

## I-137 - OTIMIZAÇÃO DA COAGULAÇÃO VISANDO REMOÇÃO DE COR E TURBIDEZ

**Francisco das Chagas da Costa Filho<sup>(1)</sup>**

Bacharel em Ciência e Tecnologia e Engenheiro Civil pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA. Mestre em Engenharia Civil e Graduando em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN. Doutorando em Engenharia Civil e Ambiental na Universidade Federal de Campina Grande - UFCG.

**Solange Aparecida Goularte Dombroski<sup>(2)</sup>**

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal do Mato Grosso - UFMT. Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade Federal de São Paulo - USP. Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal de São Paulo - USP.

**Rudna Angélica Vieira do Vale<sup>(3)</sup>**

Bacharel em Ciência e Tecnologia, Graduanda em Engenharia Civil e Mestranda em Manejo em Solo e Água pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA.

**Mauriceia Medeiros<sup>(4)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Especialista em Gestão e Tecnologia na Construção Civil pela Universidade Potiguar - UNP e Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN.

**Sinara Martins Camelo<sup>(5)</sup>**

Engenheira Civil e Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande. Doutoranda em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba - UEPB.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** R. Aprígio Veloso, 882, Campus Universitário da UFCG, Bloco CV - Bairro Universitário - Campina Grande - PB - 58429-900 - Brasil - Tel: (84) 99968-4774 - e-mail: franciscocosta\_@outlook.com

### RESUMO

A água é um dos recursos essenciais para a manutenção da vida humana, sendo utilizada para diversos usos. O uso mais nobre é o abastecimento humano, normatizado pela Portaria de Consolidação nº 05/2017 do Ministério da Saúde, em seu Anexo XX (BRASIL, 2017), que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. O presente trabalho teve como objetivo executar ensaios de tratabilidade em escala de bancada, simulando a tecnologia de coagulação e de filtração direta, visando remover cor e turbidez da água do rio Piranhas/Açu, localizado em Assú, RN. Os ensaios foram realizados em três etapas, nas quais foram fixadas condições de mistura rápida, tempo e gradiente médio de velocidade, mas distintas entre si. Em cada ensaio, utilizava-se uma dosagem fixa de coagulante e variava-se os valores de pH de coagulação, tendo sido utilizados dois tipos de coagulantes (cloreto de polialumínio e sulfato de alumínio) e um auxiliar de coagulação (polímero catiônico), totalizando 15 ensaios com 6 jarros por ensaio. Os resultados obtidos indicaram os menores valores remanescentes de turbidez (0,57 uT), cor aparente (8 uH) e cor verdadeira (4 uH) para a dosagem de cloreto de polialumínio (PAC) de 6 mg/L, com respectivo valor de pH de coagulação de 4,8. Para esta condição, os percentuais remanescentes para turbidez, cor aparente e cor verdadeira foram de 24, 38 e 50%, respectivamente. De um modo geral, os resultados ressaltaram a importância da realização de testes em escala de laboratório visando a otimização do processo de coagulação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Coagulação, Filtração Direta, Remoção de turbidez, Remoção de cor (aparente e verdadeira).

### INTRODUÇÃO

A água é um dos elementos fundamentais para a manutenção da vida humana. Suas utilizações são diversas como produção agrícola, dessedentação de animais, geração de energia, balneabilidade, transporte, manutenção da vida aquática, entre outras, sendo o abastecimento humano considerado o uso mais nobre.

Com relação ao tratamento de água para abastecimento humano, comumente no Brasil as estações de tratamento de água (ETAs) são dimensionadas e construídas sem um diagnóstico prévio da qualidade da água bruta para a determinação da tecnologia de tratamento, acarretando a oneração da obra, aumentando os custos com operação e consequentemente a distribuição de água com qualidade inferior e com excessos de produtos químicos (SANTOS, 2004).

Para escolher a técnica de tratamento, deve-se observar (LIBÂNIO, 2010): característica da água bruta; orçamento para implantação, manutenção e operação da tecnologia; manuseio e confiabilidade dos equipamentos empregados no tratamento; flexibilidade operacional; característica da população consumidora e a localização; disposição dos resíduos finais (lodo).

A grande preocupação com a tratabilidade da água se dá pelo fato de que o meio hídrico é uma das principais formas de transmissão de doenças, que segundo Heller (2006) podem ser de duas formas: a transmissão por ingestão de água contaminada por agentes biológicos patogênicos e, a transmissão que ocorre pela insuficiência da quantidade de água provocando higiene deficiente.

