



188 – USO DE POLÍMEROS SINTÉTICOS E NATURAIS NO TRATAMENTO DE RESÍDUOS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Isadora Alves Lovo Ismail⁽¹⁾

Doutoranda em Tecnologia Ambiental, Mestre em Tecnologia Ambiental e Engenharia Química pela Universidade de Ribeirão Preto e Licenciada em Matemática pela Universidade de Franca.

Angela Di Bernardo Dantas⁽²⁾

Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento, Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento e Engenheira Civil pela Universidade de São Paulo.

Luiz Di Bernardo⁽³⁾

Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento, Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento e Engenheiro Civil pela Universidade de São Paulo.

Cristina Filomena Pereira Rosa Paschoalato⁽⁴⁾

Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento e Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo e Engenheira Química pela Universidade de Mogi das Cruzes.

Mateus Ancheschi Roveda Guimarães⁽⁵⁾

Mestrando em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos e Engenheiro Químico pela Universidade de Ribeirão Preto.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Costábile Romano nº 2201, Bloco D – Ribeirânia – Ribeirão Preto – SP – CEP: 14096-900 – Brasil – Telefone: (16) 3603-6718 – email: eng.isadoralovo@gmail.com

RESUMO

A água utilizada para consumo humano deve passar por tratamento para se tornar potável. Uma das tecnologias de tratamento de água mais utilizada no Brasil é a de ciclo completo, que contempla as etapas de coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção. Nesse tipo de tratamento, há a geração de resíduos em maior quantidade nas unidades de decantação e filtração, também denominados de lodos ou RETAs, que causam impactos ambientais quando lançados indevidamente nos mananciais sem tratamento. Uma alternativa muito utilizada para tratamento dos resíduos gerados em ETA é o adensamento por gravidade seguido do desaguamento por centrifugação, ambos com aplicação de condicionantes químicos, principalmente de polímeros, e o retorno da água recuperada ao início da ETA. No presente trabalho foi preparada uma amostra de água e submetida a ensaios de tratabilidade para a obtenção do lodo/resíduo. A partir do resíduo gerado, foram preparados "resíduos" com diferentes concentrações de sólidos suspensos totais (SST) e testados diferentes condicionantes químicos (polímeros sintéticos e naturais) nos ensaios de bancada de adensamento por gravidade e de desaguamento por centrifugação. Os resultados mostraram que os polímeros sintéticos foram mais eficientes que os polímeros naturais no adensamento por gravidade, e que quanto maior a concentração de SST no resíduo inicial, menores os valores para turbidez e sólidos totais da água clarificada, assim como velocidades maiores de clarificação e adensamento. Para o desaguamento por centrifugação, os polímeros sintéticos e naturais apresentaram resultados satisfatórios relacionados à turbidez do clarificado; em termos de concentração de SST no resíduo inicial, quanto maior a concentração, menor a quantidade de sólidos totais presentes no clarificado, assim como valores de carbono orgânico total e maior teor de SST na torta final. A remoção da turbidez chegou a a 99,9% para o resíduo de 23,9 g SST/L nos ensaios de desaguamento.

PALAVRAS-CHAVE: polímeros, resíduos de ETAs, tratamento de água.

INTRODUÇÃO

A tecnologia de tratamento utilizada em uma Estação de Tratamento de Água (ETA) depende principalmente de fatores relacionados à qualidade da água bruta. Para cada tipo de tecnologia utilizada, há a geração de resíduos de ETA, ou lodos de ETA, com características diferentes.

Atualmente, o maior problema ambiental enfrentado pelas ETAs está relacionado com os resíduos gerados pelo tratamento da água provenientes das descargas do decantador ou flotor e da lavagem dos filtros. Esses resíduos possuem compostos químicos que são prejudiciais ao meio ambiente e, portanto, necessitam de tratamento para posterior disposição final.

Existem diversas tecnologias de tratamento dos RETAs envolvendo adensamento e posterior desaguamento e cada uma delas possui suas características. Para esses tratamentos é necessária a adição de condicionantes químicos, chamados polímeros, os quais possuem como objetivo a retirada de água do resíduo, aumentando sua concentração e, conseqüentemente, diminuindo seu volume.

Os polímeros utilizados em estações de tratamento de água podem ser sintéticos ou naturais. Os polímeros naturais podem ser utilizados como auxiliares de floculação e filtração, já os sintéticos como auxiliares de coagulação e coagulantes primários. Podem ser classificados de acordo com a carga elétrica que possuem em solução aquosa (catiônicos, aniônicos ou não-iônicos), sua densidade de carga elétrica (baixa, média ou alta) e seu peso molecular (baixo, médio, alto ou muito alto). São utilizados para remoção de partículas das águas e no condicionamento de resíduos para otimizar o processo de remoção da água (DI BERNARDO *et al.*, 2008; GUIMARÃES, 2007; KIEBEL, 2002).

Para minimizar problemas ambientais ocasionados por polímeros sintéticos em ETAs, está sendo proposta a substituição desses polímeros por polímeros naturais originados, por exemplo, do tanino extraído da acácia negra, um produto natural e uma fonte renovável (MANGRICH *et al.*, 2013).

A utilização de coagulantes naturais gera benefícios na disposição final dos resíduos gerados, uma vez que não deixam metais pesados no resíduo da ETA, como os demais coagulantes, mas sim, compostos orgânicos que proporcionam outros tipos de disposição final a esse resíduo, como pátios de compostagem, lavoura, dentre outros. Muitos estudos foram e ainda estão sendo realizados em relação à utilização de coagulantes/polímeros naturais no tratamento de água para consumo humano.

O tanino é um coagulante/polímero (dependendo de sua utilização) natural biodegradável que pode substituir os coagulantes/polímeros sintéticos, resultando na ausência de metais pesados tanto na água tratada como no resíduo gerado na ETA, sendo obtido a partir de uma fonte de matéria-prima completamente renovável (casca da árvore acácia negra) (ÖZACAR *et al.*, 2003; RÄDER, 2015).

O uso de coagulante/polímero à base de tanino tem refletido positivamente em inúmeros aspectos. Além da ausência de metais pesados na água e no resíduo, sendo, portanto, menos agressivo ao meio ambiente, é também menos agressivo à saúde dos operadores e técnicos que o utilizam. Em muitos casos, não há a necessidade de aplicação de produtos químicos alcalinizantes para ajuste de pH, facilitando a operação da ETA. Ressaltando que o resíduo gerado no processo de tratamento da água é composto essencialmente de matéria orgânica, proporcionando maior facilidade de disposição final (RÄDER, 2015).

