

I-009 - AVALIAÇÃO DO USO DE COAGULANTE ORGÂNICO NO TRATAMENTO DE ÁGUA POTÁVEL PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO

Arlindo Soares Räder⁽¹⁾

Graduado em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Engenheiro Químico Responsável Técnico pelo Tratamento de Água e Esgoto da **COMUSA – Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo**.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Coronel Travassos, n.º 287 – Bairro Rondônia – Novo Hamburgo – RS – CEP 93.415-000 – Brasil – Tel.: +55 (51) 3036 1124 – Fax: +55 (51) 3036 1129 – E-mail: arader@comusa.rs.gov.br

RESUMO

Muitas Estações de Tratamento de Água (ETA) utilizam, para efetuar a coagulação química na etapa de clarificação da água, sais inorgânicos baseados em metais, tais como o sulfato de alumínio ou o cloreto férrico. Uma alternativa técnica e economicamente viável para realizar a coagulação química da água está fundamentada no uso de coagulantes orgânicos à base de taninos, ainda pouco conhecida e utilizada em sistemas públicos de abastecimento de água potável. Dentro deste contexto, o presente trabalho tem por objetivo avaliar, sob o ponto de vista técnico (em termos de clarificação da água), o uso de coagulante orgânico no processo de tratamento de água adotado pela COMUSA - Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo. Há de se ressaltar que a COMUSA, desde o ano de 2001 até a presente data, utiliza um coagulante de natureza orgânica em sua ETA. Em maiores detalhes, um coagulante orgânico à base de tanino, extraído da casca da árvore acácia negra (*Acacia mearnsii* De Wild) e quimicamente modificado. Apresenta-se sob a forma de uma solução líquida e viscosa, com concentração mínima igual a 18% em sólidos totais, de característica catiônica, o qual é adicionado diretamente à água. Por conseguinte, tem-se a apresentação das médias mensais dos resultados de análises e caracterização físico-química da água em termos dos parâmetros denominados potencial hidrogeniônico (pH), cor aparente, turbidez, alcalinidade e condutividade elétrica. Demonstrar as eficiências de remoção de cor aparente e turbidez considerando a qualidade da água nas diferentes etapas do processo (água bruta, floculada, decantada, filtrada e tratada), bem como apresentar as quantidades de coagulante orgânico à base de tanino utilizadas e a produção de água tratada, considerando o ano de 2013. Os resultados de análises estudados e apresentados mostram, claramente, que a qualidade da água tratada com o coagulante orgânico à base de tanino atende plenamente ao padrão de potabilidade de água, conforme estabelecido pela Portaria n.º 2.914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde, legislação que regulamenta o padrão de potabilidade de água no Brasil. A Estação de Tratamento de Água (ETA) da COMUSA, para o ano de 2013, produziu em média aproximadamente 654L.s⁻¹ ou 1.695.168m³ de água tratada por mês. Esta ETA é responsável pelo abastecimento público de água potável para o município de Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul.

PALAVRAS-CHAVE: Clarificação da água, coagulante orgânico, tanino, tanato quaternário de amônio, abastecimento público, processo de tratamento de água, água potável.

INTRODUÇÃO

A ETA da COMUSA é responsável pelo abastecimento público de água potável para aproximadamente 96% da população urbana do município de Novo Hamburgo. Segundo (IBGE, 2010), a população de Novo Hamburgo é igual a 238.940 habitantes. O manancial abastecedor é o Rio dos Sinos. Ressalta-se que o Rio dos Sinos, desde a sua nascente localizada no município de Caraá até alcançar e cruzar o município de Novo Hamburgo (região metropolitana de Porto Alegre), atravessa muitas regiões caracterizadas por atividades agrícolas, de pecuária, industriais e de serviços diversos, onde as suas águas são utilizadas para as mais diversas aplicações. Na região de Novo Hamburgo, as águas do Rio dos Sinos são ricas em substâncias húmicas e em contribuições de esgotos de natureza sanitária e industrial. De acordo com estudo publicado pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler do Estado do Rio Grande do Sul (FEPAM – RS, 2009), o trecho do Rio dos Sinos localizado na região metropolitana de Porto Alegre apresenta características que o classificam como Classe 3 e 4 (Resolução CONAMA n.º 357/2005), dependendo do

parâmetro de qualidade da água analisado. O enquadramento dos corpos d'água como Classe 3 define que suas águas possam ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado. Já a Classe 4 destinada às águas apenas para navegação e à harmonia paisagística. Devido às características físico-químicas e microbiológicas (por exemplo, é o parâmetro *Escherichia coli* que torna o rio Classe 4) das águas do Rio dos Sinos nessa região, o tratamento de água adotado pela ETA da COMUSA é do tipo físico-químico completo e apresenta cinco etapas principais bem definidas: coagulação/floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação. Finalizadas todas essas etapas, a água tratada é considerada potável e está pronta para ser armazenada e distribuída para a população de Novo Hamburgo. Conforme apresentado em trabalhos anteriores (RÄDER, 2008 e 2009), até aproximadamente agosto de 2001, o tratamento de água da COMUSA utilizava sulfato de alumínio (sob a forma de solução líquida) na etapa denominada coagulação/floculação. Junto com este coagulante inorgânico, utilizava um polieletrólito como auxiliar de coagulação/floculação com o propósito de melhorar as condições da água bruta para a aplicação do sulfato de alumínio. Com a administração desses produtos no tratamento de água à época, havia a necessidade de adicionar ou cal hidratado (também denominado hidróxido de cálcio - Ca(OH)_2) ou soda cáustica (conhecido também como hidróxido de sódio - NaOH), para fins de ajustes de pH da água. Todos esses produtos químicos eram adicionados diretamente à água na etapa denominada coagulação/floculação. A partir do segundo semestre de 2001 aproximadamente até a presente data, o processo de tratamento de água adotado pela COMUSA começou a utilizar um coagulante orgânico, de natureza essencialmente vegetal, à base de tanino. Em outras palavras, um polímero orgânico, catiônico, de baixo peso molecular, não tóxico, extraído da casca da árvore conhecida como acácia negra (*Acacia mearnsii* De Wild). A título de informação, segundo dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2002), a acácia negra é uma espécie leguminosa de múltiplos propósitos, tais como restauração de ambientes degradados, fixação de nitrogênio, produção de tanino e de energia, dentre outros. No Brasil vem sendo plantada, principalmente, com a finalidade de produção de tanino e energia. O Extrato da casca dessa árvore, rico em tanino, é processado sendo quimicamente modificado, apresentando como princípio ativo o tanato quaternário de amônio (TANAC, 2005 e 2014). A COMUSA utiliza o coagulante orgânico à base de tanino sob a forma de uma solução líquida e viscosa, com concentração mínima igual a 18% em sólidos totais, solúvel em água, a qual é adicionada diretamente à água na etapa de clarificação química. De acordo com o fabricante do produto, o coagulante orgânico é totalmente isento de metais (inclusive alumínio, por exemplo) em sua formulação, com solvente exclusivamente água. O coagulante orgânico à base de tanino mostra-se um excelente agente coagulante primário, tendo uma elevada eficiência na remoção de turbidez da água bruta. Por não consumir a alcalinidade da água durante o processo, não causa alterações significativas de pH e, conseqüentemente, não exige a aplicação de produtos químicos alcalinizantes (tais como cal hidratado ou soda cáustica). Desde que a COMUSA passou a utilizar o coagulante orgânico em seu processo de tratamento de água, não houve mais necessidade de efetuar correções de pH. O pH da água, durante todas as etapas do processo de tratamento, permanece praticamente inalterado e dentro da faixa recomendada pela Portaria n.º 2.914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde doravante denominada apenas por Portaria n.º 2.914/2011 (MS). Como auxiliar de floculação, a COMUSA utiliza um agente coagulante à base de poliaminas. A COMUSA, através de seus laboratórios, efetua o monitoramento da qualidade da água bruta, bem como o monitoramento e controle da qualidade da água em cada etapa unitária do processo de tratamento, na saída da estação e na rede de distribuição (ou abastecimento) de água potável. Basicamente, realiza análises de natureza físico-química (pH, cor aparente, turbidez, condutividade elétrica, cloro residual livre, cloro residual total e residual de flúor), bacteriológica (coliformes totais e fecais – *Escherichia coli*, bactérias heterotróficas) e hidrobiológica (fitoplâncton, cianobactérias, microinvertebrados, protozoários), entre inúmeras outras, conforme estabelecido pela Portaria n.º 2.914/2011 (MS). O monitoramento e controle da qualidade da água na rede de distribuição é realizado através de Pontos de Controle de Qualidade de Água (PCQ's). Atualmente a COMUSA apresenta 103 (cento e três) PCQ's estrategicamente distribuídos pelo município de Novo Hamburgo. Entende-se por pontos estratégicos aqueles localizados em finais da rede de distribuição, instituições de ensino (escolas de ensino fundamental e médio, por exemplo), estabelecimentos de saúde (clínicas de hemodiálise, hospitais e postos de saúde), condomínios, creches, rodoviária e pontos próximos a reservatórios de grande porte. O resultado final é a garantia do padrão físico-químico e microbiológico da água tratada para consumo humano, em conformidade com a Portaria n.º 2.914/2011 (MS).

