

ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL:

RECURSOS HÍDRICOS & TRATAMENTO DE ÁGUA

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

A grayscale photograph of a water treatment plant. The image shows several large rectangular basins with metal railings and walkways. In the foreground, there are rows of hexagonal diffusers. The background shows a hazy landscape with trees and a building. The overall tone is industrial and technical.

ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL:

RECURSOS HÍDRICOS & TRATAMENTO DE ÁGUA

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Engenharia sanitária e ambiental: recursos hídricos e tratamento de água

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaidy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia sanitária e ambiental: recursos hídricos e tratamento de água / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0199-5

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.995221306>

1. Engenharia sanitária e ambiental. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 628

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

O e-book: “Engenharia sanitária e ambiental: Recursos hídricos e tratamento de água” é constituído por sete capítulos de livros que procuraram trabalhar dentro da questão do saneamento básico voltado para a qualidade vida da sociedade e do meio ambiente.

Os capítulos de um a quatro, procuraram avaliar o gerenciamento de resíduos sólidos presentes em uma empresa pública de economia mista a partir de bens considerados inservíveis e que necessitam de uma disposição e destinação final adequada; o segundo avaliou-se inúmeros parâmetros de um aterro sanitário localizado na cidade de Ariquemes/RO e administrado por um consórcio intermunicipal; no terceiro pretendeu-se avaliar o processo de tratamento por meio do tanque de evapotranspiração (TEvap) e compará-lo ao tratamento por fossa séptica, os resultados apontaram que o tratamento por TEvap é mais eficiente e; o quarto capítulo objetivou-se avaliar o uso de um polímero de natureza orgânica com o intuito de substituir os agentes coagulantes tradicionais utilizados nos processos de tratamento de águas residuárias, em especial os provenientes de matadouros.

O quinto capítulo avaliou-se a vulnerabilidade ambiental da Bacia do Rio das Flores localizado no oeste do estado de Santa Catarina; O sexto capítulo se ateve a estabelecer uma relação entre a saúde e o desenvolvimento escolar com a qualidade da potabilidade da água presentes nas instituições de ensino com estudantes de 13 a 17 anos localizados nas diferentes regiões brasileiras. Por fim, um estudo de caso que apresenta uma proposta de customização e automatização a fim de possibilitar o aumento da qualidade e capacidade de tratamento de água no município de Patrocínio/MG.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando de forma a estimular e incentivar cada vez mais pesquisadores do Brasil e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros, capítulos de livros e artigos científicos.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM UMA EMPRESA PÚBLICA DE ECONOMIA MISTA A PARTIR DA PNRS: DESAFIOS E OPORTUNIDADES NA GESTÃO DE BENS MÓVEIS INSERVÍVEIS

Kátia Silene de Oliveira Maia

Luiz Philippsen Jr

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9952213061>

CAPÍTULO 2..... 7

CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE CHORUME DE UM ATERRO SANITÁRIO NO INTERIOR DA AMAZÔNIA LEGAL


Dhione Marcos da Silva

Felipe Cordeiro de Lima

Daniel Mantovani

Alexandre Diório

Driano Rezende

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9952213062>

CAPÍTULO 3..... 20

ESTUDO DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUAS NEGRAS POR TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO (TEVAP): ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS, FÍSICO-QUÍMICAS E DE FITOTOXICIDADE

Adriana Mielke

Maikon Kelbert

Michele Cristina Formolo Garcia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9952213063>

CAPÍTULO 4..... 37

EVALUATION USE OF AN ORGANIC BASED POLYMER TO REPLACE THE INORGANIC COAGULANT IN THE SLAUGHTERHOUSE WASTEWATER TREATMENT

Crislaine Trevisan da Rocha Ribeiro Ferrari

Aziza Kamal Genena

Daiane Cristina Lenhard


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9952213064>

CAPÍTULO 5..... 48

ANÁLISE DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA BACIA DO RIO DAS FLORES - OESTE DE SANTA CATARINA

Ricardo André Brandão

Julio Caetano Tomazoni


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9952213065>

CAPÍTULO 6..... 66

A RELAÇÃO ENTRE A FONTE E POTABILIDADE DA ÁGUA DAS ESCOLAS, A SAÚDE E O DESENVOLVIMENTO ESCOLAR DE ESTUDANTES DE 13 A 17 ANOS NAS UNIDADES

