



Água residuária gerada em tratamento de água de piscina e possibilidade de reúso agrícola




Wastewater generated from swimming pool treatment and agricultural reuse possibility

- **Data de entrada:**
10/08/2020
- **Data de aprovação:**
24/09/2020

Ricardo Alves Maurício^{1*} | Clédson Lucena de Araújo¹ | Solange Aparecida Goularte Dombroski¹ | DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2022.020>
Fiana Raissa Coelho Pereira¹ | Genevile Carife Bergamo¹

ORCID ID

Maurício RA  <https://orcid.org/0000-0002-4940-7149>
Araújo CL  <https://orcid.org/0000-0001-5516-8079>

Dombroski SAG  <https://orcid.org/0000-0002-9881-615X>
Pereira FRC  <https://orcid.org/0000-0002-4395-8054>
Bergamo GC  <https://orcid.org/0000-0002-8144-0010>

Resumo

Este trabalho teve por objetivos caracterizar e discutir a possibilidade de reúso agrícola da água de lavagem de filtros (ALAF) da piscina de um campus universitário e avaliar sua clarificação com e sem condicionamento químico, utilizando sementes de *Tamarindus indica* e cal. A qualidade da ALAF foi verificada em termos de parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e biológico. Foram realizados ensaios de clarificação por gravidade com dosagens 0 e 15 g/kg SST para os dois coagulantes. O *software* R foi utilizado para a análise de variância, com um nível de 5% de significância. Observou-se um potencial de reúso agrícola da ALAF após seu tratamento (para remoção de SST e alumínio total), desde que acompanhado de manejo da irrigação, para algumas culturas. Para as condições dos ensaios e requisitos da análise de variância, não houve diferença entre os coagulantes tamarindo e cal, bem como na interação destes com as dosagens, para turbidez e SST no sobrenadante e, SST e alumínio total do lodo.

Palavras-chave: Coagulantes naturais. Água de lavagem de filtro. Condicionamento químico. *Tamarindus indica*. Cal hidratada. Ensaios em escala de bancada.

Abstract

This essay's objective was to characterize and discuss the possibility of agricultural reusing of filter backwash water (FBW) from a swimming pool university campus and evaluating its clarification with and without chemical conditioning, using Tamarindus indica seeds and lime. FBW quality was verified in terms of physical, chemical, microbiological and biological parameters. Gravity clarification experiments were performed with dosages of 0 and 15 g/kg TSS for both coagulants. An analysis of variance was carried out with the R software, with 5% confidence level. It was observed that the FBW had potential for agricultural reusing after treatment for TSS and total aluminum, provided it was accompanied with irrigation management for selected agricultural crops. For experiments conditions and variance analysis requirements, there was not any difference between lime and tamarind coagulants, nor on the interactions between said coagulants and dosages, for supernatant turbidity and TSS, and sludge TSS and total aluminum.

Keywords: Natural coagulants. Filter backwash water. Chemical conditioning. *Tamarindus indica*. Hydrated lime. Bench scale experiment.

¹ Universidade Federal Rural do Semi-Árido - Mossoró - Rio Grande do Norte - Brasil.

* **Autor correspondente:** ricardoencivil@gmail.com.

1 INTRODUÇÃO

No contexto de desenvolvimento sustentável, os recursos hídricos e os serviços providos pelos mesmos contribuem para a diminuição da pobreza, para o crescimento econômico e para a sustentabilidade ambiental (UN-Water, 2015). Desde a segurança alimentar e energética até a saúde humana e ambiental, a água contribui para o bem-estar social e crescimento inclusivo, sendo que os desafios na interface água e desenvolvimento sustentável variam de uma região para outra (UN-Water, 2015).

No âmbito de gestão de recursos hídricos, o reúso pode contribuir para a conservação daqueles. Reúso de água pode ser definido como o uso de esgoto tratado para fins benéficos como, por exemplo, irrigação agrícola ou ornamental, reúso potável direto ou indireto (METCALF & EDDY, 2016). Considerando o aumento da geração de água residuária em decorrência do aumento da sua demanda, UN-Water (2017) ressaltou a importância da possibilidade de alterar a gestão de águas residuárias de “tratamento e eliminação” para “reúso, reciclagem e recuperação de recursos”.

Dentre os benefícios específicos ao reúso agrícola a partir de sistemas adequadamente planejados e administrados, citam-se a minimização das descargas de esgotos em corpos de água; a preservação dos recursos subterrâneos; a conservação do solo pela acumulação de húmus, aumentando a resistência à erosão; a contribuição ao aumento da produção de alimentos, elevando, assim, os níveis de saúde, qualidade de vida e condições sociais de populações associadas aos esquemas de reúso (HESPANHOL, 2003, HESPANHOL, 2008); a redução da utilização de fertilizantes artificiais na irrigação, proporcionando economia em relação a esses insumos (MOTA; VON SPERLING, 2009).

Como desvantagens do reúso de águas, é possível apontar a rejeição da população a essa

prática; os riscos de contaminação ambiental; os riscos de transmissão de doenças aos trabalhadores, manipuladores e consumidores de produtos gerados a partir de águas de reúso; a possibilidade de alterações nas características do solo, como, por exemplo, salinização, como consequência do reúso em irrigação; os possíveis danos às culturas, devido à presença de alguns compostos nas águas de reúso aplicadas à irrigação (MOTA; AQUINO; SANTOS, 2007).

A qualidade da água para reúso deve ser compatível com o uso a ser realizado. Pinto, Foresti e Marques Júnior (2006, p. 395) salientaram que “o mais importante fator para propor um sistema de reutilização de águas residuárias é que a qualidade da água seja adequada aos usos pretendidos”. “A qualidade da água utilizada e o objeto específico de reúso estabelecerão os níveis de tratamento recomendados, os critérios de segurança a serem adotados, os custos de capital, de operação e de manutenção associados” (HESPANHOL, 2003, p. 41).

No âmbito de melhoria de desempenho de estações de tratamento de esgotos, uma possibilidade é a precipitação química obtida pela adição de produtos químicos para modificar o estado físico de sólidos dissolvidos e sólidos em suspensão, assim como para facilitar a remoção por sedimentação (METCALF & EDDY, 2016). Dentre os produtos precipitantes, esses autores citam o alúmen, cal hidratada (hidróxido de cálcio) e cloreto férrico. Quanto à utilização de cal hidratada isoladamente como precipitante, considerando as reações com ácido carbônico, uma quantidade suficiente deve ser adicionada para combinar com todo o ácido carbônico livre e com o ácido carbônico dos bicarbonatos para produzir carbonato de sódio (*Ibid.*).

Quanto à demanda geral por água, entre os usos está a utilização e manutenção de piscinas. Nos termos da NBR 9816 (ABNT, 1987a, p. 3), piscina

é definida como “conjunto de instalações destinadas às atividades aquáticas, compreendendo o tanque e demais componentes relacionados com o seu uso e funcionamento”. Quanto à qualidade da água, a NBR 10818 (ABNT, 2016) estabelece critérios de qualidade microbiológica e físico-química. Ainda sobre a qualidade da água de piscinas, WHO (2006a) ressalta aspectos de saúde pública quanto a: controle da clarificação para minimizar perigos de fermento, controle da qualidade da água para evitar transmissão de doenças infecciosas e controle de perigos potenciais relacionados a subprodutos da desinfecção. Essas prioridades relacionadas à saúde pública podem ser obtidas por meio de uma combinação de ações, como tratamento da água, dentre outras (WHO, 2006a).