Para comprovar a eficácia do coagulante/polímero à base de tanino, pesquisas foram realizadas para compará-lo aos coagulantes/polímeros sintéticos. Pesquisadores, em diferentes estudos, verificaram que existe uma maior remoção de turbidez da água quando há a utilização de tanino como auxiliar de coagulação, formando um resíduo que pôde ser filtrado mais facilmente. O floco formado nas etapas de coagulação e floculação apresenta morfologia irregular, resultando superfícies de contato maiores em relação a outros coagulantes/polímeros, implicando em uma clarificação mais eficiente, com menor turbidez da água ao final do processo. No entanto, a utilização de coagulante/polímero natural deve ser monitorada pois, por ser um composto orgânico, pode reagir com o cloro durante a etapa de desinfecção e ser um precursor da formação de trihalometanos, assim como formar cloraminas orgânicas (ÖZACAR *et al.*, 2000, 2003; RÄDER, 2015).

Alguns órgãos como a ONU (Organização das Nações Unidas) e programas como o GII (Imperativos Globais de Inovação, do inglês Global Innovation Imperatives) estão propondo a utilização de coagulantes naturais, como os derivados de taninos, no tratamento de água e esgoto, atendendo, também, a alguns dos princípios da chamada química verde, pois a tecnologia a ser utilizada seria uma boa alternativa do ponto de vista ambiental e viável do ponto de vista técnico e econômico (MANGRICH *et al.*, 2013).

Os polímeros sintéticos catiônicos podem funcionar como coagulantes por neutralização de cargas ou adsorção e formação de pontes, ou ainda uma combinação dos dois mecanismos. Usualmente podem ser preparados através da co-polimerização de acrilamida com um monômero catiônico apropriado, resultando polímeros catiônicos de massa molecular relativamente alta. No entanto, seu uso requer atenção especial devido à sua toxicidade, uma vez que a presença de residual desses polímeros na água tratada representa risco à saúde (DI BERNARDO *et al.*, 2000).



A utilização de polímeros como auxiliares de floculação em uma ETA de ciclo completo ocasiona vantagens diretas e indiretas. Por aumentar a eficiência de remoção das partículas suspensas, há uma melhoria na qualidade das águas decantada e filtrada e redução do consumo de coagulante primário, ocasionando, portanto, um menor gasto com produtos químicos; por reduzir a concentração de sólidos suspensos totais na água filtrada, há o aumento da eficiência da desinfecção. Além disso, reduz o volume de lodo no decantador, uma vez que os polímeros “retiram” água desses resíduos, e proporciona maior flexibilidade de operação da ETA, dentre outros fatores (DI BERNARDO *et al.*, 2000).

OBJETIVOS

Gerar e caracterizar os resíduos sólidos gerados em uma estação de tratamento de água de ciclo completo e, em seguida, utilizar diferentes condicionantes químicos (polímeros sintéticos e naturais) para seu tratamento nas etapas de adensamento por gravidade e desaguamento por centrifugação.

METODOLOGIA UTILIZADA

Primeiramente, definiu-se que a água de estudo a ser utilizada seria preparada com a água do poço da Universidade de Ribeirão Preto (desclorada com a adição de tiosulfato de sódio) juntamente com sedimento coletado no fundo do Rio Pardo na cidade de Ribeirão Preto.

Esse sedimento coletado foi disposto em uma caixa para secagem e, posteriormente, peneirado. Em seguida, foi hidratado com a água desclorada para preparação de uma água bruta com turbidez próxima de 1000 uT.

Para geração dos resíduos sólidos foi adicionado coagulante PAC (Cloreto de Polialumínio) para simular a etapa de coagulação de uma ETA de ciclo completo, em dosagem pré-definida em ensaios de jarreste. Após etapa de coagulação, a água permaneceu em repouso por três horas para sedimentação dos sólidos suspensos. Decorrido esse tempo, o sobrenadante da caixa foi coletado e o resíduo permaneceu no fundo da caixa, sendo, em seguida, transferido para outro recipiente.

A partir do resíduo obtido, realizou-se a concentração para que fossem obtidas duas concentrações distintas para simular tanto a água de lavagem dos filtros (teor de sólidos em torno de 0,5 g SST/L) como o sedimento da descarga de fundo dos decantadores (teor de sólidos em torno de 25,0 g SST/L).

Geralmente, a água de lavagem dos filtros, por possuir menor concentração de sólidos, passa primeiramente pela etapa de adensamento por gravidade para, posteriormente, ser encaminhada para o desaguamento por centrifugação. Já o sedimento da descarga de fundo dos decantadores pode ser encaminhado diretamente para etapa de desaguamento por centrifugação por possuir um teor de sólidos mais elevado.

Nas etapas de adensamento por gravidade e desaguamento por centrifugação foram utilizados diferentes polímeros sintéticos (catiônico, aniônico e não iônico) e polímeros naturais (Tanfloc SL e Tanfloc SG) como condicionantes químicos, sendo, em diferentes dosagens, com concentração de 1,0 g/L.

Os ensaios de adensamento por gravidade foram conduzidos em colunas de sedimentação devidamente graduadas (provetas) com dosagens de polímeros utilizadas de 0,4; 0,8; 2,0 e 4,0 mg pol/g SST.

Os ensaios de desaguamento por centrifugação foram realizados em uma centrífuga de bancada da marca FANEM Excelsa Baby II modelo 206-R, com rotação de 3600 rpm com dosagens de polímeros utilizadas de 1,8; 2,6; 3,5 e 4,4 mg pol/g SST.

RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta todos os parâmetros avaliados na água de estudo que foi utilizada para a realização do ensaio de tratabilidade empregando o coagulante PAC com a finalidade de obter o resíduo para os ensaios de adensamento e desaguamento.

Tabela 1: Características da água de estudo utilizada para geração dos resíduos.

