



TRATAMENTO DE ÁGUA BARRENTA ATRAVÉS DO PROCESSO DE FLOCULAÇÃO, UTILIZANDO UM BIOCOAGULANTE EXTRAÍDO DO CREME DE LEVEDURA DA INDÚSTRIA CERVEJEIRA.

Ana Julia Silva do Nascimento
Barbara Sales Silva
Clara Ferreira Lobo
Henrique Ramos Passos
Kevin Luís Araújo
Pedro Sguizzato Bortolini Lemos
Prof. Dr. Aline Alves Ramos
Prof. Esp. Thais Taciano dos Santos

RESUMO

Conforme avança o crescimento populacional e a atividade industrial, também cresce a quantidade de resíduos despejados nos corpos d'água ao redor do globo. Na medida que cai a qualidade da água para consumo da população, mais pivotal torna-se o tratamento realizado pelas estações de tratamento de água e esgoto (ETEs), havendo necessidade de aumentar a quantidade de agente coagulante para que ocorra a devida floculação dos contaminantes. O potencial aumento no uso do coagulante, no entanto é perigoso, dada a neurotoxicidade associada aos sais metálicos comumente usados como coagulantes. Uma alternativa é o uso dos polieletrólitos como coagulantes ou auxiliares de coagulação, a fim de substituir ou reduzir a concentração dos sais metálicos. Nesse contexto, o presente trabalho tem por objetivo comparar a eficiência de aplicação da manoproteína, extraída do creme de levedura da indústria cervejeira, isoladamente e associada ao sulfato de alumínio, na coagulação-floculação de um efluente acrescido de terra para plantio. Para isso, foi induzido a autólise no creme de levedura, utilizando banho-maria em agitação por 24 horas, a fim de extrair a manoproteína. Posteriormente, efetivaram-se testes de caracterização utilizando, respectivamente 0,1g e 0,05g de manoproteína, onde essas análises apresentaram resultados positivos. Isto feito, foram realizados os ensaios de remoção de solo em escala laboratorial através de um simulacro de um equipamento de jar test.

Palavras-chave: manoproteína; sulfato de alumínio; polieletrólitos.

ABSTRACT

As population growth and industrial activity advance, the amount of waste dumped into bodies of water around the globe also increases. As the quality of water for consumption by the population declines, the treatment carried out by water and sewage treatment plants (WTPs) becomes more pivotal, with the need to increase the amount of coagulating agent so that proper flocculation of contaminants occurs. . The potential increase in coagulant use, however, is dangerous, given the neurotoxicity associated with metallic salts commonly used as coagulants. An alternative is the use of polyelectrolytes as coagulants or coagulation aids, in order to replace or reduce the concentration of metallic salts. In this context, the present work aims to compare the efficiency of application of mannoprotein, extracted from yeast cream from the brewing industry, alone and associated with aluminum sulfate and the chemical coagulant aluminum sulfate in the coagulation-flocculation of an effluent added with earth for planting. To achieve this, autolysis was induced in the yeast cream, using a stirring water bath for 24 hours, in order to extract the mannoprotein. Subsequently, characterization tests were carried out using, respectively, 0.1g and 0.5g of mannoprotein, where these analyzes showed positive results. This done, ground removal tests were carried out on a laboratory scale using a simulated jar test equipment.

Keywords: mannoprotein; aluminum sulfate; polyelectrolytes.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e o uso indiscriminado da água aparentam ter levado a poluição das águas ao nível da irreversibilidade e já se fala em uma necessidade da humanidade em adaptar-se a esse novo cenário. O maior desafio que está à frente é o da recuperação e mitigação dos impactos gerados nas águas do Planeta.

