

# **AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE COAGULANTES NATURAIS FRENTE À PARÂMETROS FÍSICO QUÍMICOS DE EFLUENTES DA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO DA MANDIOCA**

Kauê TAVARES, Patrícia CAVANI MARTINS DE MELLO

*kaue.tavares.estudante@hotmail.com, patricia\_cavani@hotmail.com*

**RESUMO:** O processamento industrial da mandioca, gera diversos resíduos, entre eles a água vegetal, denominação dada para a água utilizada no processo de extração do amido, que apresenta glicosídeos potencialmente hidrolisáveis à cianeto e a alta carga orgânica. Este trabalho avaliou a eficiência de alguns coagulantes – Tanfloc, Poliglu e policloreto de alumínio (PAC) na floculação da água vegetal proveniente de uma fecularia da cidade de Cândido Mota/SP. Cinco (5) litros de água vegetal foram coletados e levados ao laboratório onde foram pesquisados os teores de DBO<sub>5</sub> (Oxítóp<sup>®</sup>), DQO (oxidação com K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> em meio ácido), sólidos totais (gravimetria), e em suspensão (cone Imhoff), pH (potenciometria) e turbidez (nefelometria) iniciais. Novas amostras foram coletadas para otimização dos parâmetros de floculação, onde se variou o pH inicial da floculação (6,00, 7,00 e 8,00) e a dosagem de coagulantes (0,5, 1,0 e 2,0mL). A agitação foi fixada em 1000rpm/ 1 minuto e à 200 rpm/ 5 minutos. A cada teste foi verificada a taxa de redução de turbidez. Todos os testes foram realizados em triplicata. Os resultados mostraram uma DBO<sub>5</sub> de 31,85 ppm, DQO de 6321,5 ppm, pH 4,10, sólidos sedimentáveis de 8,30 ppm e totais de 12,50 ppm. O teor elevado de DQO, mostra que a matéria orgânica presente possui baixa taxa de biodegradabilidade, comprometendo o emprego de microrganismos e enzimas no tratamento deste tipo de efluente. Em relação à turbidez, as maiores reduções foram observadas para o Tanfloc<sup>®</sup> (99,13%), PAC (79,30%) e Poliglu (72,04%), todos no pH inicial de 6,00. Não se observou diferenças significativas para dosagem de 1,00 e 2,00mL de coagulante, enquanto que para a dosagem de 0,5mL. O emprego de coagulantes que reduzam a turbidez, refletem que uma floculação prévia às formas tradicionais da água vegetal, poderá colaborar com a redução do sua carga orgânica e portanto do seu potencial poluidor.

**PALAVRAS CHAVE:** coagulantes, manipueira, turbidez.

**ABSTRACT:** The industrial processing of cassava generates several residues, among them vegetal water, denomination given for the water used in the process of starch extraction, which presents glycosides potentially hydrolyzable to cyanide and high organic load. This work evaluated the efficiency of some coagulants - Tanfloc, Poliglu and aluminum polychloride (PAC) in the flocculation of vegetal water from a starch plant in the city of Cândido Mota / SP. Five (5) liters of vegetal water were collected and taken to the laboratory where the concentrations of BOD<sup>5</sup> (Oxitop<sup>®</sup>), COD (oxidation with K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> in acid medium), total solids (gravimetry) and suppression (cone Imhoff) were investigated. pH (potentiometry) and turbidity (nephelometry). New samples were collected to optimize the flocculation parameters, where the initial flocculation pH (6.00, 7.00 and 8.00) and coagulant dosage (0.5, 1.0 and 2.0 mL) were varied. Stirring was set at 1000rpm / 1 minute and at 200rpm / 5min. At each test the turbidity reduction rate was checked. All tests were performed in triplicate. The results showed a BOD<sup>5</sup> of 31.85 ppm, COD of 6321.5 ppm, pH 4.10, settleable solids of 8.30 ppm and totals of 12.50 ppm. The high COD content shows that the organic matter present low biodegradability, compromising the use of microorganisms and enzymes in the treatment of this type of effluent. Regarding turbidity, the highest reductions were observed for Tanfloc<sup>®</sup> (99.13%), PAC (79.30%) and Poliglu (72.04%), all at the initial pH of 6.00. No significant differences were observed for the dosage of 1.00 and 2.00 mL of coagulant, whereas for the dosage of 0.5 mL. The use of coagulants that reduce turbidity, reflect that a flocculation prior to traditional forms of vegetal water, can collaborate with the reduction of its organic load and therefore of its polluting potential.

