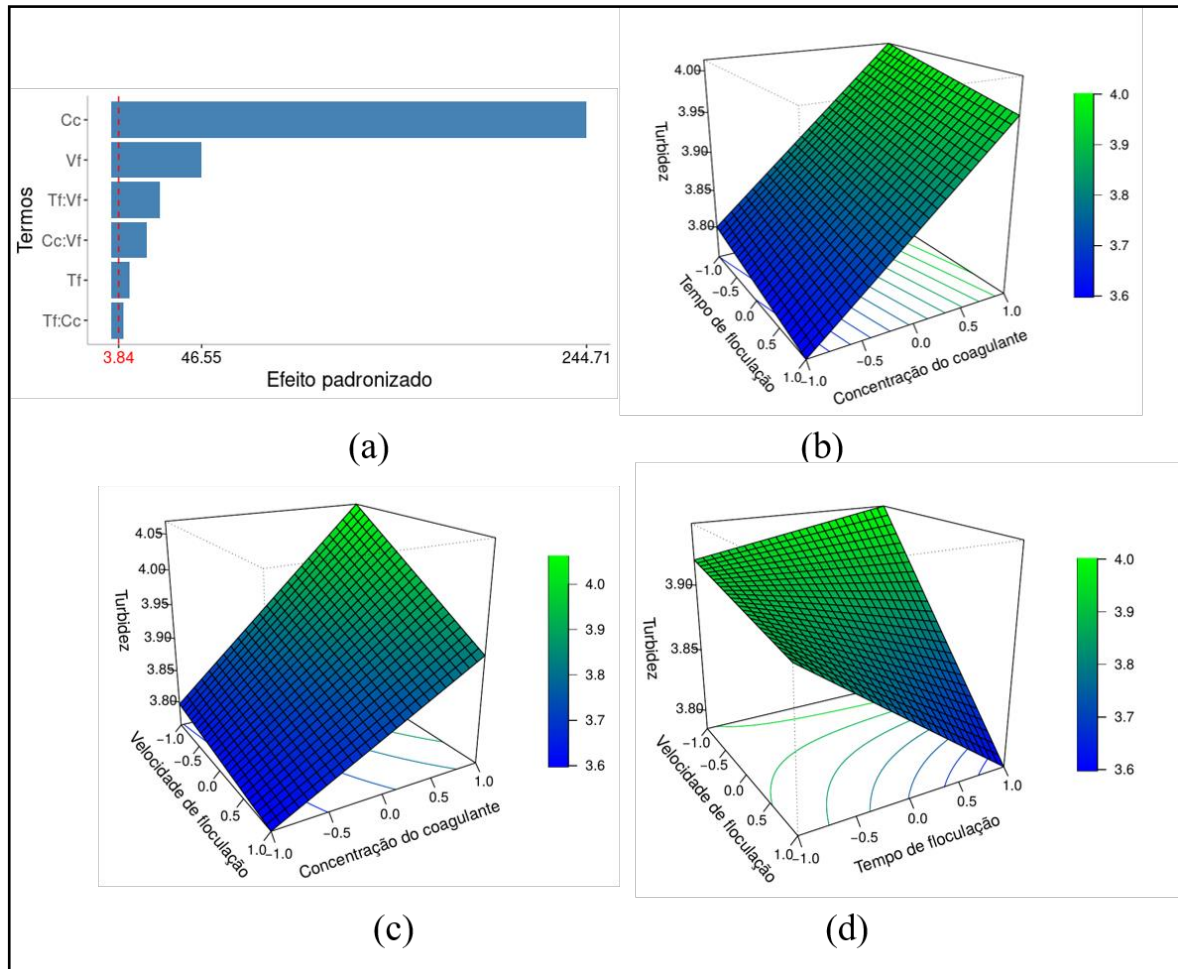
Dessa forma, com base no resultado e tendo como referência a Tabela 13 de valores de interação entre os pontos, observa-se que os pontos 5 e 8 apresentam melhor eficiência na remoção da Turbidez e da Cor, para qualquer Vf. O pH, assim como na amostra anterior apresentou pouca ou nenhuma significância.

4.3.1.3 Amostra RC3

Para o caso da variável resposta Turbidez, é possível ver através do diagrama de Pareto da Figura 39 (a) que todos os parâmetros foram significativos à 5%, assim todos foram mantidos no modelo final. Desse modo, foram geradas três superfícies mostrando o comportamento da variável. Através do gráfico da superfície de resposta (b), mantendo a variável Vf fixa no nível 0 (40 rpm), é possível notar que a combinação do nível (-) da variável Cc (0,40 ml) com o nível (+) da variável Tf (6 min) minimiza a variável resposta Turbidez. Da mesma forma ocorre para

as demais superfícies, quais sejam, a superfície (c), mantendo a variável Tf fixa no nível 0 (4 min) e a combinação do nível (-) da variável Cc (0,40 ml) com o nível (+) da variável Vf (60 rpm); e a superfície (d), mantendo a variável Cc fixa no nível 0 (0,80 ml) e a combinação dos níveis (-) do Tf (2 min) com (-) do Vf (20 rpm), as quais minimizam a variável resposta Turbidez.

Figura 39 – Gráficos de ajuste para a Turbidez.

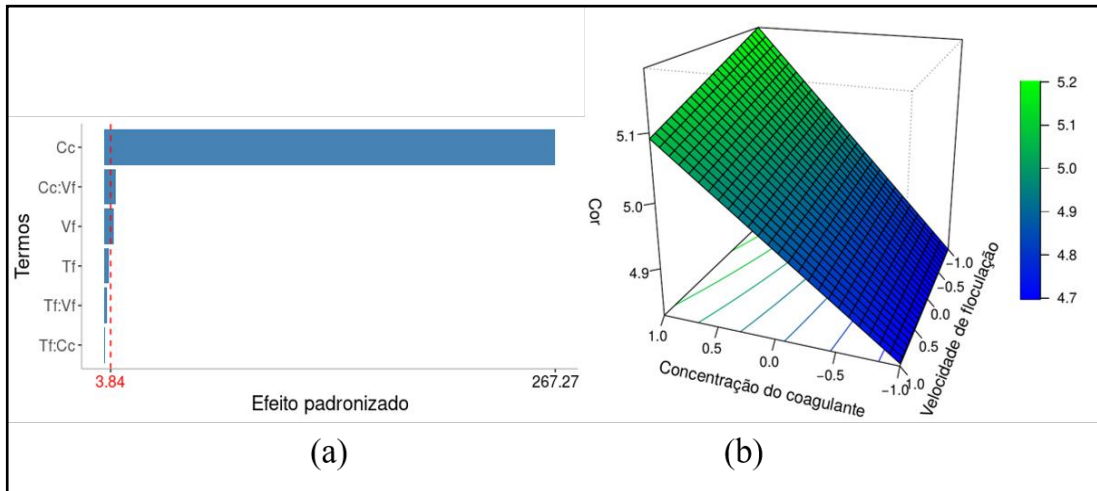


Legenda: (a) Diagrama de Pareto adaptado para Turbidez; (b) Superfície de resposta para Turbidez (Cc×Tf); (c) Superfície de resposta para Turbidez (Cc×Vf); (d) Superfície de resposta para Turbidez (Tf×Vf).

Fonte: Próprios autores (2021).

Para a variável Cor, o diagrama de Pareto da Figura 40 (a), mostra que os parâmetros das variáveis Cc e Vf e a interação entre elas foram significativos à 5%, então foram os únicos mantidos no modelo. Na Figura 40 (b), apresenta-se o gráfico da superfície de resposta onde é possível observar que combinação do nível (-) da variável Cc (0,40 ml) com o nível (-) ou o nível (+) da variável Vf, ou seja, os valores de 20 rpm e 60 rpm respectivamente, minimiza a Cor, nesse caso.

Figura 40 – Gráficos de ajuste para a Cor.

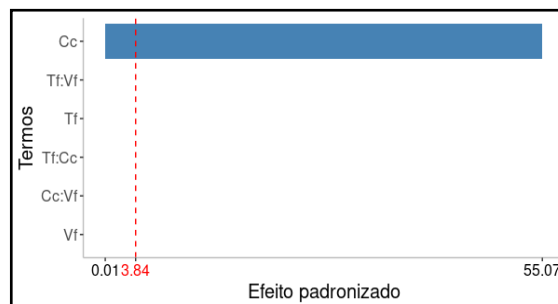


Legenda: (a) Diagrama de Pareto adaptado para Cor; (b) Superfície de resposta para Cor.

Fonte: Próprios autores (2021).

Para o pH, é possível ver pela Figura 41 que apenas o parâmetro da variável Cc foi significativo à 5%, então não houve ajuste da superfície.

Figura 41 – Diagrama de Pareto adaptado para pH.



Fonte: Próprios autores (2021).