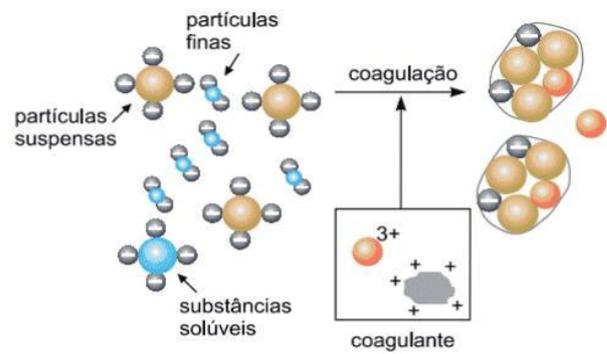
A diminuição da qualidade das águas naturais é reflexo das diversas atividades antropogênicas da contemporaneidade. Além dos poluentes tradicionais, contaminantes emergentes, tais como pesticidas, fármacos, disruptores endócrinos e seus metabólitos, cosméticos, microplásticos, nanopartículas e o próprio solo são desafios para os sistemas convencionais de produção de água potável (HESPANHOL, 2015; BENOTTI et al., 2009). Posto que esses contaminantes encontram-se na forma de particulados, sua remoção está associada, principalmente, à etapa primária do processo de tratamento de efluentes, a etapa físico-química (TANG et al., 2022). Assim como os contaminantes presentes na água, eles possuem a superfície carregada negativamente, disputando com os contaminantes tradicionais, o que resulta na necessidade de aumentar a quantidade de agente coagulante para que ocorra a devida floculação dos contaminantes (ENFRIN; DUMÉE; LEE, 2019; SHEN et al., 2020). O potencial aumento no uso do coagulante, no entanto, é perigoso, dada a neurotoxicidade associada aos sais metálicos comumente usados como coagulantes.

Uma alternativa é substituição total ou parcial dos sais metálicos mediante a utilização de polieletrólitos, polímeros naturais cujas grandes cadeias moleculares apresentam sítios com cargas positivas ou negativas (BORBA, 2001; DAVINO, 1976). Os polieletrólitos são, em sua maioria, constituídos por polissacarídeos, proteínas ou amido (DI BERNARDO, 1993). Notadamente que, por se tratar, basicamente, de mananopolissacarídeos ligados a proteínas e ter uma cadeia dotada de múltiplas pontes de fosfodiéster, as manoproteínas podem ser aventadas como um possível biocoagulante (KLIS et al, 2002; KIM; YIN, 2006; LIPKE; OVALLE, 1998)..

1.1. Coagulação

A coagulação é o processo pelo qual partículas coloidais são neutralizadas e se aglutinam para formar flocos. Isso é feito por meio da adição de agentes coagulantes, como o sulfato de alumínio ou o cloreto férrico, à água. O coagulante reage com as partículas carregadas negativamente presentes na água e as transforma em partículas carregadas positivamente. (VAZ et al., 2010).

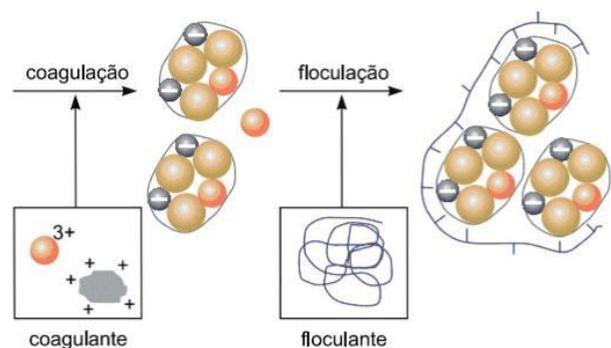
Figura 1: Representação esquemática do processo de coagulação.



(Fonte: adaptado de Pastor, 2008)

Já a floculação é o processo pelo qual esses flocos são aglutinados para formar partículas maiores, o que melhora ainda mais a remoção de partículas da água. Durante a floculação, as partículas carregadas positivamente se agrupam para formar flocos ainda maiores, e esses flocos começam a se unir em grandes agregados. Isso é feito adicionando um floculante, como polieletrólitos, à água. Os floculantes têm uma carga elétrica que é atraída pelas partículas positivamente carregadas nos flocos formados durante a coagulação. Isso permite que os flocos se unam em grandes agregados, que são mais facilmente removidos por sedimentação ou filtração. (MUYLAERT; BASTIAENS; VANDAMME; GOUVEIA, 2017; VAZ et al., 2010).

Figura 2: Representação esquemática do processo de floculação.