Parâmetro	Unidade	Valor
pH	-	6,74
Cor Aparente	uH	3353
Cor Verdadeira	uH	62
Turbidez	uT	998
Condutividade Elétrica	µs/cm	62
Alcalinidade	mg/L CaCO ₃	10,5
Carbono Orgânico Total	mg/L C	15,1
Ferro Dissolvido	mg/L Fe	1,06
Manganês Dissolvido	mg/L Mn	<0,01
Alumínio	mg/L Al	0,01
Sólidos Totais	mg/L	981

Os ensaios em jarreste (Figura 1) foram realizados para definição das condições de coagulação.

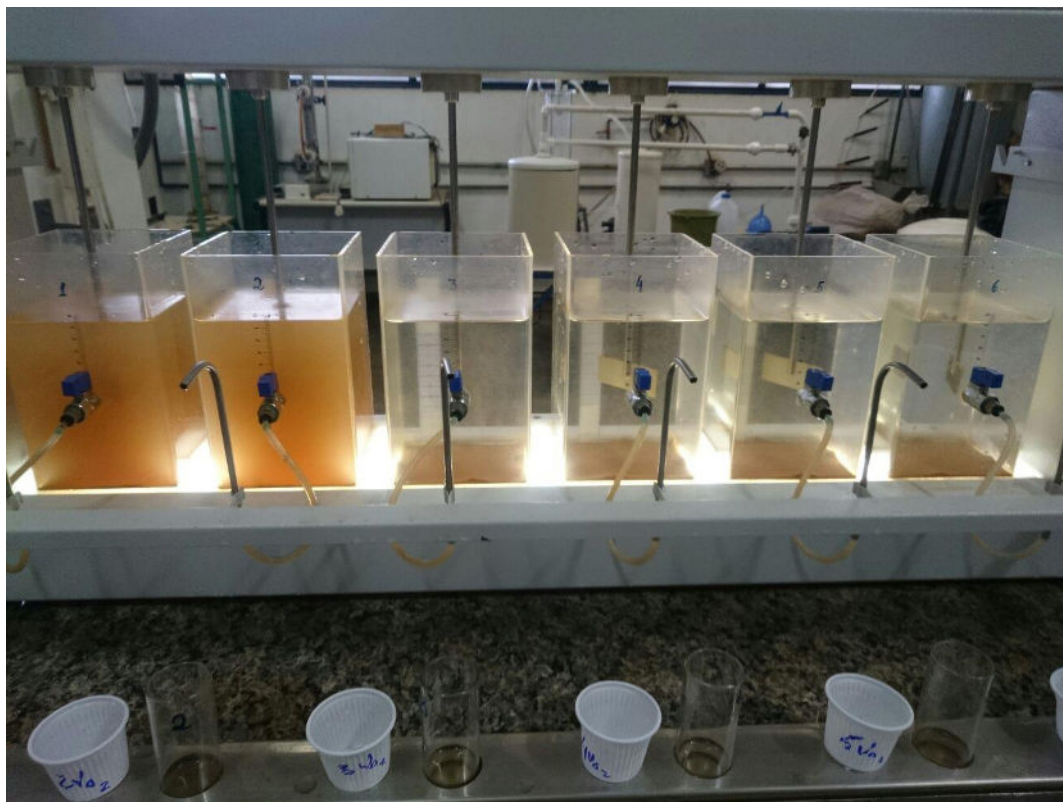


Figura 1: Ensaios em jarreste ao final da sedimentação.

As condições de coagulação (dosagem de PAC de 120 mg/L e pH de coagulação em torno de 7,0) foram aplicadas na água de estudo condicionada na caixa d'água para coagulação e geração do resíduo, o qual foi caracterizado segundo os parâmetros apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Características físico-químicas do resíduo de estudo.

Parâmetro	Unidade	Resíduo 0,5	Resíduo 25,0
pH	-	6,17	6,89
Cor Aparente	uH	5050	151000
Cor Verdadeira	uH	3	11
Turbidez	uT	600	46100
Condutividade Elétrica	µs/cm	55,7	161,7
Alcalinidade	mg/L CaCO ₃	26,0	38,3
Carbono Orgânico Total	mg/L C	11,12	901,8
Ferro Total	mg/L Fe	0,58	2280
Manganês Total	mg/L Mn	<0,01	530
Alumínio	mg/L Al	16	588
Ferro Dissolvido	mg/L Fe	<0,01	<0,01
Manganês Dissolvido	mg/L Mn	<0,01	<0,01
Sólidos Totais	mg/L	772	31805
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	147	7885
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	625	23920

Os ensaios de adensamento por gravidade podem ser vistos na Figura 2.

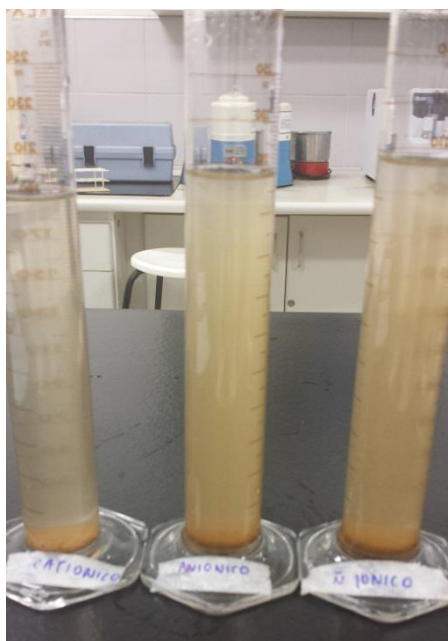


Figura 2: Fotos dos ensaios de adensamento por gravidade em provetas com resíduo de 0,63 g SST/L com adição de diferentes polímeros.

Os resultados obtidos para os ensaios de adensamento por gravidade para concentração de resíduo de 0,63 g SST/L com os polímeros catiônico, aniônico e não iônico foram inseridos em gráfico e as melhores dosagens estão apresentadas na Figura 3.