OBJETIVO

OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do presente trabalho consiste em apresentar uma ETA destinada ao abastecimento público de água potável que utiliza uma tecnologia alternativa e viável, a qual faz uso de um coagulante orgânico à base de tanino, no processo de tratamento de água.

OBJETIVO ESPECÍFICO

O objetivo específico consiste em exibir médias mensais dos resultados de análises e caracterização físico-química da água em termos dos parâmetros denominados potencial hidrogeniônico (pH), cor aparente, turbidez, alcalinidade e condutividade elétrica. Demonstrar as eficiências de remoção de cor aparente e turbidez considerando a qualidade da água nas diferentes etapas do processo (água bruta, floculada, decantada, filtrada e tratada), bem como apresentar as quantidades de coagulante orgânico primário à base de tanino e produção de água tratada, considerando o ano de 2013.

Os parâmetros físico-químicos denominados pH, cor aparente e turbidez são considerados parâmetros de grande interesse (e indispensáveis) para o monitoramento e controle operacional da qualidade da água tratada. Outros parâmetros relevantes e que devem ser monitorados em conjunto, pois podem influenciar a etapa de coagulação/floculação, são a alcalinidade e a condutividade elétrica da água. Por este motivo, a caracterização do perfil físico-químico da água neste trabalho abordará, adicionalmente ao pH, cor aparente e turbidez, os parâmetros alcalinidade e condutividade elétrica. Neste trabalho, todos os resultados de análises são apresentados sob a forma de valores médios mensais, baseados em médias diárias, medidos conforme Plano de Amostragem específico, de acordo com a Portaria n.º 2.914/2011 (MS).

A contribuição do presente trabalho consiste em mostrar uma ETA responsável pelo tratamento e abastecimento público de água potável que não utiliza coagulantes inorgânicos baseados em metais, tais como sulfato de alumínio, cloreto férrico ou sulfato ferroso, entre outros de natureza inorgânica. Em contrapartida, na etapa de clarificação química do processo de tratamento de água, faz uso de um coagulante orgânico à base de tanino, tendo como princípio ativo o tanato quaternário de amônio. Ao final do tratamento, a qualidade da água mostra-se em conformidade com as exigências e padrões de potabilidade de água no Brasil, estabelecidos pela Portaria n.º 2.914/2011 (MS).

METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO

DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE INTERESSE

Os parâmetros físico-químicos de interesse para o monitoramento e controle operacional da qualidade da água obedecem aos procedimentos estabelecidos pela Portaria n.º 2.914/2011 (MS). As metodologias analíticas utilizadas pelos laboratórios da COMUSA para determinação dos parâmetros físico-químicos apresentados neste trabalho, bem como para outros parâmetros pertinentes ao processo, mas não objetos de estudo neste trabalho, atendem às especificações das normas nacionais e à edição mais recente da publicação *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, de autoria das instituições *American Public Health Association (APHA)*, *American Water Works Association (AWWA)* e *Water Environment Federation (WEF)*, ou das normas publicadas pela *International Standardization Organization (ISO)*. Adicionalmente, os laboratórios da COMUSA são cadastrados na FEPAM – RS, desde o ano de 2008, como Laboratório de Análises Ambientais (Certificado de Cadastro de Laboratório atualizado e em vigor CRMPA n.º 00013/2014 – DL), contemplando parâmetros físico-químicos e microbiológicos de interesse para controle de águas subterrâneas, controle de águas superficiais e controle de efluentes líquidos.

A COMUSA apresenta, para efetuar o monitoramento e controle operacional da qualidade da água tratada e distribuída, Plano de Amostragem específico e bem definido, em conformidade com a Portaria n.º 2.914/2011 (MS). Este Plano de Amostragem contempla os parâmetros físico-químicos e microbiológicos, quantidades de amostras, tipos de amostragens (simples ou compostas), frequências de amostragens e demais informações pertinentes e necessárias para a adequada caracterização físico-química e microbiológica das águas bruta, em cada etapa unitária do processo, tratada e distribuída. Nas Tabelas 2 a 4 apresentadas na próxima seção, as quais exibem as médias mensais dos valores dos parâmetros pH, cor aparente, turbidez, alcalinidade e

condutividade elétrica, tem-se uma breve descrição do Plano de Amostragem realizado pela COMUSA para esses parâmetros.

Para as análises de pH, cor aparente, turbidez e condutividade elétrica da água, foram utilizados os seguintes instrumentos analíticos e equipamentos: medidor de pH e íons, marca Analyser, modelo pH/Ion 450M; colorímetros marca Digimed, modelos DM-C3 e DM-Cor; turbidímetro marca Hanna, modelo HI 98703 e condutivímetro marca Digimed, modelo DM-31, respectivamente.

As análises de alcalinidade foram titulométricas. O reagente utilizado foi ácido sulfúrico (H_2SO_4) à concentração de 0,02N e indicador misto verde de bromocresol – vermelho de metila.

Diariamente foram efetuadas análises para verificação dos residuais do coagulante orgânico à base de tanino na água filtrada (pós-filtração e pré-desinfecção). O método de análise realizado foi colorimétrico, baseado em uma curva de calibração que relaciona concentração do coagulante orgânico e absorbância. Esta curva é determinada em laboratório através do preparo de soluções padrões com concentrações conhecidas (ácido tânico). Os reagentes químicos utilizados foram: reativo fenol de folin e solução carbonato-tartarato. O equipamento utilizado para determinação das concentrações residuais foi um espectrofotômetro Aquamate, marca Thermo Electron Corporation.