(Fonte: adaptado de Pastor, 2008)

1.2. Sulfato de alumínio

Dentre os agentes coagulantes comumente utilizados, o sulfato de alumínio segue sendo o mais popular na indústria de água potável, devido a sua eficiência, baixo custo e fácil extração (ZARCHI; FRIEDLER; REDHUN, 2013). Mas não deixa de oferecer contrapartidas, já que o seu efeito

como coagulante é fortemente dependente do pH, além de poder apresentar uma alta concentração de alumínio residual na água pós-tratamento, em consequência do pH de floculação utilizado (KAWAMURA, 1991).

Se os sais de alumínio estiverem presentes na água em uma concentração maior do que 0,2mg/L, podem trazer sérios riscos a saúde humana, como problemas gastrointestinais, úlceras e erupções cutâneas (CLAYTON, 1989). Grandes quantidades de sulfato de alumínio no organismo também estão comumente associadas ao mal de Alzheimer, como observado nas pesquisas de McLachlan (1995). Além disso, por não ser biodegradável, o alumínio causa sérios problemas no tratamento e descarte do lodo gerado.

1.3. Resíduos da indústria cervejeira: creme de levedura

A *Saccharomyces* desempenha um papel fundamental na indústria cervejeira, convertendo os açúcares de cereais, como malte de cevada, em álcool, gás carbônico e contribuindo com sabores e aromas para a cerveja (BRIGGS et al., 2004; FILLAUDEAU, et al., 2006; OLAJIRE, 2012).

Em cervejarias, diferentes cepas de *Saccharomyces* são usadas dependendo do tipo de fermentação: "lager" (baixa), com *S. uvarum*, ou "ale" (alta), com *S. cerevisiae*. A fermentação "lager" é mais fria e produz sedimentos no fundo dos tanques, enquanto a "ale" é mais quente e gera sedimentos flutuantes. Alguns desses sedimentos podem ser reutilizados, caso do creme de levedura, a massa de células precipitada durante o período de repouso que segue a fermentação. No entanto, sua reutilização não é ilimitada, ocasionando uma necessidade de eliminação desse resíduo, que, se descartado incorretamente, pode alterar o equilíbrio ecológico do ambiente em que for despejado. Sabendo disso, tais resíduos podem ser utilizados para bioprocessos industriais, aplicações alimentícias, bem como processos biotecnológicos (BRIGGS et al., 2004; FILLAUDEAU, et al., 2006; OLAJIRE, 2012; PEDRALLI; SOUZA, 2019; KRONBAUER et al., 2007; BATTESTIN, 2007).

Costa (2008) teve êxito em extrair as manoproteínas e concluiu que é possível obtê-las a partir do subproduto da indústria cervejeira a partir do fracionamento. Ainda, Araújo (2014) conseguiu extrair as manoproteínas e a β -glucanas da *S. uvarum* a partir da suspensão do creme de levedura com \pm 20% de sólidos totais.).

1.4. Levedura *Saccharomyces cerevisiae*

A levedura *Saccharomyces cerevisiae* é um tipo de fungo unicelular e eucariótico, que se reproduz assexuadamente. É amplamente utilizada em processos fermentativos da indústria alimentícia. Nas indústrias cervejeiras há um

grande potencial na utilização de leveduras como biossurfactantes, entre elas, a *Saccharomyces cerevisiae* é a que possui a maior quantidade de estudos e a mais utilizada. (KRELING, 2017).

Figura 3: *Saccharomyces cerevisiae*



(Fonte: Alicia Cotoia, 2020)

Ensaio sobre a utilização dessa levedura como biossurfactante apontam o método intracelular como o mais indicado, entretanto tal procedimento possui elevado custo, o qual pode ser atenuado pela utilização de subprodutos provenientes da indústria, entre eles o creme de levedura (KRELING, 2019).

1.5. Manoproteínas

Um dos itens obtidos a partir da biomassa da produção de cerveja são as manoproteínas, proteínas altamente glicosiladas pelo monossacarídeo manose, que se distribuem na parede celular externa e representam de 35 a 45% do peso seco da parede celular (QUIRÓS, 2010; KOLLAR et al., 1997; CABIB et al., 2001; KLIS et al., 2002; LIU et al., 2008).