A utilização de produtos químicos necessários à floculação possibilita que os flocos sejam retidos no meio filtrante do sistema de filtração da piscina (HESPANHOL, 1975). Filtros de areia, filtros de diatomita e filtros diversos (meio filtrante diferente de areia ou diatomita) são mencionados pela NBR 10339 (ABNT, 1988), dentre as prescrições indicadas para piscinas. Essa norma apresenta diversas especificações para os filtros. A operação dos filtros de areia e diatomita requer a lavagem dos mesmos. Os filtros de areia, ainda de acordo com a NBR 10339, devem ser dotados de dispositivos indicando, conforme instruções do fabricante, a necessidade de limpeza do meio filtrante.

Dependendo da qualidade da água da piscina, o tratamento é executado com floculação, sedimentação e aspiração do sedimento acumulado no fundo da piscina. Dessa forma, o tratamento da água de piscina pode gerar água residuária que, em geral, é descartada no sistema de coleta de esgotos.

O tratamento da água de piscina pode envolver etapas tipicamente aplicadas ao tratamento

de água para consumo humano (por exemplo, coagulação, floculação, decantação, filtração, além de desinfecção). Assim, guardadas as devidas proporções de concentrações, já que uma piscina é, em geral, abastecida com água tratada e, em uma estação de tratamento de água, o afluente se origina de um manancial, observa-se uma certa similaridade entre os resíduos gerados nesses sistemas. Em uma piscina, pode ser gerada água residuária durante o tratamento de sua água como, por exemplo, a água aspirada do fundo e água de lavagem dos filtros. E, em uma estação de tratamento de água (ETA), dentre os resíduos gerados estão o lodo de decantadores e água de lavagem de filtros, os quais, segundo Achon, Barroso e Cordeiro (2013), são os principais resíduos gerados nessas estações. Quanto aos lodos de ETA, as unidades mais comuns para seu espessamento/adensamento são os espessadores por gravidade (sedimentadores) e por flotação por ar dissolvido (REALI; PATRIZZI, 1999). No âmbito de lodos de esgotos, os métodos de adensamento incluem: gravidade, flotação por ar dissolvido, decantador centrífugo, prensa desaguadora gravitacional e tambor rotativo (METCALF & EDDY, 2016). Para lodos de ETA que aplicam sais de ferro e de alumínio como coagulantes, é usual haver um condicionamento (físico ou químico) prévio para obtenção de um melhor desempenho das operações de redução da água presente nesses lodos (REALI, 1999). O condicionamento químico de lodo de ETA pode ser realizado pela adição de produtos químicos que favorecem a remoção de grande parte da água presente no lodo, como cal e polímeros, estes também chamados de polieletrólitos (*Ibid.*). Os polieletrólitos podem ser divididos em naturais e sintéticos (METCALF & EDDY, 2016).

Com relação a coagulantes poliméricos naturais, Oladoja (2015) apresentou uma revisão sobre a aplicação para tratamento de água e água residuária. Neste trabalho são apresentadas diversas informações (contexto, importância econômica,

base teórica para escolha do material, métodos de preparação do material, aplicações na purificação de água e água residuária e mecanismo de coagulação subjacente) para espécies de *Plantago*, *Phaseolus vulgaris*, Actinobacteria, derivados de amido, extratos polifenólicos naturais, extratos de sementes de bolota e de castanha, espécies de *Opuntia*, *Chitosan*, goma de sementes de *Ipomoea*, sementes de *Moringa oleífera*, sementes de *Cassia obtusifolia*, sementes de *Ocimum basilicum*, sementes de noz de *Sterculia lychnophora*, sementes de *Annona diversifolia* e de *Annona muricata*. O autor ressaltou a falta de evidência científica relacionada a tais coagulantes poliméricos naturais quanto às espécies coagulantes ativas, mecanismos de coagulação, efeitos toxicológicos, assim como a pobre avaliação da qualidade da água tratada, dentre outros. Yin (2010) também havia ressaltado a importância de conhecer os mecanismos subjacentes de coagulação associados com os coagulantes naturais para um completo entendimento de suas aplicações. Esse autor apresentou um panorama geral sobre fontes, processos e mecanismos envolvidos com alguns coagulantes naturais (sementes de *Trychnos potatorum*, *Moringa oleífera*, tanino e cacto). Dentre os agentes coagulantes ativos reconhecidos, em coagulantes naturais, está o ácido galacturônico presente em, por exemplo, cacto *Opuntia* (YIN, 2010).

No âmbito de potabilização de água em comunidades rurais ou isoladas, as tecnologias de tratamento de água devem apresentar simplicidade operacional, dentre outras características, uma vez que, normalmente, o próprio usuário é o responsável pela implantação e pelo monitoramento do sistema (ARANTES et al., 2015). A utilização de coagulantes naturais está entre os tipos de tecnologias indicadas para tal população (Ibid.). Esses autores compararam a aplicação de sementes de *Moringa oleífera* nas formas de sachê (sementes descascadas, trituradas e confinadas em sachês) e suspensão aquosa. Ainda

na área de potabilização de água, Carrasquero et al. (2019) investigaram a remoção de turbidez utilizando sementes de *Tamarindus indica* como coagulante natural.

Quanto ao tratamento de águas residuárias, Yin (2010) comentou que distintos estudos acadêmicos indicaram bom potencial de utilização de coagulantes naturais para tratamento de água residuária industrial. O autor apresentou resultados de vários estudos que sugeriram a possibilidade de utilização efetiva de coagulante de origem vegetal para tratar determinados efluentes contendo corantes. Além de efluentes com corantes, foram citados estudos com aplicação de coagulantes naturais para tratar efluente de curtume e esgotos com alta carga orgânica (YIN, 2010). A remoção de cor e turbidez de um efluente de abatedouro de aves foi avaliada em estudo de coagulação-floculação com aplicação de coagulantes naturais (LUCYK et al., 2015). Os melhores resultados observados por esses autores foram para tanino SG e SL com remoção superior a 80 e 90% de cor e turbidez, respectivamente. A possibilidade de aplicação de floculantes naturais de origem animal e vegetal em sistemas de tratamento de águas residuárias que incluem etapas de coagulação-floculação foi abordada também por Zaman (2018). O autor examinou o potencial de alguns floculantes naturais de origem vegetal (amido de mandioca, sementes de *Plantago ovata*, de *Moringa oleífera*, de *Tamarindus indica* e de *Durio zibethinus*) para o tratamento de águas residuárias. Dentre outras conclusões, o autor mencionou distintos desempenhos por floculantes naturais. Por exemplo, comparando pó de sementes de *Moringa oleífera* e de *Tamarindus indica*, observou-se melhor remoção de turbidez e sólidos totais pelo primeiro, enquanto o pó de sementes de *Tamarindus indica* apresentou maior remoção de metais pesados, de um efluente de indústria têxtil.

Este trabalho teve por objetivos caracterizar e discutir a possibilidade de reúso agrícola da água de lavagem de filtros (ALAF) da piscina da UFERSA - Mossoró e avaliar sua clarificação sem e com condicionamento químico, utilizando sementes de *Tamarindus indica* e cal.

2 METODOLOGIA

2.1 Água estudada

O presente estudo foi realizado a partir de água residuária gerada no tratamento da piscina da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), campus Mossoró. A piscina apresenta dimensões de 16 m de largura por 25 m de comprimento e uma profundidade média de 1,55 m, tendo um volume estimado de 581 m³. O tratamento da água da piscina da UFERSA pode gerar água residuária a partir da aspiração de material sedimentado no fundo do tanque, assim como da água de lavagem de filtros (ALAF) componentes do sistema de filtração da piscina em questão. Neste trabalho, a água estudada se referiu à ALAF da piscina da universidade.