**KEYMORDS:** coagulants, manipueira, turbidity.

## **1. Introdução**

Nas últimas décadas houve um grande crescimento industrial que trouxe também aumento no volume de resíduos gerados, os quais quando não corretamente dispostos ou tratados, podem causar sérios problemas de contaminação ambiental (SILVA, OLIVEIRA e NOGUEIRA, 2004)

O processamento industrial da mandioca está relacionado à fabricação de farinha e a extração de fécula, gerando diversos resíduos que exigem diferentes disposições e tratamentos de acordo com o nível tecnológico e econômico de cada empresa (CAMILI, 2007), divididos em dois tipos, sendo as águas de lavagem das raízes e a água proveniente da prensagem da massa de mandioca, denominada água da prensa ou manipueira (PAWLOWSKI et al., 1991)

Líquido de coloração amarelada, tóxico e de alto potencial poluidor, caracterizada pela elevada demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e alta concentração de ácido cianídrico, a manipueira não pode ser descartada em rios ou lagoas, pois pode provocar a eutrofização do meio colocando em risco estes ecossistemas (FERREIRA, 2011).

Existem vários tipos de polímeros naturais que foram testados como auxiliares nos processos de coagulação, floculação e filtração, em tratamentos de efluentes e água. Os mesmos apresentaram melhorias na qualidade da água tratada, benefícios para o meio ambiente e para a saúde da população através da redução do uso dos coagulantes metálicos que estarão presentes em menores concentrações na água tratada e no lodo das estações de tratamento. Dentre polímeros naturais que têm sido testados, cita-se quitosana, goma xantana e a linha Tanfloc (BOTELHO, 2016)

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de coagulantes naturais frente à parâmetros físico químicos de efluentes da indústria de transformação da mandioca.

## **2. Material e Métodos**

### **2.1 Coleta de resíduos**

As amostras de manipueira foram coletadas em uma fecularia localizada na cidade de e Candido Mota e imediatamente levadas ao laboratório de química da FEMA para realização dos testes de caracterização química e de coagulação..

### **2.2 Caracterização química da manipueira**

O efluente submetido ao teste de jarros será avaliado quanto aos seguintes parâmetros: demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>), demanda química de oxigênio (DQO), pH, cor, turbidez, sólidos sedimentáveis e totais, fósforo total, nitrito, nitrato, amônia, nitrogênio kjeldhall total (NKT), matéria orgânica, óleos e graxas e metais (Fe, Cu, Zn, Mg, Al). As análises foram realizadas de acordo com o APHA (2012).

### **2.3 Ensaio de coagulação e floculação**

Foram realizados testes de coagulação e floculação com 3 tipos de coagulantes: Poly-glu, tanfloc e policloreto de alumínio (PAC).

Para cada floculante a ser testado, tomou-se porções de 500mL de amostra, que tiveram o pH e turbidez iniciais verificados e posteriormente, pH's ajustados para 6,00, 7,00, 8,00 separadamente.

As dosagens utilizadas de cada coagulante para o volume de amostra descrito, foram de:

- Poly-glu 0,5g
- Tanfloc SG 0,5g
- PAC - policloreto de alumínio 1,0mL no teste 1, no segundo teste foram adicionadas 3 porções de 0,75mL, 0,50mL e 0,25mL

Os ensaios de coagulação e floculação foram realizados utilizando-se agitadores mecânicos, regulados nas velocidades de 1000rpm/ 1minuto e à 200 rpm/ 5minutos. Após estas agitações e a decantação por 5 minutos, as amostras tiveram a turbidez verificada novamente.

## **3. Resultados e discussão**

A cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma espécie de origem latino-americana e sua produção está voltada principalmente para o consumo humano (CAMILLI, 2007), e desempenha uma elevada importância social como principal fonte de carboidratos para mais de 700 milhões de pessoas, principalmente nos países em desenvolvimento (OLIVEIRA, 2008).