As impurezas presentes na água podem ser classificadas da seguinte forma: em suspensão (algas, protozoários, fungos, vírus, vermes, larvas, areia, argila, silte, resíduos industriais e domésticos); estado coloidal (corantes vegetais, sílica e vírus); em dissolução (sais de cálcio e magnésio, sais de sódio, óxidos de ferro e manganês, chumbo, cobre, zinco, arsênico, selênio, boro, iodo, flúor e compostos fenóis); substâncias albuminoides (nitratos, nitritos e gases como O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, N) (MEDEIROS FILHO, 2009).

Toda água para o abastecimento público deve obedecer ao padrão de potabilidade definido pelo Ministério da Saúde, ou seja, as características químicas, físicas, microbiológicas e radioativas não devem ultrapassar os níveis máximos permitidos pela Portaria de Consolidação nº 05/2017, em seu Anexo XX (BRASIL, 2017).

O padrão de potabilidade brasileiro é composto pelos seguintes itens: i) padrão microbiológico da água para consumo humano; ii) padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção; iii) padrão de substâncias químicas que representam risco à saúde (inorgânicas, orgânicas, agrotóxicos, desinfetantes e produtos secundários da desinfecção; iv) padrão de cianotoxinas da água para consumo humano; v) padrão de radioatividade da água para consumo humano e vi) padrão organoléptico de potabilidade (BRASIL, 2011b).

Os processos e operações unitárias são partes das técnicas de tratamento de água e as mesmas devem ser devidamente combinadas para que a qualidade da água de abastecimento humano seja alcançada e não comprometa a saúde da população. As técnicas de tratabilidade tem como função retirar partículas suspensas e coloidais, matéria orgânica e microrganismos e outras substâncias ofensivas a saúde humana. Comumente suas ações são por meio de processos e operações físico-químicas, diferentemente do tratamento de esgotos, que em sua maioria, utiliza-se de tratamento puramente biológico (LIBÂNIO, 2010).

A potabilização da água apresentará basicamente três fases: clarificação - inclui etapas de coagulação, floculação e decantação/flotação para a remoção de sólidos suspensos e parte dos sólidos dissolvidos; filtração - remoção de sólidos dissolvidos e microrganismos e desinfecção - inativação de bactérias e vírus. Caso não haja o processo de coagulação, inevitavelmente será exigido a técnica de filtração lenta (LIBÂNIO, 2010).

Acrescenta-se as etapas citadas anteriormente, a fluoretação e a estabilização que exercerão, respectivamente, a prevenção de cáries e controle de corrosão e incrustações da água nas tubulações. Além de obedecer ao padrão de potabilidade, a escolha da tecnologia também está aliada aos custos de implantação, complexidade operacional e porte da instalação, mas esses pontos só serão avaliados quando comprovados que determinada água bruta pode ser tratada com mais de uma tecnologia. Também se faz necessário levar em consideração as mudanças sazonais e não pontuais (PÁDUA, 2006).

Nesse sentido, o presente trabalho desenvolveu testes de tratabilidade, em escala de bancada, da água de um manancial superficial utilizado como fonte de água de 34 municípios do Rio Grande do Norte, visando pesquisar a influência da coagulação na remoção de cor e turbidez.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios de tratabilidade a nível de bancada foram realizados com a água do rio Piranhas/Açu, do município de Assú-RN. Os equipamentos utilizados para os ensaios foram: jartest, marca Nova Ética, modelo 218/6LDB; Medidor de pH, marca Thermo Scientific, modelo Orion 3 Star; Turbidímetro, marca Hach, modelo 2100Q; Espectrofotômetro, marca Hach, modelo DR5000; Medidor multiparâmetro, marca Hach, modelo HQ40D, utilizado como condutivímetro; Cronômetro digital, marca Instrutherm, modelo CD2800; Centrifuga de bancada microprocessada, marca Fanem, modelo 206BL Excelsa II; Vídraria: balão volumétrico, pipetas graduadas, pipetas volumétricas, provetas, bêquers, funil, erlenmeyer; Papel de filtro quantitativo, marca Fusion, referência QFP-12,5 cm black; Sistema de filtração: papel de filtro dobrado e disposto em um funil apoiado em erlenmeyer ; GPS, marca Garmin, modelo GPSmap 62sc

A pesquisa se desenvolveu em três etapas. Nestas, foram utilizadas condições fixas de mistura rápida (MR), tempo ( $T_{MR}$ ) e gradiente médio de velocidade ( $G_{MR}$ ), mas distintas entre si. Em cada ensaio, utilizava-se uma dosagem fixa de coagulante e variava-se os valores de pH de coagulação, tendo sido utilizados dois tipos de coagulantes e um auxiliar de coagulação.