Foram coletadas 3 amostras do tipo simples, em três semanas diferentes, com um volume estimado de aproximadamente 80 L, por amostra. A coleta foi realizada nos primeiros instantes do funcionamento da operação, em um tempo de aproximadamente 40 s, considerando uma vazão de operação das bombas, segundo Moura (2017) de, aproximadamente, 2 L/s. Durante a coleta da amostra de ALAF foram feitas medições *in loco* de temperatura, pH e cloro residual e coletada amostra simples (em duplicata) para exame de coliformes totais e *E. coli*. Para as demais determinações laboratoriais, porções de amostras foram separadas no laboratório (ver item 2.2). Após a coleta da ALAF, a amostra foi transportada para o Laboratório de Engenharia e Ciência Ambiental (LECA) da UFERSA-Mossoró e armazenada em uma bombona de plástico de 200 L.

2.2 Parâmetros analisados

A qualidade da ALAF bruta foi verificada em termos de parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e biológicos, descritos a seguir. A ALAF clarificada foi analisada quanto a turbidez e SST. Para o lodo, fizeram-se determinações de alumínio total e SST. Os métodos analíticos utilizados foram: Temperatura: eletrodo digital; Turbidez: Nefelométrico; Condutividade elétrica (CE): Condutivímetro; Sólidos totais (ST) e Sólidos em suspensão total (SST): Gravimétrico; Potencial hidrogeniônico (pH): Eletrométrico; Alcalinidade a pH 4,5: Titulação potenciométrica; Nitrogênio total kjeldahl (NTK): Kjeldahl semi-micro; Demanda bioquímica de oxigênio (DBO): DBO de 5 dias; Demanda química de oxigênio (DQO): Refluxo fechado, colorimétrico; Sódio (Na): Fotometria de chama; Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg): Método complexométrico pelo EDTA; Cloretos (Cl⁻): Método de Mohr; Alumínio total: Espectrometria de absorção atômica de chama com digestão preliminar com ácido nítrico – ácido perclórico; Cloro residual livre (CRL): Colorimétrico do DPD; Coliformes totais e *Escherichia coli*: Teste de coliformes do substrato enzimático e Ovos de helmintos: *Bailenger* modificado. Os métodos foram os especificados em: Almeida (2010) para Na, Ca, Mg e Cl⁻; Ayres e Mara (1996), usando 20 litros de amostra para ovos de helmintos e Clesceri, Greenberg e Eaton (1998) para as demais determinações.

2.3 Condicionamento químico

O condicionamento químico da ALAF da piscina da UFERSA foi realizado com cal hidratada (hidróxido de cálcio, Ca(OH)₂) e coagulante natural à base de sementes de tamarindo (*Tamarindus indica*). A solução de cal foi preparada a 1%, em cada dia de ensaios. O método de preparação da suspensão de sementes de tamarindo foi adaptado de Hernandez et al. (2013), Suazo (2016) e Pereira (2018), sendo:

- separar as sementes da casca e da polpa (Fig. 1);
- manter as sementes submersas em água por 48 horas;
- colocar as sementes em um recipiente com água fervente por cerca de 40 minutos, a fim de remover a película;
- após a remoção da película, secar as sementes em estufa de circulação forçada a uma temperatura de 65°C até peso constante, no caso, 48 horas;
- triturar e peneirar as sementes com o auxílio de um moinho laboratorial (marca Marconi, modelo MA048, tela em aço inoxidável AISI 304, mesh=0,85 mm), obtendo-se um pó esbranquiçado. Manter o pó em dessecador e utilizá-lo dentro de um prazo máximo de 15 dias;
- pesar, em balança analítica, 0,1g do pó obtido e colocar em um béquer (previamente pesado) contendo 100 ml de água destilada;
- promover a mistura e aquecimento da suspensão até atingir uma temperatura de 65°C, utilizando uma placa de agitação magnética com aquecimento;
- após a suspensão atingir 65 °C, cessar o aquecimento e agitação, deixar em repouso até alcançar a temperatura ambiente;
- pipetar aproximadamente 75% do sobrenadante da suspensão, sendo esta a suspensão de pó de sementes de tamarindo a ser utilizada para os ensaios de tratabilidade. Preparar a suspensão diariamente;
- pesar a massa de semente retida no sedimento colocando o béquer contendo o sedimento em estufa de esterilização e secagem a 100°C por 24 horas. Esfriar o béquer com o sedimento em dessecador e pesar em balança analítica. Neste estudo, a massa do sedimento variou entre 79 e 86% da massa total inicial de pó de sementes de tamarindo;
- considerando os valores da massa, de pó de semente, inicial e a massa retida no sedimento, calcular a massa do sobrenadante e, assim, estimar a concentração da suspensão utilizada para dosagem de pó de sementes de tamarindo;
- aplicar a suspensão de pó de sementes de tamarindo em dosagens previamente definidas para os ensaios de clarificação.

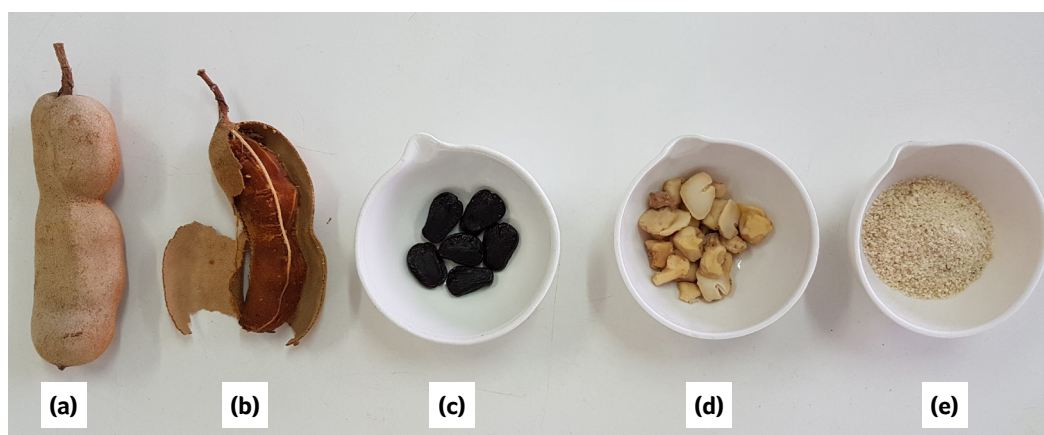


Figura 1 - Vistas do fruto e de sementes de *Tamarindus indica* em diferentes estágios de processamento: fruto com casca (a); fruto parcialmente sem casca, com vista da polpa (b); sementes (c); sementes sem película, após secagem (d); pó peneirado de sementes sem película e secas (e).

Fonte: Autores (2019).

2.4 Ensaios de clarificação

Os ensaios de clarificação da ALAF da piscina da UFERSA-Mossoró foram realizados em duas etapas principais, mistura rápida e clarificação

por gravidade, utilizando, respectivamente, um equipamento *jartest* (Fig. 2a) e provetas graduadas de vidro com capacidade de 2 litros cada (Fig. 2b).