Para a determinação das dosagens ótimas dos agentes coagulantes primário (à base de tanino) e auxiliar (à base de poliaminas), no processo de tratamento de água, tem-se o ensaio (ou teste) dos jarros, também conhecido como *jar test*. Este é realizado em laboratório, pela equipe técnica responsável pela operação da estação. É uma ferramenta muito prática e tem por objetivo simular, em escala laboratorial, as condições experimentais, muitas vezes adversas (dependendo das características físico-químicas da água bruta), que podem estar presentes na ETA. Este ensaio é realizado com determinada frequência e, principalmente, sempre que ocorrer alguma alteração significativa nas características físico-químicas da água bruta, detectadas nas análises de rotina da estação, que podem exigir alterações nas dosagens dos produtos químicos coagulantes.

Torna-se importante mencionar que as análises para os parâmetros turbidez e cor aparente na água floculada são efetuadas após filtração das amostras em laboratório. As amostras são filtradas por gravidade utilizando-se algodão como meio filtrante. Por este motivo, os valores desses parâmetros verificados na água decantada são sempre maiores que os valores verificados na água floculada.

Na sequência, tem-se uma breve definição e interpretação dos parâmetros físico-químicos de interesse denominados pH, cor aparente, turbidez, condutividade elétrica e alcalinidade.

DEFINIÇÃO E INTERPRETAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE INTERESSE

pH

O parâmetro físico-químico denominado pH indica o quanto uma água é ácida (pH inferior a 7) ou alcalina (pH superior a 7). O pH exerce influência no grau de solubilidade de diversas substâncias, na distribuição das formas livre e ionizada de vários compostos químicos, definindo (inclusive) o potencial de toxicidade de diversos elementos. É um parâmetro importante no controle operacional das estações de tratamento (influenciando na coagulação química), sendo, possivelmente, o parâmetro de maior frequência de monitoramento na rotina operacional das estações de tratamento de água. A acidez e a alcalinidade são parâmetros que se relacionam diretamente com o pH e indicam a capacidade da água em resistir às mudanças de pH (denominada capacidade tampão). Todos esses parâmetros são importantes no controle operacional do tratamento de água e maiores detalhes podem ser encontrados em (RICHTER e NETTO, 1991), (MACÊDO, 2007) e (LIBÂNIO, 2008). A Portaria n.º 2.914/2011 (MS), em seu Art. 39, § 1º, estabelece que o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5.

COR APARENTE

O parâmetro físico-químico denominado cor é proveniente da presença de substâncias coradas dissolvidas na água, podendo-se ainda classificar em cor verdadeira e cor aparente. A cor verdadeira é devida somente às substâncias dissolvidas tendo sido separada (através de centrifugação, por exemplo) a turbidez. A cor aparente

é devida à cor e turbidez, determinada sem separação do material em suspensão. A água colorida é de aspecto desagradável (fator estético), sendo indesejável ao abastecimento público. A cor exerce influência na escolha do tipo do tratamento a que deve ser submetida a água e sua variação obriga a alterar a dosagem dos produtos químicos usados na etapa de clarificação. A cor natural provém principalmente da vegetação e de processos de degradação do ambiente. Maiores informações podem ser encontradas em (RICHTER e NETTO, 1991), (MACÊDO, 2007) e (LIBÂNIO, 2008). A Portaria n.º 2.914/2011 (MS), no ANEXO X – Tabela de padrão organoléptico de potabilidade, estabelece o valor máximo permitido (VMP) de 15uH, onde uH é a unidade Hazen ou mg.L^{-1} de Pt-Co. Os resultados de análise de cor utilizados no presente trabalho são devido à cor aparente, ou seja, não sendo separada da turbidez.

TURBIDEZ

O parâmetro físico-químico denominado turbidez é proveniente da presença de substâncias visíveis em suspensão que interferem na transparência da água (indica o grau de transparência da água). É provocada pelas matérias (partículas) em suspensão, tais como sílica, argila, silte, matéria orgânica finamente dividida, plâncton e outros microrganismos. Depende da granulometria e da concentração das partículas. Pode ainda ser causada pela presença de pequenas bolhas de ar. Assim como a cor a turbidez também está relacionada com fator estético. Entretanto, como a turbidez é devido somente ao material em suspensão, a remoção de turbidez implica na remoção de determinados microrganismos, os quais podem estar abrigados ou aderidos às partículas. Águas com altos valores de turbidez podem reduzir a eficiência do tratamento e alterar o sabor e odor da água. Maiores detalhes podem ser encontrados em (RICHTER e NETTO, 1991), (MACÊDO, 2007) e (LIBÂNIO, 2008). A Portaria n.º 2.914/2011 (MS) estabelece diferentes padrões de turbidez para diferentes tipos de água durante o processo de tratamento, conforme Art. 30, § 1º, 2º e 3º; Art. 31, § 2º e 3º; Art. 41, § 3º; ANEXO II – Tabela de padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção; ANEXO III – Tabela de metas progressivas para atendimento ao valor máximo permitido de 0,5uT para filtração rápida e de 1,0uT para filtração lenta; ANEXO X – Tabela de padrão organoléptico de potabilidade. Neste trabalho, a unidade de turbidez denominada (uT) refere-se a unidade nefelométrica de turbidez.

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

A condutividade elétrica indica a capacidade da água natural de transmitir a corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions, sendo, por consequência, diretamente proporcional à concentração iônica. Relaciona-se ao teor de salinidade, característica relevante para muitos mananciais subterrâneos e águas superficiais próximas ao litoral passíveis de intrusão de água salgada. Embora não seja um parâmetro integrante do padrão de potabilidade de água brasileiro e, também por isso, somente monitorado nas estações, constitui-se importante indicador de eventual lançamento de efluentes por relacionar-se à concentração de sólidos dissolvidos. A condutividade elétrica da água relaciona a resistência elétrica ao comprimento e é expressa comumente em $\mu\text{S.cm}^{-1}$, onde S é Siemens. Águas naturais apresentam comumente condutividade elétrica inferior a $100\mu\text{S.cm}^{-1}$, podendo atingir $1000\mu\text{S.cm}^{-1}$ em corpos d'água receptores de elevadas cargas de efluentes domésticos e industriais (RICHTER e NETTO, 1991), (MACÊDO, 2007) e (LIBÂNIO, 2008).