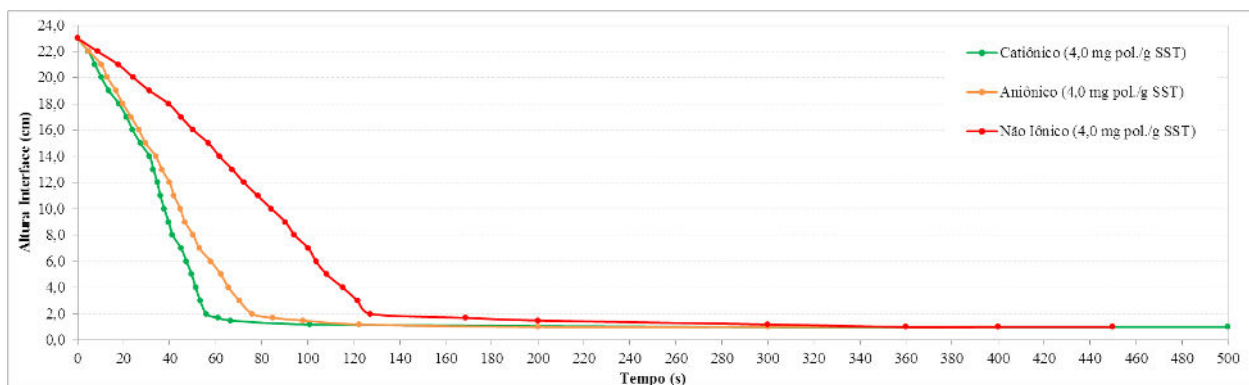


Figura 3: Curvas da interface de clarificação/adensamento do resíduo de 0,63 g SST/L para as melhores dosagens de polímeros.

Para o resíduo de 0,63 g SST/L, os polímeros naturais não apresentaram resultados satisfatórios e, portanto, não foram considerados. Na Figura 4 pode ser visto um ensaio de adensamento por gravidade em provetas com polímeros naturais. Nota-se que não houve a clarificação e o adensamento das partículas, para este caso específico com as dosagens utilizadas.

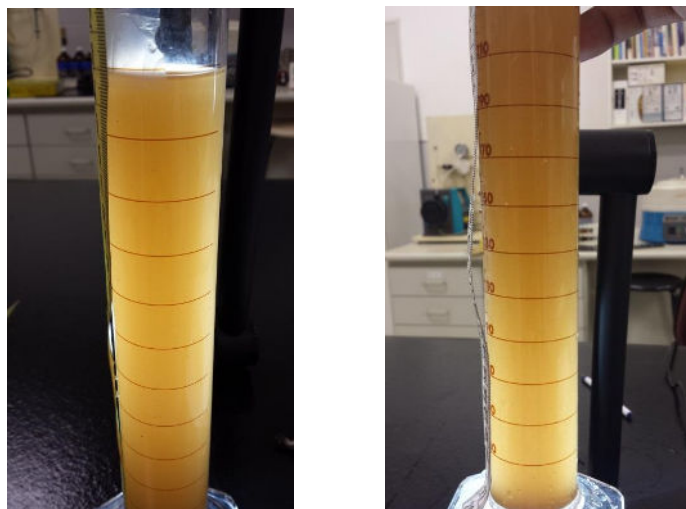


Figura 4: Fotos de ensaios de adensamento por gravidade em proveta com resíduo de 0,63 g SST/L com Tanfloc SL e SG, respectivamente.

A Tabela 3 apresenta a algumas características do sobrenadante do resíduo adensado com concentração inicial de 0,63 g SST/L.

Tabela 3: Características do sobrenadante do resíduo adensado com concentração inicial de 0,63 g SST/L.

Parâmetro	Unidade	Catiônico	Aniônico	Não Iônico
Turbidez	uT	152,0	643,0	268,0
Ferro Total	mg/L Fe	0,09	0,12	0,13
Manganês Total	mg/L Mn	<0,01	<0,01	<0,01
Alumínio Total	mg/L Al	0,13	0,05	0,10
Carbono Orgânico Total	mg/L C	5,7	11,6	5,8
Sólidos Totais	mg/L	158,0	334,0	210,0
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	66,7	161,3	65,3
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	91,3	172,7	144,7

De acordo com a Tabela 3, fica evidente que o polímero catiônico se sobressaiu em relação aos demais. Por exemplo, a turbidez do sobrenadante do catiônico resultou 152 uT, enquanto o aniônico e o não iônico resultaram 643 e 268 uT, respectivamente. No entanto, com as dosagens utilizadas no presente trabalho não foi possível obter um líquido clarificado com turbidez menor que 100 uT.

Outro ponto que merece destaque é a quantidade de sólidos presentes no sobrenadante do catiônico em relação aos demais, resultando um valor bem menor.

Sendo assim, a clarificação nos ensaios de adensamento com o resíduo com concentração de 0,63 g SST/L só foi possível com o uso de polímeros sintéticos, destacando-se o polímero catiônico, o qual resultou um clarificado com turbidez até quatro vezes menor que os outros, assim como sólidos totais na ordem de duas vezes menores.

O objetivo dos ensaios de adensamento foi gerar um resíduo com concentração final de 30,0 g SST/L pois é um valor adequado para a próxima etapa de tratamento (desaguamento por centrifugação). Para isso, utilizando-se as melhores dosagens de cada polímero e o método proposto por Talmage et al. (1955) e já utilizado por Di Bernardo et al. (2012), Patrizzi (1999), Souza Filho (1999) e Scalize (1997), conforme apresentado na revisão da literatura, foram elaborados os gráficos das Figuras 5, 6 e 7. Os parâmetros obtidos para que o resíduo com concentração inicial de 0,63 g SST/L fosse adensado até 30,0 g SST/L estão apresentados na Tabela 4.

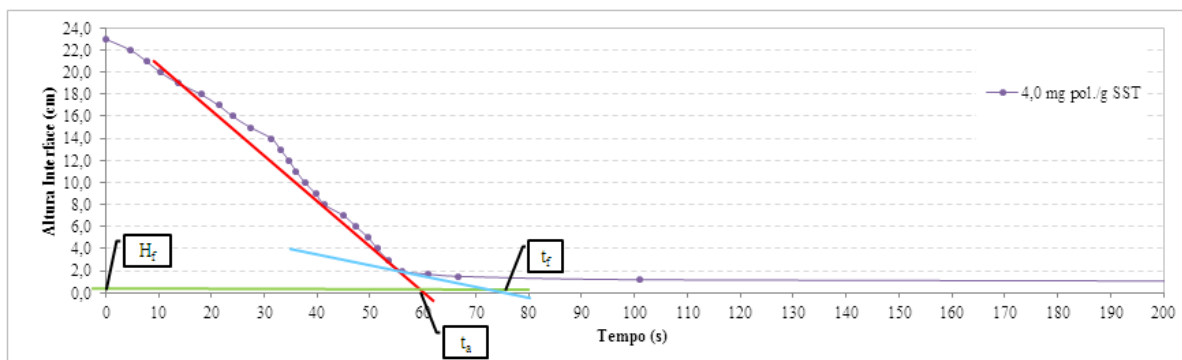


Figura 5: Método gráfico para determinação dos parâmetros de clarificação e adensamento do resíduo de 0,63 g SST/L com dosagem de 4,0 mg pol/g SST de polímero catiônico.