A primeira etapa foi realizada utilizando-se cloreto de polialumínio (PAC) como coagulante. Os valores do  $T_{MR}$  e  $G_{MR}$  foram mantidos em 30s e  $1000\text{s}^{-1}$ , respectivamente, determinados a partir de experiências feitas nos estudos de Santos (2004). A variação dos valores de pH de coagulação foi obtida utilizando-se solução de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,1N ou de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0,5%. Nesta etapa, foram executados 10 ensaios. A faixa testada de valores pH foi de 4,0 a 7,1 para dosagens de PAC entre 1,0 a 6,0 mg/L. Para cada dosagem estudada, foram testados seis valores de pH, resultando em 60 jarros, como pode ser observada na Tabela 1.

**Tabela 1- Primeira etapa de ensaios visando identificar a melhor dosagem do coagulante cloreto de polialumínio e respectivo pH de coagulação, avaliando-se a remoção de turbidez**

Condições fixas de mistura rápida (MR): $T_{MR} = 30\text{s}$ e $G_{MR} = 1000\text{s}^{-1}$			
Dosagem de coagulante (mg/L)	pH de coagulação (na faixa de 4,0 a 7,1)	Ensaios	Jarros
1,0	6 valores	1	1, 2, 3, 4,5, 6
1,5	6 valores	2	1, 2, 3, 4,5, 6
2,0	6 valores	3	1, 2, 3, 4,5, 6
2,5	6 valores	4	1, 2, 3, 4,5, 6
3,0	6 valores	5	1, 2, 3, 4,5, 6
3,5	6 valores	6	1, 2, 3, 4,5, 6
4,0	6 valores	7	1, 2, 3, 4,5, 6
4,5	6 valores	8	1, 2, 3, 4,5, 6
5,0	6 valores	9	1, 2, 3, 4,5, 6
6,0	6 valores	10	1, 2, 3, 4,5, 6
Total		10	60

Na segunda etapa (Tabela 2) foi realizada 1 ensaio usando PAC como coagulante e as mesmas condições da mistura rápida dos ensaios da primeira etapa. Todavia, na segunda etapa foram observadas as eficiências de remoção de cor, aparente e verdadeira, e de turbidez para a melhor dosagem obtida na primeira etapa.

**Tabela 2- Segunda etapa de ensaios visando avaliar a remoção de turbidez, cor aparente e cor verdadeira, para a melhor dosagem do coagulante cloreto de polialumínio e respectivo pH de coagulação, identificados na primeira etapa.**

<b>Condições fixas de mistura rápida (MR): <math>T_{MR} = 30</math> s e <math>G_{MR} = 1000 \text{ s}^{-1}</math></b>			
Dosagem de coagulante (mg/L)	pH de coagulação (na faixa de 4,2 a 7,1)	Ensaios	Jarros
6,0	6 valores	1	1, 2, 3, 4, 5, 6
Total		1	6

A terceira etapa (Tabela 3) da pesquisa consistiu em 4 ensaios realizados com coagulante sulfato de alumínio, juntamente com polímero catiônico. Em cada ensaio foram mantidas as concentrações de coagulante e de polímero em todos os jarros, variando-se o volume de ácido para ajuste dos valores de pH em cada jarro.

Nesta etapa, as condições da mistura rápida adotadas foram baseadas naquelas utilizadas por Santos *et al.* (2007). O procedimento consistiu em adicionar o sulfato de alumínio à água bruta com  $G_{MR} = 1000 \text{ s}^{-1}$  e  $T_{MR} = 10$  s. Imediatamente após, adicionar o polímero e diminuir o gradiente para  $G_{MR} = 800 \text{ s}^{-1}$  com o  $T_{MR} = 20$  s.

**Tabela 3 - Terceira etapa de ensaios visando identificar a melhor dosagem do coagulante sulfato de alumínio com auxiliar de coagulação (polieletrólico Floerger) e respectivo pH de coagulação**

<b>Condições de mistura rápida dosando sulfato de alumínio: <math>T_{MR} = 10</math> s e <math>G_{MR} = 1000 \text{ s}^{-1}</math></b>				
<b>Condições de mistura rápida dosando polieletrólico catiônico: <math>T_{MR} = 20</math> s e <math>G_{MR} = 800 \text{ s}^{-1}</math></b>				
Dosagem de coagulante (mg/L)	Dosagem de polieletrólico (mg/L)	pH de coagulação (na faixa de 3,9 a 7,2)	Ensaios	Jarros
5,0	0,25	6 valores	1	1, 2, 3, 4, 5, 6
5,0	0,50	6 valores	2	1, 2, 3, 4, 5, 6
6,0	0,25	6 valores	3	1, 2, 3, 4, 5, 6
6,0	0,50	6 valores	4	1, 2, 3, 4, 5, 6
Total			4	24

Para determinação da cor, turbidez e pH, foram utilizados métodos descritos em Clesceri *et al.* (1999): (i) cor aparente: método espectrofotométrico; (ii) cor verdadeira: método espectrofotométrico com pré-tratamento por centrifugação durante 1 hora; (iii) turbidez: método nefelométrico; (iv) pH: método eletrométrico.

