



UEPB

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I**

**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

TAÍS CRISTINA DA SILVA ANDRADE

**PRODUÇÃO DE COAGULANTE ORGÂNICO A BASE DE ANGICO-VERMELHO
(*Anadanthera macrocarpa*) E SEU POTENCIAL DE REMOÇÃO DE
MICROORGANISMOS RESISTENTES AO TRATAMENTO DE ÁGUA PARA
ABASTECIMENTO HUMANO**

**CAMPINA GRANDE
2022**

TAÍS CRISTINA DA SILVA ANDRADE

**PRODUÇÃO DE COAGULANTE ORGÂNICO A BASE DE ANGICO-VERMELHO
(*Anadanenthera macrocarpa*) E SEU POTENCIAL DE REMOÇÃO DE
MICROORGANISMOS RESISTENTES AO TRATAMENTO DE ÁGUA PARA
ABASTECIMENTO HUMANO**

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo)
apresentado a/ao Coordenação
/Departamento do Curso de Engenharia
Sanitária e Ambiental da Universidade
Estadual da Paraíba, como requisito
parcial à obtenção do título de Engenheiro
Sanitarista e Ambiental

Orientador: Profa. Dra. Weruska Brasileiro Ferreira

Coorientador: Prof. Dr. Whelton Brito dos Santos

**CAMPINA GRANDE
2022**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

A554p Andrade, Tais Cristina da Silva.

Produção de coagulante orgânico a base de angico-vermelho (*Anadanenthera macrocarpa*) e seu potencial de remoção de microrganismos resistentes ao tratamento de água para abastecimento humano [manuscrito] / Tais Cristina da Silva Andrade. - 2022.

21 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2022.

"Orientação : Profa. Dra. Weruska Brasileiro Ferreira, Coordenação do Curso de Computação - CCT."

1. Coagulação. 2. Coagulantes orgânicos. 3. Microrganismos resistentes. 4. Tratamento de água. I. Título

21. ed. CDD 628.162

TAÍS CRISTINA DA SILVA ANDRADE

PRODUÇÃO DE COAGULANTE ORGÂNICO A BASE DE ANGICO-VERMELHO
(ANADÁNENTHERA MACROCARPA) E SEU POTENCIAL DE REMOÇÃO DE
MICRORGANISMOS RESISTENTES AO TRATAMENTO DE ÁGUA PARA
ABASTECIMENTO HUMANO

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo)
apresentado a/ao Coordenação
/Departamento do Curso de Engenharia
Sanitária e Ambiental da Universidade
Estadual da Paraíba, como requisito
parcial à obtenção do título de Engenheiro
Sanitarista e Ambiental.

Aprovada em: 19/07/2022.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dra. Weruska Brasileiro Ferreira (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Whelton Brito dos Santos (Coorientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Marcello Maia de Almeida
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Me. Thiago Santos de Almeida Lopes
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
2	REFERENCIAL TEÓRICO	6
2.1	Coagulação	6
2.2	Cenário nacional	6
2.2.1	<i>Coagulantes orgânicos</i>	6
2.3	Angico-vermelho	7
2.4	Segurança sanitária	7
3	METODOLOGIA.....	9
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	17
6	REFERÊNCIAS	17

**PRODUÇÃO DE COAGULANTE ORGÂNICO A BASE DE ANGICO-VERMELHO
(*Anadanenthera macrocarpa*) E SEU POTENCIAL DE REMOÇÃO DE
MICROORGANISMOS RESISTENTES AO TRATAMENTO DE ÁGUA PARA
ABASTECIMENTO HUMANO**

**PRODUCTION OF ORGANIC COAGULANT BASED ON ANGICO-VERMELHO
(*Anadanenthera macrocarpa*) AND ITS POTENTIAL TO REMOVE
MICROORGANISMS RESISTANT TO WATER TREATMENT FOR HUMAN
SUPPLY**

Taís Cristina da Silva Andrade¹
Weruska Brasileiro Ferreira²
Whelton Brito dos Santos³

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo estabelecer um protocolo para extração de taninos da casca do angico-vermelho (*Anadanenthera macrocarpa*) e verificar o seu potencial como uma nova matriz vegetal para a produção de coagulantes que sejam eficazes na remoção de microrganismos resistentes ao tratamento convencional de água para abastecimento humano. Fez-se o comparativo da extração de taninos entre a estufa e a autoclave. Para a análise dos dados utilizou-se o software Statistica, juntamente com a matriz de delineamento. Dentre as alternativas estudadas a extração com a autoclave se mostrou mais promissora, obtendo o teor de taninos condensados de 16,73% com o Número de Stiasny igual a 83,56. Após determinação da melhor metodologia para extração, fez-se a análise do coagulante produzido em comparação a coagulantes orgânicos e inorgânicos já comercializados, onde foi possível afirmar o potencial de remoção de turbidez, já que o mesmo atingiu valores consideravelmente superiores aos coagulantes comerciais, além de também promover remoção de Esporos de Bactérias Aeróbias (EBA).

Palavras-chave: Coagulação; Coagulantes orgânicos; Tratamento convencional; Turbidez; Microrganismos resistentes.

ABSTRACT

This work aims to establish a protocol for extracting tannins from the bark of angico-vermelho (*Anadanenthera macrocarpa*) and verify its potential as a new plant matrix for the production of coagulants that are effective in removing microorganisms resistant to conventional water treatment for human supply. The tannin extraction was compared between the oven and the autoclave. For data analysis, the Statistica software was used, together with the design matrix. Among the alternatives studied, the extraction with the autoclave proved to be the most promising, obtaining a

¹ Estudante de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Estadual da Paraíba; Campina Grande, PB; Email: tais.cristina115@gmail.com

² Professora do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental e do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental; Universidade Estadual da Paraíba; Campina Grande, PB; Email: weruska_brasileiro2020@servidor.uepb.edu.br

³ Professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Estadual da Paraíba; Campina Grande, PB; Email: whelton.brito@servidor.uepb.edu.br

condensed tannin content of 16.73% with a Stiasny number equal to 83.56. After determining the best methodology for extraction, the coagulant produced was analyzed in comparison to organic and inorganic coagulants already commercialized, where it was possible to affirm the potential for turbidity removal, since it reached values considerably higher than commercial coagulants, in addition to also promote EBA removal.

Keywords: Coagulation; Organic coagulants; Conventional treatment; Turbidity; Aerobic bacterial spores.

1 INTRODUÇÃO

Nas estações de tratamento de água convencionais a eficiência do processo está diretamente relacionada a unidade de coagulação, que além de critérios hidráulicos e de qualidade da água bruta é dependente da boa eficiência do agente coagulante, uma vez que todo o processo subsequente depende da desestabilização das partículas suspensas e coloidais durante a coagulação (LIBÂNIO, 2016).

O sulfato de alumínio é um dos coagulantes mais utilizados no Brasil. Entretanto, o teor residual do alumínio na água pode gerar malefícios à saúde, sendo inclusive associado à doença de Alzheimer (BONGIOVANI et al., 2015). Além disso, os coagulantes e polímeros inorgânicos, geram nas estações de tratamento de água um lodo de difícil manuseio e tratabilidade (CRUZ et al., 2005; DI BERNARDO; SABOGAL PAZ, 2008; MCLACHLAN, 1995).

Tendo em vista estes problemas, os coagulantes e polímeros orgânicos, à base de vegetais, tem sido uma alternativa já utilizada (MANGRICH et al., 2014), demonstrando resultados satisfatórios em sua aplicabilidade (BOMFIM, 2015; MORAES et al., 2007). Assim, demandando a investigação de novos vegetais que possam ser utilizados na produção de coagulantes.

Além disso, com relação à segurança sanitária, a presença de microrganismos patogênicos como o *Cryptosporidium spp.* e a *Giardia spp.* em corpos hídricos destinados ao abastecimento público de água é uma das preocupações das autoridades de saúde em relação ao seu potencial de causar problemas de veiculação hídrica.