ALCALINIDADE

A alcalinidade das águas naturais traduz a capacidade de neutralizar ácidos (os íons H^+) ou a capacidade de minimizar variações significativas de pH (denominada capacidade tampão), constituindo-se principalmente de bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e hidróxidos (OH^-). No processo de tratamento de água para consumo humano, a alcalinidade adquire função primordial no êxito do processo de coagulação química minimizando a redução muito significativa do pH após a dispersão do coagulante (como exemplo, coagulantes inorgânicos baseados no metal alumínio – sulfato de alumínio). As três formas de alcalinidade manifestam-se em função do pH. Águas com pH entre 4,4 a 8,3 a alcalinidade será devido apenas a bicarbonatos, pH entre 8,3 a 9,4 a carbonatos e bicarbonatos, e para pH superior a 9,4 a hidróxidos e carbonatos. Dessa forma, para a maioria das águas naturais de superfície a alcalinidade decorre apenas de bicarbonatos, principalmente, de cálcio e magnésio. A alcalinidade não possui significado sanitário, não sendo contemplada pelo padrão de potabilidade de água. As águas naturais de origem superficial no Brasil apresentam alcalinidade comumente inferior a 100mg.L^{-1} de CaCO_3 , sendo comum no tratamento o emprego de alcalinizante visando evitar a redução muito significativa do pH na coagulação. Valores mais elevados de alcalinidade nos corpos d'água estão associados aos processos de decomposição da matéria orgânica, à atividade respiratória de

microrganismos, com liberação e dissolução de gás carbônico (CO₂) na água, e ao lançamento de efluentes industriais (RICHTER e NETTO, 1991), (MACÊDO, 2007) e (LIBÂNIO, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

COM RELAÇÃO AO COAGULANTE ORGÂNICO

A seguir, tem-se a caracterização do coagulante orgânico à base de tanino e as quantidades utilizadas durante o processo de tratamento de água da COMUSA.

CARACTERIZAÇÃO DO COAGULANTE ORGÂNICO À BASE DE TANINO

Pode ser utilizado tanto como coagulante, floculante primário quanto como auxiliar de coagulação no tratamento de águas em geral. É capaz de atuar num amplo espectro de aplicações, em conformidade com testes preliminares realizados em escala laboratorial – teste dos jarros. Com relação às suas propriedades, o coagulante orgânico atua em sistemas de partículas coloidais, neutralizando cargas e formando pontes entre estas partículas, sendo este o processo responsável pela formação de flocos e consequente sedimentação. Este produto não altera o pH da água tratada, por não consumir a alcalinidade do meio, ao mesmo tempo em que é efetivo em uma faixa de pH de 4,5 a 8,0 (TANAC, 2005 e 2014).

Com relação à aplicação, pode ser aplicado diretamente, quando na forma líquida, ou sob a forma de uma solução diluída, sozinho ou em combinação com outros agentes como sulfato de alumínio, cloreto férrico, entre outros (TANAC, 2005 e 2014).

Com relação à estocagem, mantém as suas características de coagulante e/ou floculante e auxiliar de coagulação inalteradas, quando estocado em ambiente seco, ventilado, protegido da luz solar e em embalagem fechada. Condições inadequadas de armazenagem, como ambientes sujeitos a altas temperaturas e/ou períodos prolongados, poderão causar alterações nas características físicas do produto, como o incremento de viscosidade. Entretanto, mesmo podendo não acarretar uma perda na performance do produto, tais fatores devem ser evitados (TANAC, 2005 e 2014).

Com relação à especificação técnica, tem-se:

Aspecto físico: solução líquida (com solvente exclusivamente água).

Viscosidade (em segundos, à temperatura de 25°C, copo Ford n.º 4): máximo 12.

pH (xarope): 1,5 a 3,0.

Teor de sólidos totais (%): mínimo 18.

QUANTIDADES UTILIZADAS DO COAGULANTE ORGÂNICO À BASE DE TANINO

A Tabela 1 mostra as quantidades mássicas totais utilizadas do coagulante orgânico à base de tanino no tratamento de água. Como a etapa de clarificação química da água da COMUSA utiliza, em conjunto com o coagulante orgânico à base de tanino (principal), um agente clarificante à base de poliaminas (auxiliar), optou-se por apresentar as quantidades utilizadas de todos os produtos químicos coagulantes envolvidos no processo de tratamento de água da COMUSA.

Tabela 1. Quantidades mássicas totais de produtos químicos coagulantes (principal e auxiliar) utilizados no processo de tratamento de água da COMUSA – ano 2013.

Quantidades mássicas totais de coagulantes (principal e auxiliar) utilizados no tratamento de água, ano 2013, em toneladas		
Meses	Coagulante orgânico à base de tanino	Agente clarificante à base de poliaminas
Janeiro	133,982	13,205
Fevereiro	102,746	16,242
Março	124,418	18,967
Abril	97,064	16,980
Maio	89,150	17,690
Junho	125,641	19,320
Julho	144,092	19,715
Agosto	119,106	17,462
Setembro	114,451	15,917
Outubro	120,286	17,693
Novembro	125,790	16,886
Dezembro	105,352	16,970
Total ano 2013	1.402,078	207,047

COM RELAÇÃO AO PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Na sequência, tem-se a caracterização da água bruta, da água em processo de tratamento (floculada, decantada e filtrada) e da água tratada (na saída do tratamento). Tem-se, ainda, a apresentação das quantidades de água tratada produzida na ETA da COMUSA para o ano de 2013.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA BRUTA

Conforme já mencionado, o manancial abastecedor de água da COMUSA é o Rio dos Sinos.

Na Tabela 2, tem-se a caracterização físico-química da água bruta do Rio dos Sinos (médias mensais baseadas em médias diárias).

Tabela 2. Caracterização da água bruta em termos de pH, cor aparente, turbidez, condutividade elétrica e alcalinidade para o ano de 2013.

Ano 2013	Médias mensais de análises físico-químicas da água bruta captada pela COMUSA				
	Parâmetros de monitoramento e controle da ETA				
	pH ¹	Turbidez ² (uT)	Cor ¹ (uH)	Condutividade elétrica ¹ (µS.cm ⁻¹)	Alcalinidade ³ (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)
Janeiro	6,80	34,01	258	75,77	22,45
Fevereiro	6,75	36,07	263	92,87	26,79
Março	6,81	39,38	289	77,70	25,06
Abril	6,84	26,68	205	82,36	27,03
Maio	6,83	22,15	195	99,96	29,58
Junho	6,89	35,80	273	96,50	28,93
Julho	6,90	45,54	344	73,92	22,81
Agosto	6,83	58,37	392	60,83	18,67
Setembro	6,84	42,32	295	62,47	22,50
Outubro	6,88	58,37	392	70,87	24,42
Novembro	6,83	51,25	353	66,06	24,03
Dezembro	6,82	53,42	334	76,61	25,61

¹ Médias mensais baseadas em médias diárias (12 amostras por dia – medida a cada duas horas).

² Médias mensais baseadas em médias diárias (24 amostras por dia – medida de uma em uma hora).

³ Uma única análise realizada diariamente.

Na Tabela 2, todas as amostragens são simples, ou seja, volume de água coletado, num determinado instante, também denominado de amostragem instantânea.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA EM PROCESSO DE TRATAMENTO (FLOCULADA, DECANTADA E FILTRADA)

A Tabela 3 apresenta a caracterização físico-química da água em processo de tratamento: água floculada, decantada e filtrada em termos de pH, turbidez e cor aparente (médias mensais baseadas em médias diárias).

Tabela 3. Caracterização da água floculada, decantada e filtrada em termos de pH, turbidez e cor aparente.