## RESULTADOS OBTIDOS

A Tabela 4 e 5 apresenta respectivamente as temperaturas da água bruta verificadas *in loco* no ato da coleta e os resultados de três campanhas de análises físico-químicas realizadas para a caracterização prévia da água em estudo.

**Tabela 4 - Verificações *in loco* levantadas durante as coletas da água bruta estudada**

<b>Coleta</b>		<b>pH</b>	<b>Temperatura da água (°C)</b>	<b>Temperatura do ar (°C)</b>	<b>Coordenadas geográficas</b>
<b>Data</b>	<b>Hora (h:min)</b>				
24/06/2014	14:40	6,54	29,2	32	S 5°36,884' W 36°53,736'
30/06/2014	14:30	7,02	29,2	32	

**Tabela 5 - Caracterização da água bruta.**

Parâmetros	Unidade	10/07/2014	14/07/2014	17/07/2014
pH	--	7,38	7,03	7,11
Temperatura	°C	26,5	26,3	26,6
Turbidez	uT	1,34	1,38	2,83
Cor	uH	21	21	23
Carbonatos	mmol <sub>c</sub> /L	0,00	0,40	0,20
Bicarbonatos	mmol <sub>c</sub> /L	1,80	1,80	2,10
Cloreto	mmol <sub>c</sub> /L	1,80	2,00	2,00
Dureza	mg/L	70	75	90
Conduktividade elétrica	µs/cm	304	306	306

Para Di Bernardo (2003) algumas características da água bruta são fundamentais para a escolha da tecnologia de tratabilidade, como por exemplo a turbidez e a cor aparente. Comparando os resultados obtidos com os citados pelo referido autor, percebeu-se que a tecnologia mais indicada para a tratabilidade seria a filtração direta, pois para Di Bernardo, águas com 90% dos dados de turbidez  $< 10$  uT e cor cor aparente  $< 25$  uH são adequadas para a tecnologia citada. Além dos dados de turbidez e cor, percebeu-se que nas três análises da água bruta (Tabela 5) indicaram valores de pH próximo da neutralidade (7,03 a 7,38). Ainda de acordo, antes da escolha da tecnologia de tratabilidade da água, tem que ser realizada um estudo da água bruta de pelo menos 1 ano (ideal acima de 5 anos) para o reconhecimento da real situação do corpo hídrico; além de realizar uma adequada e eficiente análise estatística para subsidiar a escolha da tecnologia de tratamento. O estudo prévio se faz necessário devido variação das características da água gerada pelas mudanças de estações do ano impossibilitando a real compreensão das modificações sazonais das características sem a realizado do mesmo.

#### RESULTADOS OBTIDOS NA PRIMEIRA ETAPA: REMOÇÃO DE TURBIDEZ OBSERVADAS PARA AS DOSAGENS DE PAC DE 1,0 A 6,0 mg/L

Nesta etapa, são descritos os resultados relacionados à remoção de turbidez nos ensaios de tratabilidade da água do Rio Piranhas/Açú. As Figuras 1 e 2, mostram os percentuais remanescentes de turbidez para as dosagens de PAC estudadas.

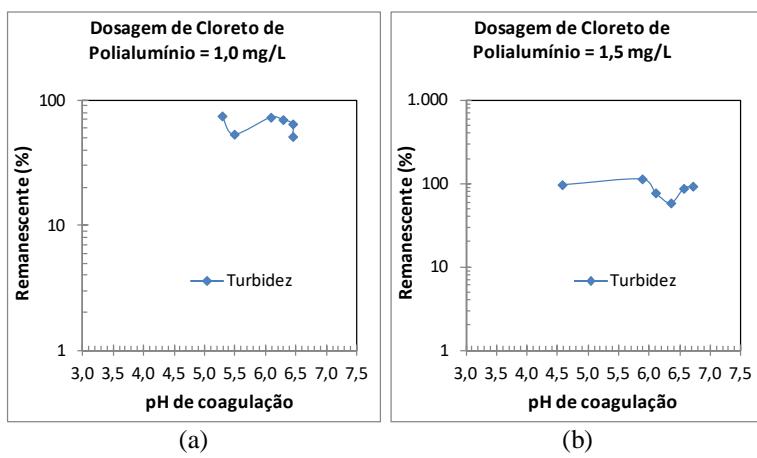
Na Figura 1a, observa-se que para a dosagem de 1 mg/L de Cloreto de Polialumínio as melhores faixas de valores de pH para a remoção de turbidez foram entre  $5,3 < \text{pH} < 5,5$  e  $6,3 < \text{pH} < 6,5$ , sendo observado para o valor de pH = 6,45 uma remoção de turbidez de 49%. Para a dosagem de 1,5 mg/L (Figura 1b), a maior eficiência de remoção de turbidez (41%) foi observada para o valor de pH = 6,35. Ainda se percebe que para a dosagem de 1,5mg/L, houve um remanescente de 114% para o valor de pH = 5,88, ou seja, houve um acréscimo de turbidez superando o valor aferido na água bruta.