Porém, a complexidade da metodologia de detecção, falta de profissionais qualificados, onerosidade, além da dificuldade no processo de detecção em amostras com baixas concentrações desses microrganismos torna inviável o monitoramento rotineiro (AGULLÓ-BARCELÓ; OLIVA; LUCENA, 2013; BASTOS; BRANDÃO; CERQUEIRA, 2009).

Nesta perspectiva, a recente Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021 que altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, e que dispõe sobre o padrão de potabilidade, estabelece os esporos de bactérias aeróbias (EBA) e turbidez como indicadores de eficiência de remoção de protozoários nos sistemas de tratamento, corroborado por estudos que evidenciam essa correlação (OLIVEIRA; BASTOS; DA SILVA, 2018; MAZOUA; CHAUVEHEID, 2005; NIEMINSKI; BELLAMY; MOSS, 2000; RICE et al., 1996).

Diante destas problemáticas, este trabalho tem como objetivo estabelecer um protocolo para extração de taninos da casca do angico-vermelho (*Anandanthera macrocarpa*) e verificar o seu potencial como uma nova matriz vegetal para a produção

de coagulante que sejam eficazes na remoção de microrganismos resistentes ao tratamento de água para abastecimento humano.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Coagulação

No tratamento da água a coagulação cumpre uma etapa fundamental, onde é feita a desestabilização das partículas coloidais e suspensas realizada pela conjunção de ações físicas e reações químicas, com duração de poucos segundos entre o coagulante, a água e as impurezas presentes. Sendo assim, o principal objetivo da coagulação e da consequente floculação, é elevar significativamente a velocidade da aglomeração das partículas a serem formadas pela adição do coagulante (LIBÂNIO, 2016).

2.2 Cenário nacional

O alumínio é um dos metais mais comuns presente na composição dos coagulantes inorgânicos, tem característica bioacumulativa e seu residual na água pode acarretar consequências a nível da saúde da população servida e do próprio sistema de distribuição (ROSALINO, 2011; SKORONSKI et al., 2014). Os sais de alumínio são compostos inorgânicos não biodegradáveis, o que propicia o aumento de elementos químicos indesejáveis à água e ao lodo resultante do processo de tratamento. Este lodo apresenta difícil manejo devido ao grande volume, alto teor de umidade e difícil aplicabilidade em outras áreas (FARIAS et al., 2014).

2.2.1 Coagulantes orgânicos

Os coagulantes orgânicos, também conhecidos como biocoagulantes ou coagulantes naturais, são utilizados como alternativa há vários anos em locais mais remotos (KATATA-SERU et al., 2018) devido principalmente à dificuldade de acesso aos produtos químicos utilizados comumente como agentes coagulantes (KEOGH et al., 2017) e a elevada complexidade em levar água potável proveniente de grandes sistemas de tratamento para estes locais.

Dessa forma, os agentes coagulantes orgânicos beneficiam o tratamento de água de forma mais simples e ecológica, uma vez que suas produções à base de plantas em conjunto com a redução da utilização de produtos químicos permitem o meio ambiente assimilar com maior eficiência os resíduos do tratamento. Experimentos em escala de laboratório demonstraram que é possível sintetizar taninos de matérias primas vegetais, principal agente coagulante presente em algumas espécies, através de um procedimento muito simples que envolve a reação de Mannich, visando a produção de coagulantes que tenham o tanino como a substância com potencial de coagulação (BELTRÁN-HEREDIA et al., 2010).

Com a alta eficiência obtida por meio desses experimentos e testes de coagulantes orgânicos para remoção de surfactantes, eliminação de corantes, remediação de águas residuais e tratamento de água para abastecimento humano, cada vez mais surgem iniciativas comerciais para utilização destes em escala industrial (BELTRÁN-HEREDIA et al., 2010). Os coagulantes orgânicos surgem como uma tecnologia promissora no setor de saneamento ambiental. Destacam-se por serem solúveis em água e efetivos em ampla faixa de pH o que descarta a adição de

produtos para seu ajuste (LIMA JÚNIOR; ABREU, 2018). Além disso, possuem um baixo custo de aquisição devido a simplicidade do processo.

2.3 Angico-vermelho

O angico-vermelho revela-se como um vegetal em potencial que pode ser utilizado e viabilizado na área do saneamento, mediante a devida extração dos taninos para seu aproveitamento no tratamento de água e efluentes. A viabilidade da produção de um coagulante valoriza ainda mais o plantio e o cultivo desta planta de rápido crescimento em regiões áridas, que também é utilizada na recuperação de áreas degradadas na Caatinga pela sua rápida adaptação (LORENZI, 2008).

Com relação a suas características, o angico é uma árvore de médio a grande porte, que atinge entre 13 a 20 metros de altura, com tronco tortuoso e alto, podendo chegar a 60 cm de diâmetro; copa alta de folhagem rarefeita (LORENZI, 2008). A casca de cor castanho avermelhada, lisa quando jovem, em árvores mais velhas apresenta espículas (característicos da espécie) que formam cristas que recobrem todo o caule (DA SILVA; BARBOSA, 2000).

Sua casca possui grande quantidade de taninos, sendo muito bem empregada na indústria de curtimento de couros. A espécie floresce todos os anos, e sua exuberância a faz ser muito utilizada na arborização de parques e praças. Como se trata de uma espécie pioneira, com adaptabilidade a terrenos secos, e por sua rusticidade, são utilizadas na recuperação ambiental, se desenvolvendo bem em solos pobres e degradados. Suas folhas são ditas como tóxicas para o gado, mas se fenadas ou secas, constituem uma boa forragem (LIMA, 1989).

Diversas são as espécies de angico ocorrentes no Brasil das quais se extrai da casca os taninos. Entre as espécies produtoras de tanino as que mais se destacam são as espécies de angico (*Anadenanthera sp.*) pertencentes à família *Fabaceae*, subfamília *Mimosoideae* (AFONSO, 2008). Segundo o mesmo autor, a casca de angico é um dos principais produtos não madeireiros ocorrentes no Cerrado.

Com relação a potencialidade de taninos, o angico destacou-se em estudo avaliativo de seis diferentes espécies florestais do semiárido brasileiro por possuir uma quantidade considerável de taninos condensáveis presentes em sua casca, com um teor de 11,89%, determinados pelo método de Stiasny (PAES et al., 2006).

Dada a grande variedade de usos possíveis para os taninos, a extração de taninos presentes em cascas de angico-vermelho é uma alternativa economicamente viável. Por ser uma árvore pioneira de rápido crescimento, ajuda a reduzir o desperdício da indústria de processamento de madeira e agrega maior valor à casca. (SARTORI et al., 2014).

2.4 Segurança sanitária

A presença de microrganismos patogênicos como *Cryptosporidium sp.* e a *Giardia sp.* em corpos d'água usados para abastecimento público de água são principalmente devido à contaminação por águas residuais domésticas, industriais e lixiviação de solo contaminado com fezes de animais de sangue quente. Portanto, o monitoramento desses protozoários com base na concentração de *Escherichia coli* tornou-se um requisito obrigatório em estações de tratamento de água.

Assim como as bactérias coliformes, a turbidez é outro parâmetro de controle operacional recomendado na Portaria GM/MS Nº 888/21 para avaliar a eficiência de um processo de tratamento para remoção de partículas suspensas. Nesse caso, as

propriedades dos cistos de protozoários os tornam suscetíveis a serem removidos durante a clarificação pelos mesmos mecanismos (por exemplo, tamanho e carga elétrica superficial) que outras partículas em suspensão presentes no meio (XAGORAKI; HARRINGTON, 2004). Entretanto, a definição do limite numérico de turbidez abaixo do qual é garantida a remoção de cistos e oocistos de protozoários ainda é debatida (BASTOS; BRANDÃO; CERQUEIRA, 2009).

Segundo WHO (2011), os principais problemas associados aos protozoários são:

- Elevada persistência ambiental das formas encistadas (cistos de *Giardia* e oocistos de *Cryptosporidium*) e que são excretadas pelo hospedeiro;
- Alta resistência aos processos de desinfecção tradicionalmente utilizados em estações de tratamento de água (ETA), principalmente processos de cloração, sendo que os oocistos de *Cryptosporidium* são mais resistentes que os cistos de *Giardia*;
- Baixas doses infectantes.