As manoproteínas consistem em um esqueleto proteico ao qual estão ligados dois tipos de cadeias mananas: as manoproteínas do tipo N, compostas 90% por carboidratos e 10% por proteínas e com função meramente estrutural e as manoproteínas do tipo O, que têm entre 30-50% de proteína, com o restante de carboidratos (50-70%), e cuja função é enzimática. As manoproteínas do tipo N correspondem a cadeia manana longa, com 40 a 100 unidades de manose unidas através de ligações α 1-6 e com numerosas cadeias laterais α 1-2 e α 1-3, além de ramificações de D-manopiranosose, que se ligam à proteína por ligações tipo N nos resíduos de asparagina, e cujas cadeias laterais podem ser fosforiladas. Já as manoproteínas do tipo O são a cadeia curta, com até cinco unidades de manana, que ligam-se à proteína através de ligações do tipo O unidas a resíduos de serina ou treonina (BARRIGA et al., 1999; DA SILVA et al., 2021).

encapsulados e, então, mantidas em banho maria a uma temperatura de 55°C durante 24 horas, sob agitação constante conforme a figura 5. As misturas obtidas foram transferidas para frascos de reagente incolor com rolha em vidro, não totalmente fechados, e aquecidas até 121°C durante 25 minutos por uma autoclave, em seguida foram resfriadas até 25°C conforme a figura 6. (ARAÚJO, 2014; KRELING, 2014).

Figura 6: Frascos utilizados para autoclavagem.



Fonte: Autoria própria, 2023

3.2.1.2 Extração da manoproteína

Para a extração da manoproteína, a fase líquida das suspensões que serão obtidas em triplicata no processo anterior será quantificada separadamente em uma proveta, em seguida, serão transferidos para um erlenmeyer e adicionado três volumes de etanol absoluto proporcionalmente, e incubados na temperatura de 4°C ao longo de 12 horas a fim de precipitar o extrato. As soluções obtidas após adição de etanol e incubação está representada na figura 7. Em seguida, foram separados em dois tubos de ensaio cada sobrenadante resultante da precipitação, e foram feitas duas lavagens com etanol absoluto por centrifugação á 4000 rpm, por 15 minutos. Então, as manoproteínas obtidas secaram naturalmente á temperatura ambiente. (COSTA et al., 2012).

Figura 7: Solução após adição de etanol e incubação.



Fonte: Autoria própria, 2023

3.2.2 Caracterização das manoproteínas

3.2.2.1 Preparo do reagente biureto

Para o preparo do reagente biureto foi pesado 1,5g de sulfato de cobre e 6 lg de tartarato duplo de sódio e potássio, que serão dissolvidos em 500 ml de água destilada. Com agitação constante, serão adicionados 300 ml de solução NaOH 10% e 1 g de iodeto de potássio, posteriormente será adicionado água destilada para completar 1 L de volume, após isso, o reagente será armazenado em um recipiente até sua utilização (CAMARGO, 2019).

3.2.2.2 Análise dos carboidratos

Em um tubo de ensaio foi adicionado 0,1g da amostra e com auxílio de uma proveta de 5 mL, será adicionado 1 mL de fenol e, de forma rápida, 5 ml de ácido sulfúrico concentrado. Devido a reação, a amostra deverá apresentar mudança em sua coloração, adquirindo um tom alaranjado. (DUBOIS, 1956).

3.2.2.3 Análise das proteínas

Em um tubo de ensaio foi adicionado 0,1 g da manoproteína e, com o auxílio de uma proveta, 5 mL de reagente de biureto. O tubo de ensaio foi agitado e, após dez minutos à temperatura ambiente, as ligações peptídicas das proteínas terão reagido com íons de cobres presentes no reagente biureto, atribuindo uma coloração violeta a mistura. (MARTINS; SILVEIRA, 2011).

3.2.3 Ensaio para a remoção de solo dos efluentes

Para os ensaios de remoção de solo, estes serão realizados em escala laboratorial através de um simulacro de um equipamento de "jar test", utilizando um béquer de 600 mL e um agitador mecânico. As soluções foram realizadas com sulfato de alumínio individualmente, nas concentrações de 50 ppm, 100 ppm e 200 ppm, com a manoproteína individualmente, na concentração de 200 ppm, e com sulfato de alumínio e manoproteína, respectivamente nas concentrações de 50 ppm e 150 ppm e 100 ppm e 100 ppm. A fim de simular misturas de água contaminada com solo, foram preparadas soluções padrão com 2g de terra para plantio.