Para a dosagem de 2,0 mg/L (Figura 2a), observou-se remoção de turbidez entre 45 e 68%, sendo a maior eficiência de remoção (68%) relacionada a um pH de coagulação de 5,77. Para a dosagem de 2,5 mg/L (Figura 2b), percebeu-se que os menores valores de turbidez remanescente foram obtidos para valores pH de 5,43 e de 6,49, sendo a maior eficiência de remoção (80%) obtida com pH de coagulação de 6,49.

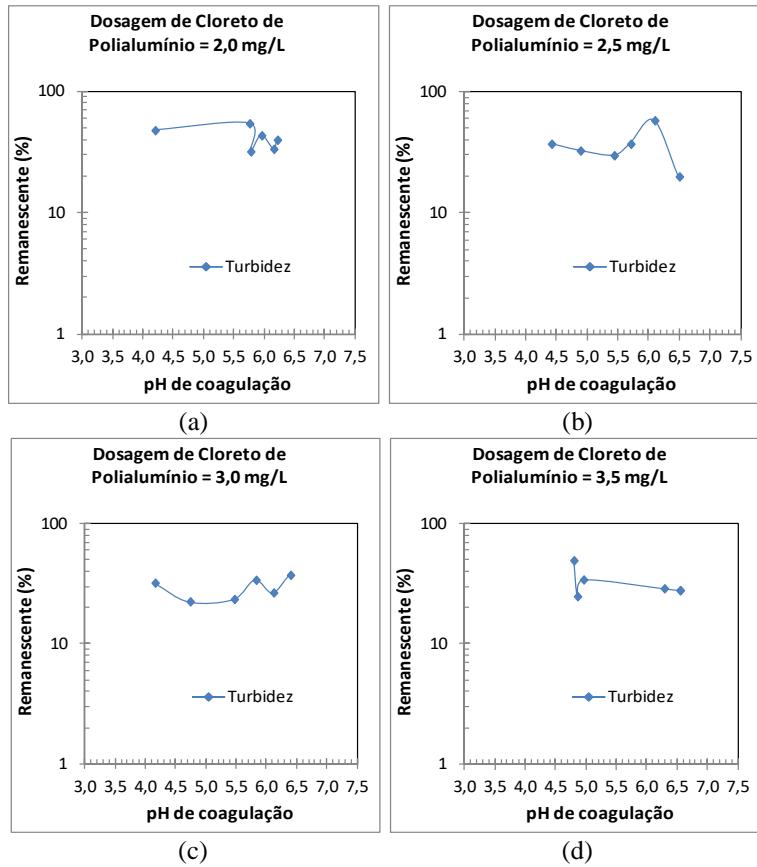
Para a dosagem de PAC de 3,0 mg/L (Figura 2c), o menor valor remanescente de turbidez foi obtido para um valor de pH de 4,73, resultando em uma eficiência de remoção de 78%. Já, para a dosagem de PAC de 3,5 mg/L (Figura 2d), o menor percentual de turbidez remanescente foi observado para um valor de pH de 4,85.

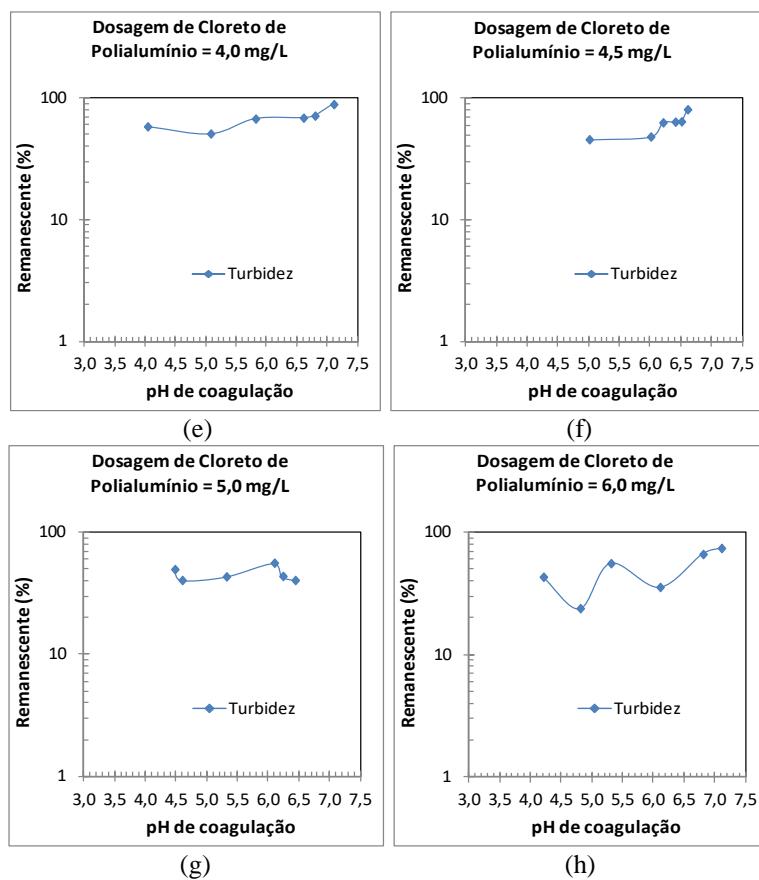
Para a dosagem de 4,0 mg/L de PAC (Figura 2e) e para os valores testados de pH, o percentual remanescente de turbidez variou de 51 a 89%. Para a dosagem de 4,5 mg/L (Figura 2f), os percentuais remanescentes de turbidez estiveram entre 45 e 80%.