No entanto, dada a complexidade dos métodos de detecção, falta de profissionais capacitados, alto custo e dificuldades em detectar procedimentos analíticos para amostras com baixas concentrações desses microrganismos, o monitoramento rotineiro de protozoários tornou-se impraticável (AGULLÓ-BARCELÓ; OLIVA; LUCENA, 2013; BASTOS; BRANDÃO; CERQUEIRA, 2009).

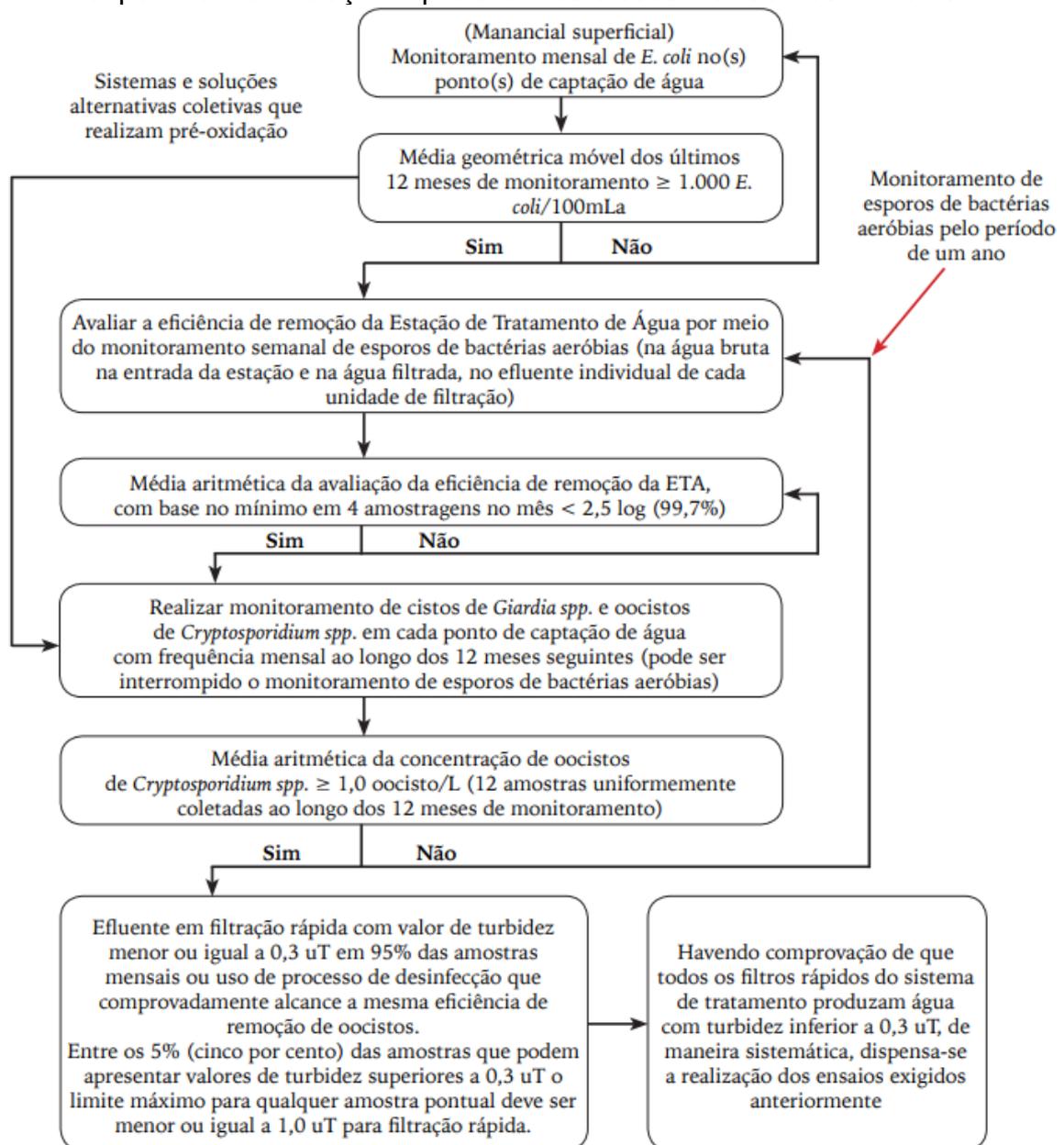
Além do laborioso processo de detecção de protozoários, sabe-se que as bactérias do grupo Coliformes são facilmente removidas durante a etapa de desinfecção com cloro, enquanto os protozoários não são eliminados de forma tão eficaz por serem microrganismos mais resistentes à desinfecção e condições adversas de altas e baixas temperaturas. Portanto, uma amostra de água que apresente ausência de bactérias termotolerantes e *E. coli* não é necessariamente segura, nem necessariamente isenta de outros microrganismos patogênicos mais resistentes.

Headd e Bradford (2016) em seu estudo destacaram algumas semelhanças entre oocistos de *Cryptosporidium* e EBA, tais como: ciclo de vida; semelhanças anatômicas e morfológicas; carga elétrica; hidrofobicidade; transporte; retenção e sobrevivência, o que torna EBA um potencial indicador da presença/remoção de protozoários em amostras de água para consumo humano.

Vários estudos nesta área têm sido realizados para demonstrar o potencial de EBA como um novo indicador microbiano para remoção de cistos e oocistos de protozoários por filtração (OLIVEIRA; BASTOS; DA SILVA, 2018; MAZOUA; CHAUVEHEID, 2005; NIEMISKI; BELLAMY; MOSS, 2000; RICE et al., 1996).

Nesse cenário, uma das grandes novidades da Portaria GM/MS Nº 888/21 foi a troca dos ensaios de *Giardia* e *Cryptosporidium* por EBA para mananciais superficiais. Esse ensaio é realizado quando for identificada média geométrica móvel dos últimos 12 meses de monitoramento maior ou igual a 1.000 *Escherichia coli*/100mL. Esse monitoramento estabelecido pela Portaria GM/MS Nº 888/21 pode ser visualizado de forma esquemática na Figura 1.

Figura 1 – Esquema do monitoramento da qualidade de água para sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água que utilizam mananciais superficiais em relação a protozoários e seus indicadores indiretos



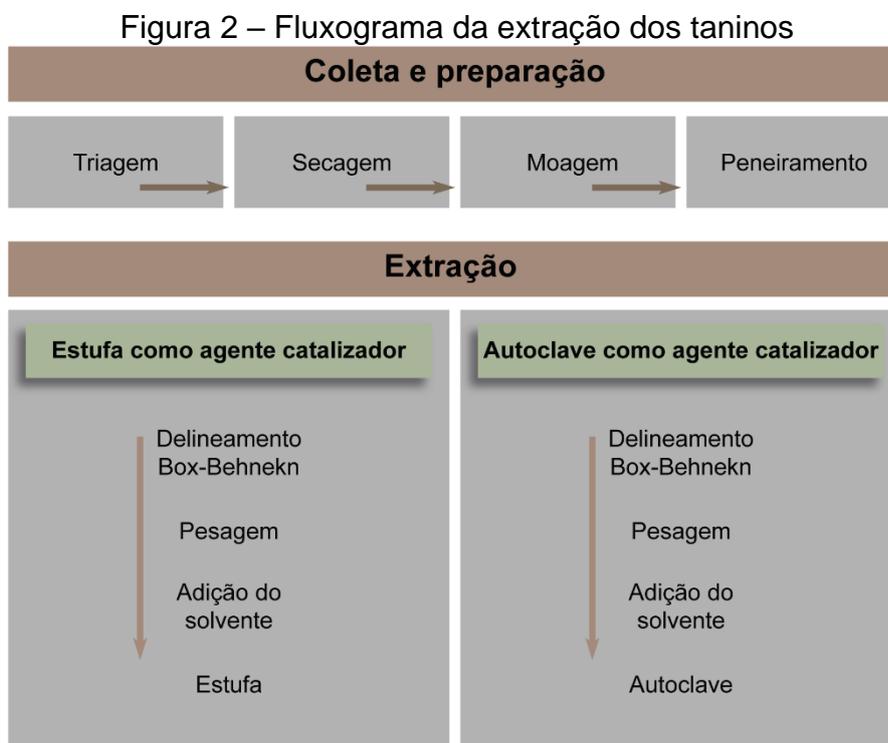
Nota: Para Sistemas e soluções alternativas coletivas com tratamento por filtração em membrana, deve-se obter um efluente filtrado com turbidez menor ou igual a 0,1 uT em pelo menos 99% das medições realizadas no mês.