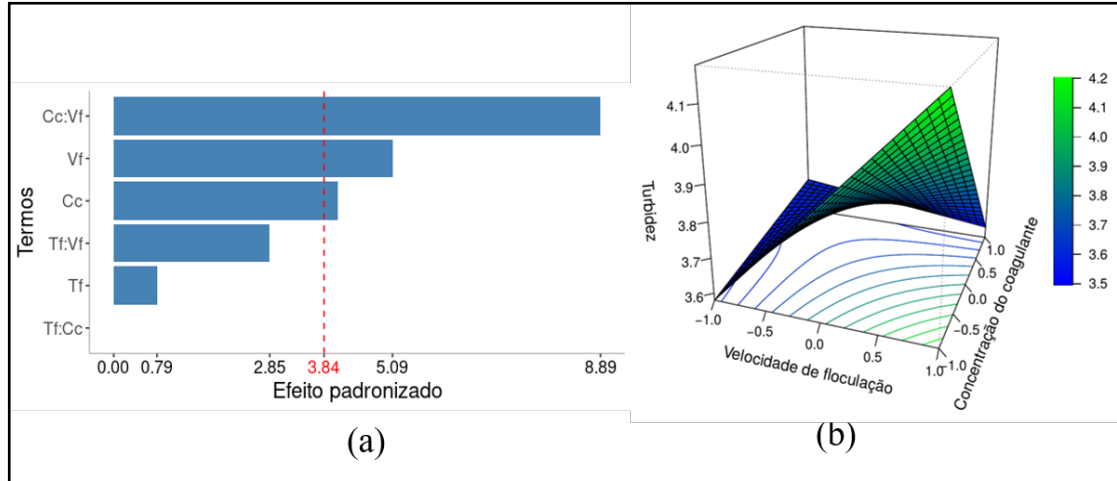
Dessa forma, com base no resultado e tomando como referência a Tabela 13 de valores de interação entre os pontos, temos que os pontos que apresentam melhor eficiência na remoção da Turbidez são: na situação 1, pontos 5 e 8; na situação 2, pontos 5 e 6; e na situação 3, pontos 3 e 7. Para a remoção de cor, os pontos são o 5, 6, 7 e 8. Considera-se que os pontos 5, 6 e 7 são de melhor eficiência, pois minimizam mais de uma variável. No que diz respeito ao pH, assim como na amostra anterior, apresentou pouca ou nenhuma significância.

4.3.1.4 Amostra LNSC1

Os diagramas de Pareto das Figura 42 (a) e 43 (a), mostram que houve significância dos parâmetros das variáveis Cc e Vf, sendo estes mantidos no modelo. Nas Figura 42 (b) e 43 (b), tem-se os gráficos das superfícies de resposta, sendo possível observar que a combinação dos

níveis (-) com (-) de ambas as variáveis minimizam a Turbidez e a Cor, ou seja, os valores 20 rpm da Vf e 0,40 ml da Cc, nesse caso.

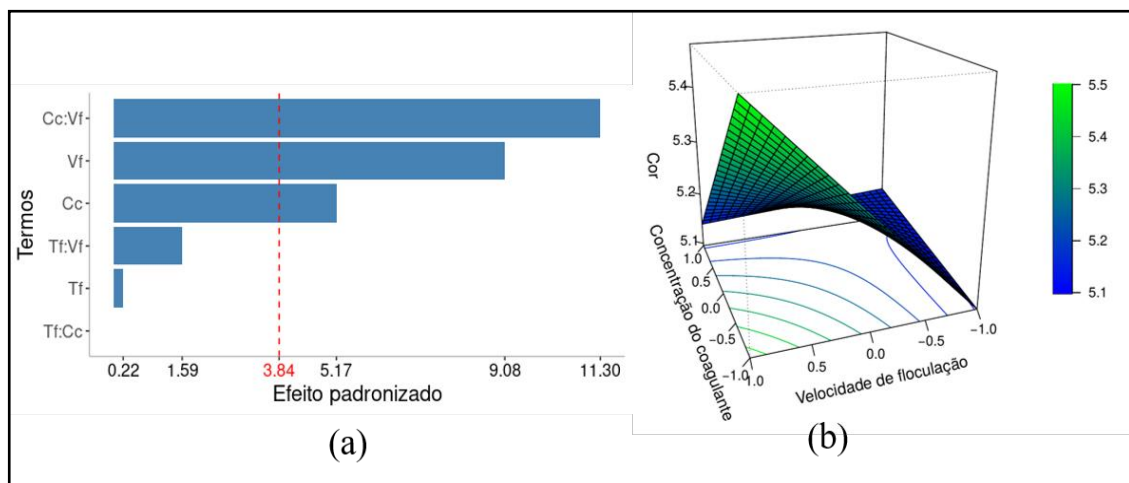
Figura 42 – Gráficos de ajuste para a Turbidez.



Legenda: (a) Diagrama de Pareto adaptado para Turbidez; (b) Superfície de resposta para Turbidez.

Fonte: Próprios autores (2021).

Figura 43 – Gráficos de ajuste para a Cor.

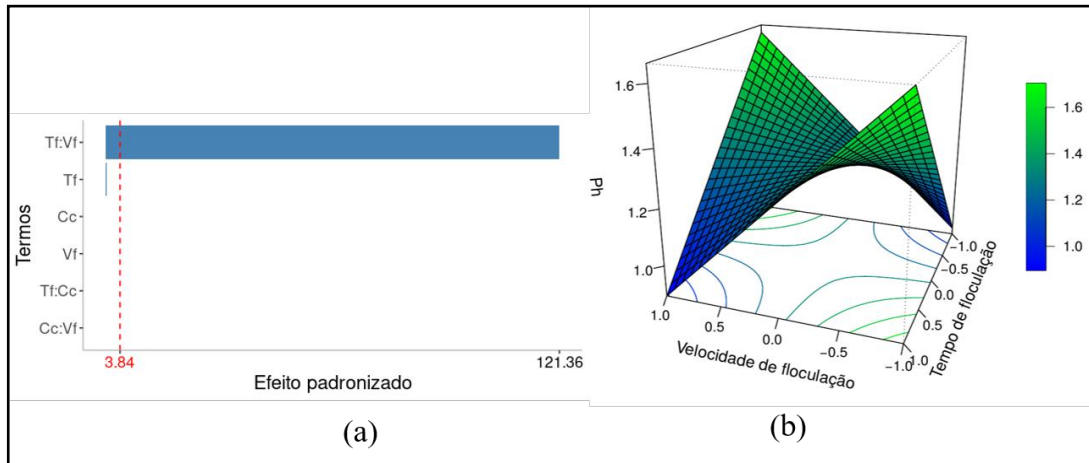


Legenda: (a) Diagrama de Pareto adaptado para Cor; (b) Superfície de resposta para Cor.

Fonte: Próprios autores (2021).

Para o pH, o diagrama de Pareto da Figura 44 (a), mostra que o parâmetro relacionado com a interação entre Vf e Tf é significativo, portanto, essa interação e as variáveis Tf e Vf individualmente são mantidas no modelo final. Na Figura 44 (b), tem-se o gráfico da superfície de resposta onde nota-se que a combinação dos níveis (+) com (+) de ambas as variáveis minimizam o pH, ou seja, a combinação entre os valores 6 min da Tf e 60 rpm da Vf.

Figura 44 – Gráficos de ajuste para o pH.