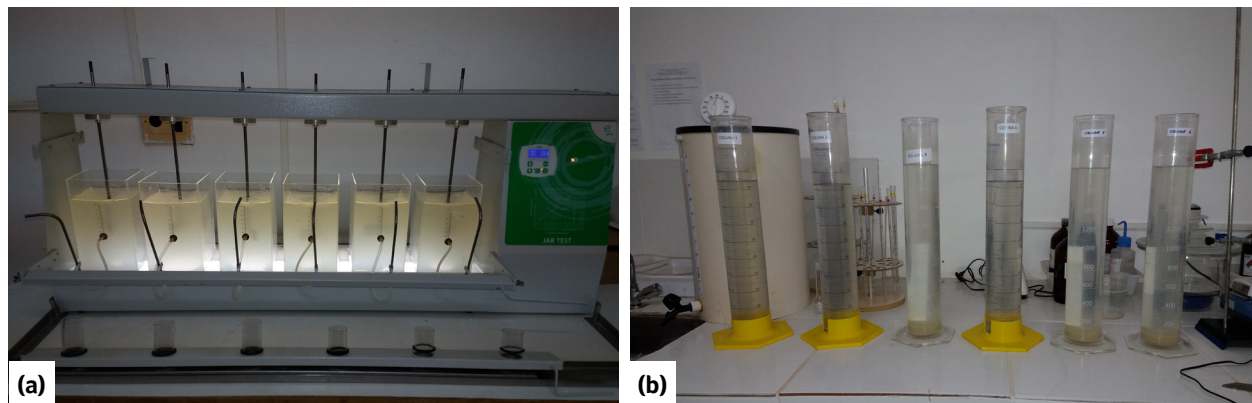


Figura 2 - Vista da instalação de bancada utilizada para os ensaios de clarificação por gravidade: equipamento *jartest* (a) e provetas graduadas (b)

Fonte: Autores (2019).

O procedimento utilizado para execução dos ensaios de clarificação por gravidade foi adaptado a partir de outros estudos realizados com ALAF de estações de tratamento de água (SCALIZE, 1997. REALI; PATRIZZI, 1999. BASTOS; FREITAS; OLIVEIRA, 2005), além de orientações sobre ensaios de bancada (DI BERNARDO, 2003) sendo:

- homogeneizar a ALAF armazenada na bomba-plástica e coletar amostras para determinações laboratoriais (20 litros para exame de ovos de helmintos e 1 litro para demais análises);
- determinar o mais breve possível a concentração de SST da ALAF para cálculo da dosagem do condicionante em g/kgSST;
- homogeneizar a ALAF armazenada na bomba-plástica e transferir em torno de 15 litros para um balde de plástico graduado;
- homogeneizar a ALAF contida no balde e transferir 2 L (volume medido em proveta graduada de 2 L) para cada jarro do equipamento *jartest*;

- com o auxílio de pipeta, medir os volumes do condicionante (solução de cal hidratada ou suspensão de pó de sementes de tamarindo) correspondentes às dosagens previamente definidas (0 e 15 g/kgSST), baseadas na concentração de SST da amostra de ALAF, transferindo os respectivos volumes para os frascos dosadores do equipamento *jartest*;
- ligar o equipamento de agitação e acertar a rotação dos agitadores correspondente ao gradiente médio de velocidade da mistura (G_m) pré-estabelecido (300 s^{-1});
- adicionar os volumes de condicionante contidos nos frascos dosadores para os jarros, cronometrando, a partir desse momento, o tempo de mistura (T_m) pré-definido para todos os ensaios, de 3 minutos;
- após o término do T_m , desligar os agitadores do *jartest* e transferir o conteúdo de cada jarro (o mais rápido possível, mas com devido cuidado para evitar a quebra de flocos eventualmente formados) para provetas de 2 L e, concomitantemente

iniciar a cronometragem do tempo de sedimentação (Ts), correspondente a 60 minutos;

- decorrido o Ts, proceder com o sifonamento do sobrenadante utilizando uma mangueira de silicone com a extremidade no interior da proveta fixada na marca de 750 mL, a partir do fundo da proveta. Descartar os primeiros 20 mL e após, coletar uma amostra (em torno de 500 mL) do sobrenadante para análises (turbidez, SST, CE, sódio e RAS);

- após a coleta da amostra do sobrenadante, posicionar a ponta da mangueira no interior da proveta na altura da interface “camada de lodo/água clarificada” e continuar o sifonamento do sobrenadante de modo a descartar o conteúdo acima desta altura. Se necessário, utilizar também uma pipeta para retirada do sobrenadante;

- movimentar cada proveta para o desprendimento do sedimento no seu interior, transferindo-o para um frasco de coleta para análises de SST e alumínio total;

2.5 Análise estatística

O planejamento experimental foi feito no delineamento em blocos completamente aleatorizado, em esquema fatorial, com três repetições (coletas). Os tratamentos foram relativos às duas dosagens (0 e 15 g/kg SST), com dois coagulantes (sementes de tamarindo e cal hidratada) aplicadas para clarificação da água estudada. O *software* R (R Core Team, 2016) foi utilizado para a análise de variância, com um nível de 5% de significância.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização da ALAF e possibilidade de reúso agrícola

A Tabela 1 apresenta os resultados observados dos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e biológico da água bruta (ALAF da piscina da UFERSA), sendo possível avaliar o potencial de reúso agrícola em termos de sua qualidade.

Tabela 1 - Resultados da caracterização qualitativa da ALAF da piscina da UFESA-Mossoró.

Parâmetro	Unidade	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Valores de referência	Autor
SST	mg/L	357	37	302	≤30	USEPA e Crook (1999; 1993 apud BLUM, 2003)
pH		7,19	7,53	6,99	6,5 – 8,4	Ayers e Westcot (1991)
Temperatura	°C	29,8	30,4	31,4	-	-
Turbidez	UNT	136,0	24,0	94,3	≤100 ⁽¹⁾	Brasil (2005)
CRL	mg/L	1,0	1,2	1,1	<1 ⁽²⁾ 1-5 ⁽³⁾ >5 ⁽⁴⁾	Vários autores apud WHO (2006c)
Alcalinidade	mg CaCO ₃ /L	111,3	98,7	115,6	50 – 200 ⁽⁵⁾	WHO (2006c)
ST	mg/L	1228	812	1090	-	-
DQO	mg/L	69	18	23	-	-
DBO	mg/L	9	4	2	≤100	Hespanhol (2003)
NTK	mg/L	55,2	52,5	50,7	<5 ⁽²⁾ 5-30 ⁽³⁾ >30 ⁽⁴⁾	WHO (2006c) Ayers e Westcot (1991)
Alumínio total	mg/L	31,3	7,3	97,7	<5 ⁽⁶⁾ ≤20 ⁽⁷⁾	USEPA e Crook (1999; 1993 apud BLUM, 2003)
CE	dS/m	1,16	1,19	1,15	<0,7 ⁽²⁾ 0,7-3,0 ⁽³⁾ >3,0 ⁽⁴⁾	Ayers e Westcot (1991)
Na	mmolc/L	9,13	2,53	2,40	RAS: <3 ⁽²⁾ RAS: 3-9 ⁽³⁾ RAS: >9 ⁽⁴⁾	Ayers e Westcot (1991)

continua...

Tabela 1 - Continuação...