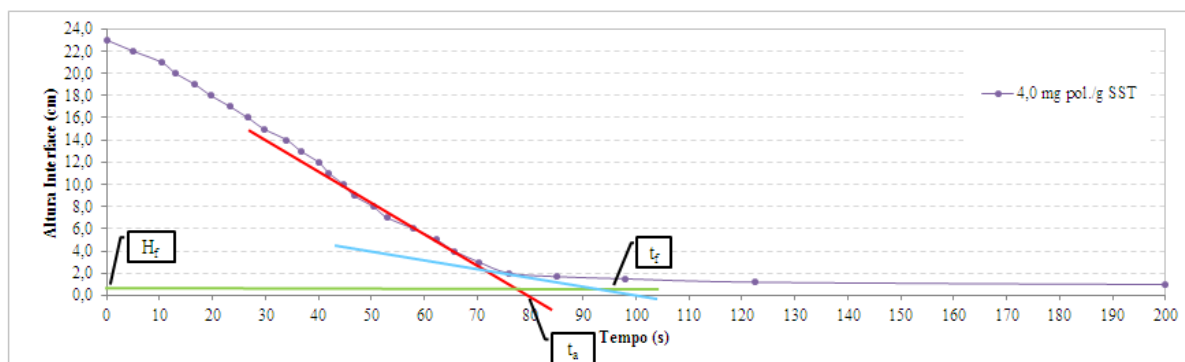


Figura 6: Método gráfico para determinação dos parâmetros de clarificação e adensamento do resíduo de 0,63 g SST/L com dosagem de 4,0 mg pol/g SST de polímero aniônico.

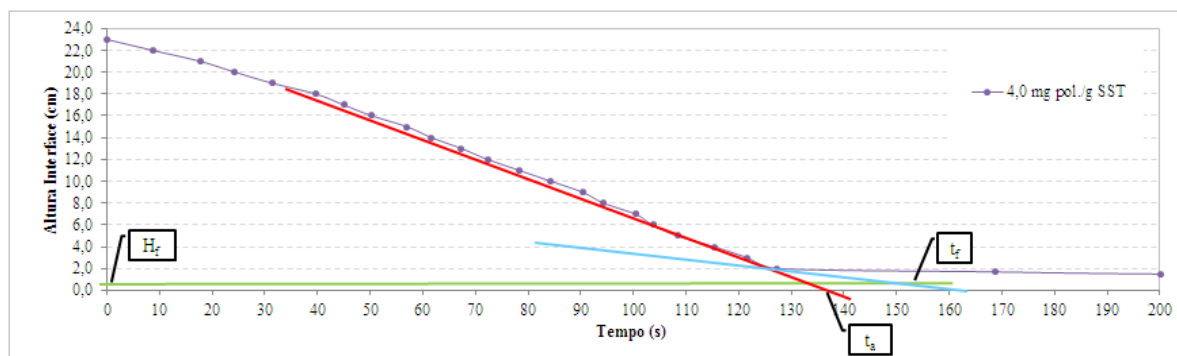


Figura 7: Método gráfico para determinação dos parâmetros de clarificação e adensamento do resíduo de 0,63 g SST/L com dosagem de 4,0 mg pol./g SST de polímero não iônico.

Tabela 4: Parâmetros obtidos no adensamento por gravidade para resíduo com concentração inicial de 0,63 g SST/L e final de 30,0 g SST/L.

Parâmetro	Unidade	Catiônico	Aniônico	Não Iônico
Tempo Final de Adensamento	s	77	98	155
Concentração Final do Resíduo	g SST/L	30,0	30,0	30,0
Velocidade Teórica de Clarificação	cm/min	23,0	17,3	10,0
Velocidade Teórica de Adensamento	cm/min	17,6	13,8	8,8

Os ensaios de desaguamento do resíduo por centrifugação foram realizados em centrífuga de laboratório, conforme descrito na metodologia.

A Figura 8 mostra balões volumétricos com lodo bruto após adição de diferentes dosagens de polímeros, uma vez que está visível a diferença de turbidez entre eles. Nota-se a sedimentação das partículas somente com a adição do polímero, antes mesmo da etapa de centrifugação.

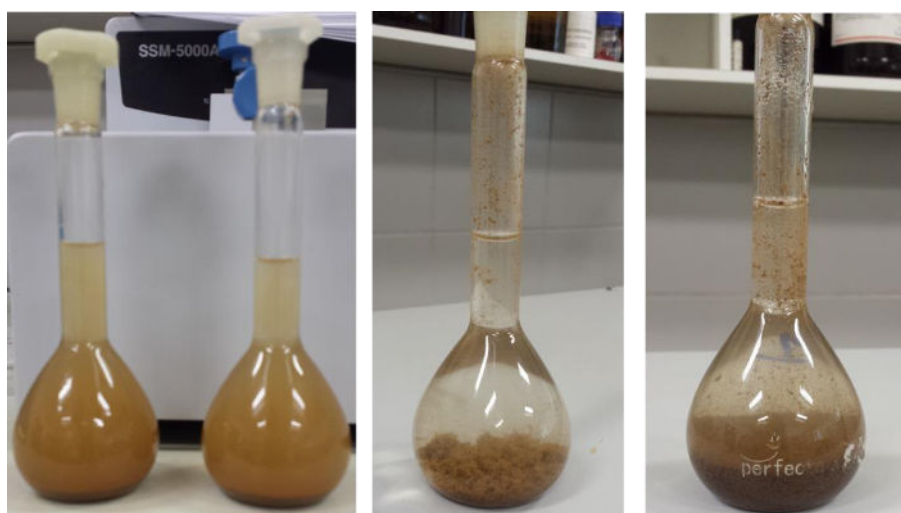


Figura 8: Aspectos visuais do resíduo após adição de diferentes dosagens de polímeros para realização dos ensaios de centrifugação.