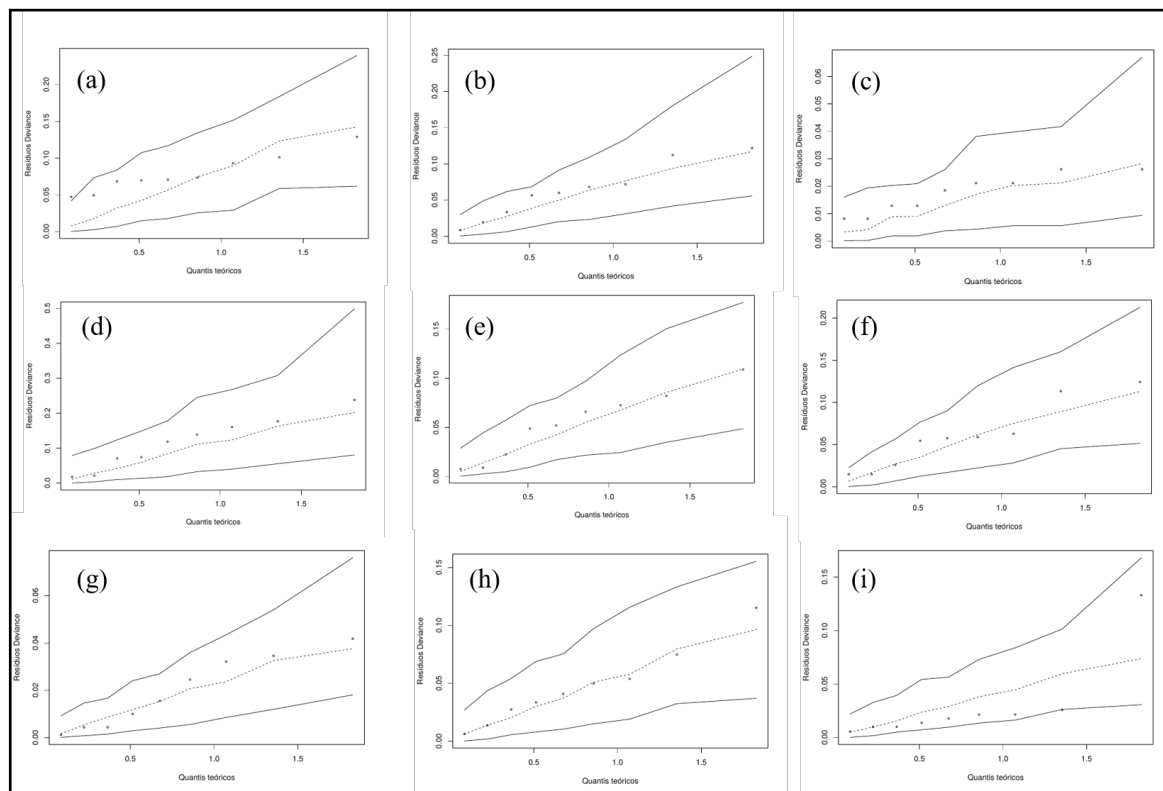


Legenda: (a) Diagrama de Pareto adaptado para pH; (b) Superfície de resposta para pH.
 Fonte: Próprios autores (2021).

Dessa forma, com base no que foi apresentado e tomando como referência a Tabela 13 de valores de interação entre os pontos de ensaio da coagulação com o biocoagulante, temos que os pontos 7 e 8 apresentam melhor eficiência na remoção da Turbidez e da Cor, para qualquer Tf. Enquanto que os pontos 1 e 5 apresentam melhor remoção do pH. Para este caso não se tem pontos que minimizam mais de uma variável ao mesmo tempo. E, assim como justificado para a semente de *Moringa*, houve significância para o pH, o que pode ser justificado pelo fato de a amostra da Lavanderia ter passado por um tratamento prévio (gradeamento e aplicação de sulfato de alumínio) antes de ter sido coletada, podendo ocasionar alguma reação química entre os dois coagulantes.

A Figura 45 apresenta os gráficos de probabilidade meio-Normal (Hnp) dos resíduos deviance dos modelos, apenas para aquelas variáveis que tiveram significância. Os modelos são considerados bons quando a maior parte dos resíduos, representados pelos pontos, se encontram dentro das bandas de confiança simuladas, representadas pelas linhas nos gráficos.

Figura 45 – Gráficos de Hnp.



Legenda: (a) Turbidez RC1; (b) Turbidez RC2 (c) Turbidez RC3 (d) Turbidez LNSC1; (e) Cor RC1; (f) Cor RC2; (g) Cor RC3; (h) Cor LNSC1; (i) pH LNSC1.

Fonte: Próprios autores (2021).

Dessa forma, com base no que foi apresentado para ambos os coagulantes, observa-se que no que diz respeito ao pH, a pouca ou ausente significância apresentada nas figuras acima pode ser justificada pela afirmativa de que a MO apresenta pouca alteração nos níveis de pH, como relatado por Silva (2005) onde diz que estudos mostram que as sementes de *moringa* atuam independentemente do pH e os valores obtidos ficam próximo de 7,0 (6,9 a 7,0) e Silva *et al.* (2001) que diz não houve diminuição do pH, ficando em torno dos valores das amostras originais.

Em consonância, se compararmos a utilização desse coagulante com outros, como exemplo, um coagulante a base de tanino e o sulfato de alumínio, temos que o primeiro, assim como a *moringa* não altera o pH da água tratada, como também foi observado no estudo de Skoronski *et al.* (2014), entretanto, o segundo coagulante provoca redução da faixa de trabalho do pH, sendo necessário, nesses casos, adicionar cal hidratada para a correção do mesmo, como afirmam estes mesmos autores. Reforçando, dessa forma, a utilização da *moringa* como coagulante, uma vez que não promove redução do pH, dispensando a necessidade de utilização de alcalinizantes, que aumentam o volume do lodo gerado.

Para a maioria dos casos, a faixa de pH manteve-se entre 5,0 a 9,0 estando dentro da faixa estabelecida da Resolução CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011, para condições e padrões de lançamento de efluentes (BRASIL, 2011), bem como do Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 05, de 28 de setembro de 2017, sobre padrões de potabilidade da água (BRASIL, 2017). Embora existam casos em que este valor foi menor, o mesmo ainda sim se encontra na faixa de neutro a alcalino. O mesmo ocorreu em estudos com outros coagulantes, como no de Muralimohan e Palanisamy (2014), utilizando *Tamarina indica*; Freitas *et al.* (2015), utilizando *Abelmoschus esculentus*; Lozano Rivas *et al.* (2016), utilizando *Furcraea sp.*

No que diz respeito a relação entre taxa de remoção e variável de planejamento deste estudo, é possível observar que as melhores taxas de remoção dos parâmetros se apresentam para menores concentrações do coagulante, menor tempo de floculação e para maior velocidade de floculação, como também ocorre, a respeito deste último, no trabalho de Santana *et al.* (2020). Da mesma forma, no estudo de Stroher *et al.* (2013) utilizando o coagulante tanino, foi observado que se pode trabalhar com tempos de mistura e sedimentação mais baixos, tendo melhor eficiência.

Esta afirmativa pode ser observada principalmente para a variável cor, a qual de forma geral apresenta melhores resultados de remoção com menores concentrações do coagulante podendo ser verificado nos dados contidos no apêndice 01. Entretanto, o estudo de Santana *et al.* (2020) identificou resultados diferentes para a mesma variável, apresentando melhores resultados de remoção, para maiores valores de Cc. Esta diferença pode ser observada devido ao tipo de amostra, pois no estudo do autor, substâncias e compostos orgânicos apresentavam-se em altas concentrações, sendo necessárias maiores dosagens para melhor eficiência.

Notou-se que o tempo de armazenamento da semente influenciava na eficiência dos resultados, por isso, assim que as sementes eram colhidas, imediatamente já eram utilizadas. Como também foi ressaltado por Katayon *et al.* (2006), onde os autores observaram que a utilização da semente recém-colhida era melhor do que quando submetida a um tempo de armazenagem, influenciando de forma positiva na eficácia do coagulante.

Assim, os resultados obtidos mostram que ambos os coagulantes podem ser utilizados para remoção dos parâmetros, entretanto, a sua melhor eficiência se dará mediante estudos das dosagens e terá comportamentos diferentes para cada tipo de amostra, como apresentado na Tabela 14, na amostra LNSC1, na qual todos os parâmetros apresentaram redução. Podendo-se concluir ainda que a MO constitui uma alternativa no tratamento de efluentes, podendo ser utilizada como um coagulante natural biodegradável.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho possibilitou entender e avaliar a eficiência da semente da *moringa* e de biocoagulante natural à base de MO ao ser usado como coagulante-floculante para o tratamento de água e de efluentes têxteis, bem como identificar quais pontos de interação apresentaram melhores remoções e quais amostras.

Para se atingir a compreensão dessa eficiência, definiram-se três objetivos específicos. Para o primeiro, encontrou-se bons resultados de eficiência como uma redução de até 135,11 % de turbidez e 101,67% de cor, em comparação a amostra bruta. Para o segundo objetivo, observou-se bons percentuais de remoção, sendo estes de 184,37% para turbidez e 223,56% para cor, também quando comparados ao pré teste. E no que diz respeito ao terceiro objetivo, pode-se inferir que o biocoagulante apresentou melhores resultados quando comparado a *moringa* para a maioria das amostras, para a turbidez (amostra LNSC1) e para a cor (amostras RC1, RC2 e RC3), sendo que, apenas na turbidez da amostra RC2, a *moringa* se sobressaiu.

Neste processo de pesquisa, encontrou-se alguns obstáculos. Entre eles, a falta de tempo para a execução de mais experimentações importantes como DBO, DQO, Toxicidade, e Sólidos Totais, uma vez que, a pesquisa foi realizada na UFPE – Campus Recife durante intercâmbio institucional de dois meses de duração, além disso o tempo fora agravado pela pandemia do Corona Vírus, o qual impossibilitou a execução de mais procedimentos experimentais. Outro fator foi devido a Universidade Federal do Pará – Campus Tucuruí, local da faculdade de origem dos pesquisadores, não dispor dos equipamentos necessários à pesquisa, e de laboratórios de qualidade que permitissem prosseguir com esta, por isso, tem-se ciência de que apesar dos resultados sólidos e eficientes com os parâmetros trabalhados, há ainda espaço para evoluir mais a pesquisa.

Dada à importância e os efeitos da crise hídrica e dos resultados obtidos na melhora da qualidade das águas e efluentes com o uso da *moringa*, torna-se uma alternativa viável sócio e economicamente promover o cultivo e desenvolvimento da planta em áreas rurais sem tratamento de água. Podendo assim economizar nas instalações de sistemas de abastecimento e tratamento de água que são onerosas e inviáveis a comunidades de acesso remoto, bem como melhorar a qualidade de vida da população que sofre com a ausência destes.