FEDERATIVAS E NAS GRANDES REGIÕES BRASILEIRAS


Livia Pita Corrêa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9952213066>

CAPÍTULO 7..... 80

PROPOSTA DE CUSTOMIZAÇÃO E AUTOMATIZAÇÃO NA CAPACIDADE E
QUALIDADE DE TRATAMENTO DE ÁGUA NO MUNICÍPIO DE PATROCÍNIO/MG

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9952213067>

SOBRE O ORGANIZADOR:..... 91

ÍNDICE REMISSIVO..... 92

EVALUATION USE OF AN ORGANIC BASED POLYMER TO REPLACE THE INORGANIC COAGULANT IN THE SLAUGHTERHOUSE WASTEWATER TREATMENT

Data de aceite: 01/06/2022

Crislaine Trevisan da Rocha Ribeiro Ferrari

<http://lattes.cnpq.br/3885566805996381>

Aziza Kamal Genena

<http://lattes.cnpq.br/9054984946766944>

<https://orcid.org/0000-0001-8776-342X>

Daiane Cristina Lenhard

<http://lattes.cnpq.br/1964806089292192>

ABSTRACT: Food industries, especially slaughterhouses, generate a large amount of wastewater (SWW), which need to be properly treated. Conventional coagulants like iron and aluminium are not biodegradable and have been considered a human and environmental health concern. The objective of this study was to investigate the use of an organic based polymer (NovFloc) replacing the ferric chloride in the coagulation process for the treatment of slaughterhouse wastewater after primary treatment. Preliminary tests were performed to define operating parameters (pH and coagulant concentration), based on the COD reduction. From these results, the assays defined by a CCRD allowed to define the optimal operating parameters for each coagulant, which were pH 7.0 and concentration 6.0 mL.L⁻¹ for NovFloc and pH 4.5 and concentration 100.0 mg.L⁻¹ for ferric chloride. From the assays carried out under optimal conditions for each coagulant it was concluded that the NovFloc was significantly more effective in SWW treatment, presenting as

an effective and promising alternative to the use of ferric chloride.

KEYWORDS: NovFloc, coagulation, ferric chloride.

AVALIAÇÃO DO USO DE UM POLÍMERO DE BASE ORGÂNICA PARA SUBSTITUIR O COAGULANTE INORGÂNICO NO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS DO MATADOURO

RESUMO: As indústrias de alimentos, especialmente os matadouros, geram uma grande quantidade de águas residuais, que precisam ser tratadas adequadamente. Coagulantes convencionais como ferro e alumínio não são biodegradáveis e foram considerados uma preocupação de saúde humana e ambiental. O objetivo deste estudo foi investigar o uso de um polímero de base orgânica (NovFloc) em substituição ao cloreto férrico no processo de coagulação para o tratamento de águas residuais de matadouros após tratamento primário. Testes preliminares foram realizados para definir parâmetros operacionais (pH e concentração de coagulantes), com base na redução de DQO. A partir desses resultados, os ensaios definidos por um CCRD permitiram definir os parâmetros operacionais ideais para cada coagulante, que foram pH 7,0 e concentração 6,0 mL.L⁻¹ para NovFloc e pH 4,5 e concentração 100,0 mg.L⁻¹ para cloreto férrico. A partir dos ensaios realizados em condições ótimas para cada coagulante, concluiu-se que o NovFloc foi significativamente mais eficaz no tratamento das águas residuais, apresentando-se como uma alternativa eficaz e

promissora ao uso de cloreto férrico.

PALAVRAS-CHAVE: NovFloc, coagulação, cloreto férrico.

1 | INTRODUCTION

The meat processing industry is one of the major consumers of freshwater among food and beverage processing facilities (DE SENA et al., 2009) and produces large volumes of slaughterhouse wastewater (SWW) due to the slaughtering of animals and cleaning of the slaughterhouse facilities and meat processing plants (BUSTILLO-LECOMPTE, MEHRVAR, 2015).