Parâmetro	Unidade	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Valores de referência	Autor
Ca	mmolc/L	1,13	1,44	0,79	0-20 ⁽⁶⁾	Ayers e Westcot (1991)
Mg	mmolc/L	0,78	0,49	1,77	0-5 ⁽⁸⁾	Ayers e Westcot (1991)
RAS	(1/mmolc) ^{1/2}	9,34	2,58	2,12	0-15 ⁽⁸⁾ Relação entre RAS e CE ⁽⁹⁾ (10)(11)(12)(13)	Ayers e Westcot (1991)
K	mmolc/L	0,43	0,22	0,24	0-2 ⁽⁸⁾	Ayers e Westcot (1991)
Cl ⁻	mmolc/L	9,00	6,60	6,80	<4 ⁽²⁾ 4-10 ⁽³⁾ >10 ⁽⁴⁾	Ayers e Westcot (1991)
Coliformes totais	NMP/100 mL	7,5x10 ³	1,5x10 ³	6,2x10 ⁴	-	-
<i>E. coli</i>	NMP/100 mL	1,2x10 ²	9,8x10 ⁰	1,8x10 ²	<1,0x10 ³ (14)	WHO (2006b)
Ovos de Helmintos	Ovo/L	ND ⁽¹⁵⁾	ND	ND	<1ovo/L (14)	WHO (2006b)

Notas: ⁽¹⁾Condição de qualidade para águas doces classe 2. ⁽²⁾Sem restrição. ⁽³⁾Restrição ligeira a moderada. ⁽⁴⁾Severa restrição. ⁽⁵⁾Sem efeitos registrados para solo e cultivos. ⁽⁶⁾Limite para uso da água por longos períodos (acima de 20 anos). ⁽⁷⁾Limite para uso da água por curtos períodos (até 20 anos). ⁽⁸⁾Valores normais para irrigação. ⁽⁹⁾RAS = 0 - 3 e CE: > 0,7 (sem restrição), 0,7 - 0,2 (restrição ligeira a moderada), < 0,2 (severa restrição). ⁽¹⁰⁾RAS = 3 - 6 e CE: > 1,2 (sem restrição), 1,2 - 0,3 (restrição ligeira a moderada), < 0,3 (severa restrição). ⁽¹¹⁾RAS = 6 - 12 e CE: > 1,9 (sem restrição), 1,9 - 0,5 (restrição ligeira a moderada), < 0,5 (severa restrição). ⁽¹²⁾RAS = 12 - 20 e CE: > 2,9 (sem restrição), 2,9 - 1,3 (restrição ligeira a moderada), < 1,3 (severa restrição). ⁽¹³⁾RAS = 20 - 40 e CE: > 5,0 (sem restrição), 5,0 - 2,9 (restrição ligeira a moderada), < 2,9 (severa restrição). ⁽¹⁴⁾Irrigação irrestrita. ⁽¹⁵⁾Não detectado.

Com relação à concentração de SST, o risco associado mais importante é a obstrução dos orifícios nos sistemas de irrigação (SANTOS; FRANCA, 2007), além da possibilidade de danificar sistemas de bombeamento e provocar acúmulo de lodo em reservatórios, dentre outros (USEPA, 1999, CROOK, 1993 *apud* BLUM, 2003). Para Almeida (2010), a restrição de uso em sistema de irrigação localizada pode ser considerada como: nenhuma (SS < 50 mg/L), moderada (SS: 50 a 100 mg/L) e severa (SS > 100 mg/L).

Sobre os potenciais problemas de qualidade da água de irrigação quanto a salinidade, infiltração de água no solo, toxicidade de íons específicos, além de outros problemas, foi possível observar: (a) restrição severa para: RAS e CE com avaliação simultânea (uma amostra), NTK e sódio (uma amostra); (b) restrição ligeira a moderada para: CRL, CE, e Cl⁻ e (c) sem restrição quanto a: pH, alcalinidade, RAS e CE (avaliação simultânea, duas amostras).

Quanto à qualidade microbiológica (*E. coli*) e biológica (Ovos de helmintos), não foram verifi-

cados valores acima das diretrizes da OMS para irrigação irrestrita.

Sobre a concentração de alumínio total, os resultados observados indicaram a necessidade de remoção para que o uso da água ocorra por longos períodos (acima de 20 anos).

Assim, para um possível uso agrícola da ALAF em questão, observa-se a necessidade de tratamento para remoção de SST e de alumínio total visando atender os limites recomendados.

Os resultados observados de alguns parâmetros (CE, RAS e CE, Na, Cl⁻, NTK, CRL) e respectivos possíveis problemas (salinidade, infiltração de água no solo, toxicidade de íons específicos, excesso de nitrogênio e CRL) da ALAF estudada não se apresentaram, em sua totalidade, com severa restrição para reúso agrícola. Em princípio, o manejo adequado em termos de técnicas de irrigação e tipos de cultivos podem possibilitar o aproveitamento agrícola da ALAF.

Outro ponto a ressaltar se refere à importância de um melhor conhecimento da variação da

qualidade da água em estudo. Os resultados das amostras de ALAF (coletadas em 3 datas) indicaram variação relevante da concentração de alguns parâmetros (SST, turbidez, alumínio total, Na). Tais resultados podem estar relacionados ao número de usuários da piscina a cada semana, o que pode influenciar na qualidade e no tratamento da água da piscina e, conseqüentemente, na qualidade da ALAF. Além disso, o operador variava os tipos de produtos químicos utilizados para clarificar a água da piscina (sulfato de alumínio ou clarificante a base de clorohidróxido de alumínio), dependendo de sua qualidade. Julga-se importante ampliar o estudo com essa água para conhecimento de uma faixa de variação da concentração dos constituintes da ALAF, mais representativa, o que facilitará um planejamento de tratabilidade dessa água.

3.2 Resultados obtidos em ensaios de clarificação, por gravidade, da ALAF

A partir da Fig. 3, verifica-se que, sem aplicação (0 g/KgSST) de tamarindo e de cal, a água clarificada apresentou valores de turbidez de 12,7 a 58,5 uT e 12,8 a 58,1 uT, respectivamente. Ainda com relação à dosagem de 0 g/kgSST, os maiores valores foram observados para a coleta 3. Para a dosagem de 15 g/KgSST, os resultados variaram de 14,6 a 20,4 uT com o uso de tamarindo como coagulante e de 15,1 a 68,2 uT com a cal, o que mostrou um desempenho mais uniforme obtido pela aplicação de tamarindo, considerando as 3 coletas.

Para a ALAF da coleta 1 (turbidez = 136 UNT), a eficiência de remoção de turbidez variou de 88,9 a 90,7% em todos os ensaios (dosagem de 0 e 15g/kgSST e ambos coagulantes). Para dosagem de 0 g/kgSST, de tamarindo e cal, a eficiência de remoção observada foi de 90,6 a 90,7%, relativamente similar aos resultados observados com a aplicação de 15 g/kgSST de tamarindo e cal (89,3% e 88,9%, respectivamente). Os resultados

de eficiência de remoção de turbidez encontrados neste estudo com a utilização de tamarindo estão dentro da faixa observada por outros autores para outros tipos de água. Carrasquero et al. (2019) utilizaram tamarindo como coagulante em água sintética (água potável com adição de caulim) com turbidez de 25 a 100 UNT. Esses autores observaram eficiência da remoção da turbidez de 34,4% a 96,9%, sendo esta última obtida com a dosagem de 250 mg/L em uma água de 100 UNT. Hernández et al. (2013) estudaram a aplicação de sementes de tamarindo em águas sintéticas com turbidez de 100 a 350 UNT e alcançaram porcentagens de remoção para turbidez entre 72,5 e 89,1% para dosagens ótimas. Para valores de turbidez de 100 a 200 UNT encontrou-se a dosagem ótima de 61,83 ppm.

Utilizando polímero aniônico em um estudo de clarificação de ALAF de uma estação de tratamento de água (ETA) cujo coagulante primário era sulfato de alumínio, Di Bernardo, Scalize e Souza Filho (1999) obtiveram eficiência de remoção de turbidez de 94,5% com polímero e 72,6% sem aplicação do coagulante, para uma água bruta com 149,0 UNT.

Na coleta 2, cuja turbidez da água bruta era de 24,0 uT, observaram-se valores de turbidez no sobrenadante de 15,4 a 20,4 uT entre os coagulantes, com eficiência de remoção variando de 15,0 a 35,8 %.

