

26°. Encontro Técnico AESABESP

ETA – SABESP - ALTO DA BOA VISTA: IMPLANTAÇÃO DA MAIOR ULTRAFILTRAÇÃO PARA ÁGUA POTÁVEL DO BRASIL.

Anna Carolina Rapôso Camelo⁽¹⁾

Doutora em engenharia química pela COPPE/UFRJ, colaboradora da Centropjekt do Brasil a quase 5 anos, atua na área de processos e propostas. Pós-graduada em Gerenciamento de Projetos pelo Senac São Paulo onde também atua ministrando aulas na mesma pós-graduação.

Mauro Coutinho

Diretor técnico da Centropjekt do Brasil, com mais de 30 anos de experiência em projetos de estações de água e efluentes.

Angelino Aniello Saullo

Gerente de operações da Sabesp Alto da Boa Vista.

Vanessa Brusius

Engenharia Química pela UFRGS, colaboradora da Koch Membrane Systems, atua como Engenheira de Processo Sênior.

Endereço ⁽¹⁾: Rua Alexandre Dumas, 1901, 3º andar, Torre B, Ed. Bonfiglioli, Condomínio Paramout, Chácara Santo Antônio, São Paulo - São Paulo – CEP: 04717-004 – Brasil – Tel/Fax: +55 (11) 5523- 2472 – email: annacameloc@centropjekt-brasil.com.br.

RESUMO

O presente trabalho teve como finalidade a demonstração dos benefícios da tecnologia de ultrafiltração no tratamento de água na SABESP – ABV (Alto da Boa Vista), com também as respostas a velocidade de implantação, uso de área reduzida, menor geração de lodo e geração de água com excelente qualidade independente da variação da água bruta. Foi possível observar que os parâmetros analisados na ETA apresentam resultados positivos e superiores e, que a instalação, por ser compacta, trás grande vantagem em sua implementação. Além destes aspectos, também é possível fazer comparativos genéricos entre o processo da ETA convencional e da UF, como Capex, Opex.

PALAVRAS-CHAVE: Ultrafiltração, Tratamento de água, Processo de separação por membranas.

INTRODUÇÃO

Tecnologias: ETA Convencional X ETA UF

- ETA Convencional

Nas chamadas ETAs convencionais, a água bruta pode receber tratamento preliminar tal como a pré-oxidação por cloro ou outro agente, visando facilitar a separação de matéria orgânica, metais e outros. Normalmente é também ajustado o pH, com cal ou soda, para o ponto ótimo da posterior coagulação. Na sequência, a água passa pelo processo de coagulação com um sal de alumínio ou de ferro promovendo a desestabilização de colóides e outras reações que permitem a sua posterior aglutinação em flocos. A coagulação ocorre através de uma mistura rápida. Pode ser necessária neste ponto a adição de polímeros auxiliares de coagulação e floculação.

Na sequência, a água coagulada é submetida a uma mistura lenta durante o tempo necessário para que o floco alcance o tamanho e a massa específica suficiente para que seja removido por decantação, esta etapa é chamada de floculação. A água com os flocos vai, finalmente, para o decantador, onde há a separação dos flocos de sujeira formados da etapa de floculação. Depois de decantada, a água clarificada segue para os tanques de filtração formados por pedras, areia e carvão antracito. Os filtros são responsáveis pela remoção da sujeira que restou da fase de decantação.

A limpeza do meio filtrante é geralmente realizada com água ou com ar e água, dependendo do tipo de meio filtrante e do projeto, sendo um ponto crítico também no processo convencional. Existem ainda outras etapas que fazem parte do processo, mas não serão detalhadas neste trabalho.