The effluent generated in refrigerators has a high amount of organic matter, suspended solids and colloids (ORSSATTO, 2017). Among the most common methods used in SWW treatment is coagulation (SANCHIS et al., 2003), that is a process used in the wastewater treatment for removal of color, turbidity and natural organic matter (HUANG; SCHWAB; JACANGELO, 2009).

Coagulation is the process of destabilizing colloids and other particles that usually appear dispersed in water (BELTRÁN-HEREDIA; SÁNCHEZ-MARTÍN; DÁVILA-ACEDO, 2011, HAMEED et al., 2016). This process is a chemical treatment as it implies the addition of a coagulant. Typical coagulant agents that have been used to treat SWW are inorganic salts such as aluminum sulfate, ferric chloride, ferric sulfate, and aluminum chlorohydrate (BELTRÁN-HEREDIA; SÁNCHEZ-MARTÍN; DÁVILA-ACEDO, 2011, BUSTILLO-LECOMPTE, MEHRVAR, 2015).

Conventional coagulants like Al^{3+} and Fe^{3+} are not biodegradable and are difficult to neutralise. The use of these chemicals in the coagulated wastewater have been considered a human and environmental health concern (KLIMEK et al., 2013, MANGRICH et al., 2014, ALJUBOORI et al., 2015). Many efforts are focused on providing environmental friendly alternatives for these conventional coagulants (HAMEED et al., 2016).

Of great importance and promising role is the use of cationic polyelectrolytes as primary coagulant, or as a partial substitute for conventional inorganic coagulants, such as aluminum or iron salts. In both cases, such polymers offer significant benefits in terms of a very low flake volume for disposal (lower treatment costs and sludge disposal) and a more consistent treatment performance due to the relative insensitivity of polymer characteristics to the change in pH of raw water (GRAHAMA et al., 2008).

NovFloc 1540[®], a commercial coagulant produced by NOVTEC[®], is a polyelectrolyte of small molecular size strongly cationic, an aqueous solution of polyelectrolytes derived from amines, polyquaternary resins and salts. It can be used diluted or the original concentration. It has an approximate pH of 3 to 6 and viscosity of 100-2000 mPa.s. Its hydrolysis resistance allows its action on a wide pH range.

The objective of this study was to investigate the use of organic based polymer

NovFloc at the replacing of the ferric chloride in the coagulation process to treat SWW after primary treatment.

2 | MATERIALS AND METHODS

2.1 Reagents

Ferric chloride hexahydrate ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) P.A. and potassium dichromate P.A. from Alphatec (Macaé, Brazil). NovFloc 1540[®] from Novtec (Biguaçu, Brazil). Silver Sulfate P.A. and mercury sulfate from Qhemis, Hexis (Jundiaí, Brazil). For determination of phosphorus, TOC, nitrogen and iron, reagent sets were used for HACH analysis (Loveland, EUA) purchased from HEXIS.

2.2 Sample study

The wastewater used in this study was previously submitted to the primary treatment in the industry itself, with static screens and decanters, and it was then collected after this stage of treatment. The collection and conditioning procedures followed NBR 9898/1987 of the Brazilian Association of Technical Standards (ABNT, 1987).

2.3 Coagulation process

The coagulation assays were conducted in batch mode at room temperature ($25 \pm 1^\circ\text{C}$) on jar test equipment. For each coagulant investigated the operating variables evaluated were the coagulant concentration and the reaction pH.

The coagulation process consisted of the addition of the coagulating agent in the desired concentration to the effluent, with subsequent adjustment of the pH, with the aid of sulfuric acid and sodium hydroxide solutions, in concentrations of 5; 1 e 0,1 mol.L⁻¹. In the rapid stirring step, the samples were shaken at 120 rpm for 3 minutes (Bongiovani et al., 2010), And then the slow stirring step was started at 25 rpm for 60 minutes (Coral et al., 2010; Affam et al., 2014). Subsequently, the agitation was interrupted and the decantation stage of the flakes formed was started, for a period of 60 minutes (El-Gohary et al., 2009). The treated sample (supernatant) was collected for characterization analysis.