Quanto à coleta 3, os ensaios de clarificação da ALAF (turbidez = 94,3 UNT), resultaram em sobrenadante com turbidez entre 18,1 e 68,2 UNT, com eficiência de remoção de 27,7% a 80,8%. Para dosagem de 0 g/KgSST, a eficiência de remoção foi de, aproximadamente, 38%. Quanto à dosagem de 15 g/kgSST, foram observados valores de eficiência de remoção de 80,8 e de 27,7% para o uso de tamarindo e de cal, respectivamente.

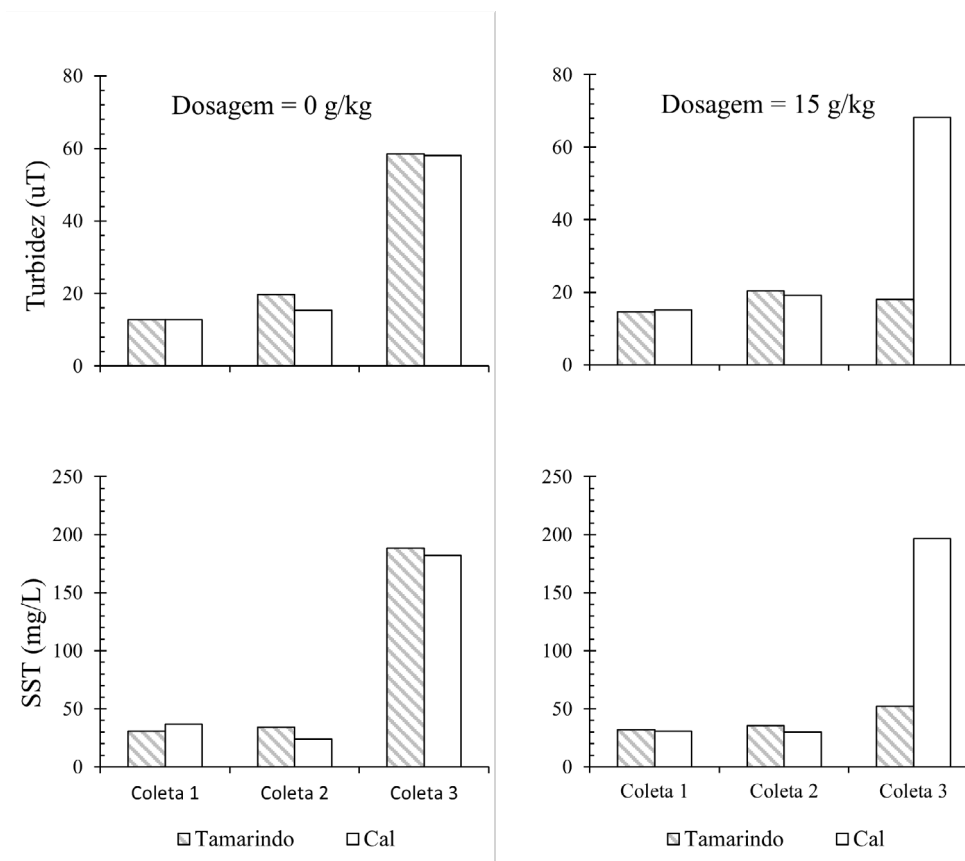


Figura 3 - Resultados de turbidez e SST da ALAF clarificada observados em ensaios com dosagens de 0 e 15 g/kgSST de tamarindo e cal

Considerando os ensaios realizados, o melhor resultado observado de remoção de turbidez (aproximadamente de 91%) foi para a amostra de ALAF da coleta 1 sem o condicionamento químico, ou seja, dosagem de 0 g/kgSST. Disto, observa-se desempenho irrelevante de remoção de turbidez quanto ao condicionamento químico para as condições dos ensaios e as amostras estudadas.

Com relação aos resultados de SST no sobrenadante (Fig. 3), observou-se comportamento relativamente similar ao visto para turbidez. Para dosagem de 0 g/KgSST, os valores verificados de SST no sobrenadante variaram de 24,0 a 188,7 mg/L, indicando indiretamente a variação da qualidade da ALAF bruta. Para a dosagem de 15 g/KgSST de tamarindo, foram observadas con-

centrações entre 32 e 52 mg/L, enquanto para a cal obtiveram-se resultados entre 30 e 197 mg/L.

Quanto à eficiência da remoção de SST, observou-se uma variação de 89,7 a 91,4% para a ALAF respectiva à coleta 1 (SST =357 mg/L); de 4,5 a 35,1% para a água bruta referente à coleta 2 (SST = 37 mg/L) e de 34,9 a 82,8% para a ALAF obtida pela coleta 3 (SST = 302 mg/L).

De um modo geral, não houve influência da dosagem e do tipo de coagulante utilizado (tamarindo ou cal) nos valores de turbidez e SST no sobrenadante. Ao final desse item, apresenta-se a análise estatística realizada.

Na Fig. 4, apresentam-se os resultados de SST e alumínio total no lodo gerado com os ensaios de clarificação.

Considerando as três amostras de ALAF, as concentrações de SST no lodo variaram de 120 a 3586 mg/L para a dosagem 0 g/Kg, de 180 a 4840 mg/L para as amostras relativas aos ensaios com tamarindo, e de 229 a 4057 mg/L para as amostras gerados nos ensaios com cal. A maior concentração de SST no lodo foi observada com a aplicação de tamarindo com dosagem de 15 g/kgSST, indicando um melhor desempenho em comparação com a utilização de cal, para a coleta 3. Observou-se um aumento de SST no lodo, em relação à água bruta, 3,2 a 10,4 vezes para a dosagem 0 g/KgSST, de 4,9 a 16,0 vezes para o coagulante tamarindo, e entre 6,2 e 11,4 vezes para as amostras resultantes dos ensaios com cal. Tais resultados indicaram menor concentração de SST do lodo em relação àqueles apresentados por Di Bernardo, Scalize e Souza Filho (1999), superior a 23 vezes. Esses autores avaliaram a clarificação por sedimentação de ALAF (SST = 58 a 248 mg/L) de uma ETA. Após a clarificação, as concentrações de SST do lodo verificadas pelos referidos autores, representaram um aumento proporcional de 23,9 a 89,7 vezes as concentrações de sólidos na água bruta, quando não foi feita a adição de polímeros aniônicos. Já para as amostras nas quais os polímeros foram acrescentados, esse intervalo variou de 51,1 a 132,8 vezes.

Com relação ao teor de sólidos no lodo, no presente trabalho verificaram-se valores de 0,01 a 0,4%, sendo estes relativamente baixos quando se comparam com lodo adensado de ALAF de ETAs. Menores valores de teor de sólidos eram esperados por se tratar de ALAF de piscina. Dentre resultados apresentados por Di Bernardo, Scalize e Souza Filho (1999), estão valores de teor de sólidos entre 0,5 e 0,9% e 0,8 a 1,2% nos lodos gerados em ensaios de clarificação por sedimentação de ALAF de ETA, sem e com polímero, respectivamente. Em ensaios de bancada para clarificação por gravidade dos resíduos de filtros de uma ETA, com a aplicação de polímeros

sintéticos, o maior valor obtido por Silveira et al. (2017) do teor de sólidos no lodo foi de 0,9%.

A concentração de alumínio total do lodo (Fig. 4) variou entre 21,5 e 641,3 mg/L para as amostras relativas à dosagem de 0 g/KgSST. Já, para as amostras obtidas em ensaios com aplicação de tamarindo, a variação foi de 25,4 a 1414,9 mg/L e, para a cal, de 17,1 a 917,5 mg/L. Note-se que, considerando as três coletas, a água bruta apresentou concentração de alumínio total entre 7,3 e 97,7 mg/L (Tabela 1). Comparando as concentrações de alumínio total das amostras de lodo com os valores para a água bruta, percebe-se que: para o tratamento sem adição de coagulante a concentração aumentou entre 2,95 e 19,48 vezes; para as amostras com tamarindo, o aumento esteve entre 3,5 e 27,3 vezes, e para as amostras com adição de cal, entre 2,4 e 29,3.