3.2.3.1 Caracterização da água utilizada

A fim de isolar o contaminante visado, a água utilizada será a água potável da marca Minalba® acrescida de um solo controlado, no caso, terra para plantio da marca Biomix®.

3.2.3.2 Análise do pH e da turbidez

Após a realização dos ensaios para a remoção do solo, as amostras obtidas foram submetidas a teste de pH, utilizando-se um pHmetro, e de turbidez, utilizando-se um turbidímetro. Os resultados obtidos foram distribuídos na tabela 4.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. EXTRAÇÃO DA MANOPROTEÍNA

A metodologia utilizada no processo da extração da manoproteína, descrita no tópico 3.2.1., funcionou e provou sua eficácia.

4.2. SECAGEM DA MANOPROTEÍNA

A manoproteína obtida foi deixada de repouso para secagem e durante esse processo ficou compactado no fundo dos tubos de ensaio, dificultando sua coleta posterior, e adquiriu uma coloração marrom.

Após a secagem, as manoproteínas obtidas foram extraídas dos tubos de ensaio e foram pesadas e separadas em lotes, os dados foram dispostos na tabela 2. Cada lote apresenta a manoproteína obtida a partir de um mesmo processo de extração. Durante o tratamento do creme de levedura, devido a uma escassez do sal NaCl no laboratório houve a utilização de KCl na produção de alguns lotes.

Tabela 2: Manoproteína obtida a partir do NaCl.

Lote	Manoproteína (g)
1	0,0441

Fonte: Autoria própria, 2023

Tabela 3: Manoproteína obtida a partir do KCl.

Lote	Manoproteína (g)
1	0,0262
2	0,0327
3	0,0209
4	0,0336
5	0,0395

Fonte: Autoria própria, 2023

4.3. CARACTERIZAÇÃO DAS MANOPROTEÍNAS

4.3.1. Análise dos carboidratos

Essa etapa da caracterização foi efetuada conforme a metodologia descrita no tópico 3.2.2.2 deste artigo, sendo realizada uma única vez. O

resultado obtido foi positivo, já que a solução apresentou uma mudança de coloração para o tom alaranjado, indicando a presença de carboidratos na manoproteína

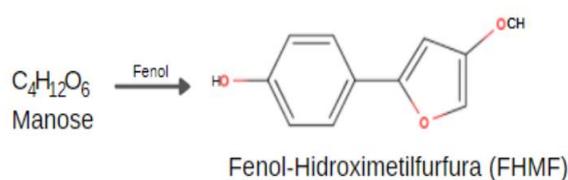
O tom alaranjado na solução da amostra é resultante da formação de um complexo, gerado pela adição de fenol à manose, tendo como produto o Fenol Hidroximetilfurfural, e então, com a adição do ácido sulfúrico concentrado, os monossacarídeos presentes nesse complexo desidratam, resultando os tons alaranjados vistos na figura 4.

Figura 8: Confirmação da análise de carboidratos.



Fonte: Autoria própria, 2023

Figura 9: Reação da formação de precipitado alaranjado.



Fonte: Autoria própria, 2023

4.3.2. Análise de proteínas

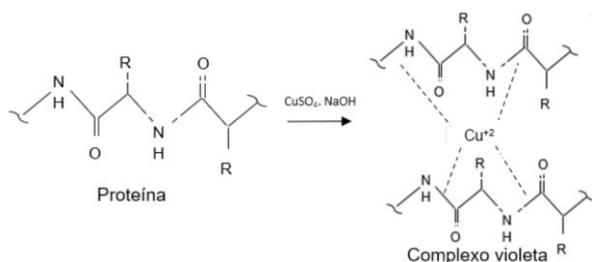
Essa etapa da caracterização foi efetuada conforme a metodologia descrita no tópico 3.2.2.3 deste artigo, sendo realizada uma única vez. O resultado obtido foi positivo, já que a solução apresentou uma mudança de coloração para o tom violeta, indicando a presença de proteínas no biossufactante intracelular, conforme a figura 5.

Figura 10: Confirmação da análise de proteínas.



Fonte: Autoria própria, 2023

Figura 11: Reação de formação do complexo violeta.