Preliminary tests (not presented) with SWW have made it possible to narrow the range of operational parameters for NovFloc (pH de 7.0 a 12.0 and concentration of 1 a 6 mL.L⁻¹) and for the FeCl_3 (pH de 3 a 7 and concentration of 100 a 600 mg.L⁻¹).

2.4 Experimental planning

Central Composite Rotational Design (CCRD) 2² to 04 (four) axial points and three (03) center points was used for optimisation of experimental parameters (pH and CC) for each coagulant investigated. The levels of the variable factors in the experiment and the experimental design with the parameters in coded and real terms are presented in Table 1.

The response variable was the chemical oxygen demand (COD) removal percentage.

Treatment	Real Value (Coded Value)			
	NovFloc		FeCl ₃	
	pH	CC (mL.L ⁻¹)	pH	CC (mg.L ⁻¹)
1	7.87(-1)	2.45(-1)	3.43(-1)	172.70(-1)
2	12.13(+1)	2.45(-1)	5.57(+1)	172.70(-1)
3	7.87(-1)	4.55(+1)	3.43(-1)	527.30(+1)
4	12.13(+1)	4.55(+1)	5.57(+1)	527.30(+1)
5	7.00(-1.41)	3.50(0)	3.00(-1.41)	350.00(0)
6	13.00(+1.41)	3.50(0)	6.00(+1.41)	350.00(0)
7	10.00(0)	1.00(-1.41)	4.50(0)	100.00(-1.41)
8	10.00(0)	6.00(+1.41)	4.50(0)	600.00(+1.41)
9	10.00(0)	3.50(0)	4.50(0)	350.00(0)
10	10.00(0)	3.50(0)	4.50(0)	350.00(0)
11	10.00(0)	3.50(0)	4.50(0)	350.00(0)

Table 1 – Coded and real values in the central composite design and corresponding responses.

Response surface (RS) methodology was used to optimize the studied parameters. With RS, the interaction of possible influencing parameters on COD removal percentage can be evaluated with a limited number of planned experiments.

With CCRD and RS allowed the appropriate operational parameters indication for each coagulant investigated in the SWW treatment by coagulation process. The Novfloc the defined condition was pH 7.0 and CC 6 mL.L⁻¹ and for FeCl₃ of pH 4.5 and CC 100 mg.L⁻¹. The tests were set (in triplicate) under the conditions defined by the CCRD to compare the efficiency of both coagulants.

2.5 Analytical methods

Analysis characterization of samples (Table 2) were performed according to the methods described by *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA/AWWA/WEF, 2012).

Analysis	Unit	Method
Chemical Oxygen Demand (COD)	mg.O ₂ .L ⁻¹	Colorimetric Closed Reflux
Real Color	mg.Pt.Co.L ⁻¹	Platinum Cobalt
pH	-	Potentiometric
Turbidity	NTU	Nephelometric
Total Ferric	mg.Fe.L ⁻¹	Colorimetric o-Phenanthroline
Total Phosphorus	mg.P.L ⁻¹	Ascorbic Acid
Ammoniacal Nitrogen	mg.L ⁻¹	Salicylate

Table 2 – Characterization analyzes of the SWW samples.

2.6 Statistical analysis

Statistical analysis was performed using the Tukey test with a significance level of 95% and analysis of variance (ANOVA), using as a tool the program STATISTICS 7.0 for generate response surface.

3 | RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Operating parameters evaluation

3.1.1 *NovFloc Coagulant*

COD removal (%) values obtained as response from the CCRD assays (Table 1) were used as a function of the variables pH and CC to construct RS presented in Figure 1.