Ainda analisando a remoção de turbidez com o Cloreto de Polialumínio, observou-se que para a dosagem de 5 mg/L (Figura 2g), o percentual remanescente de turbidez variou entre 40 e 56% e para a dosagem de 6 mg/L de PAC (Figura 2h), observou-se para a faixa de valores de pH de coagulação testada o percentual remanescente de 24 a 74%, cujo a maior remoção se deu para o valor de pH de 4,8.



**Figura 1: Fração remanescente de turbidez ( $t/t_0$ ) para as dosagens de Cloreto de Polialumínio de: (a) 1,0 mg/L; (b) 1,5 mg/L**

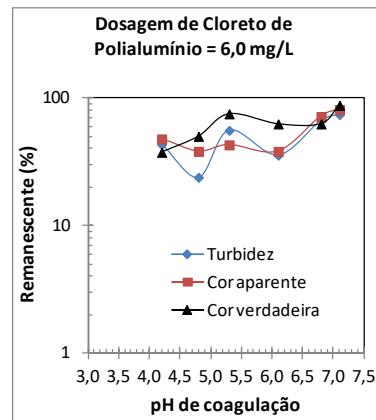




**Figura 2 - Fração remanescente de turbidez (t/t0) para as dosagens de Cloreto de Polialumínio de: (a) 2,0 mg/L; (b) 2,5 mg/L; (c) 3,0 mg/L; (d) 3,5 mg/L; (e) 4,0 mg/L; (f) 4,5 mg/L; (g) 5,0 mg/L; (h) 6,0 mg/L**

#### RESULTADOS OBTIDOS NA SEGUNDA ETAPA: UTILIZAÇÃO DE PAC COMO COAGULANTE VISANDO A REMOÇÃO DE TURBIDEZ E COR

Nesta etapa da pesquisa, observou-se além da remoção de turbidez, a cor aparente e a cor verdadeira da água em estudo. Para a dosagem de 6,0 mg/L (Figura 3), levando em conta a faixa de pH adotada, as maiores eficiências de remoção de cor aparente e de cor verdadeira foram, respectivamente, de 62 e 87%. Como dito na etapa anterior, observou-se para esta dosagem, o percentual remanescente de 24 a 74%, sendo os valores mais baixos relacionados aos menores valores de pH adotados.



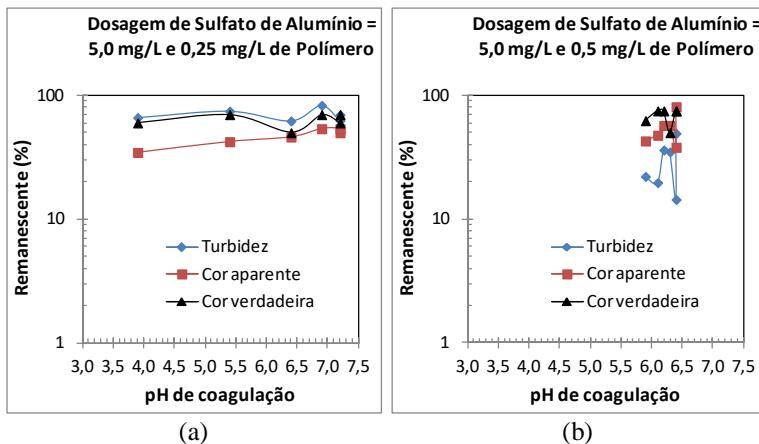
**Figura 3 - Fração remanescente de turbidez (t/t0), cor aparente (c/c0) e cor verdadeira (cv/c0) para a dosagem de 6,0 mg/L de Cloreto de Polialumínio.**

## RESULTADOS OBTIDOS NA TERCEIRA ETAPA: UTILIZAÇÃO DE SULFATO DE ALUMÍNIO JUNTAMENTE COM POLÍMERO CATIÔNICO VISANDO A REMOÇÃO DE TURBIDEZ E DE COR

Como realizado na etapa 2, está fase também analisou a remoção de turbidez, cor aparente e cor verdadeira. Contudo, utilizando Sulfato de Alumínio como coagulante e um Polímero Catiônico como auxiliar.