Com base nos dados coletados, caracterizados e analisados na presente pesquisa, é possível apontar algumas considerações. Inicialmente nota-se uma característica relevante sobre a concentração de coagulante seja ele das sementes da *moringa* ou do biocoagulante, onde se observa que os menores valores de Cc, proporcionam maiores percentuais de remoção dos

parâmetros, principalmente o da cor, fator este que nem sempre é observado nos estudos de outros autores, pois essa condição pode depender do tipo de efluente que está sendo analisado. Outra observação feita foi em relação ao pH, conforme apresentado, este sofre poucas alterações, entretanto, para a maioria dos casos se mantém dentro da faixa estabelecida na legislação. E por fim, com relação a cor e turbidez, observou-se que em ambos os casos há diminuição significativa nos valores e que para este último, quanto maior os valores do parâmetro, maior é a taxa de remoção.

REFERÊNCIAS

- ACHON C. L.; BARROSO M.M.; CORDEIRO J.S. Resíduos de estações de tratamento de água e a ISO 24512: desafio do saneamento brasileiro. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.18, n.2, Rio de Janeiro, Abril/Junho de 2013, p. 115-112. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522013000200003>.
- ACHON, C. L. **Ecoeficiência de Sistemas de Tratamento de Água a Luz dos Conceito da ISO 14.001**. Tese de doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo – 2008. DOI: 10.11606/T.18.2008.tde-08012009-172718.
- ALI, E.N.; MUYIBI, S.A.; SALLEH, H.M.; ALAM, M.Z.; SALLEH, M.R.M. Production of natural coagulant from *Moringa oleifera* seed for application in treatment of low turbidity water. **Journal Water Resource and Protection**, Irvine, v. 2, p.259-266, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162014000400017>.
- AMAGLOH, F. K.; BENANG, A. Effectiveness of *Moringa oleifera* seed as coagulant for water purification. **African Journal of Agricultura Research**, v.4, n.1, p.119-123, 2009. ISSN 1991-637X.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. American Water Works Association, Water Environmental Federation, 20th ed. Washington. 1998. ISBN: 9780875532875.
- ANDRADE, L. N. Autodepuração dos corpos d'água. **Revista da biologia**. v. 5. Vitória – ES. Dez. 2010. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revbiologia/article/view/108617/106924>.
- ARANTES, C. C.; RIBEIRO, T. A. P.; PATERNIANI, J. E. S.; TATEOKA, M. S. S.; SILVA, G. K. E. Uso de coagulantes naturais à base de moringa oleifera e tanino como auxiliares da filtração em geotêxtil sintético não tecido. **Eng. Agríc.** v. 34, n. 4, Ago 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162014000400017>.
- BARCELLOS, C. H.; CARVALHO, A. R. P. **Tratamento biológico de Efluentes**. In: Kurita, Soluções em Engenharia e Tratamento de Água. 2010 Disponível em: http://www.kurita.com.br/adm/download/Tratamento_Biologico_de_Efluentes.pdf.

BIOSYSTEMS FABRICANTE. **BIOSYSTEMS**, 2021. Ementa: Balança Analítica Eletrônica. Disponível em: <http://www.biosystems.com.br/fa2104n>. Acesso em: 04 de julho de 2021

BOTERO, W. G.; SANTOS, A.; OLIVEIRA, L. C.; ROCHA, J. C. Caracterização de lodo gerado em estações de tratamento de água: perspectivas de aplicação agrícola. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 32, n. 8, p. 2018-2022, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000800007>.

BRASIL, J. L.; VAGHETTI, J. C. P.; SANTOS JR, B. R. A.; SIMON, N. M.; PAVAN, F. A.; DIAS, S. L. P.; LIMA, E. C. Planejamento estatístico de experimentos como uma ferramenta para otimização das condições de biossorção de Cu (II) em batelada utilizando-se casca de nozes pecã como biossorvente. **Química Nova**, v.30, n.3, p.548-553, 2007. ISSN 1678-7064.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). **Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 05, de 28 de setembro de 2017. Dispõe sobre o controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.** 2017. Disponível em: https://bvmsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA Nº 430, de 13/05/2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.** 2011. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA Nº 20, de 18/06/1986. Dispõe sobre a classificação dos corpos hídricos no Território Nacional.** 1986. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/1986/res_conama_20_1986_revgd_classificacaoaguas_altrd_res_conama_274_2000_revgd_357_2005.pdf.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 357, de 15 de junho de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** 2005. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>.

BUTTON, S. T. **Metodologia para planejamento experimental e análise de resultados.** Apostila. Campinas. Fev. 2016. Disponível em: <http://www.fem.unicamp.br/~sergio1/pos-graduacao/IM317/apostila.pdf>.

CAVALCANTE, R. B. L. Ocorrência de Escherichia coli em fontes de água e pontos de consumo em uma comunidade rural. **Rev. Ambient. Água [online]**, v. 9, n. 3, p. 550-558, 2014. ISSN 1980-993X.

CORDEIRO; W. S. **Alternativas de tratamento de água para comunidades rurais.** Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos, Campos do Goytakazes. Rio de Janeiro. p. 94. 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.19180/1809-2667.v12n12010p129>.

CORDEIRO, C. K.; BERGAMASCO, R.; SALA COSSICH, E.; KONRADT MORAES, L. C. Otimização dos tempos de mistura e decantação no processo de coagulação/floculação da água

bruta por meio da *Moringa oleifera* Lam. **Acta Scientiarum. Technology**, vol. 30, núm. 2, 2008, pp. 193-198. Universidade Estadual de Maringá. Maringá, Brasil. ISSN: 1806-2563

COSTA, D. J. L.; TEIXEIRA, D. Aplicação do modelo de autodepuração para avaliação da qualidade da água do Ribeirão do Ouro, Araraquara-SP. **Revista Uniara**. Araraquara, v. 13, n. 1, 2010. DOI: <https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2010.v13i1.125>.

CRESPILHO, F. N.; SANTANA, C. G.; REZENDE, M. O. O. Tratamento de efluentes da indústria de processamento de coco utilizando eletroflotação. **Química Nova**, v. 27, n. 3, p.387-392, 2004. DOI: 10.1590/S0100-40422004000300005.

CUNICO, M. W. M.; CUNICO, M. M.; MIGUEL, O. G.; ZAWADZKI, S. F.; PERALTA-ZAMORA, P.; VOLPATO, N. Planejamento fatorial: uma ferramenta estatística valiosa para a definição de parâmetros experimentais empregados na pesquisa científica. **Visão Acadêmica**, Curitiba, v.9, n.1, Jan. - Jun./2008 - ISSN 1518-5192.

DE PAULA, M. H.; ILHA, S. O. M. 2016. Uso da moringa oleífera no tratamento de águas residuárias de usinas de concreto: mapeamento sistemático. **REEC - Revista Eletrônica De Engenharia Civil**. v. 11 n. 1. 2016. DOI: <https://doi.org/10.5216/reec.V11i1.35149>

DI BERNARDO, L. **Tratamento de Águas de Abastecimento Por Filtração direta**. Rio de Janeiro : ABES, RiMa: il. Projeto PROSAB. 2003. ISBN 85-86552-69-0.

DI BERNARDO, L.; BRANDÃO, C. C. S.; HELLER, L. **Tratamento de Águas de Abastecimento Por Filtração em Múltiplas etapas**. Rio de Janeiro: ABES/PROSAB, 1999. Disponível em: http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/aguas_de_abastecimento.pdf.

DIAS, R. N.; DURIGAN, M. F. B.; GUIMARÃES, P. V. P. **Potencial do uso da moringa na segurança alimentar em comunidades em situação de risco e vulnerabilidade social**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL. VI CONGRESSO INTERNACIONAL DE AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL. Viçosa. Ciência, tecnologia e inovação para o desenvolvimento agropecuário sustentável: Viçosa: UFV, 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/190504/1/simbras-moringa.pdf>.

FAHEY J. W. **Moringa oleifera: A review of the Medical evidence for its nutritional, Therapeutic and prophylactic properties** - Part 1. v. 1. Jan 2005. DOI:10.1201/9781420039078.ch12.

FERREIRA, C. S.; CUNHA-SANTINO, M. B.; JÚNIOR, I. B. Eutrofização: aspectos conceituais, usos da água e diretrizes para a gestão ambiental. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 6, n. 1, 2015. DOI: <https://doi.org/10.6008/SPC2179-6858.2015.001.0006>.

FERREIRA, P. M. P.; FARIAS, D. F.; OLIVEIRA, J. T. A.; CARVALHO, A. F. U. *Moringa oleifera*: compostos bioativos e potencialidade nutricional. **Rev. Nutr. [online]**. v. 21, n. 4, p.431-437, 2008. ISSN 1678-9865.