O processamento industrial da mandioca está relacionado à fabricação de farinha e a extração de fécula, gerando diversos resíduos que exigem diferentes disposições e tratamentos de acordo com o nível tecnológico e econômico de cada empresa (CAMILI, 2007). A problemática da geração de resíduos industriais vem se agravando, principalmente pelo fato de que somente uma pequena parcela desses resíduos é corretamente tratada e devidamente destinada em locais próprios (SCHLLEMER, 2013).

Para Camilli (2007), a preocupação com este efluente é alta, já que a produção da farinha de mandioca gera entre 267 a 419 litros deste líquido prensado para cada tonelada de raiz processada. Um exemplo seria uma indústria farinheira de médio porte, que chega a processar em média  $260 \text{ t.mês}^{-1}$  de raiz, pode gerar em torno de 104 mil litros de manipueira por mês, o que exige sistemas de tratamentos ocupando espaços físicos nem sempre disponíveis e/ou adequados. Dessa forma uma fecularia que utilize uma tonelada de raízes de mandioca por dia equivale à poluição ocasionada por 200 a 460 habitantes.dia<sup>-1</sup> (HESS, 1962, PRADO, PAWLOWSKY, 2003 e FELIPE; RIZATO; WANDALSEN, 2009).

Apesar de ser um resíduo altamente tóxico ao ecossistema aquático (SCHLLEMER, 2013), a maioria das indústrias de processamento de mandioca utiliza como única forma de tratamento a degradação natural, que consiste no confinamento do efluente sobre ação natural (CARDOSO, 2005) e posteriormente descartada em recursos hídricos, nem sempre em condições adequadas.

Na industrialização da mandioca são gerados diversos resíduos, tais como casca, farelo e manipueira, que é o resíduo líquido (CAMILI, 2007). Os efluentes de uma fábrica de farinha de mandioca podem ser divididos em dois tipos, sendo as águas de lavagem das raízes e a água proveniente da prensagem da massa de mandioca, denominada água da prensa ou manipueira. As águas de lavagem possuem DQO de  $2600 \text{ mg.L}^{-1}$  (PAWLOWSKI et al., 1991), contudo apesar de ser mais volumosa, 1 a  $3 \text{ m}^3.\text{ton}^{-1}$  de mandioca processada, possuem poder poluente menor. A água da prensa ou manipueira é gerada na proporção aproximada de  $360 \text{ L.t}^{-1}$  (DEL BIANCHI, 1998) e é bem mais poluente ambiente onde de acordo com Oliveira (2003) a DQO pode variar de 63 a  $101 \text{ g.L}^{-1}$  e a presença de cianeto total de  $83,86$  a  $444 \text{ mg.kg}^{-1}$ .

A manipeira coletada para verificação de qualidade físico química, foi utilizada para estrapolação dos parâmetros de tratamento de coagulação. Sendo assim foram observados os valores:

- DBO<sub>5</sub> 31,85 ppm;
- DQO 6321,5 ppm;
- pH 4,10;
- sólidos sedimentáveis: 8,30 ppm
- sólidos totais: 12,50 ppm

As figuras 1 e 2 apresentam respectivamente, a água vegetal (manipeira) coletada na fecularia e o teste de coagulação/floculação.



**Figura 1:** Água vegetal.



**Figura 2:** Floculação de água vegetal, com PAC.

As tabelas 1, 2 e 3 trazem os resultados dos testes de coagulação e floculação com poli-glu, tanfloc e PAC.

**Tabela 1:** Resultados dos testes de coagulação/ floculação, utilizando-se Poly-glu.

Amostra	pH inicial	Turbidez inicial (NTU)	pH ajustado	Turbidez após correção de pH (NTU)
1	5,57	507	6	483
2			6	483
1			7	470
2			7	470
1			8	464
2			8	464
Amostra	pH final	Turbidez final NTU	Redução de Turbidez* NTU	Porcentagem de redução de turbidez NTU
1	6,08	135	348	72,04%
2	6,13	132	351	72,67%
1	6,98	420	50	10,63%
2	6,92	402	68	14,47%
1	6,96	407	57	12,28%
2	6,9	405	59	12,71%

**Tabela 2:** Resultados dos testes de coagulação/ floculação, utilizando-se Tanfloc.

Amostra	pH inicial	Turbidez inicial (NTU)	pH ajustado	Turbidez após correção de pH (NTU)
1	5,57	507	6	483
2			6	483
1			7	470
2			7	470
1			8	464
2			8	464
Amostra	pH final	Turbidez final NTU	Redução de Turbidez* NTU	Porcentagem de redução de turbidez NTU
1	4,65	4,2	478,8	99,13%
2	4,60	4,3	478,7	99,11%
1	6,28	42,6	427,4	90,94%