Fonte: FERREIRA et al., 2021.

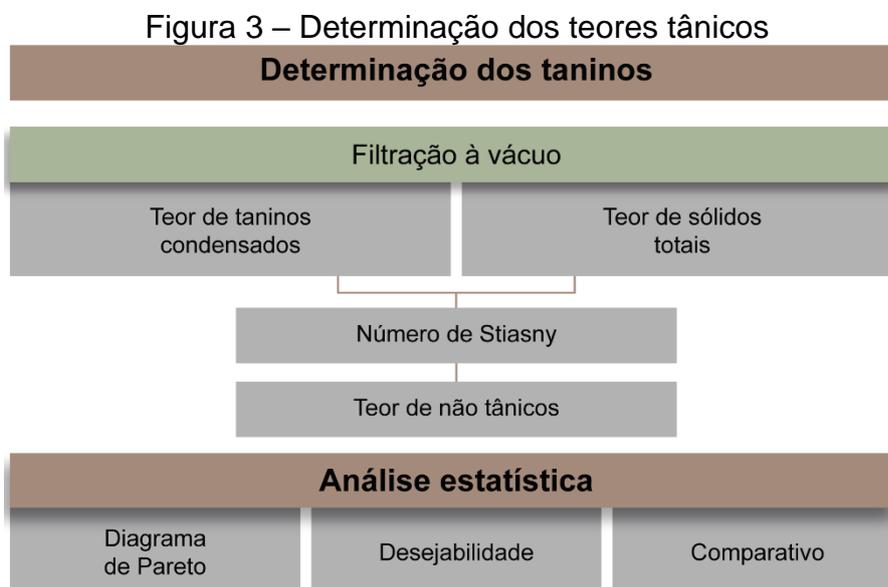
O monitoramento semanal de EBA visa avaliar a eficiência de remoção de protozoários nos sistemas de tratamento e sua inserção na portaria deve-se principalmente pelo processo de detecção desses microrganismos ser menos complexo e menos dispendioso.

3 METODOLOGIA

Para o estudo do potencial tânico da casca do angico, seguiu-se as etapas detalhadas na Figuras 2 e 3.



Fonte: Própria, 2022.



Fonte: Própria, 2022.

Foram coletadas em torno de 3 kg de casca da mesma árvore de *Anadenanthera macrocarpa*. Em seguida, foram colocadas para secar ao ar livre por uma semana (Figura 4). Na sequência, utilizou-se um moinho de facas para reduzir a granulometria do material para logo após proceder o peneiramento.

Figura 4 – Cascas de Angico-vermelho secas



Fonte: Própria, 2021.

Para a extração na estufa foram utilizadas três variáveis independentes: tempo na estufa, temperatura da estufa e concentração do solvente, e quatro variáveis dependentes: Teor de Sólidos Totais (TST), Teor de Taninos Condensados (TTC), Teor de Compostos não Tânicos (TNT) e Número de Stiasny (NS). Já na extração em autoclave, as variáveis independentes foram: proporção de casca/solvente, concentração do solvente e tempo em autoclave tendo como variáveis dependentes: TST, TTC, TNT e NS.

Para a extração, foi utilizado delineamento Box-Behnken, onde, para 3 fatores ou variáveis independentes gerou-se 15 ensaios para cada método de extração, sendo realizados em duplicata. Na Tabela 1 e 2 tem-se os fatores utilizados, que foram baseados nos estudos de Santos (2017).

Tabela 1 – Níveis dos fatores codificados e não codificados das variáveis independentes (estufa)

Variáveis independentes	Níveis		
	-1	0	+1
Tempo (min)	60	90	120
Temperatura (°C)	60	80	100
Solvente (% m/v)	0	2,5	5

Tabela 2 – Níveis dos fatores codificados e não codificados das variáveis independentes (autoclave)

Variáveis independentes	Níveis		
	-1	0	+1
Tempo (min)	30	60	90
Proporção casca/solvente (m/v)	1/15	1/10	1/5
Solvente (% m/v)	0	2,5	5

O solvente utilizado foi o hidróxido de sódio, baseado em estudos e patentes existentes. A proporção da matéria prima com solvente utilizada para realizar a extração foi de 1:20 (g.mL⁻¹). Desta forma, a solução foi encaminhada para a estufa e após sua retirada passou pelo processo de filtração a vácuo com filtro de papel e o material líquido foi utilizado nas etapas subsequentes.

Para extração em autoclave, o solvente foi o mesmo utilizado na extração pela estufa, as proporções da matéria prima com solvente utilizada para realizar a extração foram variadas. Desta forma, as soluções foram encaminhadas para autoclave numa temperatura de 100°C e após sua retirada passaram pelo processo de filtração a vácuo com filtro de papel e o material líquido foi utilizado nas etapas subsequentes.

Na determinação dos extratos tânicos utilizou-se a metodologia de Índice de Stiasny de Wissing e Lelis (1955), que quantificam o TST, NS, TTC e TNT.

Para análise dos dados obtidos, utilizou-se o software Statistica e juntamente com a matriz de delineamento foram examinados os efeitos das variáveis independentes e suas interações através do diagrama de Pareto. A determinação das melhores condições de extração foi feita por meio da função desejabilidade.

O coagulante foi produzido com as condições de extração onde se obtiveram os melhores resultados.

Com intuito de avaliar a eficiência do coagulante desenvolvido neste trabalho, foram feitos ensaios no jarrest com o coagulante produzido da casca do Angico e coagulantes já comercializados de caráter inorgânico e orgânico (sulfato de alumínio e Tanfloc SL), utilizando como base as configurações já estudadas por Nepomuceno 2018, onde as seguintes condições operacionais foram estabelecidas para os ensaios: para a mistura rápida foi utilizada a rotação de 300 rpm em um tempo de 20 segundos, o período de floculação ocorreu em 15 minutos, variando as rotações em 60, 40 e 30 rpm, respectivamente, a cada 5 minutos. A etapa de sedimentação foi baseada nas velocidades de sedimentação de 1,5 e 3,0 cm.min⁻¹.

As dosagens utilizadas para ambos os coagulantes aplicados foram de 10 a 70 mg.L⁻¹ com escalonamento de 10 mg.L⁻¹. Os parâmetros analisados no experimento foram turbidez e EBA, avaliados em termos de remoção (%).

As amostras de água empregadas nos experimentos foram coletadas no Açude de Bodocongó, localizado nas imediações da UEPB, Campus I, na cidade de Campina Grande, Paraíba, em agosto de 2021. Os parâmetros para caracterização da água bruta estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores médios dos parâmetros de caracterização das amostras de água

Parâmetros	Período 1	Período 2
Cor aparente (uH)	66,5	72,7
Cor verdadeira (uH)	51,6	55,8
Turbidez (uT)	11,6	13,8
Absorbância (cm ⁻¹)	0,538	0,548
pH	7,7	7,6
EBA (UFC/100mL)	857	603

A amostra coletada no período 1 foi utilizada nos ensaios com os coagulantes Sulfato de Alumínio e Tanfloc. Já a amostra coletada no período 2 foi utilizada nos ensaios com o coagulante produzido nesse estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabela 4 e 5 apresentam os valores médios das variáveis dependentes e os seus respectivos desvios padrão dos ensaios de extração da casca na estufa e em autoclave, respectivamente.