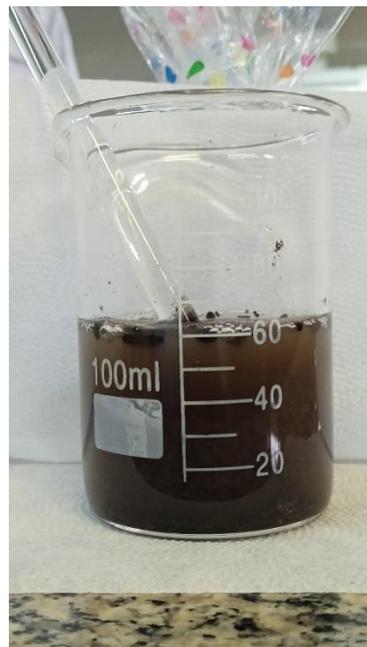
Fonte: Autoria própria, 2023

O tom violeta na solução da amostra é resultante da formação de um complexo, que é gerado pela interação do sulfato de cobre e da proteína, em meio alcalino.

4.4. ENSAIOS DE REMOÇÃO DE SOLO

Os ensaios de remoção do solo foram realizados conforme descrito no tópico 3.2.3. deste artigo.

Figura 12: Solução simulação de água contaminada com solo.



Fonte: Autoria própria, 2023

4.5. ANÁLISE DA TURBIDEZ APARENTE

Figura 13: Solução pós-tratamento 50ppm $Al_2(SO_4)_3$.



Fonte: Autoria própria, 2023

Figura 14: Solução pós-tratamento 150ppm Manoproteína + 50ppm $Al_2(SO_4)_3$.



Fonte: Autoria própria, 2023

Analisando visualmente e estatisticamente, não houveram diferenças conclusivas entre as amostras tratadas apenas com sulfato de alumínio e as amostras tratadas com o sulfato de alumínio aliado à manoproteína. Em ambos os casos, durante a decantação, os resultados foram percebidos nos 10 minutos iniciais, bem como também foram uniformes. Quanto à utilização individual da manoproteína, não foram observadas atividade coagulante da parte dela. A presença de um resquício de cor pode estar relacionada a grande quantidade de matéria orgânica que contém o efluente, dado, que a terra para plantio é rica em matéria orgânica que pode interferir no processo de coagulação/floculação, aumentando a carga orgânica. A matéria orgânica em excesso pode ser considerada uma fonte de cor.

4.6. ANÁLISE DO PH E TURBIDEZ

O pH e a turbidez das amostras dos ensaios de remoção de solo foram medidos individualmente, conforme a tabela 4.

Tabela 4: pH e turbidez dos ensaios de remoção de solo.

Solução	pH	Turbidez (NTU)
2g de terra em 100ml de água	7,60	80
50ppm $Al_2(SO_4)_3$	7,76	62
50ppm $Al_2(SO_4)_3$ + 150ppm Manoproteína	7,68	58

100ppm $Al_2(SO_4)_3$ + 100ppm Manoproteína	7,56	2,8
200ppm $Al_2(SO_4)_3$	7,60	0,5
200ppm Manoproteína	7,60	44

Fonte: Autoria própria, 2023

O pH da amostra sofreu pouca influência em comparação com o efluente bruto. O pH foi de 7,6 e a faixa em que o pH ficou após o tratamento somente com o sulfato de alumínio e com o sulfato de alumínio aliado a manoproteína foi, respectivamente de 7,75 a 7,65.

De acordo com a Resolução CONAMA 430/11, segundo a qual os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam às condições e padrões previstos, estando o pH entre 5 e 9, o tratamento com o manoproteína e o sulfato de alumínio atendem aos requisitos da legislação.

É possível desprender que a manoproteína não possui efeito sob o pH da amostra pelo fato de o não haver consumo da alcalinidade do meio durante o processo de coagulação, trabalhando com faixa ampla de pH de 4,5 a 8,0.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A extração das manoproteínas da *S. cerevisiae* pelos procedimentos desenvolvidos foi um sucesso, uma vez que os testes de carboidrato e proteína foram conclusivos quanto à presença da mesma, mostrando assim, que o aproveitamento do resíduo da indústria cervejeira é benéfico. Por outro lado, os ensaios de tratamento de água não apresentaram resultados satisfatórios já que a utilização da manoproteína em conjunto com sulfato de alumínio não promoveu nenhuma melhora no processo de coagulação-floculação quando comparado a aplicação individual do sulfato de alumínio.