2	6,19	43,2	426,8	90,81%
1	6,59	26,5	437,5	94,18%
2	6,63	25,8	438,2	94,43%

**Tabela 3:** Resultados dos testes de coagulação/ floculação, utilizando-se PAC.

Amostra	pH inicial	Turbidez inicial (NTU)	pH ajustado	Turbidez após correção de pH (NTU)
1	5,57	507	6,00	0,75
2			7,00	0,50
3			8,00	0,25
Amostra	pH final	Turbidez final NTU	Redução de Turbidez* NTU	Porcentagem de redução de turbidez NTU
1	4,74	100	383	79,30%
2	5,25	103	79	16,35%
3	5,50	57	33	6,83%

Os resultados mostram uma grande eficiência do Tanfloc como agente de coagulação e floculação para este efluente, em relação aos outros testados.

O Tanfloc SG é um polímero orgânico catiônico, de baixo peso molecular e que pode atuar como coagulante ou auxiliar de coagulação. Uma das vantagens da utilização desse produto como coagulante é devido ao fato de que ele pode contribuir para melhorar as condições de tratamento dos resíduos gerados nas estações, pois ele é biodegradável. No entanto, importante citar que devido a sua biodegradabilidade se associa um crescimento de microorganismos que em quantidade excessiva podem resultar em colmatção nos diferentes compartimentos de uma estação de tratamento de água (CASTRO-SILVA et al., 2004). Sua dosagem na água bruta depende de fatores como turbidez, cor, dureza, entre outros e experiências demonstraram que o produto quanto mais diluído é mais eficiente. O produto da empresa TANAC pode ser aplicado em um amplo espectro e recomendasse testes preliminares em Jar-testes para avaliar sua eficiência, mas cita-se que mesmo é efetivo em uma faixa de pH que varia de 4,5 a 8 (TANAC, 1999). Em relação a saúde humana, como o Tanfloc SG é um tanino, danos hepáticos e da mucosa de animais de experimentação estão relacionados com uma dieta rica em taninos. No entanto, em um ensaio realizado com ratos albinos que receberam água tratada por um



polietrófrito catiônico vegetal (como é o caso do Tanfloc SG), não foram observados alteração toxicológica visível com concentração de taninos até 110 ppm (Jong<sup>4</sup> et al., 2001 apud Vanâcor, 2005).

#### **4. Conclusão**

Com base nos resultados apresentados pode-se concluir que, a manipueira possui alto potencial poluidor, com alto teor de DQO, o que mostra que sua matéria orgânica é de característica complexa e difícil de ser biodegradada.

A coagulação e floculação deste tipo de efluente deve ser eficiente, no sentido de reduzir a carga orgânica degradável biologicamente.

Entre os coagulantes testados, o que apresentou melhor resultado na redução do turbidez foi o Tanfloc.

#### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AHMAD, Tarique et al. Characterization of water treatment sludge and its reuse as coagulant. **Journal Of Environmental Management**, [s.l.], v. 182, p.606-611, nov. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.08.010>.

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**.

Washington DC: 22 Ed., 2012.

BARANA, A. Avaliação de tratamento de manipueira em biodigestores fase acidogênica e metanogênica, 2000. Disponível em: [http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/101954/barana\\_ac\\_dr\\_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/101954/barana_ac_dr_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em novembro de 2016.

BOTELHO, A.A.C. **Uso de coagulantes naturais no tratamento da manipueira**. Pré-Projeto apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Out, 2016.

CAMILI, Eloneida Aparecida. **TRATAMENTO DA MANIPUEIRA POR PROCESSO DE FLOTAÇÃO SEM O USO DE AGENTES QUÍMICOS**. 2007. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2007.

CORAL, L. A.; BASSETTI, F.J. Estudo da Viabilidade de Utilização do Polímero Natural (Tanfloc) em Substituição ao Sulfato de Alumínio no Tratamento de águas para Consumo. International Workshop Advances in Cleaner Production.