Um estudo de Di Bernardo, Scalize e Souza Filho (1999) aponta um comportamento semelhante quanto à concentração de alumínio. A partir de ensaios com ALAF de uma ETA, os autores observaram valores entre 2,6 e 4,40 mg/L para a água bruta, de 126,93 a 218,01 mg/L para os tratamentos sem adição de polímero aniônico, e entre 137,80 e 247,45 para as amostras às quais adicionou-se polímero aniônico na proporção de 5 g/Kg de SST. Fazendo uma comparação da concentração de alumínio no lodo em relação à água bruta, tem-se que, para as amostras às quais não foi adicionado polímero o aumento foi de 48,8 a 53,7 vezes, e com a adição de polímero variou de 53,0 a 58,5 vezes. Observa-se que as concentrações proporcionais de alumínio do lodo no estudo de Di Bernardo, Scalize e Souza Filho (1999) foram bem mais acentuadas do que as obtidas neste trabalho.

No presente trabalho, a análise estatística possibilitou verificar que não houve diferença na interação entre coagulantes e dosagens, para turbidez ($p = 0,2845$) e SST ($p = 0,3321$) no so-

brenadante e também para Alumínio total ($p = 0,2993$) e SST ($p = 0,2069$) do lodo. Também não ocorreram diferenças entre os coagulantes Cal e Tamarindo na turbidez ($p = 0,3693$) e SST ($p = 0,4011$) no sobrenadante e Alumínio total ($p = 0,5164$) e SST ($p = 0,7399$) do lodo; bem como entre as dosagens 0 e 15 g/Kg SST para turbidez

($p = 0,6520$) e SST ($p = 0,4296$) no sobrenadante e também para o Alumínio total ($p = 0,1226$) e SST do lodo ($p = 0,0883$).

Entende-se que outros ensaios de clarificação da ALAF, quanto a dosagens e tipos de coagulantes, serão de grande importância para maior conhecimento sobre essa fonte alternativa de água.

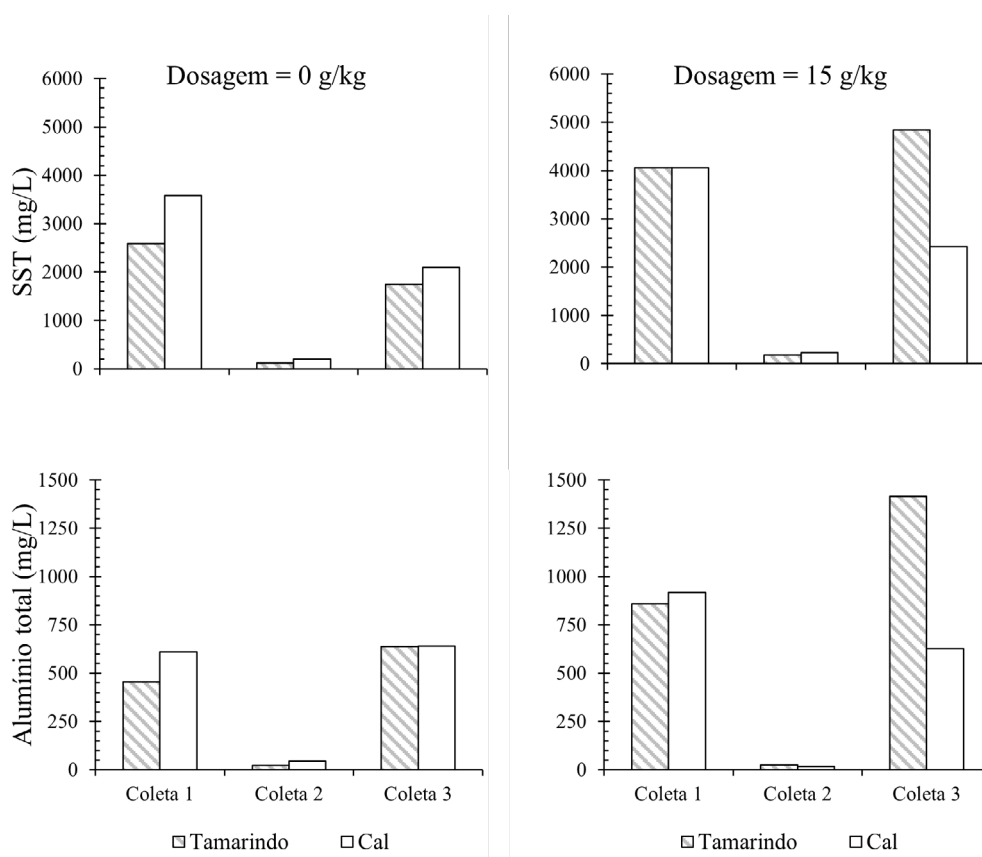


Figura 4 - Resultados de SST e alumínio total do lodo observados em ensaios com dosagens de 0 e 15 g/kgSST de tamarindo e cal

4 CONCLUSÕES

Observou-se um potencial uso agrícola da ALAF da piscina da UFERSA após seu tratamento (para remoção de SST e alumínio total), assim como, manejo da irrigação e escolha das culturas. Notou-se a importância da ampliação de pesquisa com a água estudada para um melhor entendimento da variação de sua qualidade ao longo dos

períodos letivos e, conseqüentemente, da possibilidade de reúso e de sua tratabilidade.

Para as condições dos ensaios executados e os requisitos da análise de variância, não houve diferença entre os coagulantes tamarindo e cal, as dosagens 0 e 15 g/Kg SST, bem como na interação destes, em relação aos resultados obtidos de

turbidez e SST no sobrenadante e, SST e alumínio total do lodo.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de Iniciação Científica, conforme Edital IC 05/2018 – PROPPG/UFERSA. À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) pelo apoio financeiro (Edital PROPPG nº 19/2018) e apoio para obtenção da água estudada (PROAE e Diretoria de Manutenção e Serviços Gerais).

6 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Conceitualização: Dombroski SAG e Bergamo GC; **Metodologia:** Dombroski SAG, Maurício RA e Bergamo GC; **Investigação:** Maurício RA, Araújo CL, Pereira FRC e Dombroski SAG; **Tratamento dos dados:** Maurício RA, Araújo CL, Pereira FRC, Dombroski SAG e Bergamo GC; **Redação:** Maurício RA, Araújo CL, Pereira FRC, Dombroski SAG e Bergamo GC; **Aquisição de bolsa e de financiamento:** Dombroski SAG.

7 REFERÊNCIAS

ACHON, C. L.; BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J. S. Resíduos de estações de tratamento de água e a ISO 24512: desafio do saneamento brasileiro. *Eng. Sanit. Ambient.* v. 18, n. 2, 2013, 115-122. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522013000200003>

ALMEIDA, O. Á de. **Qualidade da água de irrigação.** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010.

ARANTES, C. C.; PATERNIANI J. E. S.; RODRIGUES D. S.; HATORI P. S.; PIRES M. S.G. Diferentes formas de aplicação da semente de Moringa oleifera no tratamento de água. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, v. 19, n. 3, p. 266-272, 2015. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n3p266-272>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10339:** Projeto e execução de piscina - Sistema de recirculação e tratamento. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10818:** Qualidade de água de piscina. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9816:** Piscina. Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 1987a.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade de água na agricultura.** Tradução de Gheyi, H. R.; Medeiros, J.F. de; Damasceno, F.A.V.. Campina Grande: UFPB, 1991. 218 p.