A ação química do polieletrólito depende de três fatores: a interação partícula-polímero, a interação polímero-solvente a interação partícula-solvente. Isto posto, a ineficiência da manoproteína se deve ao fato de que não houve interação partícula-polímero, já que a mesma não goza de características favoráveis de carga, bem como também ocorreram as ligações poliméricas, dado que a maoproteína não se solubilizou bem em água, não havendo, portanto, interação polímero-solvente.

6 AGRADECIMENTOS

Agradecemos às professoras de PDTCC e orientadoras Dra. Aline Alves Ramos e Thais Taciano dos Santos, por ter nos apoiados durante esses três anos e nos auxiliarem na resolução de eventuais questões; À Escola Técnica Estadual Irmã Agostina por toda a infraestrutura fornecida; aos nossos amigos e familiares por todo apoio e incentivo.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, V. B. S. Obtenção de manoproteína e β -glucana de levedura descartada em cervejaria com potencial para aplicação em alimentos. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.
- BARRIGA, Jeffrey AT et al. Components of the bioemulsifier from *S. cerevisiae*. *Enzyme and Microbial Technology*, v. 25, n. 1-2, p. 96-102, 1999.
- BATTESTIN, V. Produção, purificação e aplicação de tanase de *Paecilomyces variotii*. 2007. 99f. Tese (Doutorado em Ciências de alimentos)– Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.
- BENOTTI, Mark J., et al. Pharmaceuticals and endocrine disrupting compounds in US drinking water. *Environmental science & technology*, 2009, 43.3: 597-603.
- BORBA, L. R. Viabilidade do uso da moringa oleífera lam no tratamento simplificado de água para pequenas comunidades. Dissertação de M.Sc., Universidade Federal da Paraíba – UFPB, João Pessoa. 2001.
- BRIGGS, Dennis. E.; BOULTON, Chris. A.; BROOKES, Peter. A.; STEVENS, R. *Brewing Science and Practice*. Florida: CRC Press LLC and Woodhead Publishing Limited, 2004. 863p
- CABIB, Enrico et al. The yeast cell wall and septum as paradigms of cell growth and morphogenesis. *Journal of Biological Chemistry*, v. 276, n. 23, p. 19679-19682, 2001.
- CAMARGO, Roberto Mattos Mendes. Reagente de biureto como ferramenta forense para detecção de sêmen simulado. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Publicada no Diário Oficial nº 92 em 16 de maio de 2011.
- COSTA, G. A. Extração e caracterização de manoproteínas da parede celular de levedura de cervejaria e avaliação das propriedades emulsificantes. Centro de Ciências Agrária, Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Estadual de Londrina, 2008.
- COSTA, Ariane Gaspar; MAGNANI, Marciane; CASTRO-GOMEZ, Raul Jorge Hernan. Obtenção e caracterização de manoproteínas da parede celular de leveduras de descarte em cervejaria. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 34, n. 1, p. 77-84, 2012.
- DAVINO, F. Tecnologia de tratamento de água: água na indústria. Rio de Janeiro: Almeida Neves, 1976.
- DI BERNARDO, Luiz, Monografia/livro. Métodos e técnicas de tratamento de água (1993).
- DUBOI, Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances, 1956.
- DRISCOLL, Charles T.; LETTERMAN, Raymond D. Chemistry and fate of Al (III) in treated drinking water. *Journal of Environmental Engineering*, v. 114, n. 1, p. 21-37, 1988.
- ENFRIN, Marie et al. Kinetic and mechanistic aspects of ultrafiltration membrane fouling by nano- and microplastics. *Journal of Membrane Science*, v. 601, p. 117890, 2020.
- FILLAUDEAU, Luc; BLANPAIN-AVET, Pascal.; DAUFIN, Georges. Water, wastewater and waste management in brewing industries. *Journal of Cleaner Production*. 14, p. 463- 471, 2006.
- GAUTHIER, Eric et al. Aluminum forms in drinking water and risk of Alzheimer's disease. *Environmental research*, v. 84, n. 3, p. 234-246, 2000.
- HESPANHOL, Ivanildo. Reúso potável direto e o desafio dos poluentes emergentes. *Revista USP*, 2015, 106: 79-94.
- KAWAMURA, Effectiveness of natural polyelectrolytes in water treatment, 1991
- KIM, Kwang Suk; YUN, Hyun Shik. Production of soluble β -glucan from the cell wall of *Saccharomyces cerevisiae*. *Enzyme and Microbial Technology*, v. 39, n. 3, p. 496-500, 2006.
- KLIS, Frans M. et al. Dynamics of cell wall structure in *Saccharomyces cerevisiae*. *FEMS microbiology reviews*, v. 26, n. 3, p. 239-256, 2002.