A Figura 8(a) mostra a adição do polímero orgânico Tanfloc ao resíduo de estudo. Nas outras duas fotos (8 b e c) tem-se a adição de polímeros sintéticos diferentes, fato que fica visível devido à turbidez do sobrenadante.

Os ensaios de centrifugação podem ser vistos nas Figuras 9 e 10.

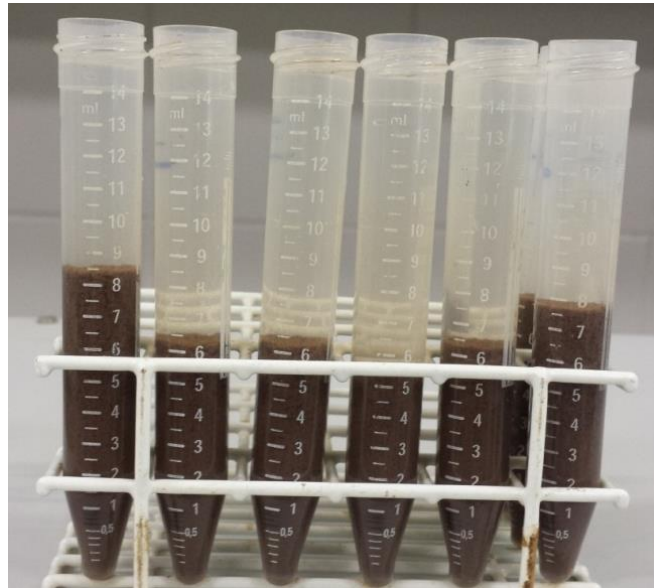


Figura 9: Preparação dos tubos graduados com fundo cônico utilizados nos ensaios de centrifugação com resíduo e polímero para realização dos ensaios de desaguamento em centrífuga.

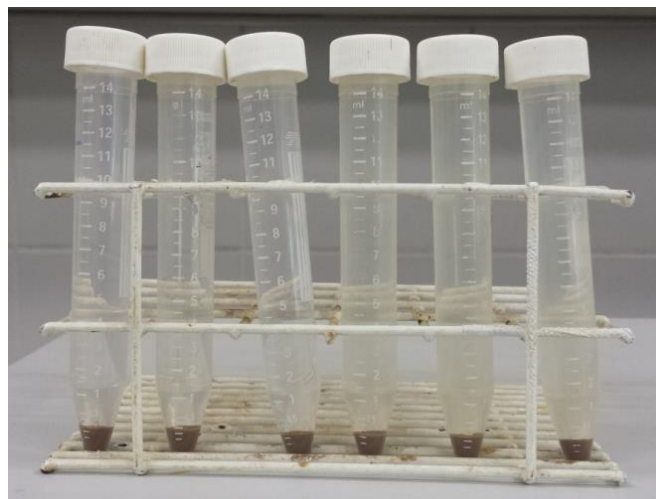


Figura 10: Tubos graduados com fundo cônico utilizados nos ensaios de centrifugação com resíduo após serem retirados da centrífuga.

Os resultados obtidos para os ensaios de desaguamento por centrifugação de resíduo com concentração de 23,9 g SST/L sem adição de polímero (branco) estão apresentados no gráfico da Figura 11.

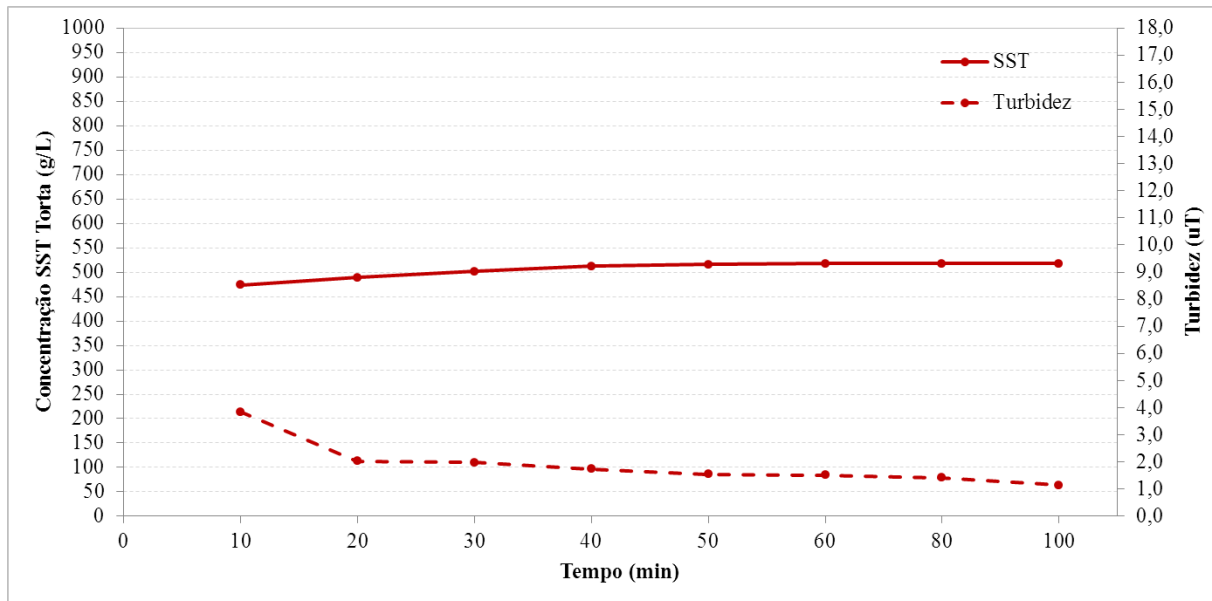


Figura 11: Variação da concentração de SST na torta e turbidez do sobrenadante em função do tempo de centrifugação sem polímero (branco) para desaguamento do resíduo de 23,9 g SST/L.

Os resultados obtidos para os ensaios de desaguamento por centrifugação para concentração de resíduo de 23,9 g SST/L com os polímeros sintéticos e naturais foram inseridos em gráfico e as melhores dosagens estão apresentadas na Figura 12.