FRANCISCO, A. A.; POHLMANN, P. H. M.; FERREIRA, M. A. **Tratamento convencional de água para abastecimento humano: uma abordagem teórica dos processos envolvidos e dos indicadores de referência**. In: II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2011, Londrina. Revista Eletronica do IBEAS, v. 2, 2011. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2011/IX-005.pdf>.

FREITAS, T. K. F. S.; GERALDINO, H. C. L.; GARCIA, J. C.; DE SOUZA, M. T. F.; FÁVARO, S. L.; ALMEIDA, V. C.; OLIVEIRA, V. M. Optimization of coagulation-flocculation process for treatment of industrial textile wastewater using okra (*A. esculentus*) mucilage as natural coagulant. **Industrial Crops and Products**. v. 76, p. 538-544, 2015. DOI: 10.1016/j.indcrop.2015.06.027

GEWEHR, A. G. **Tratamento por coagulação-floculação de lixiviado bruto de aterro sanitário com e sem pré tratamento biológico em reator sequencial em batelada**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Dissertação. Porto Alegre - RS, 163p. 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/62110>.

GUALBERTO, A. F.; FERRARI, G. M.; ABREU, K. M. P.; PRETO, B. L.; FERRARI, J. L. Características, propriedades e potencialidades da moringa (*Moringa oleifera* Lam.): Aspectos agroecológicos. **Revista Verde** (Pombal - PB - Brasil), v 9, n. 5, p. 19 - 25, dez, 2014. ISSN 1981-8203.

GUSTAVO GIACON. **CIPREST**, 2017. Ementa: Moringa (*Moringa oleifera*). Disponível em: <https://ciprest.blogspot.com/2017/08/moringa-moringa-oleifera.html>. Acesso em: 04 de julho de 2021

HALDAR, R. KOSANKAR, S. Moringa Oleifera: The Miracle Tree. **International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology**, v. 3, n. 6, p. 966-970, 2017. ISSN: 2454-132X.

HENRIQUES, J. A.; OLIVEIRA, R.; MEIRA, C. M. B. S.; ERNANDES, M. S. M.; FEITAS, C. C. **Potencial de remoção de turbidez de água para o abastecimento de comunidades rurais com o uso da *Moringa oleifera* Lam.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DA CHUVA, 8. Campina Grande, Paraíba. 2012. DOI: 10.12702/8sbcmac-a053.

HOLKAR, C. R.; JADHAV, A. J.; PINJARI, D. V.; MAHAMUNI, N. M.; PANDIT, A. B. A critical review on textile wastewater treatments: Possible approaches. **Journal of Environmental Management**, v. 182, p. 351-366, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.07.090>.

IBM. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23.0. Armonk, NY: IBM Corp, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo demográfico 2010**. 2010. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2010/inicial>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Rede geral de abastecimento de água avança mais na zona rural**. Censo 2010. 2011. Disponível em <https://censo2010.ibge.gov.br/noticias-censo.html?idnoticia=2017&view=noticia>.

JESUS, A. R.; MARQUES, N. S.; SALVI, E.J. N. R.; TUYUTY, P. L. M.; PEREIRA, S. A. **Cultivo da Moringa Oleífera**. Instituto Euvaldo Lodi – IEL/BA, 2013. Disponível em: <http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/Mjc2ODU=>.

KATAYON, S.; NOOR, M. J. M. M.; ASMA, M.; GHANI, L. A. A.; THAMER, A. M.; AZNI, I.; AHMAD, J.; KHOR, B. C.; SULEYMAN, A. M. Effects of storage conditions of *Moringa*

oleifera seeds on its performance in coagulation. **Bioresource Technology**, v. 97, p.1455-1460, September 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.07.031>.

KHURI, A. I. Response surface methodology within the framework of GLM. **Journal of Combinatorics, Information & System Sciences**, v.18, .193–202, 1993.

KNAPIK, H. G.; FERNANDES, C. V. S.; AZEVEDO, J. C R.; FRANÇA, M. S.; PORTO, M. F. A. **Dinâmica da matéria orgânica em águas naturais: Estudo de caso do Rio Iguaçu**. XVIII Simpósio Nacional de Recursos Hídricos. 2009. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/110/20f3eaf894cd6712dd3d2e4640919ad0_302ac8e8df581094f4eb3518a5c96cc1.pdf.

KONRADT-MORAES, L. C. **Estudo dos processos de coagulação e floculação seguidos de filtração com membranas para a obtenção de água potável**. Tese de Doutorado em Engenharia Química. Universidade Estadual de Maringá. Maringá – PR. 223p. 2009. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/3645/1/000178868.pdf>

KUNZ, A.; PERALTA-ZAMORA, P.; MORAES, S. G.; DURÁN, N. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. **Quim. Nova**, v. 25, n. 1, p. 78-82, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422002000100014>.

LOZANO-RIVAS, W. A.; WHITING, K. E.; GÓMEZ-LAHOZ, C.; RODRÍGUEZ-MAROTO, J. M. Use of glycosides extracted from the figue (*Furcraea* sp.) in wastewater treatment for textile industry. **International Journal of Environmental Science and Technology**. v. 13, n. 4, p. 1.131-1.136, 2016. DOI 10.1007/s13762-016-0953-z

LEITE, A. E. B. **Simulação do lançamento de esgotos domésticos em rios usando um modelo de qualidade d'água, SisBAHIA**. Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de pós-graduação em Saúde Pública da Escola Nacional de Saúde Pública, Fiocruz. Junho. Rio de Janeiro. 2004. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/4619>.

LIMA, P. R.; ALMEIDA, I. V.; VICENTINI, V. E. P. Os diferentes tipos de coagulantes naturais para o tratamento de água: uma revisão. **Evidência: Biociências, Saúde e Inovação**. Evidência, Joaçaba v. 20, n. 1, p. 9-22, jan./jun. 2020. DOI: <https://doi.org/10.18593/eba.24807>.

LIMA JÚNIOR, R. N.; ABREU, F. O. M. S. Produtos Naturais Utilizados como Coagulantes e Floculantes para Tratamento de Águas: Uma Revisão sobre Benefícios e Potencialidades. **Rev. Virtual Quim.**, v. 10, n. 03, p. 709-735, 2018. Disponível em: <http://static.sites.s bq.org.br/rvq.s bq.org.br/pdf/v10n3a20.pdf>.

LIMA, J. P. M.; ROLLEMBER, S. L. S. Técnicas simplificadas de tratamento de água. **Revista Virtual Química**, v. 12, n. 2, p. 447-460. Fortaleza – CE, Março/Abril, 2020. Disponível em: <http://rvq.s bq.org.br>.

LIMA, P. R.; ALMEIDA, I. V.; VICENTINI, V. E. P. Os diferentes tipos de coagulantes naturais para o tratamento de água: uma revisão. **Evidência**, Joaçaba v. 20, n. 1, p. 9-22, jan./jun. 2020. DOI: <https://doi.org/10.18593/eba.24807>.

LIMA, N. M. **Aplicação da moringa oleífera no tratamento de água com turbidez**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento de Processos Ambientais. Universidade Federal de Pernambuco. Recife. Fev. 2015 Disponível em: http://tede2.unicap.br:8080/bitstream/tede/643/1/niedja_maria_lima.pdf

LO MONACO, P. A. V.; TEIXEIRA DE MATOS, A.; ANDRADE RIBEIRO, I. C.; DA SILVA NASCIMENTO, F.; PANAZZOLO SARMENTO, A. Utilização de extrato de sementes de moringa como agente coagulante no tratamento de água para abastecimento e águas residuárias. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 5, n. 3, p. 222-231, 2010. ISSN: 1980-993X.

MARCONDES; J. G. **Tratamento de efluentes**. Trabalho de Conclusão de Curso de Química. Fundação Educacional do Município de Assis. Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis. Assis – SP. 2012. Disponível em: <https://cepein.femanet.com.br/BDigital/arqTccs/0911290473.pdf>.

MARTINS, A. B. C.; ROCHA, J. P.; SANTANA, C. G. Análise dos impactos causados pelo lançamento de efluentes domésticos não tratados e sua relação com a capacidade de autodepuração de um corpo hídrico. **Revista do CEDS**, n 9, Ago/Dez 2018. Disponível em: http://sou.undb.edu.br/ceds/revista?utm_source=direto.

MELLO, V. F. B.; MOTTA, M. A. S. **Otimização do tratamento de lixiviados e corantes por processos físico-químicos**. 2011. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Pernambuco. Recife – PE. 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/5468>.

MERCK MILLIPORE. **MERCK**, 2021. Ementa: Fotômetro NOVA 60 A. Disponível em: https://www.merckmillipore.com/BR/pt/product/Photometer,MDA_CHEM-109752. Acesso em: 04 de julho de 2021

METCALF; EDDY. *Waste water engineering: treatment, disposal and reuse*. New York: McGraw-Hill. 4. ed. 1819 p. rev. 2003.