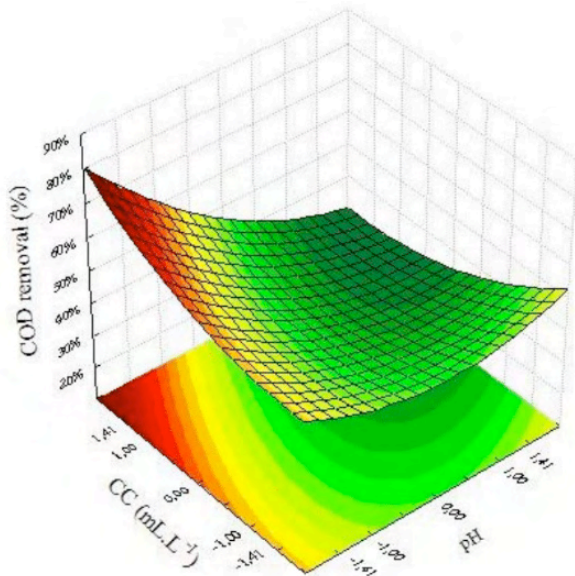


Figure 1 – RS with coagulant NovFloc for COD removal (%) as a function of pH and CC.

According to the analysis of Figure 1, the higher COD removal percentages occurred at the -1.41 level (coded value) for the pH and +1.41 for the CC, which correspond respectively to the real values of 7.0 and 6 mL.L⁻¹. The data analysis of regression coefficients obtained from CCRD responses are presented in Table 3.

Coefficients	Effects	Regression coefficient	Average	value t	p-value
Media	38.66	38.66	3.65	10.58	0.0001
X1 (L)	-13.71	-6.85	4.48	-3.05	0.0281
X1 (Q)	4.84	2.42	5.34	0.90	0.4061
X2 (L)	0.44	0.22	4.48	0.09	0.9249
X2 (Q)	3.84	1.92	5.34	0.71	0.5045
X1X2	-6.00	-3.00	6.32	-0.94	0.3866

X₁ pH; X₂ CC; p≤0.05; L – linear term; Q – quadratic term F_{cal} = 9.36; R²=69.35%.

Table 3 – Regression coefficients for COD removal (%) with NovFloc coagulant.

Although the data (Table 3) indicate that none of the variables were significant for the evaluated response (COD removal), it was possible to evaluate the effects. The positive effect obtained for CC variable means that a CC increase also results in a response increment, in other words, a higher COD removal. This indication suggests its use in the highest level. On the other hand, for the pH variable, the value obtained from the linear term was higher (in magnitude) than quadratic term value, so the effect can be treated as

negative. Thus, a pH reduction results in increased COD removal, which indicates the use of pH at the lower levels for greater process efficiency. Based on this effects analysis the previous evaluation based on RS (Figure 1) was confirmed and the optimal condition for use of the NovFloc coagulant in SWW treatment was suggested as pH 7.0 and CC 6 mL.L⁻¹.

3.1.2 Ferric chloride coagulant

Results of COD removal (%) obtained at the CCRD treatments in coagulation assays performed with FeCl₃, which are presented in Table 1, were used to construct RS as a function of the variables investigated (Figure 2).

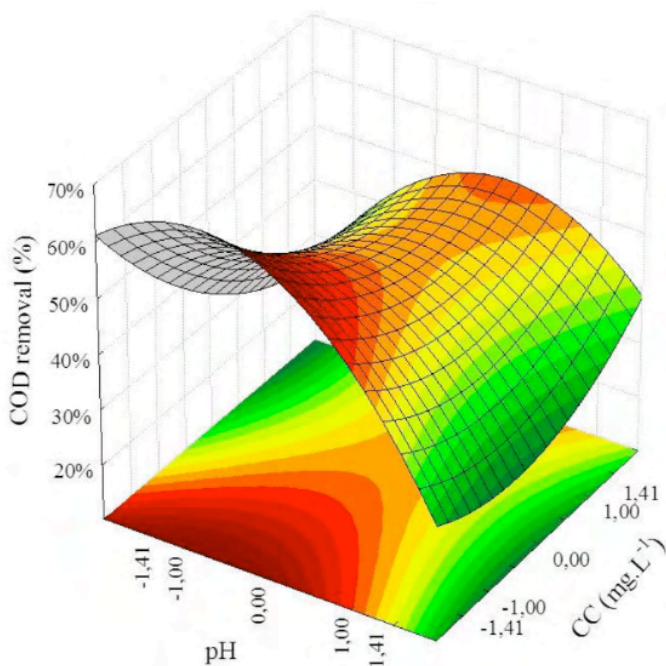


Figure 2 – RS with coagulant FeCl₃ for COD removal (%) as a function of pH and CC.