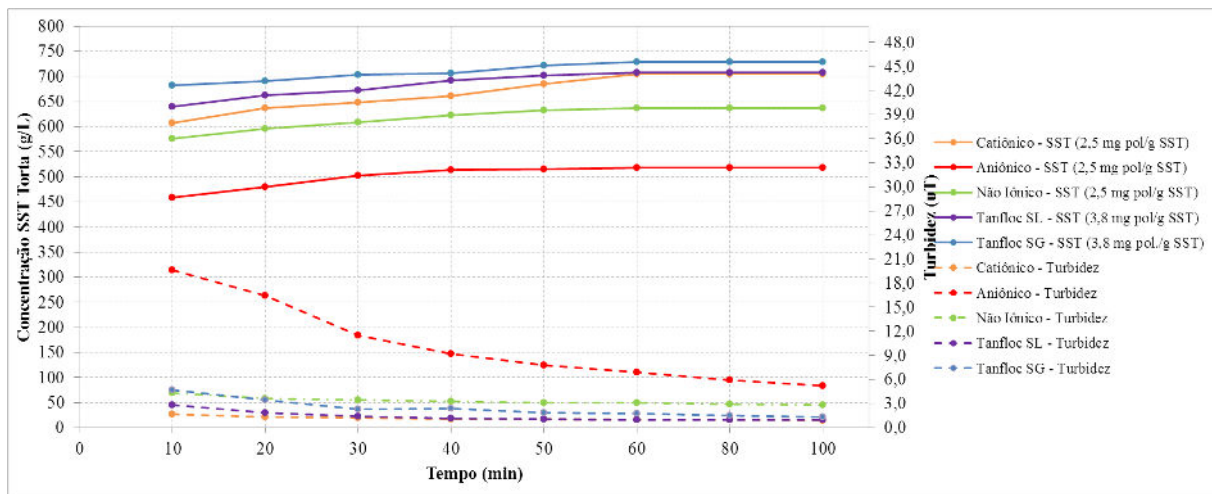


Figura 12: Melhores dosagens de polímeros para centrifugação do resíduo de 23,9 g SST/L.

Pode ser observado, na Figura 12, que a concentração da torta resultou, aproximadamente, a mesma a partir dos 60 minutos, com valores de turbidez dos sobrenadantes até 5,3 uT e concentração das tortas entre 515 e 730 g SST/L. Observa-se, também, que a partir de 10 minutos ocorreu aumento significativo da concentração de torta para todos os condicionantes químicos. Sendo assim, os ensaios com as melhores dosagens de polímeros foram repetidos apenas até 60 minutos para posterior caracterização, visto que após esse tempo não há alteração significativa na concentração da torta.

Fica evidente que a concentração da torta aumenta em função do tempo de centrifugação, assim como a turbidez do sobrenadante diminui.

Em relação aos polímeros sintéticos, o polímero catiônico se destacou, resultando uma torta de resíduo com concentração de, aproximadamente, 705 g/L com uma turbidez abaixo de 5,0 uT.



Já em relação aos polímeros naturais, o Tanfloc SG se destacou, resultando uma torta de resíduo com concentração de, aproximadamente, 730 g/L e turbidez abaixo de 5,0 uT.

Comparando os dois polímeros, catiônico e Tanfloc SG, nota-se que o segundo teve uma eficiência um pouco maior do que o primeiro. Sendo assim, o ideal para escolha entre eles poderia ser tanto o apelo ambiental como a viabilidade econômica. A utilização de polímeros naturais faz com que o resíduo tenha mais características orgânicas, diferentemente do polímero catiônico, que possui em sua composição acrilamida, um composto nocivo à saúde humana. Em relação à viabilidade econômica, deve-se fazer um estudo voltado para isso, analisando o custo de cada polímero e a quantidade a ser utilizada na ETA.

A Tabela 5 apresenta os parâmetros obtidos no desaguamento por centrifugação e a caracterização do sobrenadante para as melhores dosagens dos polímeros sintéticos.

A Tabela 6 apresenta os parâmetros obtidos no desaguamento por centrifugação e a caracterização do sobrenadante para as melhores dosagens dos polímeros naturais.

Tabela 5: Características dos sobrenadantes do resíduo centrifugado com concentração inicial de 23,9 g SST/L após 60 minutos de centrifugação e concentração final da torta para as melhores dosagens de polímeros sintéticos.

Parâmetro	Unidade	Branco	Catiônico	Aniônico	Não Iônico
pH	-	7,28	6,87	6,55	6,60
Cor Aparente	uH	37	8	33	5
Cor Verdadeira	uH	7	7	13	7
Turbidez	uT	6,53	1,91	3,98	1,09
Condutividade Elétrica	µs/cm	165,2	141,5	141,8	140,6
Alcalinidade	mg /L CaCO ₃	29,8	48,3	44,0	40,6
Carbono Orgânico Total	mg/L C	3,0	10,0	11,1	9,9
Ferro Total	mg/L Fe	0,06	<0,01	0,02	<0,01
Manganês Total	mg/L Mn	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Alumínio Total	mg/L Al	0,06	<0,01	0,01	<0,01
Sólidos Totais	mg/L	254,0	100,0	104,0	91,0
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	250,7	99,0	103,0	90,0
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	3,3	<1	<1	<1
Concentração Final da Torta	g SSTL	650,1	705,0	517,5	637,1

Tabela 6: Características dos sobrenadantes do resíduo centrifugado com concentração inicial de 23,9 g SST/L após 60 minutos de centrifugação e concentração final da torta para as melhores dosagens de polímeros naturais.

Parâmetro	Unidade	Branco	Tanfloc SL	Tanfloc SG
pH	-	7,28	7,29	7,16
Cor Aparente	uH	37	7	15
Cor Verdadeira	uH	7	5	12
Turbidez	uT	6,53	1,81	1,98
Condutividade Elétrica	µs/cm	165,2	146,7	146,7
Alcalinidade	mg CaCO ₃ /L	29,8	33,4	38,0
Carbono Orgânico Total	mg C/L	3,0	9,2	10,2
Ferro Total	mg Fe/L	0,06	<0,01	<0,01
Manganês Total	mg Mn/L	<0,01	<0,01	<0,01
Alumínio Total	mg Al/L	0,06	0,01	<0,01
Sólidos Totais	mg/L	254,0	119,0	103,0
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	250,7	118,0	102,0
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	3,3	<1	<1
Concentração Final da Torta	g SST/L	650,1	707,9	728,7

De acordo com as Tabelas 5 e 6, os valores de pH não sofreram muita alteração entre os sobrenadantes de cada um dos polímeros e o branco, apenas os sintéticos que resultaram um valor um pouco abaixo de 7,0. Nas cores aparente e verdadeira, os polímeros aniônico e Tanfloc SG resultaram valores maiores em relação aos demais. O uso de polímeros resultaram em valores de turbidez abaixo de 5,0 uT; somente no branco (sem adição de polímero), a turbidez ficou acima de 5,0 uT.