CHOY, Sook Yan et al. Utilization of plant-based natural coagulants as future alternatives towards sustainable water clarification. **Journal Of Environmental Sciences**, [s.l.], v. 26, n. 11, p.2178-2189, nov. 2014. Elsevier BV.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jes.2014.09.024>.

FERREIRA, M.S. Atuação de profissionais da química evita danos causados pela manipueira. **Informativo CRQ**. 4. Set-out, 2011.

IBGE. **Censo Agropecuário 2006**: Segunda Apuração. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2012. 774 p. Disponível em:  
<<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv61914.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2016.

LEE, Khai Ern et al. Development, characterization and the application of hybrid materials in coagulation/flocculation of wastewater: A review. **Chemical Engineering Journal**, [s.l.], v. 203, p.370-386, set. 2012. Elsevier BV.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2012.06.109>.

LEE, Khai Ern et al. Flocculation of kaolin in water using novel calcium chloride-polyacrylamide (CaCl<sub>2</sub>-PAM) hybrid polymer. **Separation And Purification Technology**, [s.i.], v. 75, n. 3, p.346-351, nov. 2010.

M. R. A. da Silva, M. C. de Oliveira, R. F. P. Nogueira, Eclética Química 29 (2004) 19.  
OLADOJA, Nurudeen Abiola. Headway on natural polymeric coagulants in water and wastewater treatment operations. **Journal of Water Process Engineering**, [s.l.], v. 6, p.174-192, jun. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jwpe.2015.04.004>.

**OLIVEIRA, Rutieli de Sant'ana. AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E APLICAÇÃO DAS NORMAS REGULAMENTADORAS DE SEGURANÇA DO TRABALHO EM UMA UNIDADE PROCESSADORA DE DERIVADOS MANDIOCA NA REGIÃO NOROESTE DO PARANÁ. 2013. 80 f. TCC**

(Graduação) - Engenharia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

PAWLOSKY, U., RODA, L.S.A., TOSIN, M., HEISLER, I. Curso de tratamento de efluentes industriais: Industrialização de mandioca. Curitiba: SUREHMA, 126p., 1991.

PINTO, Paulo Henrique Mendonça; CAMILI, Eloneida Aparecida; CABELO, Claudio. PROCESSO DE FLOTAÇÃO NO TRATAMENTO DA MANIPUEIRA ORIGINADADA FABRICAÇÃO DE FARINHA DE MANDIOCA. Retec: Revista de Tecnologias, Ourinhos, v. 3, n. 1, p.53-62, jun. 2010.

PRADO, Marcelo Real; PAWLOWSKY, Urivald. Alternativas para o tratamento de resíduos líquidos em fecularias. Brasil Alimentos, São Paulo, n. 22, p.30-34, out. 2003.

Disponível em: <<http://www.signuseditora.com.br/ba/pdf/22/22 - Fecularias.pdf>>.

Acesso em: 01 out. 2016.

RAMÍREZ, Augusto V.. Toxicidad del cianuro.: Investigación bibliográfica de sus efectos en animales y en el hombre. An Fac Med., Lima, v. 71, n. 1, p.54-61, 2010.

SANTOS, Jordana Dorca dos et al. TRATAMENTO DE EFLUENTE DE FECULARIA POR COAGULAÇÃO/ FLOCULAÇÃO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS PARTICULADOS - ENEMP 2015, 37., 2015, São Carlos. **Anais...** . São Carlos: Blucher, 2015. p. 388 - 393.

SCHLLEMER, Magali Aparecida. **PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE BIOFILMES À BASE DE MANIPUEIRA PARA IMOBILIZAÇÃO DE CAULINITA INTERCALADA COM UREIA.** 2013. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Tecnologia em Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

TEH, C.Y.; WU, T.Y.. The potential use of natural coagulants and flocculants in the treatment of urban waters. **Chemical Engineering Transactions**, [s.l.], v. 39, p.1603-1608, ago. 2014. AIDIC: Italian Association of Chemical Engineering.

TIEZZI, V.S. Aproveitamento de resíduos da indústria de processamento de mandioca para produção de álcool. (TCC). Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. 2015

TZOUPANOS, N.d.; ZOUBOULIS, A.i.. Preparation, characterisation and application of novel composite coagulants for surface water treatment. **Water Research**, [s.l.], v. 45, n. 12, p.3614-3626, jun. 2011. Elsevier BV.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2011.04.009>.