Tabela 4 – Resultados dos ensaios de extração da casca na estufa, onde X_t , X_T e X_S correspondem, respectivamente, ao tempo, temperatura e concentração do solvente

Ensaio	X_t	X_T	X_S	TST		TTC		TNT		NS	
E1	60	60	2,5	28,56	± 0,43	14,25	± 0,22	14,31	± 0,65	49,90	± 1,52
E2	120	60	2,5	28,53	± 1,04	14,34	± 1,02	14,19	± 2,06	50,36	± 5,42
E3	60	100	2,5	31,60	± 1,66	16,45	± 0,43	15,16	± 1,23	52,07	± 1,38
E4	120	100	2,5	32,43	± 0,48	16,49	± 1,44	15,94	± 1,92	50,88	± 5,19
E5	60	80	0	6,73	± 0,01	5,93	± 0,21	0,81	± 0,23	88,00	± 3,37
E6	120	80	0	6,82	± 0,03	5,90	± 0,12	0,93	± 0,15	86,42	± 2,14
E7	60	80	5	47,91	± 1,92	17,31	± 0,20	30,61	± 2,12	36,16	± 1,87
E8	120	80	5	46,31	± 1,59	17,83	± 0,36	28,48	± 1,23	38,51	± 0,55
E9	90	60	0	7,32	± 0,50	5,77	± 0,12	1,55	± 0,63	79,10	± 7,13
E10	90	100	0	6,89	± 0,01	6,18	± 0,05	0,71	± 0,06	89,68	± 0,79
E11	90	60	5	45,72	± 5,45	18,17	± 1,40	27,56	± 4,05	39,83	± 1,69
E12	90	100	5	46,36	± 4,87	17,50	± 0,13	28,87	± 5,00	37,96	± 4,27
E13	90	80	2,5	28,37	± 0,45	15,08	± 0,28	13,29	± 0,73	53,16	± 1,82
E14	90	80	2,5	28,97	± 0,65	15,13	± 0,79	13,84	± 0,14	52,20	± 1,55
E15	90	80	2,5	28,13	± 1,83	13,92	± 0,58	14,21	± 1,25	49,53	± 1,16

Tabela 5 – Resultados dos ensaios de extração da casca em autoclave, onde X_t , X_P e X_S correspondem, respectivamente, ao tempo, proporção da matéria prima com solvente e concentração do solvente

Ensaio	X_t	X_P	X_S	TST		TTC		TNT		NS	
E1	60	0,067=1/15	0	5,48	± 0,05	4,46	± 0,07	1,01	± 0,02	81,50	± 0,45
E2	60	0,2=1/5	0	3,59	± 0,10	2,73	± 0,12	0,85	± 0,02	76,18	± 1,22
E3	60	0,067=1/15	5	42,64	± 0,78	14,66	± 0,66	27,98	± 0,12	34,37	± 0,92
E4	60	0,2=1/5	5	19,95	± 1,15	16,73	± 2,95	3,22	± 1,79	83,56	± 9,95
E5	30	0,067=1/15	2,5	19,06	± 2,78	11,23	± 1,40	7,83	± 1,38	59,01	± 1,28
E6	30	0,2=1/5	2,5	5,81	± 2,74	6,71	± 2,14	0,10	± 0,60	99,61	± 9,29
E7	90	0,067=1/15	2,5	23,60	± 0,20	13,08	± 0,46	10,52	± 0,66	55,44	± 2,42
E8	90	0,2=1/5	2,5	13,96	± 0,19	12,92	± 2,73	1,04	± 2,92	92,68	± 20,80
E9	30	0,1=1/10	0	4,23	± 0,07	3,62	± 0,07	0,62	± 0,00	85,46	± 0,29
E10	30	0,1=1/10	5	23,69	± 0,37	13,81	± 0,12	9,88	± 0,49	58,30	± 1,40
E11	90	0,1=1/10	0	4,80	± 0,08	3,44	± 0,07	1,36	± 0,01	71,60	± 0,24
E12	90	0,1=1/10	5	27,16	± 1,25	14,81	± 0,81	12,35	± 2,07	54,66	± 5,52
E13	60	0,1=1/10	2,5	20,15	± 0,17	13,41	± 0,19	6,73	± 0,36	66,58	± 1,51
E14	60	0,1=1/10	2,5	20,46	± 0,40	13,40	± 0,01	7,06	± 0,39	65,50	± 1,24
E15	60	0,1=1/10	2,5	20,13	± 1,61	12,46	± 0,70	7,66	± 0,91	61,98	± 1,47

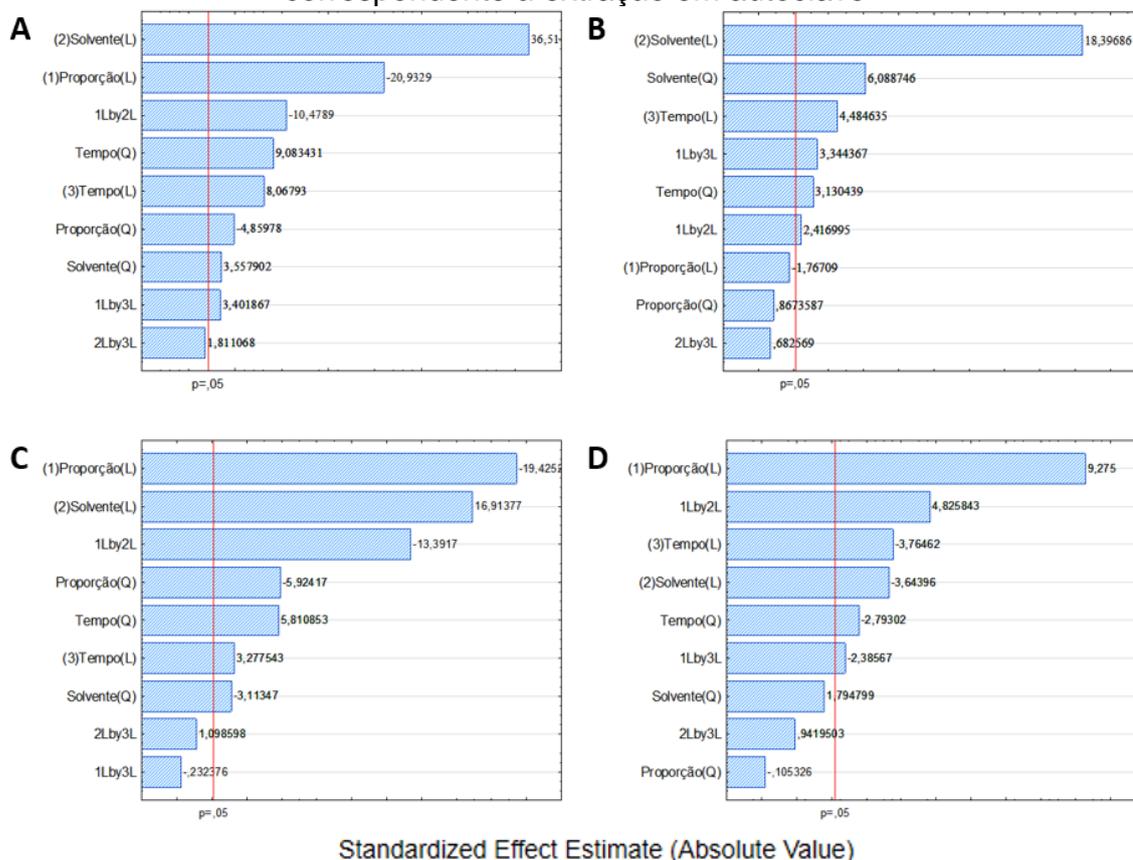
Conforme o exibido na Tabela 4, o melhor resultado obtido na extração da casca pela estufa ocorreu no ensaio 11, nas condições de $X_t = 90$, $X_T = 60$ e $X_S = 5,0$ onde o TTC chegou a 18,17 com o NS de 39,83.

Ao analisar a Tabela 5 que mostra os resultados obtidos na extração em autoclave, é possível notar que o NS atingiu mais satisfatórios se comparados aos obtidos na extração em estufa. O maior valor de TTC encontrado ocorreu no ensaio 4 nas condições de $X_t = 60$, $X_P = 1/5$ e $X_S = 5$, com TTC de 16,73 e NS de 83,56.