Outro ponto é em relação à condutividade elétrica, pois a adição dos polímeros ocasionou diminuição desse parâmetro em relação ao branco; entretanto, comportamento oposto foi observado na alcalinidade.

Destaca-se nas Tabelas 5 e 6 o parâmetro carbono orgânico total (COT). No ensaio em que não houve a adição de polímero (branco), o carbono orgânico total (COT) resultou um valor baixo, em torno de 3,0 mg/L de carbono, enquanto que os ensaios que utilizaram polímero resultaram valores em torno de 10,0 mg/L de carbono.

O alumínio do branco resultou um valor maior do que os ensaios em que foram utilizados polímeros, uma vez que o mesmo não foi todo “arrastado” para a torta de resíduo final, já que não foi muito concentrada.

O mesmo vale para os sólidos totais, em que os ensaios em que foram utilizados polímeros resultaram um sobrenadante com um valor menor do que o ensaio que não utilizou.

CONCLUSÕES

Para este caso específico, com as dosagens utilizadas de polímeros naturais nos ensaios de adensamento do resíduo de 0,63 g SST/L, não foram obtidos resultados satisfatórios. No entanto, pode ser que dosagens mais elevadas proporcionem bons resultados.

Nos ensaios de adensamento por gravidade as melhores dosagens de polímeros sempre foram as mais elevadas. Portanto, para esse tipo de resíduo estudado, maiores dosagens de polímeros geraram resultados mais satisfatórios.

Foi possível a remoção da turbidez em 75% do resíduo de 0,63 g SST/L pelo adensamento por gravidade, assim como a remoção de 80% dos sólidos totais.



Nos ensaios de desaguamento com o resíduo com concentração de 23,9 g SST/L, o polímero natural Tanfloc SG se destacou em relação aos demais em termos de teor de SST na torta e turbidez do clarificado, gerando uma torta com concentração final elevada e turbidez do sobrenadante baixa. Já em relação aos polímeros sintéticos, foi obtida concentração final de torta um pouco menor do que com o Tanfloc SG, mas com uma dosagem inferior, gerando um sobrenadante com turbidez baixa.

Nos ensaios de desaguamento em centrífuga observou-se um valor elevado de carbono orgânico total (COT) quando comparado aos ensaios em que não foi utilizado nenhum tipo de polímero.

Foi possível a remoção de 99,9% da turbidez do resíduo de 23,9 g SST/L nos ensaios de desaguamento em centrífuga.

O parâmetro cor aparente também foi 99,9% removido do resíduo de 23,9 g SST/L nos ensaios de desaguamento. Já a cor verdadeira também chegou a até 55% de remoção.

Os sólidos totais chegaram a 99% de remoção no resíduo de 23,9 g SST/L nos ensaios de centrifugação.

Recomenda-se estudo adicional para verificar os compostos responsáveis pelo elevado valor de Carbono Orgânico Total (COT) nos ensaios de desaguamento por centrifugação e dosagens mais elevadas de polímeros nos ensaios de adensamento por gravidade para verificar a possibilidade de maior remoção de turbidez do sobrenadante resultante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DI BERNARDO, A. S.; DI BERNARDO, L.; FROLLINI, E. Influência do Tempo de Aplicação de Polímeros na Eficiência da Floculação/Sedimentação. 27º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre, 2000.
2. DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D.; VOLTAN, P. E. N. Tratabilidade de Água e dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água. 1ª Edição. São Carlos: Editora LDiBe, 454 páginas, 2011.
3. DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D.; VOLTAN, P. E. N. Métodos e Técnicas de Tratamento e Disposição dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água. 1ª Edição. São Carlos: Editora LDiBe, 540 páginas, 2012.
4. DI BERNARDO, L.; SABOGAL PAZ, L. P. Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água. 1ª Edição. v. 1. São Carlos: Editora LDiBe, 878 páginas, 2008.
5. DI BERNARDO, L.; SABOGAL PAZ, L. P. Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água. 1ª Edição. v. 2. São Carlos: Editora LDiBe, 628 páginas, 2008.
6. FERREIRA FILHO, S. S., ALÉM SOBRINHO, P. Considerações sobre o Tratamento de Lodo de Estações de Tratamento de Água. 20º Congresso da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária. Rio de Janeiro, 1998.
7. GUIMARÃES, G. C. Estudo do Adensamento e Desidratação dos Resíduos Gerados na ETA-Brasília. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
8. KRIEBEL, G. Alimentación Química: El Problema con los Polímeros. Revista Agua Latinoamérica v. 2 nº 06, 2002.
9. LOVO, I. A. Avaliação do adensamento por gravidade e do desaguamento por centrifugação do lodo gerado pelo tratamento de água. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental, Universidade de Ribeirão Preto. Ribeirão Preto, 2016.
10. 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 Química Verde, v. 06, nº 01, p. 02-15, 2014.
11. ÖZACAR, M. ŞENGİL, I. A. Evaluation of tannin biopolymer as a coagulant aid for coagulation of colloidal particles. Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects v. 229, p. 85-96, 2003
12. PATRIZZI, L. J.; REALI, M. A. P.; CORDEIRO, J. S. Redução de volume de lodo gerado em decantadores de estações de tratamento de água, utilizando espessamento por flotação e por gravidade. 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, 1999.
13. PAVANELLI, G. Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada. Dissertação de Mestrado em Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2001.

14. RÄDER, A. S. Avaliação do uso de coagulante orgânico no tratamento de água potável para abastecimento público. 28º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, 2015.
15. REALI, M. A. P.; CORDEIRO, J. S.; PATRIZZI, L. J. Proposição de método para ensaios de remoção de água de lodos por centrifugação. 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, 1999.