METCALF; EDDY. **Tratamento de Efluente e Recuperação de Recursos**. McGraw Hill Brasil 5ª ed. 2015. ISBN: 9788580555240.

MORUZZI, R. B.; OLIVEIRA, A. L.; JULIO, M.; DUTRA, R. H. de A.; SILVA, P. A. G. Floculação: considerações a partir da análise clássica e da avaliação direta da distribuição de tamanho de partículas. **Eng. Sanit. Ambient.** v. 21, n. 04. Oct-Dec 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016144959>.

MOURA, A. S. A. **Avaliação do emprego da radiação ultravioleta na desinfecção de águas com turbidez e cor moderadas**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. Maio, 2000. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUOS-8DYF5S>.

MUNIZ, G. L.; DUARTE, F. V.; OLIVEIRA, S. B. Uso de sementes de Moringa oleifera na remoção da turbidez de água para abastecimento. **Rev. Ambient. Água**, v. 10 n. 2 Taubaté – Apr. / Jun. 2015. DOI: 10.4136/ambi-agua.1439.

MURALIMOHAN, N.; PALANYSAMY, T. Treatment of textile effluent by natural coagulants in Erode district. **Asian Journal of Chemistry**. v. 26, n. 3, p. 911-914, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.14233/ajchem.2014.16201>

MUYIBI, S. A.; EVISON, L. M. Moringa oleifera seeds for softening hardwater. **Water Research**, v. 29, n. 12, p.1099-1104, 1995. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000600015>.

NAUGHTON, O.; HYNDS, P. D. Public awareness, behaviours and attitudes towards domestic wastewater treatment systems in the Republic of Ireland. **Journal of Hydrology**, v. 518, p. 108-119, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.08.049>.

NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R. W. Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)**, v. 135, n. 3, p. 370–384, 1972. Disponível em: <https://docs.ufpr.br/~taconeli/CE225/Artigo.pdf>.

NETO, L. M. P. **Avaliação físico-química do Rio Ipojuca e Lavanderia Têxtil de pequeno porte no município de Caruaru- CE**. Trabalho de Conclusão de Curso Técnico em Análise Química. Centro Universitário Maurício de Nassau (UNINASSAU). Recife - PE. 2017. Disponível em: <http://repositorio.sereducacional.com/PesquisaObra.aspx?ObraId=4873&OrigemId=Home>.

NEVES, C. F. C., SCHVARTZMAN, M. M. A. M.; JORDÃO, E. Variables search technique applied to gas separation. **Química Nova**. v. 25, n. 2, p. 327-329, 2002. ISSN 1678-7064.

NISHI, L.; MADRONA, G. S.; VIEIRA, A. M. S.; BASSETTI, F. J.; SILVA, G. F.; BERGAMASCO, R. **Coagulação/Floculação com Sementes de Moringa oleifera Lam para Remoção de Cistos de Giardia spp. e Oocistos de Cryptosporidium spp. da água**. “CLEANER PRODUCTION INITIATIVES AND CHALLENGES FOR A SUSTAINABLE WORLD”. 3rd International Workshop | Advances in Cleaner Production. São Paulo – Brazil – May. 2011. Corpus ID: 88189499

PATERNIANI, J. E. S.; CONCEIÇÃO, C. H. Z. Eficiência da pré-filtração e filtração lenta no tratamento de água para pequenas comunidades. **Revista de Engenharia Ambiental**, v. 1, n. 1, p. 17-24. Espírito Santo do Pinhal – SP, Jan./Dez., 2004. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258606/1/Silva_MarceloJacominiMoreirada_M.pdf.

PATERNIANI, J. E. S.; MANTOVANI, M. C.; SANT'ANNA, M. R. Uso de sementes de *Moringa oleifera* para tratamento de águas superficiais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.13, n. 6, p. 765-771. Campina Grande Nov./Dec. 2009. Disponível em: www.scielo.br/pdf/rbeaa/v13n6/v13n6a15.pdf.

PAVANELLI, G. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada**. Dissertação de mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade Federal de São Paulo. São Carlos, p. 216. 2001. DOI: 10.11606/D.18.2001.tde-21012003-084719.

PERALTA-ZAMORA, P.; MORAIS, J. L.; NAGATA, N. Por que otimização multivariada? **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 10, n. 2, p. 106-110, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522005000200003>.

PEREIRA, L. M. **Ativação de zeólita natural para preparação de floculante utilizado em tratamento de água**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências Moleculares. Universidade Estadual de Goiás. Anápolis. Julho de 2012. Disponível em: http://www.bdtd.ueg.br/bitstream/tede/237/2/Marcelo_Leite_Pereira_M_C_M.pdf.

QUIMIS FABRICANTE. **QUIMIS**. 2021. Ementa: pHmetro de bancada. Disponível em: <https://www.quimis.com.br/produtos/detalhes/phmetro-de-bancada>. Acesso em: 04 de julho de 2021

QUIMIS FABRICANTE. **QUIMIS**. 2021. Ementa: Turbidímetro Portátil microprocessado. Disponível em: <https://www.quimis.com.br/produtos/detalhes/turbidimetro-portatil-microprocessado>. Acesso em: 04 de julho de 2021

R CORE TEAM R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2020. Disponível em: <http://www.r-project.org/index.html>.

RAMOS, M. D. N.; CLAUDIO, C. C.; REZENDE, P. H. V.; CABRAL, L. P.; SANTOS, L. A.; COSTA, G. G.; MESQUITA, P. L.; AGUIAR, A. Análise Crítica das Características de Efluentes Industriais do Setor Têxtil no Brasil. **Rev. Virtual Quim.**, v. 12, n. 4, p. 913-929, 2020. ISSN 1984-6835.

RENAULT, F.; SANCEY, B.; BADOT, P. M.; CRINI, B. G. Chitosan for coagulation/flocculation processes – An eco-friendly approach. **European Polymer Journal**, v. 45, n. 5, p.1337-1348, 2008. ISBN 1337-1348.

RIBEIRO, A. T. A. **Aplicação da moringa oleífera no tratamento de água para consumo humano: Remoção de poluentes por coagulação-floculação**. Tese de mestrado integrado. Engenharia do Ambiente. Faculdade de Engenharia. Universidade do Porto, Universidade Agostinho Neto. 2010. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10216/59823>

SANTANA, L. R. **OBSERVATÓRIO DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO RECIFE, 2019**. Ementa: O riacho do Cavouco como patrimônio natural e cultural. Disponível em: <https://observatoriosar.wordpress.com/2019/06/20/o-riacho-do-cavouco-como-patrimonio-natural-e-cultural/>. Acesso em: 04 de julho de 2021

SANTANA, G. B.; NÓBREGA, D. C.; OLIVEIRA, J. T.; ALVES, I.; NASCIMENTO, R. F.; VIDAL, C. B. Aplicação da semente de moringa (*Moringa oleífera*) como coagulante natural no tratamento de efluente de uma indústria de tintas no Ceará. **Rev. Tecnol. Fortaleza**, v. 41, n. 1, p. 1-17, jun. 2020. DOI 10.5020/23180730.2020.9889.

SARAIVA, S. A. S. **Avaliação da eficiência da desinfecção de efluentes urbanos com recurso a cloro**. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente. Universidade Nova de Lisboa, 64p., 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10362/16361>.

SHARMA, P.; KUMARI, P.; SRIVASTAVA, M. M.; SRIVASTAVA, S. Removal of cadmium from aqueous system by shelled *Moringa oleífera* Lam. seed powder. **Bioresource Technology**, v. 97, p. 299-305, 2006. DOI: 10.1016/j.biortech.2005.02.034.

SILVA, C. A. **Estudos aplicados ao uso da Moringa oleífera como coagulante natural para melhoria da qualidade de águas**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de pós-graduação em química. Instituto de química. 2005. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/26786/1/EstudosAplicadosUso.pdf>.

SILVA, F. J. A.; SILVEIRA NETO, J. W.; MOTA, F. S. B.; SANTOS, G. P. **Descolorização de efluente de indústria têxtil utilizando coagulante natural (*Moringa oleífera* e *Quitossana*)**. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES – Trabalhos

Técnicos, 2001. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/aresidua/brasil/ii-113.pdf>.

SILVA, M. J. M. **Desinfecção da água utilizando energia solar (SODIS) – Inativação e Recrescimento bacteriano**. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas – SP. Março de 2004. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258606/1/Silva_MarceloJacominiMoreirada_M.pdf.

SKORONSKI, E.; NIERO, B.; FERNANDES, M.; ALVES, M. V.; TREVISAN, V. Estudo da aplicação de tanino no tratamento de água para abastecimento captada no rio Tubarão, na cidade de Tubarão, SC. **Rev. Ambient. Água** vol. 9 n. 4 Taubaté – Oct. / Dec. 2014. DOI: 10.4136/ambi-agua.1303.

SOUZA, J. R.; MORAES, M. E. B.; SONODA, S. L.; SANTOS, H. C. R. G. A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. **REDE - Revista Eletrônica do Prodema**, v.8, n.1, p. 26-45, abr. 2014, Fortaleza, Brasil. ISSN: 1982-5528.