Com base nos resultados atingidos pelos dois métodos de extração, o protocolo de extração com maior eficiência ocorreu na extração em autoclave, no ensaio 4 onde além de obter um TTC alto também obteve um elevado grau de pureza representado pelo valor de 83,56 do NS. Assim, a análise dos dados e a produção da solução coagulante se deu por meio dessa metodologia (uso de autoclave).

Os diagramas de Pareto, Figura 5, evidenciam os efeitos das variáveis tempo, proporção casca/solvente e solvente para as diferentes respostas dos ensaios de extração para da casca em autoclave. Nota-se que todas as variáveis independentes, seja em termos lineares ou quadráticos, apresentam efeito significativo para todas as respostas.

Figura 5 – Diagramas de Pareto para TST (A), TTC(B), TNT(C) e NS(D) correspondente à extração em autoclave



Fonte: Própria, 2021.

Apenas para a extração do TTC a proporção não teve influência significativa no processo. Embora o número de Stiasny tenha explicitado efeitos significativos, nota-se que as variáveis tempo e solvente tem valores negativos o que expõe que esses fatores influenciam negativamente na pureza dos taninos condensados.

A Tabela 6 apresenta os valores estatísticos utilizados para avaliar a qualidade dos ajustes dos modelos.

Tabela 6 – Ajuste dos modelos

Variáveis resposta	R ² (%)	R ² ajust. (%)	F _{calc} /F _{tab} (regressão)	F _{calc} /F _{tab} (falta de ajuste)	Erro padrão de regressão
TST	95,72	95,73	20,79	9,76	2,67
TTC	93,28	93,28	12,89	0,84	1,53
TNT	90,74	90,74	9,10	9,93	2,62
NS	87,32	87,32	6,40	1,09	7,46

Com base na Tabela 6, todos os modelos foram significativos, com nível de confiança de 95%, pois para a regressão o F_{calc} é maior que o de F_{tab} ($F_{calc}/F_{tab} > 1$), porém só os modelos de TTC e NS apresentaram ajustes satisfatórios ($F_{calc}/F_{tab} \geq 4$) (BARROS NETO, SCARMINIO; BRUNS, 2007).

Os modelos ajustados para a TST, TTC, TNT e NS foram escritos, respectivamente, de acordo com as Equações 1, 2, 3 e 4.

$$\text{TST} = 6,288 - 241,840XP + 649,660XP^2 + 8,154XS - 0,238XS^2 + 0,476Xt - 0,004Xt^2 - 23,810XPXS + 0,644XPXt + 0,010XSXt \quad \text{Eq (1)}$$

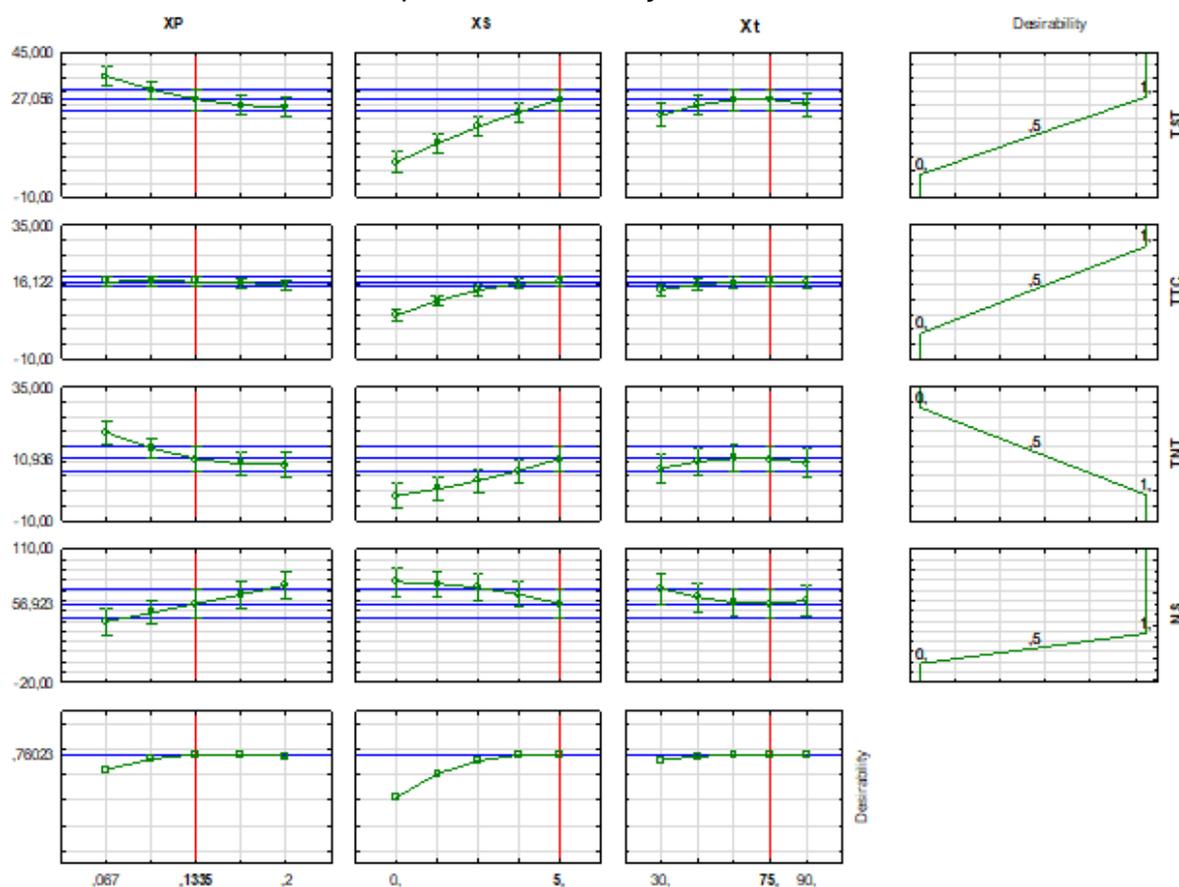
$$\text{TTC} = 2,767 - 34,871\text{XP} - 140,813\text{XP}^2 + 3,480\text{XS} - 0,425\text{XS}^2 + 0,140\text{Xt} - 0,002\text{Xt}^2 + 5,957\text{XPXS} + 0,798\text{XPXt} + 0,004\text{XSXt} \quad \text{Eq (2)}$$

$$\text{TNT} = 3,509 - 206,847\text{XP} + 790,277\text{XP}^2 + 4,675\text{XS} + 0,188\text{XS}^2 + 0,336\text{Xt} - 0,003\text{Xt}^2 - 29,787\text{XPXS} - 0,154\text{XPXt} + 0,006\text{XSXt} \quad \text{Eq (3)}$$

$$\text{NS} = 98,646 + 132,286\text{XP} - 293,436\text{XP}^2 - 12,914\text{XS} - 0,398\text{XS}^2 - 0,888\text{Xt} + 0,006\text{Xt}^2 + 74,207\text{XPXS} - 0,178\text{XPXt} + 0,034\text{XSXt} \quad \text{Eq (4)}$$

A partir dos modelos ajustados e da função desejabilidade, Figura 6, foi possível verificar que a condição que proporcionou a maior extração do tanino da casca ocorreu com 75 minutos em autoclave, na proporção de 0,13 e concentração do solvente de 5%. Sendo esta as condições adotadas para a produção do agente coagulante, aqui chamado de Coagulante da Casca de Angico (CCA).

Figura 6 – Desejabilidade e melhores condições de ajuste do processo correspondente à extração em autoclave



Fonte: Própria, 2021.

A Figura 7 exibe o percentual de remoção de EBA e turbidez para todas as dosagens aplicadas dos coagulantes estudados na velocidade de sedimentação de 3 e 1,5 cm.min⁻¹.

Com relação a remoção de EBA (Figura 7A), os resultados obtidos para o sulfato de alumínio demonstram que todas as condições foram propícias para remoção de EBA, que atingiu valores acima de 45%.