RS' analysis (Figure 2) shows that the best COD removal results were obtained at the lower level (-1.41, coded value) for the CC variable, while for the pH this fact occurred in a range between lower level and central point (-1.41 to 0, coded value). The regression coefficients analysis of COD removal results are presented in Table 4.

Coefficients	Effects	Regression Coefficient	Average	Value t	p-value
Media	50.09	50.09	7.90	6.33	0.2976
X1 (L)	-4.12	-2.06	4.85	-0.42	0.6886
X1 (Q)	-9.70	-4.85	5.78	-0.83	0.4401
X2 (L)	-7.19	-3.59	4.85	-0.74	0.4914
X2 (Q)	4.01	2.00	5.78	0.34	0.7427
X1X2	5.53	2.76	6.84	0.40	0.7026

X₁ pH; X₂ CC; p≤0.05; L – linear term; Q – quadratic term F_{cal} = 0.18; R²=28.35%.

Table 4 – Regression coefficients for COD removal (%) with FeCl₃ coagulant.

SWW treatment with FeCl₃ was not significantly affected by the investigated variables in the same way reported for the NovFloc coagulant. Nevertheless, the effects evaluation allowed the most appropriate conditions indication for the process.

The pH had a negative effect, which would suggest in a first analysis its use in the lower level. However, in the concomitant analysis of RS (Figure 2) with the regression coefficients (Table 4), it was decided by the central point (pH 4.5) indication as the most appropriate condition for the process, since this condition also presented a good response for the COD removal. This decision was based in the fact that this value is closer to the SWW' pH, hence a smaller reagent amount is required to the pH adjustment.

According Table 4 data, linear term value for CC variable was higher (in magnitude) than quadratic term obtained, which indicates a negative effect, namely a CC reduction results in an increment of the COD removal efficiency. Therefore, for this variable it was suggested to use the lower level (100 mg.L⁻¹).

3.2 Suggested operationl parameters assays

The CCRD allowed the appropriate operational parameters indication for each coagulant investigated in the SWW treatment by cogulation process (Table 5).

Coagulant	pH	CC
NovFloc	7.0	6 mL.L ⁻¹
FeCl ₃	4.5	100 mg.L ⁻¹

Table 5 – Appropriated conditions for the SWW treatment by cogulation process with NovFloc and FeCl₃ coagulant.

According to analysis of the pH suggested for the SWW treatment (Table 5), the range established by legislation (BRAZIL, 2011) of pH between 5 and 9 is satisfied for the NovFloc coagulant, without pH adjustment requeriment, as opposed to the coagulant FeCl₃, which requires pH adjustment before disposal. SWW was treated under suggested conditions for each coagulant investigated and the characterization analyzes results are presented in

Table 6. Additionally total iron analysis for the SWW treated with ferric chloride coagulant ($4.86 \pm 1.20 \text{ mg.L}^{-1}$) was performed and it shows that this treatment obeys satisfactorily the maximum limit established by legislation of 15.00 mg.L^{-1} (BRAZIL, 2011).

Removal (%)	Coagulant	
	NovFloc	FeCl ₃
COD	73.25 ^a ± 0.01	46.32 ^b ± 0.07
Color	96.65 ^c ± 0.96	86.86 ^d ± 0.03
Turbidity	98.94 ^e ± 0.001	84.66 ^f ± 0.03
Phosphorus	98.35 ^g ± 0.02	61.87 ^h ± 0.16
Ammonia Nitrogen	34.24 ^k ± 6.65	6.08 ^l ± 2.36

* Values followed by the same letter in a line do not significantly different at the 95% probability by Tukey test.

Table 6 – Characterization analyzes for SWW samples at the treatment under suggested conditions.

The percentage removal results (Table 6) of COD, color, turbidity, phosphorus and ammoniacal nitrogen indicated that the NovFloc coagulant use for SWW treatment resulted in a significantly higher efficiency for all evaluated parameters than the SWW treated with FeCl₃. NovFloc is an environmental friendly promising and effective alternative to the use of inorganic coagulants.