STRÖHER, A. P.; MENEZES, M. L.; PEREIRA, N. C.; BERGAMASCO, R. **Utilização de coagulantes naturais no tratamento de efluente proveniente de lavagem de jeans**. ENGEVISTA, V. 15, n. 3. p. 255-260, dezembro de 2013. Disponível em: <file:///C:/Users/Rafa/Downloads/8946-Texto%20do%20Artigo-38200-1-10-20180621.pdf>.

TWARDOKUS, R. G. **Reúso de Água no Processo de Tingimento da Indústria Têxtil**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. 2004. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/88051>.

VAZ, L. G. L.; KLENL, M. R. F.; VEITL, M. T.; SILVA, E. A.; BARBIEROL, T. A.; BERGAMASCO, R. Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de galvanoplastia. **Revista Eclet. Quím.** v. 35, n. 4, São Paulo, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-46702010000400006>.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos**. v. 2. 2 ed. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais. 2016. ISBN: 9788542301748.

WALD, A. Tests of statistical hypotheses concerning several parameters when the number of observations is large. **Transactions of the American Mathematical society**, v. 54, n. 3, p. 426–482, 1943.

XAVIER, G. L.; GUEDES, A. L. M.; PEREIRA, M. D. **Análise das características morfométricas de sementes de Moringa oleífera Lam**. VIII Simpósio Brasileiro de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Recife - PE. Outubro. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.12702/VIII.SimposFloresta.2014.177-616-1>.

ZHAO, S., GAO, B., LI, X., DONG, M.. Influence of using Enteromorpha extract as a coagulant aid on coagulation behavior and floc characteristics of traditional coagulant in Yellow River water treatment. **Chemical Engineering Journal**, v. 202, p. 569–576, 2012 DOI: 10.1016/j.cej.2012.06.097.

APÊNDICE

| AMOSTRA RC1 | | | | | | | | | |
|---------------|-------------|-------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| MORINGA | | | | | | | | | |
| | Ph | | Turbidez | | Cor | | PhPerc | TurbPerc | CorPerc |
| | Pré | pós | Pré | Pós | pré | pós | | | |
| | 7,43 | 7,41 | 17,2 | 14,8 | 62 | 38 | -0,27 | -13,95 | -38,71 |
| | 7,43 | 7,53 | 17,2 | 14 | 62 | 36 | 1,35 | -18,60 | -41,94 |
| | 7,43 | 7,58 | 17,2 | 20,8 | 62 | 43 | 2,02 | 20,93 | -30,65 |
| | 7,43 | 7,13 | 17,2 | 24,6 | 62 | 54 | -4,04 | 43,02 | -12,90 |
| | 7,43 | 7,45 | 17,2 | 28,7 | 62 | 52 | 0,27 | 66,86 | -16,13 |
| | 7,43 | 7,14 | 17,2 | 27,6 | 62 | 59 | -3,90 | 60,47 | -4,84 |
| | 7,43 | 7,5 | 17,2 | 25,2 | 62 | 53 | 0,94 | 46,51 | -14,52 |
| | 7,43 | 7,39 | 17,2 | 16,4 | 62 | 41 | -0,54 | -4,65 | -33,87 |
| | 7,43 | 7,59 | 17,2 | 23,9 | 62 | 53 | 2,15 | 38,95 | -14,52 |
| Media | 7,43 | 7,41 | 17,20 | 21,78 | 62,00 | 47,67 | -0,22 | 26,61 | -23,12 |
| DP | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 5,53 | 0,00 | 8,22 | 2,32 | 32,18 | 13,25 |
| Mínimo | 7,43 | 7,13 | 17,20 | 14,00 | 62,00 | 36,00 | -4,04 | -18,60 | -41,94 |
| Máximo | 7,43 | 7,59 | 17,20 | 28,70 | 62,00 | 59,00 | 2,15 | 66,86 | -4,84 |
| BIOCOAGULANTE | | | | | | | | | |
| | Ph | | Turbidez | | cor | | PhPerc | TurbPerc | CorPerc |
| | pré | pós | pré | Pós | pré | pós | | | |
| | 7,45 | 2,53 | 29,4 | 27,6 | 207,88 | 116 | -66,04 | -6,12 | -44,20 |
| | 7,45 | 2,5 | 29,4 | 35,8 | 207,88 | 138 | -66,44 | 21,77 | -33,62 |
| | 7,45 | 2,49 | 29,4 | 40,2 | 207,88 | 151 | -66,58 | 36,73 | -27,36 |
| | 7,45 | 2,5 | 29,4 | 32,5 | 207,88 | 114 | -66,44 | 10,54 | -45,16 |
| | 7,45 | 6,02 | 29,4 | 25,8 | 207,88 | 101 | -19,19 | -12,24 | -51,41 |
| | 7,45 | 5,72 | 29,4 | 28,2 | 207,88 | 112 | -23,22 | -4,08 | -46,12 |
| | 7,45 | 5,73 | 29,4 | 25 | 207,88 | 101 | -23,09 | -14,97 | -51,41 |
| | 7,45 | 5,83 | 29,4 | 32,5 | 207,88 | 104 | -21,74 | 10,54 | -49,97 |
| | 7,45 | 2,89 | 29,4 | 33,3 | 207,88 | 126 | -61,21 | 13,27 | -39,39 |
| Media | 7,45 | 4,02 | 29,40 | 31,21 | 207,88 | 118,11 | -46,00 | 6,16 | -43,18 |
| DP | 0,00 | 1,72 | 0,00 | 4,99 | 0,00 | 17,26 | 23,03 | 16,99 | 8,30 |
| Mínimo | 7,45 | 2,49 | 29,40 | 25,00 | 207,88 | 101,00 | -66,58 | -14,97 | -51,41 |
| Máximo | 7,45 | 6,02 | 29,40 | 40,20 | 207,88 | 151,00 | -19,19 | 36,73 | -27,36 |

| AMOSTRA RC2 | | | | | | | | | |
|---------------|-------------|-------------|---------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| MORINGA | | | | | | | | | |
| | Ph | | Turbidez | | cor | | PhPerc | TurbPerc | CorPerc |
| | pré | pós | Pré | pós | pré | pós | | | |
| | 7,02 | 6,67 | 177 | 54 | 70 | 107 | -4,99 | -69,49 | 52,86 |
| | 7,02 | 7,03 | 177 | 18,6 | 70 | 43 | 0,14 | -89,49 | -38,57 |
| | 7,02 | 6,69 | 177 | 61,4 | 70 | 127 | -4,70 | -65,31 | 81,43 |
| | 7,02 | 6,71 | 177 | 78 | 70 | 114 | -4,42 | -55,93 | 62,86 |
| | 7,02 | 7,02 | 177 | 48,7 | 70 | 83 | 0,00 | -72,49 | 18,57 |
| | 7,02 | 6,61 | 177 | 31,6 | 70 | 67 | -5,84 | -82,15 | -4,29 |
| | 7,02 | 6,86 | 177 | 35,4 | 70 | 57 | -2,28 | -80,00 | -18,57 |
| | 7,02 | 7 | 177 | 22,2 | 70 | 48 | -0,28 | -87,46 | -31,43 |
| | 7,02 | 6,77 | 177 | 27,1 | 70 | 64 | -3,56 | -84,69 | -8,57 |
| Media | 7,02 | 6,82 | 177,00 | 41,89 | 70,00 | 78,89 | -2,88 | -76,33 | 12,70 |
| DP | 0,00 | 0,16 | 0,00 | 19,92 | 0,00 | 30,49 | 2,34 | 11,25 | 43,56 |
| Mínimo | 7,02 | 6,61 | 177,00 | 18,60 | 70,00 | 43,00 | -5,84 | -89,49 | -38,57 |
| Máximo | 7,02 | 7,03 | 177,00 | 78,00 | 70,00 | 127,00 | 0,14 | -55,93 | 81,43 |
| BIOCOAGULANTE | | | | | | | | | |
| | Ph | | Turbidez | | cor | | PhPerc | TurbPerc | CorPerc |
| | pré | pós | Pré | pós | pré | pós | | | |
| | 7,69 | 2,48 | 20,1 | 22,6 | 72 | 108 | -67,75 | 12,44 | 50,00 |
| | 7,69 | 3,01 | 20,1 | 29,7 | 72 | 132 | -60,86 | 47,76 | 83,33 |
| | 7,69 | 2,51 | 20,1 | 32,6 | 72 | 143 | -67,36 | 62,19 | 98,61 |
| | 7,69 | 2,56 | 20,1 | 26 | 72 | 122 | -66,71 | 29,35 | 69,44 |
| | 7,69 | 6,15 | 20,1 | 19 | 72 | 91 | -20,03 | -5,47 | 26,39 |
| | 7,69 | 6,25 | 20,1 | 20,8 | 72 | 93 | -18,73 | 3,48 | 29,17 |
| | 7,69 | 2,92 | 20,1 | 26,3 | 72 | 118 | -62,03 | 30,85 | 63,89 |
| | 7,69 | 6,13 | 20,1 | 18,8 | 72 | 91 | -20,29 | -6,47 | 26,39 |
| | 7,69 | 2,87 | 20,1 | 22,6 | 72 | 104 | -62,68 | 12,44 | 44,44 |
| Media | 7,69 | 3,88 | 20,10 | 24,27 | 72,00 | 111,33 | -49,60 | 20,73 | 54,63 |
| DP | 0,00 | 1,74 | 0,00 | 4,76 | 0,00 | 18,76 | 22,57 | 23,68 | 26,06 |
| Mínimo | 7,69 | 2,48 | 20,10 | 18,80 | 72,00 | 91,00 | -67,75 | -6,47 | 26,39 |
| Máximo | 7,69 | 6,25 | 20,10 | 32,60 | 72,00 | 143,00 | -18,73 | 62,19 | 98,61 |