Ano 2013	Médias mensais de análises físico-químicas da água floculada, decantada e filtrada pela COMUSA								
	Parâmetros de monitoramento e controle da ETA								
	Água floculada			Água decantada			Água filtrada		
	pH ^{1,5}	Turbidez ^{2,5} (uT)	Cor ^{1,5} (uH)	pH ^{1,5}	Turbidez ^{1,5} (uT)	Cor ^{1,5} (uH)	pH ^{1,4}	Turbidez ^{1,5,6} (uT)	Cor ^{1,4} (uH)
Janeiro	6,54	0,25	0,50	6,50	1,32	17	6,50	0,26	0,97
Fevereiro	6,56	0,26	0,14	6,54	1,40	19	6,54	0,26	0,81
Março	6,76	0,24	0	6,56	1,61	20	6,52	0,22	0,64
Abril	6,66	0,21	0,26	6,64	1,68	29,5	6,57	0,22	0,60
Mai	6,69	0,20	0,21	6,67	1,65	34	6,62	0,20	1,30
Junho	6,63	0,20	0,15	6,61	1,88	19,6	6,53	0,19	0,19
Julho	6,53	0,23	0,10	6,49	2,05	18	6,39	0,20	0,17
Agosto	6,45	0,28	0,10	6,43	2,89	20,3	6,32	0,21	0,16
Setembro	6,50	0,25	0,18	6,48	2,35	16	6,39	0,23	0,57
Outubro	6,51	0,23	0,12	6,48	2,09	22,3	6,47	0,24	0,38
Novembro	6,50	0,31	0	6,49	2,04	25,4	6,51	0,27	0,25
Dezembro	6,62	0,24	0	6,61	1,98	19,8	6,65	0,26	0,16

¹ Médias mensais baseadas em médias diárias (12 amostras por dia – medida a cada duas horas).

² Médias mensais baseadas em médias diárias (24 amostras por dia – medida de uma em uma hora).

³ Uma única análise realizada diariamente.

⁴ Amostragem composta: volume de água constituído pelas alíquotas coletadas. Entende-se por alíquota o volume de água coletado, proporcional à vazão, em determinado instante, em intervalos de tempo pré-estabelecidos e num período determinado de tempo, para compor uma amostra composta. No presente caso, volume de água constituído por oito alíquotas coletadas individualmente na saída de cada filtro de areia. A COMUSA possui oito filtros de areia no total.

⁵ Amostragem simples: volume de água coletado, num determinado instante, também denominado de amostragem instantânea. No presente caso, amostra de água coletada na saída de cada filtro da ETA (amostras individuais por filtro, oito filtros no total).

⁶ Os resultados apresentados são a média de turbidez calculada considerando-se os oito filtros de areia da ETA da COMUSA.

Uma observação que pode ser efetuada com relação à floculação é que o floco formado nesta etapa apresenta uma morfologia irregular, o que implica em uma superfície de contato relativamente maior, quando comparado com outros produtos coagulantes que originam flocos mais regulares. Consequentemente, pode-se obter uma clarificação mais eficiente, com um menor valor de turbidez ao final do processo.

Como parâmetro de controle interno (adotado como referência operacional pela ETA da COMUSA), trabalha-se normalmente com valor de turbidez da ordem de 0,20uT para água floculada. Dependendo das características da água bruta, pode-se trabalhar com valores de turbidez da ordem de 0,30 até 0,40uT (no máximo) para água floculada. Valores superiores a 0,40uT para a água floculada é um sinal de alerta para ajuste das dosagens dos coagulantes (principal e auxiliar). Normalmente, trabalha-se com valores de turbidez da ordem de 2uT para a água decantada. Após filtração, a turbidez encontra-se na ordem de 0,2 a 0,4uT.

Com relação ao parâmetro cor aparente, trabalha-se com valores normalmente inferiores a 1uH na água floculada. Para a água decantada, tem-se valores da ordem de 15 a 35uH. Nestas condições, após a etapa de filtração, têm-se valores de cor aparente da ordem de 0 até, no máximo, 5uH para a água tratada.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA TRATADA – SAÍDA DO TRATAMENTO

Na Tabela 4, tem-se a caracterização físico-química da água tratada na saída do tratamento (médias mensais baseadas em médias diárias).

Tabela 4. Caracterização da água tratada na saída do tratamento em termos de pH, cor aparente, turbidez, condutividade elétrica e alcalinidade para o ano de 2013.

Ano 2013	Médias mensais de análises físico-químicas da água tratada pela COMUSA – saída do tratamento				
	Parâmetros de monitoramento e controle da ETA				
	pH ¹	Turbidez ² (uT)	Cor ¹ (uH)	Condutividade elétrica ¹ (µS.cm ⁻¹)	Alcalinidade ³ (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)
Janeiro	6,52	0,41	1	96,49	24,39
Fevereiro	6,60	0,36	2	116,09	21,46
Março	6,68	0,24	0	94,75	19,39
Abril	6,50	0,28	1	101,93	18,23
Maio	6,57	0,27	2	116,78	23,32
Junho	6,51	0,37	2	117,59	21,07
Julho	6,37	0,36	1	94,82	15,45
Agosto	6,33	0,45	1	78,39	12,70
Setembro	6,39	0,45	2	80,81	16,77
Outubro	6,48	0,42	1	100,16	17,77
Novembro	6,46	0,44	1	93,15	17,83
Dezembro	6,82	0,35	1	101,81	21,74

¹ Médias mensais baseadas em médias diárias (12 amostras por dia – medida a cada duas horas).

² Médias mensais baseadas em médias diárias (24 amostras por dia – medida de uma em uma hora).

³ Uma única análise realizada diariamente.

Na Tabela 4, todas as amostragens são simples.

Nas Tabelas 2 e 4, optou-se por trabalhar com números inteiros para o parâmetro físico-químico denominado cor aparente.

A Figura 1 ilustra as quantidades mássicas dos produtos químicos coagulantes utilizados durante o processo de tratamento de água da COMUSA em 2013.

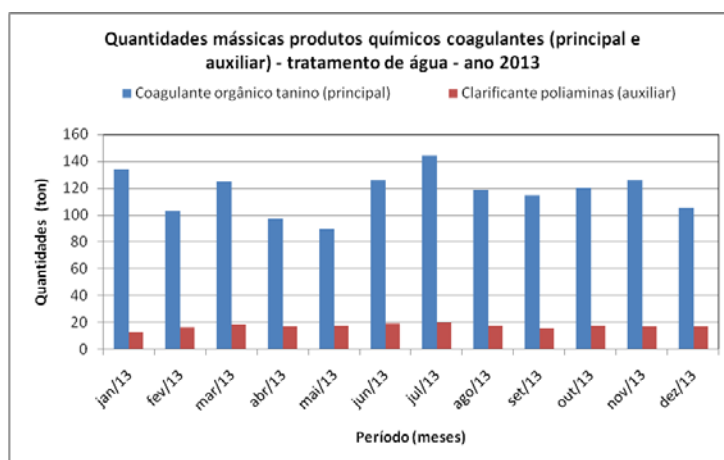


Figura 1. Quantidades mássicas dos coagulantes (principal e auxiliar) usadas no tratamento de água em 2013.