4 | CONCLUSIONS

Based on the results obtained using NovFloc and ferric chloride as coagulants, the following suggestions may be made for the physical–chemical treatment of a SWW by coagulation. The satisfactory doses of coagulants were 6 mL.L^{-1} and 100 mg.L^{-1} for NovFloc and FeCl₃, respectively. The optimal pH for the coagulants was 7.0 for NovFloc and 4.5 for FeCl₃.

NovFloc is presented as an effective treatment agent for SWW and the use of them increases significantly the coagulation process efficiency compared to ferric chloride, still reducing the amount of coagulant required for the treatment and dispensing the requirement of pH adjustment for SWW disposal after treatment. COD reduction achieves up to 73% with relatively low coagulant dosages while color, turbidity and phosphorous reduction achieves up to 96%. The cationic polyelectrolyte NovFloc was presented as an attractive alternative to the use of ferric chloride for the SWW treatment, without damages to health and environment.

REFERENCES

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9898**: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1987.

AFFAM, A. C.; CHAUDHURI, M.; KUTTY, S. R. M.; MUDA, K. UV Fenton and sequencing batch reactor treatment of chlorpyrifos, cypermethrin and chlorothalonil pesticide wastewater. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 93, p. 195- 201, 2014.

ALJUBOORI, A. H. R.; IDRIS, A.; AL-JOUBORY, H. H. R.; UEMURA, Y.; ABUBAKAR, B. S. U. I. Flocculation behavior and mechanism of bioflocculant produced by *Aspergillus flavus*. **Journal of Environmental Management**, v. 150, p. 466–471, 2015.

APHA, AWWA, WEF. **Standard Methods for examination of water and wastewater**. 22nd ed. Washington: American Public Health Association; 2012, 1360 pp. ISBN 978-087553-013-0

BELTRÁN-HEREDIA, J.; SÁNCHEZ-MARTÍN, J.; DÁVILA-ACEDO, M. A. Optimization of the synthesis of a new coagulant from a tannin extract. **Journal of Hazardous Materials**, v. 186, p. 1704–1712, 2011.

BONGIOVANI M. C., KONRADT-MORAES L. C., BERGAMASCO R., LOURENÇO B. S. S. E TAVARES C. R. G. Os benefícios da utilização de coagulantes naturais para a obtenção de água potável. **Acta Scientiarum. Technology**. Maringá, v. 32, n. 2 p. 167-170, 2010.

BRAZIL. CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Nº 430, de 13 de maio de 2011**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: nov 2013.

BUSTILLO-LECOMPTE, C. F.; MEHRVAR, M. Slaughterhouse wastewater characteristics, treatment, and management in the meat processing industry: A review on trends and advances. **Journal of Environmental Management**, v. 161, p. 287–302, 2015.

CORAL, L. A.; BERGAMASCO, R. R.; BASSETTI F. J. Estudo da Viabilidade de Utilização do Polímero Natural (TANFLOC) em Substituição ao Sulfato de Alumínio no Tratamento de Águas para Consumo. **2nd International Workshop, Advances in Cleaner Production**. São Paulo: 2010.

DE SENA, R. F.; TAMBOSI, J. L.; GENENA, A. K.; MOREIRA, R. F. P. M.; SCHRODER, H. FR.; JOSE, H. J. Treatment of meat industry wastewater using dissolved air flotation and advanced oxidation processes monitored by GC-MS and LC-MS. **Chemical Engineering Journal**, v. 152(1), 151–157, 2009.

EL-GOHARY, F. A.; BADAWY, M. I.; KHATEEB, M. A. EL.; KALLINY, A. S. EL. Integrated treatment of olive mill wastewater (OMW) by the combination of Fenton's reaction and anaerobic treatment. **Journal of Hazardous Materials**, v.162, p. 1536- 1541, 2009.

GRAHAMA, N.; GANGA, F.; FOWLER, G.; WATTS, M. Characterisation and coagulation performance of a tannin-based cationic polymer: A preliminary assessment. **Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects**, v. 327, p. 9–16, 2008.