AYRES, R.; MARA, D. **Analysis of wastewater for use in agriculture: a laboratory manual of parasitological and bacteriological techniques.** WHO, Geneva. 1996.

BASTOS, R. K. X.; FREITAS, A. G.; OLIVEIRA, D. C. Ensaio de tratabilidade de resíduos de estações de tratamento de água: um passo indispensável para o equacionamento de um problema na ordem do dia. In: EXPOSIÇÃO DE EXPERIÊNCIAS MUNICIPAIS EM SANEAMENTO, IX, 2005, Belo Horizonte - MG. Brasília: ASSE-MAE, 2005, 10 p. **Anais...**

BLUM, J. R. C. Critérios e padrões de qualidade de água. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos (Editores). **Reúso de água.** Barueri: Manole, 2003. cap. 5, p. 125-174.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

CARRASQUERO, S.; MARTÍNEZ M. F.; CASTRO M. G.; LÓPEZ Y. L.; DÍAZ A.; COLINA G. Remoción de turbidez usando semilla de Tamarindus indica como coagulante en al potabilización de aguas. *Revista Bases de la Ciencia*, v. 4, n. 1, p. 19-44, 2019. https://doi.org/10.33936/rev_bas_de_la_ciencia.v4i1.1424

CLESCERI, L. S.; GREENBERG, A. E.; EATON, A. D. (Editores). **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 20. ed. Washington, DC: APHA, 1998.

DI BERNARDO, L. (Coordenador). **Tratamento de água para abastecimento por filtração direta.** São Carlos: ABES, 2003.

DI BERNARDO, L. SCALIZE, P. S.; SOUZA FILHO, A. G. de. Água de lavagem de filtros rápidos. In: REALI, M. A. P. (Coordenador). **Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água.** Rio de Janeiro: ABES, 1999. cap. 7, p. 143-168.

HERNÁNDEZ, B.; MENDOZA, I.; SALAMANCA, M.; FUENTES, L.; CALDERA, Y. Semillas de tamarindo (Tamarindus indica) como coagulante en aguas con alta turbiedad. *REDIELUZ*, v. 3, n. 1 e 2, p. 91-96, enero/diciembre. 2013. https://www.researchgate.net/publication/341056924_Semillas_de_tamarindo_Tamarindus_indica_como_coagulante_en_aguas_con_alta_turbiedad

- HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água**. Barueri: Manole, 2003. cap.3, p. 37-95.
- HESPANHOL, I. Tratamento de água de piscinas. In: COMPANHIA ESTADUAL DE TECNOLOGIA DE SANEMANETO B´SICO E DE CONTROLE DE POLUIÇÃO DAS ÁGUAS (CETESB). **Piscinas de uso coletivo**. 2. ed. São Paulo: CETESB, 1975. cap. 7. p. 97-128.
- HESPANHOL, I. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 131-158, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200009>
- LUCYK, N.; HERMES, E.; SILVA R. P. da; PUJARRA S.; SIMIONI R. J.; ZENATTI, D. C. Uso de coagulantes naturais no tratamento de coagulação/floculação de efluente proveniente de abate-douro de aves. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 4, p. 576-587, 2015. <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v4e02015576-587>
- METCALF & EDDY. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos**. Tradução de Ivanildo Hespagnol e José Carlos Mierzva. 5. ed., Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2016.
- MOTA, F. S. B. VON SPERLING, M. Introdução. In: MOTA, F. S. B.; VON SPERLING, M. (Coord.). **Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. cap. 1, p. 21-25.
- MOTA, S.; AQUINO, M. D. de; SANTOS, A. B. dos. Reúso de águas: conceitos; importância; tipos. In: MOTA, S.; AQUINO, M. D. de; SANTOS, A. B. dos (Organizadores). **Reúso de águas em irrigação e piscicultura**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará – Centro de Tecnologia, 2007. cap. 1, p. 21-39.
- MOURA, B. M. D. **Avaliação do potencial de reúso agrícola da água descartada em um processo de tratamento de água de piscina**. 2017. 61 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia e Ciências Ambientais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFERSA, Mossoró, 2017.
- OLADOJA, N. A. Headway on natural polymeric coagulants in water and wastewater treatment operations. **Journal of Water Process Engineering**, v. 6, p. 174-192, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2015.04.004>
- PEREIRA, F. R. C. **Clarificação por sedimentação de água de lavagem de filtros de piscina**. 2018. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Centro de Engenharias da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFERSA, Mossoró, 2018.
- PINTO, M. A. T.; FORESTI, E.; MARQUES JÚNIOR, J. Reúso das águas residuárias. Uma análise crítica. In: FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; AISSÉ, M. M. (Coord.). **Tratamento e utilização de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. cap.10, p. 393-403.
- R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2016.
- REALI, M. A. P. Principais características quantitativas e qualitativas do lodo de ETAs. In: REALI, M. A. P. (Coordenador). **Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. cap. 2, p. 21-39.
- REALI, M. A. P.; PATRIZZI, L. J. Espessamento de lodos de ETAs. In: REALI, M. A. P. (Coordenador). **Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. cap. 3, p. 41-84.
- SANTOS, A. B. dos; FRANCA, R. M. da. Qualidade físico-química e microbiológica das águas de irrigação e piscicultura. In: MOTA, S.; AQUINO, M. D. de; SANTOS, A. B. dos (Organizadores). **Reúso de águas em irrigação e piscicultura**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará – Centro de Tecnologia, 2007. cap. 8.
- SCALIZE, P. S. **Caracterização e clarificação por sedimentação da água de lavagem de filtros rápidos de estações de tratamento de água que utilizam sulfato de alumínio como coagulante primário**. 1997. 210 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.
- SILVEIRA, A. C. H.; QUEIROZ, S. C. B.; SILVA, G. G.; DE OLIVEIRA, R. M. S.; DANTAS, A. D. B. Clarificação e adensamento de resíduos gerados em ETA de dupla filtração com o uso de polímeros sintéticos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 29., 2017, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABES, FENASAN, 2017. p. 1-6.
- SUAZO I. **Uso de la semilla de tamarindo (tamarindus indica) como coagulante orgánico em procesos de coagulación-floculación em el tratamiento de agua para potabilización**. 2016. 139 f. Dissertação (Maestra em Ciencias de Ingeniería Sanitaria) – Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2016.
- UNITED NATIONS WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME (UN-Water). **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2017**. Resumo executivo. Águas residuais. O recurso inexplorado. Colombella: UNESCO, 2017.
- UNITED NATIONS WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME (UN-Water). **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**. Água para um mundo sustentável. Sumário executivo. Colombella: UNESCO, 2015.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for safe recreational water environments**. Swimming pools and similar environments. v. II. Geneva: World Health Organization, 2006 (WHO, 2006a).

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater**. Policy and regulatory aspects. Geneva: WHO, 2006. v. 1. (WHO, 2006b).

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater**. Wastewater use in agriculture. Geneva: WHO, 2006. v. 2. (WHO, 2006c).

YIN, C. Y. Emerging usage of plant-based coagulants for water and wastewater treatment. **Process Biochemistry**, v. 45,

n. 9, p. 1437-1444, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2010.05.030>

ZAMAN, B. Potential of natural flocculant in coagulation-flocculation wastewater treatment process. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENERGY, ENVIRONMENT AND INFORMATION SYSTEM (ICENIS), 3., 2018, Semarang. **Anais...** Semarang: Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Diponegoro University, 2018. p. 1-5.