As Figura 4a e 4b mostram os percentuais remanescentes de turbidez, cor aparente e cor verdadeira para a dosagem de 5,0 mg/L. Porém, ambos os gráficos têm a mesma dosagem de coagulante, variando somente a dosagem do polímero catiônico.

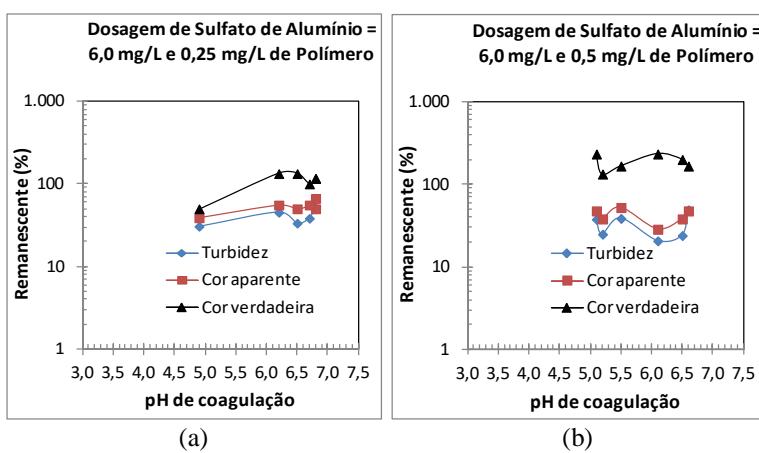
Para a dosagem de 0,25 mg/L de polímero catiônico, os percentuais remanescentes foram de 62 a 83%, de 35 a 54% e de 50 a 70% para turbidez, cor aparente e cor verdadeira, respectivamente, com valores de pH de coagulação variando de 3,9 a 7,2. Ainda para esta dosagem de polímero (0,25mg/L), os maiores valores de eficiência de remoção foram de 38, 65 e 50% para turbidez, cor aparente e cor verdadeira, respectivamente. Para a dosagem de polímero de 0,50 mg/L, as maiores eficiências de remoção de turbidez, cor aparente e cor verdadeira foram, respectivamente, de 86, 62 e 50%, respectivamente, para a faixa de pH de coagulação de 5,9 a 6,4.



**Figura 4 - Fração remanescente de turbidez ( $t/t_0$ ), cor aparente ( $c/c_0$ ) e cor verdadeira ( $cv/cv_0$ ) para as dosagens de 5,0 mg/L de Sulfato de Alumínio e 0,25 e 0,5 mg/L de Polímero Catiônico.**

Analizando ambos os gráficos (0,25 e 0,50 mg/L de polímero) para a dosagem de 5,0 mg/L, observou-se que a dosagem de 0,5 mg/L de polímero catiônico proporcionou maior eficiência em termos de remoção de turbidez, visto que sua porcentagem remanescente foi de 14%, removendo cerca de 86%. Porém para cor aparente a remoção foi maior com a dosagem de 0,25 mg/L, pois a sua porcentagem remanescente foi de 35% e a de 0,5 mg/L foi de 38%. Para ambos os casos, a remoção máxima de cor verdadeira foi a mesma (50%).

Também se realizaram testes com a dosagem de 6,0 mg/L de Sulfato de Alumínio variando somente a dosagem do polímero catiônico, cujos resultados são mostrados na Figura 5.



**Figura 5 - Fração remanescente de turbidez ( $t/t_0$ ), cor aparente ( $c/c_0$ ) e cor verdadeira ( $cv/cv_0$ ) para as dosagens de 6,0 mg/L de Sulfato de Alumínio e 0,25 e 0,5 mg/L de Polímero Catiônico.**

Observa-se na Figura 5 que as maiores eficiências de remoção de turbidez (79%) e de cor aparente (71%) foram atingidas para dosagem de polieletrólio de 0,50 mg/L, não tendo sido obtida, contudo, remoção de cor verdadeira em nenhum dos valores de pH testados. Para a dosagem de 0,25 mg/L de polieletrólio, as maiores eficiências de remoção foram de 67, 61 e 50%, respectivamente, para turbidez, cor aparente e cor verdadeira.