O Tanfloc, assim como o sulfato, promoveu remoção de EBA em todas as condições estudadas. As melhores condições podem ser vistas nas dosagens de 20, 30, e 50 mg.L⁻¹ na velocidade de sedimentação de 1,5 cm.min⁻¹, onde os valores de remoção se encontram acima de 59%.

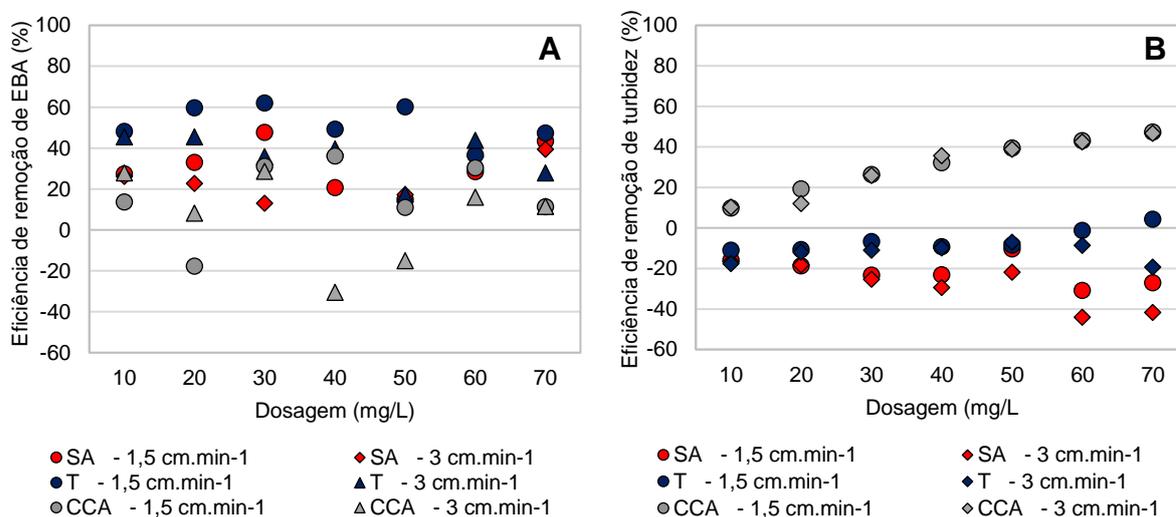
No que se refere ao coagulante produzido, nota-se que para algumas dosagens principalmente na velocidade de 3 cm/min não ocorreu remoção de EBA. As melhores condições foram verificadas na dosagem de 60 mg.L⁻¹ e velocidade de sedimentação de 1,5 cm.min⁻¹ com cerca de 36% de remoção.

Com relação a turbidez, Figura 5B, quando empregado o sulfato de alumínio para os tempos de sedimentação de 3 e 1,5 cm.min⁻¹, foi possível verificar que em todas as condições estudadas os valores de remoção foram negativos, ou seja, ocorreu um acréscimo de turbidez na água.

Já no que se refere ao Tanfloc, observa-se que somente na velocidade de sedimentação de 1,5 cm.min⁻¹ e dosagem de 70 mg.L⁻¹ ocorreu remoção de turbidez de aproximadamente 4%, para as outras condições utilizando o Tanfloc os valores de remoção foram negativos.

Os resultados obtidos utilizando o coagulante produzido neste trabalho (CCA) expõem uma acentuada eficiência na remoção de turbidez se comparada aos coagulantes comerciais, onde em todas as dosagens e velocidades de sedimentação ocorreu remoção de turbidez, chegando a valores acima de 46% na dosagem de 70 mg.L⁻¹ e em ambas as velocidades de sedimentação.

Figura 7 – Valores médios de remoção de EBA (A) e turbidez (B) dos ensaios de tratabilidade com sulfato de alumínio (SA), Tanfloc SL (T) e com o coagulante a base da casca de angico (CCA) nas diferentes velocidades de sedimentação (1,5 e 3,0 cm.min⁻¹)



Percebe-se na Figura 7 que houve maior variação na remoção de EBA quando comparada com a turbidez, e ainda a remoção deste último se mostrou inferior à dos referidos microrganismos, o mesmo foi constatado nos estudos realizados por Oliveira et al. (2018) e Dugan et al. (2001). Ao comparar o desempenho dos coagulantes, o Tanfloc apresentou efeitos satisfatórios na remoção dos microrganismos, enquanto o CCA apresentou elevada eficiência na remoção de turbidez como dito anteriormente, e o sulfato não expressou resultados satisfatórios.

Salienta-se a importância da avaliação da turbidez em conjunto com a remoção de EBA, de forma que o processo de clarificação é tido como etapa primordial para remoção de ambos os parâmetros. Em especial, para a remoção de protozoários pois estes são resistentes ao processo de desinfecção pelas variantes do cloro.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A extração de taninos em autoclave se mostrou mais promissora, onde foi possível obter o teor de taninos condensados de 16,73% com grau de pureza elevado, tendo como NS o valor de 83,56.

Com relação a eficiência do coagulante produzido neste estudo é possível afirmar seu potencial de remoção de turbidez. Na dosagem de 70 mg.L⁻¹ o CCA obteve valores acima de 46% em ambas as velocidades de sedimentação, atingindo valores consideravelmente superiores aos coagulantes comerciais.

Além da turbidez também é possível afirmar seu potencial de remoção de EBA, onde, nas condições de dosagem de 60 mg.L⁻¹ e velocidade de sedimentação de 1,5 cm.min⁻¹ o coagulante produzido chegou a 36% de remoção.

6 REFERÊNCIAS

AFONSO, S. R. Análise sócio-econômica da produção de não-madeireiros no cerrado brasileiro e o caso da cooperativa de pequi em Japonvar, MG. 2008. Universidade de Brasília, [s. l.], 2008.

AGULLÓ-BARCELÓ, M.; OLIVA, F.; LUCENA, F. Alternative indicators for monitoring *Cryptosporidium* oocysts in reclaimed water. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], v. 20, n. 7, p. 4448–4454, 2013.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. 3. ed. Campinas: UNICAMP, 2007.

BASTOS, R. K. X.; BRANDÃO, C. C. S.; CERQUEIRA, D. A. Tratamento de água e remoção de protozoários. In: PÁDUA, V. L. De (Ed.). **Remoção de microrganismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. p. 109–150.

BASTOS, R. K. X.; BRANDÃO, C. C. S.; CERQUEIRA, D. A. Tratamento de água e remoção de protozoários. In: PÁDUA, V. L. De (Ed.). **Remoção de microrganismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. p. 109–150.

BELTRÁN-HEREDIA, J.; SÁNCHEZ-MARTÍN, J.; GÓMEZ-MUNOZ, M. C. New coagulant agents from tannin extracts: Preliminary optimization studies. **Chemical Engineering Journal**, v.162, p.1019-1025, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2010.07.011>

BOMFIM, A. P. D. S. **Avaliação dos coagulantes tanfloc em comparação aos coagulantes inorgânicos a base de alumínio no tratamento de água**. 2015. Universidade de Ribeirão Preto, [s. l.], 2015.

BONGIOVANI, M. C.; CAMACHO, F. P.; VALVERDE, K. C.; SANTOS, T. R. T.; NISHI, L.; BERGAMASCO, R. Evaluation of trihalomethanes formation using combined process coagulation/flocculation/membranes in water treatment. **Chemical Engineering Transactions**, v.43, p.2283-9216, 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS n. 888, de 04 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, 2021.

CRUZ, J. G.; MENEZES, J. C. S. S.; RUBIO, J.; SCHNEIDER, I. A. H. Aplicação de coagulante vegetal a base de tanino no tratamento por coagulação/floculação e adsorção/coagulação/floculação do efluente de uma lavanderia industrial. In: 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL 2005, Campo Grande. Anais. Campo Grande: CBESA, 2005.

DA SILVA, L. M. B.; BARBOSA, D. C. de A. Crescimento e sobrevivência de *Anadenanthera Macrocarpa* (Benth.) Brenan (leguminosae), em uma área de caatinga, Alagoinha, PE. **Acta Botanica Brasilica**, [s. l.], v. 14, n. 3, p. 251–261, 2000.