Nota-se, através da análise da Figura 1, que as quantidades do coagulante orgânico à base de tanino apresentaram uma determinada variação mensal ao longo do ano considerado. Essa variação mensal pode estar relacionada à qualidade (perfil físico-químico) da água bruta observada no período. As menores quantidades do coagulante orgânico à base de tanino utilizadas no tratamento de água ocorreram durante os meses de abril e maio de 2013. As maiores quantidades utilizadas deste coagulante foram observadas durante os meses de janeiro, março, junho e julho. Essas maiores quantidades podem estar relacionadas ao perfil físico-químico da água bruta combinada com as quantidades de água produzida no período. Com relação ao agente clarificante à base de poliaminas, o mesmo apresentou um consumo mensal aproximadamente constante ao longo do ano em estudo, mas quantidades um pouco maiores deste auxiliar foram utilizadas nos meses de março, junho e julho.

Seguindo-se com a análise da Figura 1 e os resultados apresentados na Tabela 2, percebe-se que os menores valores de quantidade de coagulante orgânico à base de tanino utilizados no tratamento de água (meses de abril e maio) coincidem com os menores valores para os parâmetros turbidez e cor aparente verificados na água bruta no mesmo período.

A Figura 2 exibe os valores médios mensais para os parâmetros pH e alcalinidade, considerando água bruta e tratada, para o ano de 2013.

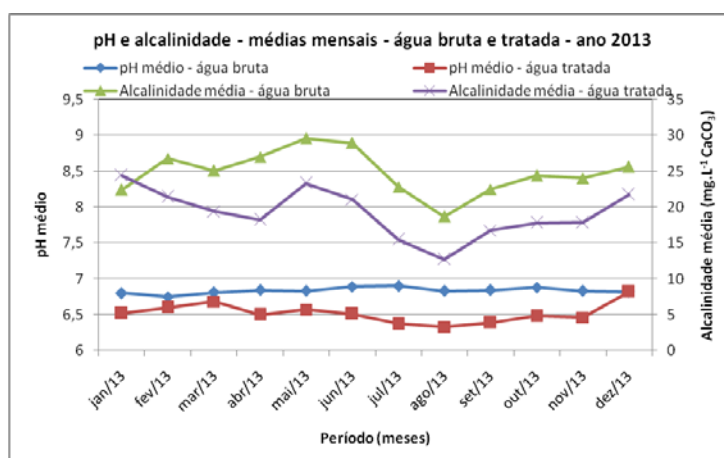


Figura 2. Valores médios mensais para os parâmetros pH e alcalinidade, considerando água bruta e tratada, para o ano de 2013.

Através da análise desta figura, nota-se apenas uma pequena diferença entre os valores médios de pH para a água bruta e tratada. Os valores médios de pH para a água tratada mostram-se levemente inferiores aos valores de pH para a água bruta. O pH médio mensal para a água bruta apresentou-se, para o período em estudo, na faixa compreendida entre 6,75 a 6,90. O pH médio mensal para a água tratada, no mesmo período, manteve-se na faixa entre 6,33 a 6,82, sem necessidade de adição de produtos químicos alcalinizantes no processo de tratamento de água. Vale destacar que, conforme descrito na Portaria n.º 2.914/2011 (MS), Art. 39, § 1º, “recomenda-se que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5”.

Prosseguindo-se com a análise da Figura 2, percebe-se uma variação entre os valores médios de alcalinidade para a água bruta e tratada. Com exceção do mês de janeiro de 2013, os valores médios de alcalinidade para a água tratada mostram-se sempre inferiores aos valores de alcalinidade para a água bruta. Nota-se ainda que quando os valores de alcalinidade são menores na água bruta, os valores deste parâmetro na água tratada também são menores. O menor valor de alcalinidade observado na água bruta foi durante o mês de agosto, sendo igual a 18,67mg.L⁻¹ CaCO₃. Neste mesmo período, observou-se o menor valor de alcalinidade para a água tratada com valor igual a 12,70mg.L⁻¹ CaCO₃. O maior valor de alcalinidade na água bruta ocorreu no mês de maio de 2013, com valor de 29,58mg.L⁻¹ CaCO₃. Neste mesmo período, observou-se o valor de alcalinidade para a água tratada igual a 23,32 mg.L⁻¹ CaCO₃ (segundo maior valor observado). O maior valor de alcalinidade na água tratada ocorreu no mês de janeiro de 2013, sendo igual a 24,39mg.L⁻¹ CaCO₃. Em nenhum momento foi adicionado produto químico alcalinizante, tais como hidróxido de sódio (NaOH) ou hidróxido de cálcio Ca(OH)₂ ou outro, no processo de tratamento de água para o período considerado.

Conforme já mencionado, a alcalinidade não possui significado sanitário, não sendo contemplada pelo padrão de potabilidade de água brasileiro. Entretanto, esses resultados são apresentados para mostrar, no presente caso, que a variação nos valores da alcalinidade verificada na Figura 2 não provocou variações significativas de pH durante o processo de tratamento de água, no sentido de exigir a adição de produtos químicos alcalinizantes. Tampouco a eficiência da floculação foi comprometida a ponto de causar transtornos durante o tratamento. O processo de clarificação da água ocorreu normalmente, com eficiência adequada, livre de alcalinizantes, atingindo o seu objetivo de clarificar a água.

A Figura 3 apresenta os valores médios mensais para a condutividade elétrica e alcalinidade, considerando a água bruta e tratada, para o ano de 2013.

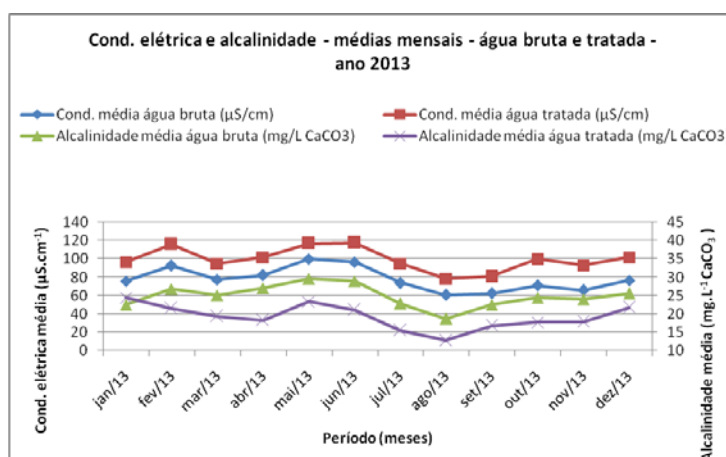


Figura 3. Valores médios mensais para a condutividade elétrica e alcalinidade, água bruta e tratada, referente ao ano de 2013.

Através da análise da Figura 3, percebe-se, semelhantemente como na alcalinidade para a água bruta e tratada, uma variação entre os valores médios de condutividade elétrica, para o período de tempo estudado. Porém, neste caso, os valores médios para a condutividade elétrica da água tratada mostram-se ligeiramente superiores aos valores médios deste parâmetro para a água bruta. Isso pode ser explicado pelo fato da adição de produtos químicos à base de cloro, tal como hipoclorito de sódio solução ($\text{NaClO}_{(\text{aq})}$), na etapa de desinfecção química e produtos à base de flúor, tal como ácido fluossilícico ($\text{H}_2\text{SiF}_{6(\text{aq})}$), na etapa de fluoretação da água. Adicionalmente, com exceção do mês de janeiro, os menores valores para a condutividade elétrica ocorrem no mesmo período em que se observam os menores valores para a alcalinidade.

As Figuras 4 e 5 apresentam os valores médios mensais de turbidez e cor aparente, respectivamente, para a água bruta e tratada referente ao ano de 2013.