De um modo geral, os resultados ressaltaram a importância da realização de testes em escala de laboratório visando a otimização do processo de coagulação; já que, em distintos testes, observou-se uma piora da qualidade da água bruta com relação a cor verdadeira e, em um teste, para turbidez.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da caracterização da água bruta estudada (valores médios de 1,85 uT e de 21,7 uH para turbidez e cor aparente, respectivamente), observou-se que a filtração direta é a tecnologia indicada para o tratamento desta água, visto que, tal tecnologia, segundo Di Bernardo (2003), é indicada para valores de turbidez  $< 10$  uT e cor verdadeira  $< 25$  uH, em 90% das avaliações.

Com a realização dos ensaios com o uso de PAC como coagulante, na primeira etapa do trabalho, observou-se remoção de turbidez com a tecnologia utilizada para todos os testes. Porém, em termos de padrão de potabilidade, a Portaria de Consolidação nº 05/2017, em seu Anexo XX (BRASIL, 2017a), especifica que 95% das amostras pós-filtração ou pré-desinfecção devem apresentar valor de turbidez  $\leq 0,5$  uT, não tendo sido observado este valor no presente estudo. O menor valor alcançado de turbidez remanescente foi 0,57 uT para a dosagem de PAC de 6,0 mg/L e pH de coagulação de 4,8.

Com relação a segunda e terceira etapas da pesquisa, foram observadas eficiências de remoção de cor aparente de 62% para Cloreto de Polialumínio (dosagem de 6,0 mg/L e pH de coagulação de 4,9) e de 71% para sulfato de alumínio como coagulante juntamente com polieletrólio catiônico (dosagem de 6,0 mg/L e de 0,5 mg/L para sulfato de alumínio e auxiliar de coagulação, respectivamente, e pH de coagulação de 6,1).

Os testes utilizando sulfato de alumínio como coagulante juntamente com polieletrólio, considerando os valores testados de pH de coagulação, indicaram melhores resultados para dosagem de 5 mg/L de coagulante com 0,5 mg/L de auxiliar de coagulação, tendo sido observadas eficiências de remoção de turbidez, cor aparente e cor verdadeira foram, respectivamente, de 86, 62 e 50%.

Considerando todos os testes realizados, os menores valores remanescentes de turbidez (0,57 uT), cor aparente (8 uH) e cor verdadeira (4 uH) foram observados para a dosagem de PAC de 6 mg/L, com respectivo valor de pH de coagulação de 4,8. Para esta condição, os percentuais remanescentes para turbidez, cor aparente e cor verdadeira foram de 24, 38 e 50%, respectivamente.

De um modo geral, os resultados ressaltaram a importância da realização de testes em escala de laboratório visando a otimização do processo de coagulação, já que, em distintos testes, observou-se uma piora da qualidade da água bruta com relação a cor verdadeira e, em um teste, para turbidez.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a realização da simulação da filtração com a utilização do papel filtro Whatman 40 ou equivalente, indicado por Di Bernardo (2003), para a comparação de resultados e verificação de resultados mais favoráveis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE. GABINETE DO MINISTRO. *Portaria de Consolidação Nº 5, de 28 de setembro de 2017*. Consolida as normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema único de Saúde. 2017.
2. \_\_\_\_\_. *Anexos XX: Do Controle e da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade*. 2017a.
3. DI BERNARDO, Luiz. *Tratamento de água para abastecimento por filtração*. Rio de Janeiro: ABES, RIMA, 2003. 498 p.
4. HELLER, Léo. Abastecimento de água, sociedade e ambiente. In: HELLER, Léo; PÁDUA, Valter Lúcio de (Org.). *Abastecimento de água para consumo humano*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006. cap. 1.
5. \_\_\_\_\_. Concepção de instalação para o abastecimento de água. In: HELLER, Léo; PÁDUA, Valter Lúcio de (Org.). *Abastecimento de água para consumo humano*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006. cap. 2.
6. LIBÂNIO, Marcelo. *Fundamentos de qualidade e tratamento de água*. 3. ed. Campinas: Editora Átomo, 2010. 494 p.
7. MEDEIROS FILHO, Carlos Fernandes de. *Abastecimento de Água*. Campina Grande/PB, 2009. Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Abastece.pdf>>. Acesso em: 27 abr. 2014.
8. PÁDUA, Valter Lúcio de; FERREIRA, Andrea Cristina da Silva. Qualidade da água para consumo humano. In: HELLER, Léo; PÁDUA, Valter Lúcio de (Org.). *Abastecimento de água para consumo humano*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006. cap. 4.
9. SANTOS, Eliane Prado Cunha Costa dos. *Coagulação da água da Represa Vargem das Flores visando tratamento por filtração direta*. 146 f. Dissertação (Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.
10. SANTOS, E. P. C. C et al. Estudo da coagulação aplicada à filtração direta descendente. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, vol. 12 - nº 4 – out/dez, 2007, 361-370.