HAMEED, Y. T.; IDRIS, A.; HUSSAIN, S. A.; ABDULLAH, N. A tannin-based agent for coagulation and flocculation of municipal wastewater: Chemical composition, performance assessment compared to Polyaluminum chloride, and application in a pilot plant. **Journal of Environmental Management**, v. 184, p. 494 – 503, 2016.

HUANG, H.; SCHWAB, K.; JACANGELO, J. G. Pretreatment for low pressure membranes in water treatment: a review. **Environmental Science and Technology**. v. 43, p. 3011–3019, 2009.

KLIMEK, B.; FIAŁKOWSKA, E.; KOCERBA-SOROKA, W.; FYDA, J.; SOBCZYK, M.; PAJDAK-STÓS, A. The Toxicity of Selected Trace Metals to *Lecane inermis* Rotifers Isolated from Activated Sludge. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 91, p. 330–333, 2013.

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 *Acaciamearnsii*. **Revista Virtual de Química**. Vv. XX6(, n. XX1), p. 2–15, 2013-2014.

ORSSATO, F. **Otimização do tratamento de efluente de matadouro e frigorífico de suínos pela eletrofloculação e combinação eletrofloculação/coagulação orgânica**. 103f. Tese (Doutorado). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2017.

SANCHIS, M. I. A.; SAÉZ, J.; LIORÉNS, M.; SOLER, A.; ORTUÑO, J. F. Particle Size Distribution in Slaughterhouse Wastewater Before and After Coagulation-Flocculation. **Environmental Progress**, v. 22(3), p. 183–188, 2003.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Água potável 46, 66, 67, 68, 69, 72, 77, 78, 80

Águas cinzas 22, 35

Águas negras 20, 22, 23, 33

Águas residuárias 35

Análises microbiológicas 20

Aterro sanitário 7, 9, 17, 18

B

Bacia hidrográfica 48, 49, 50, 51, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 62, 64, 65

Biofilme 29

C

Chorume 7, 9, 10, 13, 15, 17, 18

Cloração 81, 86, 87, 90

Cloreto férrico 37, 38

Coagulação 37, 38, 47, 82, 83, 84, 85

Coliformes termotolerantes 12, 20, 22, 26, 27, 33, 34

Consórcio Intermunicipal de Saneamento da Região Central de Rondônia (CISAN) 7, 8, 9, 18

Cor 11, 85, 86, 87

Corpos hídricos 20, 21, 22

D

Decantação 81, 82, 83, 84, 85

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) 11, 12

Demanda Química de Oxigênio (DQO) 11, 12, 24

Desenvolvimento sustentável 1, 8, 67, 79

E

Estação de Tratamento de Água (ETA) 80, 81, 82

Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) 91

F

Fitotoxicidade 20, 22, 23, 24, 30, 33

Flotação 81, 85

Fluoretação 81, 88, 90

Fossa séptica 20, 22, 23, 24, 28, 29, 31, 32, 33, 34

Fragilidade ambiental 48, 49

Fundação Nacional da Saúde (FUNASA) 21, 34, 35, 90

I

Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) 66, 74, 75, 79

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) 18, 66, 79

Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) 66, 78

L

Lagoa facultativa 10, 11, 13, 14, 16

Lixiviado 7, 9, 10, 13, 18

M

Micro-organismos patógenos 22

O

Oxigênio dissolvido 11, 13, 17

P

Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) 8, 18

Planejamento ambiental 48, 49, 50, 56

Polímero de Base Orgânica (NovFloc) 37

Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) 1

Programa Nacional de Saneamento Rural (PNRS) 22, 35

R

Reciclagem 2, 4, 5

Recursos naturais 48, 49

Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) 2

Resíduos sólidos 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 17, 18, 19, 33

Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) 7, 8, 9, 18, 19

S

Saneamento básico 8, 18, 19, 22, 35, 80, 81, 90

Saúde pública 17, 80, 88, 90

Sulfato de alumínio 46, 83, 84

T

Tanque de Evapotranspiração (TEVAP) 20, 22, 23, 35

Turbidez 12, 85



ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL:

RECURSOS HÍDRICOS & TRATAMENTO DE ÁGUA

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL:

RECURSOS HÍDRICOS & TRATAMENTO DE ÁGUA

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br