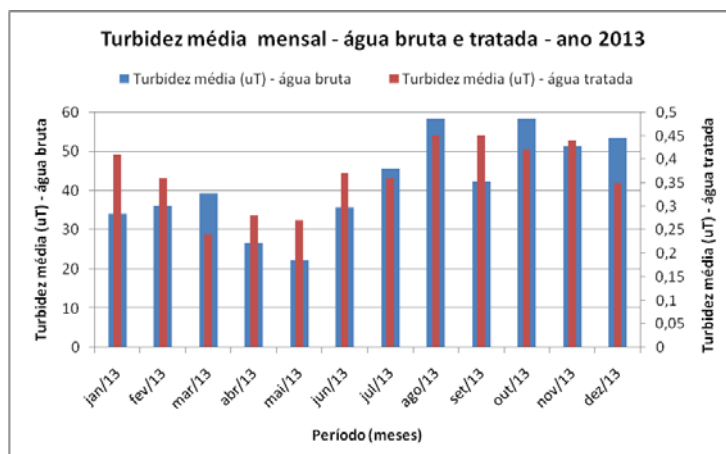


Figura 4. Valores médios mensais de turbidez para a água bruta e tratada – ano 2013.

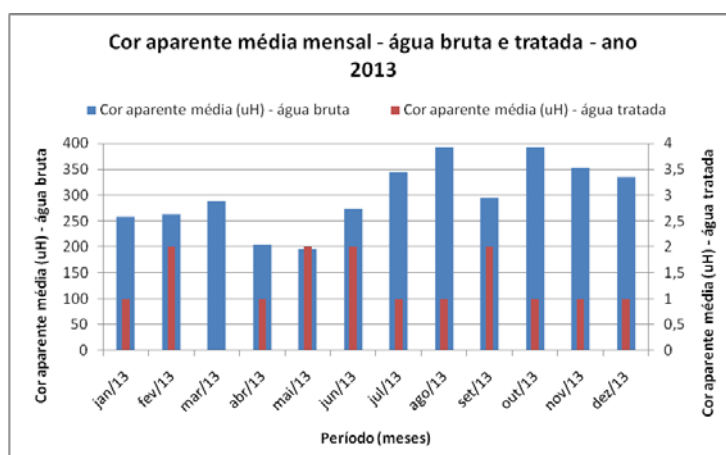


Figura 5. Valores médios mensais de cor aparente para a água bruta e tratada – ano 2013.

Através da análise das Figuras 4 e 5, junto com as Tabelas 2 a 4, percebe-se claramente que tanto a turbidez quanto a cor aparente da água filtrada e tratada, para o período estudado, mantiveram-se dentro dos valores limites máximos estabelecidos conforme a Portaria n.º 2.914/2011 (MS).

Adicionalmente, para os valores de turbidez de água filtrada, conforme apresentado na Tabela 3, percebe-se que os maiores valores observados são 0,26 e 0,27uT, os quais ocorreram durante os meses de janeiro, fevereiro, novembro e dezembro de 2013. Esses maiores valores mostram-se, sem exceção, muito abaixo do valor limite máximo (para água pós-filtração ou pré-desinfecção) estabelecido pela Portaria n.º 2.914/2011 (MS).

Para o período de tempo considerado, com relação às médias dos resultados de análises apresentados nas Tabelas 2 e 4, o cálculo da eficiência de remoção da cor aparente e da turbidez da água bruta em relação à água floculada e tratada, utilizando-se o coagulante orgânico à base de tanino combinado com o auxiliar à base de poliaminas resultou sempre acima de 98,8%. O cálculo da eficiência (EF) de remoção desses dois parâmetros foi efetuado conforme a equação (1):

$$EF (\%) = ((P_2 - P_1) / P_2) * 100 \quad (1)$$

Onde:

P₁: parâmetro cor aparente ou turbidez para água floculada e tratada.

P₂: parâmetro cor aparente ou turbidez para água bruta.

PRODUÇÃO DE ÁGUA TRATADA – ANO 2013

A Tabela 5 apresenta os valores de produção mensal de água tratada referente ao ano de 2013.

Tabela 5. Produção mensal de água tratada para o ano de 2013.

Produção mensal água tratada ano 2013	
Meses	Produção de água (milhões de m ³ por mês)
Janeiro	1,792
Fevereiro	1,648
Março	1,856
Abril	1,688
Maio	1,763
Junho	1,713
Julho	1,715
Agosto	1,540
Setembro	1,603
Outubro	1,658
Novembro	1,648
Dezembro	1,710
Total ano 2013	20,334

A Tabela 6 mostra as quantidades específicas de coagulante orgânico à base de tanino (principal) e agente clarificante à base de poliaminas (auxiliar) utilizadas, ou seja, as quantidades dos coagulantes por metro cúbico de água produzido para o ano de 2013. Valores médios mensais baseados em valores médios diários.

Tabela 6. Quantidades de coagulante orgânico à base de tanino e agente clarificante à base de poliaminas por metro cúbico de água produzido na ETA da COMUSA – ano 2013.

Quantidades coagulante tanino (principal) e poliamina (auxiliar) por metro cúbico de água produzido em 2013		
Meses	Coagulante orgânico à base de tanino por metro cúbico de água produzido (g.m ⁻³ ou mg.L ⁻¹)	Agente clarificante à base de poliaminas por metro cúbico de água produzido (g.m ⁻³ ou mg.L ⁻¹)
Janeiro	75	7
Fevereiro	62	10
Março	67	10
Abril	58	10
Maio	51	10
Junho	73	11
Julho	84	11
Agosto	77	11
Setembro	71	10
Outubro	73	11
Novembro	76	10
Dezembro	62	10

Optou-se por apresentar números inteiros na Tabela 6.

Através da análise da Tabela 6, nota-se que, para o ano de 2013, as quantidades de coagulante orgânico à base de tanino e agente clarificante à base de poliaminas por metro cúbico de água produzido situaram-se na faixa de 51 a 84 mg.L⁻¹ para o tanino e de 7 a 11mg.L⁻¹ para a poliamina.

Os residuais de coagulante orgânico na água filtrada, para o ano de 2013, situaram-se entre 0,10mg.L⁻¹ (mínimo) e 0,75mg.L⁻¹ (máximo). O valor médio (anual) resultou em 0,21mg.L⁻¹.

Com relação à utilização do coagulante orgânico à base de tanino no processo de tratamento de água da COMUSA, não houve exigência de grandes alterações ou adaptações na estação. Apenas uma atenção maior deve-se ter com relação à granulometria da areia utilizada como meio filtrante e ao procedimento de lavagem dos filtros com ar e água. Atualmente, a COMUSA possui oito filtros de areia de fluxo descendente. O meio filtrante é uma monocamada de areia com diâmetro efetivo da ordem de 0,9 a 1mm. Em condições normais

(típicas), todos os oito filtros de areia necessitam ser lavados uma vez a cada doze horas. O procedimento de lavagem dos filtros envolve tanto a aplicação de ar (pelo período aproximado de 10 minutos) quanto de água (pelo período aproximado de 2 a 3 minutos), em sequência, com a inversão do fluxo de água. Ao final do procedimento, a água resultante (apresentando valores de cor aparente e turbidez elevados) retorna (normalmente) à entrada de água bruta, para ser novamente tratada na estação.