DI BERNARDO, L.; SABOGAL PAZ, L. P. Seleção de tecnologias de tratamento de água. São Carlos, SP: Editora LDIBE LTDA, 2008.

DUGAN, N.R.; FOX, K.R.; OWENS, J.H.; MILTNER, R.J. Controlling *Cryptosporidium* oocysts using conventional treatment. *Journal of the American Water Works Association*, v. 93, n. 12, p. 64-76, 2001. <https://doi.org/10.1002/j.1551-8833.2001.tb09356.x>

FARIAS, F. A.; FERREIRA, R. L. Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de fábrica de celulose não branqueada. *Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade*, v.5, n.3, p.86-104, 2014.

FERREIRA, W. B.; SANTOS, W. B.; SILVA, G. A. B.; SOARES, E. J. S.; PEREIRA, M. L. F. Desinfecção de água de chuva em comunidades difusas no semiárido brasileiro. **Alternativas de disponibilidade e uso dos recursos hídricos para o desenvolvimento sustentável do semiárido**. Campina Grande: EDUEPB, 2021. *E-book* (360 p.). ISBN: 978-65-87171-27-2. Disponível em: <https://uepb.edu.br/eduepb-lanca-e-book-com-abordagem-sobre-recursos-hidricos-para-o-desenvolvimento-sustentavel-do-semiarido/>. Acesso em: 08 jul. 2022.

HEADD, B.; BRADFORD, S. A. Use of aerobic spores as a surrogate for *cryptosporidium* oocysts in drinking water supplies. **Water Research**, [s. l.], v. 90, p. 185–202, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2015.12.024>

KATATA-SERU, L.; MOREMEDI, T.; AREMU, O. S.; BAHADUR, L. Green synthesis of iron nano particles using *Moringa oleifera* extracts and their applications: Removal of nitrate from water and antibacterial activity against *Escherichia coli*. **Journal of**

Molecular Liquids, v.256, p.296-304, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2017.11.093>

KEOGH, M. B.; ELMUSHARAF, K.; BORDE, P.; MCGUIGAN, K. G. Evaluation of the natural coagulant *Moringa oleifera* as a pretreatment for SODIS in contaminated turbid water. **Solar Energy**, v.158, p.448-454, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.10.010>

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 4ed. Campinas: Átomo, 2016.

LIMA JÚNIOR, R. N.; ABREU, F. O. M. S. Produtos naturais utilizados como coagulantes floculantes para tratamento de águas: uma revisão sobre benefícios e potencialidades. **Revista Virtual de Química**, v.10, n.3, p.709-735, 2018. DOI: 10.21577/1984-6835.20180052

LIMA, D. A. *Plantas da Caatinga*. 1. ed. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1989.

LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. 5. ed. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 2008.

MANGRICH, A. S.; DOUMER, M. E.; MALLMANN, A. S.; WOLF, C. R. Química verde no tratamento de águas: Uso de coagulante derivado de tanino de acacia mearnsii. **Revista Virtual de Química**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 2–15, 2014.

MAZOUA, S.; CHAUVEHEID, E. Aerobic spore-forming bacteria for assessing quality of drinking water produced from surface water. **Water Research**, [s. l.], v. 39, n. 20, p. 5186–5198, 2005.

MCLACHLAN, D. R. C. Aluminium and the risk for alzheimer's disease. **Environmetrics**, [s. l.], v. 6, p. 233–275, 1995.

MORAES, L. C. K.; BERGAMASCO, R.; TAVARES, C. R. G.; GIOVANI, M. C.; HENNIG, D. Avaliação da eficiência de remoção de cor e turbidez, utilizando como agente coagulante os taninos vegetais, com a finalidade de obtenção de água tratada. In: 24o CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA AMBIENTAL 2007, Belo Horizonte/MG. Anais. Belo Horizonte/MG.

NEPOMUCENO, T. C.; FERREIRA, W. B.; PAIVA, W.; DINIZ, T. R.; SANTOS, W. B. Aplicabilidade de coagulantes a base de tanino em estações de tratamento de água. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 7, p. 111-123, 2018. DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2018.007.0011

NIEMINSKI, E. C.; BELLAMY, W. D.; MOSS, L. R. Using surrogates to improve plant performance. **Journal / American Water Works Association**, [s. l.], v. 92, n. 3, p. 67–78, 2000.

OLIVEIRA, K. C.; BASTOS, R. K. X.; DA SILVA, C. V. Are aerobic spore-forming bacteria good indicators of water treatment efficiency? An explanatory study.

Engenharia Sanitaria e Ambiental, [s. l.], v. 23, n. 6, p. 1103–1109, 2018.

PAES, J. B.; DINIZ, C. E. F.; MARINHO, I. V.; LIMA, C. R. De. Tannin Potencial Evaluation of Six Forest Species of Brazilian Semi-Arid Region. **Cerne, Lavras**, [s. l.], v. 12, n. 3, p. 232–238, 2006.

RICE, E. W.; FOX, K. R.; MILTNER, R. J.; LYTLE, D. A.; JOHNSON, C. H. Evaluating plant performance with endospores. **Journal / American Water Works Association**, [s. l.], v. 88, n. 9, p. 122–130, 1996.

ROSALINO, M. R. R. POTENCIAIS EFEITOS DA PRESENÇA DE ALUMÍNIO NA ÁGUA DE CONSUMO HUMANO. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Licenciatura em Ciências de Engenharia do Ambiente, Universidade Nova de Lisboa. 85 p. 2011.

SANTOS, A. N. DOS. Desenvolvimento de um coagulante orgânico catiônico preparado com extrato de mimosa para tratamento de água. 2017. 73f. Dissertação (Mestrado em Química) Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, Campina Grande, 2017.

SARTORI, C. J.; MORI, F. A.; VALLE, M. L. A.; MENDES, L. M.; THIAGO DE PROTÁSIO, P. RENDIMENTO GRAVIMÉTRICO EM TANINOS CONDENSADOS NAS CASCAS DE *Anadenanthera peregrina* EM DIFERENTES CLASSES DIAMÉTRICAS Caroline. **Cerne, Lavras**, [s. l.], v. 20, n. 2, p. 239–244, 2014.

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**, v.9, n.4, p.680-687, 2014. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1303>

STATSOFT, I. STATISTICA (data analysis software system), www.statsoft.com., 2011.

WHO. Guidelines for Drinking-water Quality. 4o edição ed. Geneva: World Health Organization, 2011.

WISSING, A. The utilization of bark II: Investigation of the Stiasny-reaction for the precipitation of polyphenols in Pine bark extractives. **Svensk Papperstidning**, [s. l.], v. 58, n. 20, p. 745–750, 1955.

XAGORARAKI, I.; HARRINGTON, G. W. Zeta potential, dissolved organic carbon, and removal of *Cryptosporidium* oocysts by coagulation and sedimentation. **Journal of Environmental Engineering**, [s. l.], v. 130, n. 12, p. 1424–1432, 2004.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, por me conceder o dom da vida, me dar forças para viver, capacidade e por nunca me dar um fardo maior do que posso suportar. Ele que nunca desistiu de mim e sempre esteve presente em todos os momentos.

À minha princesinha Malu (in memoriam), que sempre estará no meu coração e no de todos que conheceram sua luz.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Ao meu marido, Matheus Felipe, que me apoiou e auxiliou na construção desse trabalho.

À Gabi, companheira acadêmica, de laboratório e irmã na amizade que fez parte da minha formação e que vai continuar presente em minha vida para sempre.

A todos os meus amigos, particularmente Emanuel Júnior, Camylla, Karyna e Ana, meus sinceros agradecimentos. Vocês desempenharam um papel significativo no meu crescimento, e devem ser recompensados com minha eterna gratidão.

Aos meus orientadores Weruska e Whelton que me acompanharam ao longo do curso, pelo suporte, por suas correções e incentivos.

Agradeço a todos, minha família, parentes e amigos que com seu incentivo me fizeram chegar à conclusão do meu curso e começo de uma nova carreira.