| AMOSTRA RC3 | | | | | | | | | |
|---------------|-------------|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| MORINGA | | | | | | | | | |
| | Ph | | Turbidez | | cor | | PhPerc | TurbPerc | CorPerc |
| | pré | pós | Pré | Pós | pré | pós | | | |
| | 7,35 | 7,36 | 146 | 25 | 100 | 70 | 0,14 | -82,88 | -30,00 |
| | 7,35 | 7,37 | 146 | 56,2 | 100 | 36 | 0,27 | -61,51 | -64,00 |
| | 7,35 | 7,69 | 146 | 96,9 | 100 | 65 | 4,63 | -33,63 | -35,00 |
| | 7,35 | 7,34 | 146 | 17,3 | 100 | 64 | -0,14 | -88,15 | -36,00 |
| | 7,35 | 7,63 | 146 | 18,5 | 100 | 55 | 3,81 | -87,33 | -45,00 |
| | 7,35 | 7,65 | 146 | 18,9 | 100 | 44 | 4,08 | -87,05 | -56,00 |
| | 7,35 | 7,64 | 146 | 53,1 | 100 | 52 | 3,95 | -63,63 | -48,00 |
| | 7,35 | 7,6 | 146 | 12,4 | 100 | 47 | 3,40 | -91,51 | -53,00 |
| | 7,35 | 7,48 | 146 | 186 | 100 | 52 | 1,77 | 27,40 | -48,00 |
| Media | 7,35 | 7,53 | 146,00 | 53,81 | 100,00 | 53,89 | 2,43 | -63,14 | -46,11 |
| DP | 0,00 | 0,14 | 0,00 | 56,66 | 0,00 | 10,95 | 1,92 | 38,81 | 10,95 |
| Mínimo | 7,35 | 7,34 | 146,00 | 12,40 | 100,00 | 36,00 | -0,14 | -91,51 | -64,00 |
| Máximo | 7,35 | 7,69 | 146,00 | 186,00 | 100,00 | 70,00 | 4,63 | 27,40 | -30,00 |
| BIOCOAGULANTE | | | | | | | | | |
| | Ph | | Turbidez | | cor | | PhPerc | TurbPerc | CorPerc |
| | pré | pós | pré | Pós | pré | Pós | | | |
| | 7,61 | 2,51 | 95,6 | 46,3 | 130 | 156 | -67,02 | -51,57 | 20,00 |
| | 7,61 | 2,54 | 95,6 | 54,2 | 130 | 168 | -66,62 | -43,31 | 29,23 |
| | 7,61 | 2,54 | 95,6 | 58,1 | 130 | 179 | -66,62 | -39,23 | 37,69 |
| | 7,61 | 2,54 | 95,6 | 58,4 | 130 | 177 | -66,62 | -38,91 | 36,15 |
| | 7,61 | 5,39 | 95,6 | 41,6 | 130 | 122 | -29,17 | -56,49 | -6,15 |
| | 7,61 | 5,75 | 95,6 | 44,3 | 130 | 127 | -24,44 | -53,66 | -2,31 |
| | 7,61 | 5,44 | 95,6 | 43,4 | 130 | 124 | -28,52 | -54,60 | -4,62 |
| | 7,61 | 5,48 | 95,6 | 45,5 | 130 | 124 | -27,99 | -52,41 | -4,62 |
| | 7,61 | 2,93 | 95,6 | 49,6 | 130 | 151 | -61,50 | -48,12 | 16,15 |
| Media | 7,61 | 3,90 | 95,60 | 49,04 | 130,00 | 147,56 | -48,72 | -48,70 | 13,50 |
| DP | 0,00 | 1,54 | 0,00 | 6,39 | 0,00 | 23,83 | 20,21 | 6,68 | 18,33 |
| Mínimo | 7,61 | 2,51 | 95,60 | 41,60 | 130,00 | 122,00 | -67,02 | -56,49 | -6,15 |
| Máximo | 7,61 | 5,75 | 95,60 | 58,40 | 130,00 | 179,00 | -24,44 | -38,91 | 37,69 |

| AMOSTRA LNSC1 | | | | | | | | | |
|---------------|-------------|-------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| MORINGA | | | | | | | | | |
| | Ph | | Turbidez | | cor | | PhPerc | TurbPerc | CorPerc |
| | pré | pós | Pré | pós | pré | pós | | | |
| | 7,93 | 6,56 | 34,45 | 26,1 | 202 | 96 | -17,28 | -24,24 | -52,48 |
| | 7,93 | 6,58 | 34,45 | 30,6 | 202 | 104 | -17,02 | -11,18 | -48,51 |
| | 7,93 | 6,63 | 34,45 | 30,5 | 202 | 106 | -16,39 | -11,47 | -47,52 |
| | 7,93 | 6,6 | 34,45 | 34,9 | 202 | 100 | -16,77 | 1,31 | -50,50 |
| | 7,93 | 6,82 | 34,45 | 25,9 | 202 | 93 | -14,00 | -24,82 | -53,96 |
| | 7,93 | 6,78 | 34,45 | 24,7 | 202 | 90 | -14,50 | -28,30 | -55,45 |
| | 7,93 | 6,79 | 34,45 | 22,8 | 202 | 85 | -14,38 | -33,82 | -57,92 |
| | 7,93 | 6,82 | 34,45 | 24,5 | 202 | 88 | -14,00 | -28,88 | -56,44 |
| | 7,93 | 6,7 | 34,45 | 28 | 202 | 141 | -15,51 | -18,72 | -30,20 |
| Media | 7,93 | 6,70 | 34,45 | 27,56 | 202,00 | 100,33 | -15,54 | -20,01 | -50,33 |
| DP | 0,00 | 0,11 | 0,00 | 3,82 | 0,00 | 16,83 | 1,35 | 11,10 | 8,33 |
| Mínimo | 7,93 | 6,56 | 34,45 | 22,80 | 202,00 | 85,00 | -17,28 | -33,82 | -57,92 |
| Máximo | 7,93 | 6,82 | 34,45 | 34,90 | 202,00 | 141,00 | -14,00 | 1,31 | -30,20 |
| BIOCOAGULANTE | | | | | | | | | |
| | pH | | Turbidez | | cor | | PhPerc | TurbPerc | CorPerc |
| | pré | pós | pré | pós | pré | pós | | | |
| | 6,54 | 2,45 | 229 | 32,9 | 410 | 166 | -62,54 | -85,63 | -59,51 |
| | 6,54 | 5,31 | 229 | 43,4 | 410 | 180 | -18,81 | -81,05 | -56,10 |
| | 6,54 | 2,53 | 229 | 39,3 | 410 | 173 | -61,31 | -82,84 | -57,80 |
| | 6,54 | 5,16 | 229 | 42,9 | 410 | 180 | -21,10 | -81,27 | -56,10 |
| | 6,54 | 2,5 | 229 | 57,3 | 410 | 227 | -61,77 | -74,98 | -44,63 |
| | 6,54 | 5,37 | 229 | 78,4 | 410 | 257 | -17,89 | -65,76 | -37,32 |
| | 6,54 | 2,54 | 229 | 35,1 | 410 | 161 | -61,16 | -84,67 | -60,73 |
| | 6,54 | 5,22 | 229 | 38,6 | 410 | 170 | -20,18 | -83,14 | -58,54 |
| | 6,54 | 3,12 | 229 | 33,8 | 410 | 164 | -52,29 | -85,24 | -60,00 |
| Media | 6,54 | 3,80 | 229,00 | 44,63 | 410,00 | 186,44 | -41,90 | -80,51 | -54,53 |
| DP | 0,00 | 1,40 | 0,00 | 14,65 | 0,00 | 33,03 | 21,48 | 6,40 | 8,06 |
| Mínimo | 6,54 | 2,45 | 229,00 | 32,90 | 410,00 | 161,00 | -62,54 | -85,63 | -60,73 |
| Máximo | 6,54 | 5,37 | 229,00 | 78,40 | 410,00 | 257,00 | -17,89 | -65,76 | -37,32 |