CONCLUSÕES

O presente trabalho teve por objetivo apresentar uma visão geral do processo de tratamento de água para abastecimento público, onde na etapa de clarificação química, utiliza-se um agente coagulante primário de origem orgânica à base de tanino.

Deve-se ressaltar que a correta dosagem do coagulante a ser utilizada na etapa de clarificação química da água deve ser estudada para cada caso em particular. Muitas são as variáveis determinantes e influentes na dosagem do produto. Portanto, torna-se de fundamental importância e necessidade conhecer as características (perfil físico-químico) da água bruta a ser tratada; conhecer o padrão de qualidade da água que se deseja obter; conhecer as características do coagulante e realizar os ensaios em escala laboratorial (através do teste dos jarros) e em planta. Como exemplo de parâmetros influentes em processos de tratamento de água, pode-se mencionar o pH, a cor aparente, a turbidez, a alcalinidade e a condutividade elétrica da água, entre vários outros. Por conseguinte, esses foram os parâmetros escolhidos, estudados e apresentados neste trabalho.

O flocos originado na etapa de clarificação química da água (coagulação/floculação), através da aplicação do coagulante orgânico à base de tanino, apresenta uma morfologia irregular. Essa morfologia irregular implica, consequentemente, em superfícies de contato relativamente maiores, quando comparado com outros produtos químicos coagulantes que formam flocos com características mais regulares (flocos do tipo esféricos, por exemplo). Desta forma, pode-se obter uma clarificação química mais eficiente, com menores valores de turbidez ao final do processo de tratamento de água.

O cálculo da eficiência de remoção da cor aparente e da turbidez da água bruta em relação à água floculada e tratada, utilizando-se o coagulante orgânico à base de tanino combinado com o auxiliar à base de poliaminas resultou sempre acima de 98,8%, para o período de tempo considerado.

Com a utilização do coagulante orgânico à base de tanino, não houve mais necessidade de aplicação de produtos químicos alcalinizantes para ajustes de pH durante o processo de tratamento de água. Isto implica em uma operação mais simplificada da estação, pois se elimina por completo o armazenamento, o preparo e a aplicação de produtos químicos alcalinizantes (cal hidratada ou soda cáustica solução, por exemplo), bem como a exigência do controle de pH. Tem-se apenas o monitoramento do parâmetro físico-químico pH.

O coagulante orgânico à base de tanino é extraído da casca da árvore denominada acácia negra e, por este motivo, a produção e a utilização deste coagulante orgânico exigem o plantio dessa árvore. Em outras palavras, o coagulante orgânico à base de tanino é obtido a partir de uma fonte de matéria-prima completamente renovável. Isto reflete positivamente para o meio ambiente.

O coagulante orgânico à base de tanino é isento de metais, tais como o alumínio, em sua formulação, conforme especificação do fabricante. Assim sendo, com a utilização desse coagulante orgânico, não se está adicionando metais (em particular o alumínio) durante o processo de tratamento de água. Torna-se importante ressaltar que o valor máximo permitido de alumínio na água potável é igual a $0,2\text{mg.L}^{-1}$, de acordo com a Portaria n.º 2.914/2011 (MS).

Com relação à geração de lodo no processo de tratamento de água através do uso do coagulante orgânico, o mesmo também pode se tornar livre de alumínio e bem menos agressivo ao meio ambiente. Devido à composição essencialmente orgânica do coagulante à base de tanino, o lodo gerado tende a apresentar elevado teor de matéria orgânica. Essa característica pode proporcionar maior facilidade de tratamento e degradabilidade do lodo (através de processos térmicos ou biológicos, por exemplo).

Ao se utilizar o coagulante orgânico à base de tanino, os operadores e técnicos da estação utilizam um produto menos agressivo (à saúde e ao meio ambiente), o que reflete em melhores condições de saúde e segurança operacional. O processo de tratamento de água torna-se mais limpo e ecológico.

Pode-se destacar que todas essas características, coagulante orgânico obtido a partir de uma fonte de matéria-prima renovável (acácia negra), formulação química livre de metais (em particular o alumínio), solução líquida e viscosa pronta para uso adicionada diretamente à água, sem necessidade de adição de produtos químicos alcalinizantes para correções de pH, formação de flocos com características irregulares o que proporciona maiores superfícies de contato, geração de lodo com característica orgânica o que facilita o seu tratamento e degradabilidade, mostram-se muito positivas tanto para o processo de tratamento de água quanto para o meio ambiente.

Por fim, a água tratada com o coagulante orgânico à base de tanino apresenta-se como uma alternativa plenamente possível e viável, atendendo integralmente às exigências e padrões de potabilidade de água para abastecimento público estabelecidos pela Portaria n.º 2.914/2011 (MS).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA); WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22nd Edition, Washington, DC, 2012.
2. BRASIL. Resolução n.º 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*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, 2005.
3. BRASIL. Portaria n.º 2.914, de 12 de dezembro de 2011, *Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade*. Ministério da Saúde, Brasília, DF, 2011.
4. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. 2002. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/AcaciaNegra/CultivodaAcaciaNegra/>>.
5. FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO ESTADO DO RIO GRANDE SUL – FEPAM – RS. 2009. *Qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos*. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade_sinos/sinos.asp>.
6. FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO ESTADO DO RIO GRANDE SUL – FEPAM – RS. 2014. *Certificado de Cadastro de Laboratório*. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/doclics/signed/2014/620722_signed.pdf>.
7. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=431340&search=rio-grande-do-sul/novo-hamburgo|infogr%E1ficos:-dados-gerais-do-munic%EDpio>>.
8. LIBÂNIO, M., *Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água*. Campinas, SP. Editora Átomo, 2ª Edição, 2008.
9. MACÊDO, J. A. B., *ÁGUAS & ÁGUAS*. Belo Horizonte, MG. CRQ-MG, 3ª Edição, 2007.
10. METCALF & EDDY, INC. *WASTEWATER ENGINEERING: Collection, Treatment, Disposal*. New York: McGraw-Hill, 1972.
11. RÄDER, A. S. *Utilização de Coagulante/Floculante Orgânico-Vegetal à base de Tanino em Tratamento de Água para Consumo Humano*. In: ASSEMBLÉIA NACIONAL DA ASSEMAE, 38ª, 2008, Salvador, Bahia, Brasil. *Anais...* Salvador: ASSEMAE, 2008. 1 CD-ROM.
12. RÄDER, A. S. *Uso de Coagulante Orgânico à Base de Tanino no Tratamento de Água para Consumo Humano – Um Estudo de Caso*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 25º, 2009, Recife, Pernambuco, Brasil. *Anais...* Recife: CBESA, 2009. 1 CD-ROM.
13. RICHTER, C. A., NETTO, J. M. A., *Tratamento de água: tecnologia atualizada*. São Paulo, SP, Editora Edgard Blücher Ltda, 1991.
14. TANFLOC – *MANUAL PRÁTICO PARA O USO EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS DE ABASTECIMENTO*. TANAC S. A., 2005, Montenegro, RS, Brasil.
15. TANFLOC – *BOLETIM TÉCNICO*. TANAC S.A., 2014, Montenegro, RS, Brasil.