KOLLÁR, Roman et al. Architecture of the yeast cell wall: β (1 \rightarrow 6)-glucan interconnects mannoprotein, β (1 \rightarrow 3)-glucan, and chitin. *Journal of Biological Chemistry*, v. 272, n. 28, p. 17762-17775, 1997.

KRELING, Naiara Elisa et al. Biorremediação de solo contaminado com biodiesel utilizando biomassa e manoproteínas obtidas através da levedura *Saccharomyces cerevisiae*.

KRELING, Naiara Elisa et al. Produção de biossurfactantes: manoproteínas intracelulares e soforolipídios extracelulares por *Saccharomyces cerevisiae*. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 24, p. 1209-1219, 2019.

KRONBAUER, E. A. W. et al. Produção de xilanase por *Aspergillus casielus* com diferentes fontes de carbono. *B. CEPPA, Curitiba*, v. 25, n. 2, p. 207-216, 2007.

LIPKE, Peter N.; OVALLE, Rafael. Cell wall architecture in yeast: new structure and new challenges. *Journal of bacteriology*, v. 180, n. 15, p. 3735-3740, 1998.

LIU, Xiao-Yong et al. A new isolation method of β -D-glucans from spent yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Food Hydrocolloids*, v. 22, n. 2, p. 239-247, 2008.

MCLACHLAN, Performance de coagulantes orgânicos e inorgânicos por meio de Diagrama de coagulação em águas naturais, 1995

MARTINS, R. P.; SILVEIRA, P. Determinação de proteínas totais. 2011.

OLAJIRE, Abass. A. The brewing industry and environmental challenges. *J. Cleaner Prod.*, p. 1-21, 2012

MUYLAERT, K., Bastiaens, L., Vandamme, D., & Gouveia, L. Harvesting of microalgae: Overview of process options and their strengths and drawbacks. *Microalgae-based biofuels and bioproducts*, 113-132. 2017

PALEARI, T. H. Coagulantes naturais e coagulante químico para o tratamento de efluente de indústria de café solúvel (Bachelor's thesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná). 2014

PEDRALLI, Lucas; SOUZA, Cláucia Fernanda Volken. Desidratação e caracterização de levedura residual cervejeira. 20^o Salão de Iniciação Científica da PUCRS.

ROCHMAN, Chelsea M. et al. Polystyrene plastic: a source and sink for polycyclic aromatic

hydrocarbons in the marine environment. *Environmental science & technology*, v. 47, n. 24, p. 13976-13984, 2013.

RONDEAU, Virginie et al. Aluminum and silica in drinking water and the risk of Alzheimer's disease or cognitive decline: findings from 15-year follow-up of the PAQUID cohort. *American journal of epidemiology*, v. 169, n. 4, p. 489-496, 2009.

SHEN, Maocai et al. Removal of microplastics via drinking water treatment: Current knowledge and future directions. *Chemosphere*, v. 251, p. 126612, 2020.

TANG, Wenhao et al. The removal of microplastics from water by coagulation: A comprehensive review. *Science of The Total Environment*, v. 851, p. 158224, 2022.

UEHARA, G. & GILLMAN, G. The mineralogy, chemistry and physics of tropical soils with variable charge clays, Boulder, Westview Press, 1981. 170p

VAZ, Luiz Gustavo de Lima et al. Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de galvanoplastia. *Eclética Química*, v. 35, p. 45-54, 2010.

YIN, Chun-Yang. Emerging usage of plant-based coagulants for water and wastewater treatment. *Process Biochemistry*, v. 45, n. 9, p. 1437-1444, 2010.