De forma resumida em um diagrama de processo, temos a representação de um sistema de tratamento de água convencional (Figura 1):

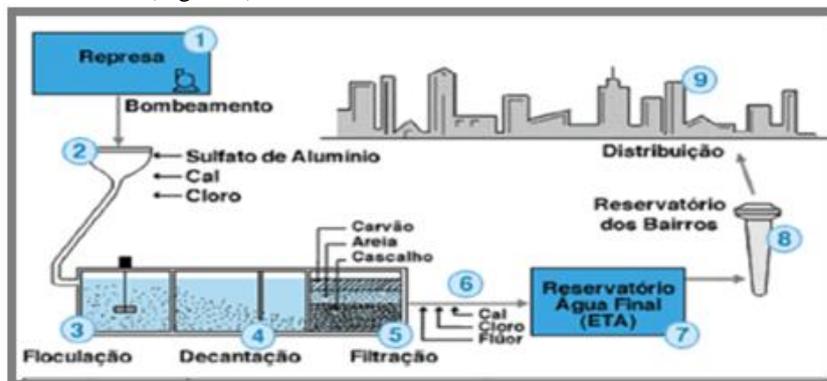


Figura 1: Diagrama de processo – ETA convencional: 1. Represa; 2. Pré cloração, ajuste de pH e coagulação; 3. Floculação; 4. Decantação; 5. Filtração; 6. Cloração e adicionais; 7. Reservatório de água tratada.

- ETA com sistema de Ultrafiltração

Com o avanço da tecnologia, surgem novas técnicas para o tratamento de água e efluentes. Essas novidades aumentam a eficiência dos processos e tentam, cada vez mais, reduzir os custos e o tempo das operações. Uma dessas técnicas é o uso das membranas de ultrafiltração.

Diferente do sistema convencional, onde várias etapas são necessárias para que haja o preparo dos flocos, como citado anteriormente, no sistema de ultrafiltração, as membranas são barreiras seletivas capazes de separar os componentes de uma mistura, como macromoléculas de grande tamanho, material coloidal ou microrganismos.

A seletividade da membrana está relacionada às dimensões da molécula ou partícula e o tamanho de poro, assim como a difusividade de soluto na matriz e as cargas elétricas associadas (Cheryan, 1998). Desta forma, o sistema com membranas de Ultrafiltração elimina contaminantes por um mecanismo simples de exclusão por tamanho. O tamanho de poro nominal ou peso molecular normalmente são utilizados para caracterizar as membranas de Ultrafiltração.

De forma resumida em um diagrama de processos, temos a representação de um sistema de tratamento de água com UF (Figura 2):

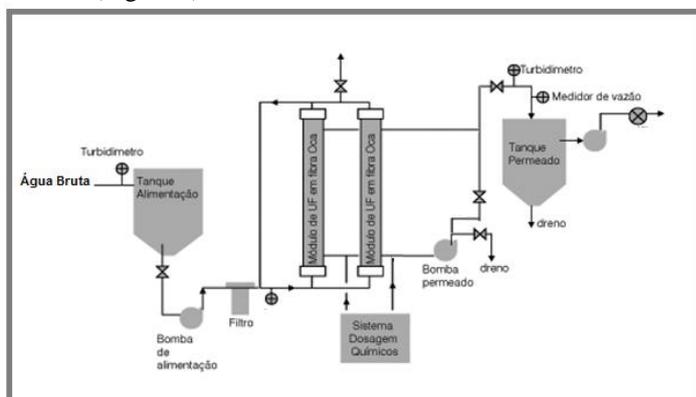


Figura 2: Diagrama de processo – ETA UF.

A Necessidade

A necessidade e a oportunidade de ampliação da ETA Alto da Boa Vistam (ABV) surgiu uma vez que a Sabesp apresentava uma folga na outorga de captação de água, bem como já possuía as adutoras necessárias para o aumento da captação e distribuição da água.

Entretanto, havia limitantes na ETA ABV, que apesar de ter decantadores que apresentavam certa folga na sua operação no caso de uma possível ampliação, os filtros existentes não supriam tal ampliação e havia pouca disponibilidade de área física para instalação de um sistema convencional. Os decantadores precisavam ser reformados também, pois operam a mais de 60 anos e por receberem remoção contínua de lodo, para essa intervenção devem ser parados um a um para receber esses equipamentos e com a produção de 14 m³/s em regime contínuo não seria possível tal intervenção e com a implantação das membranas de ultrafiltração seria possível a parada de um decantador por vez e não havendo perda de produção. Surgiu então o grande desafio de ampliar a ETA na pequena área disponível na Figura 3, com o agravante da obra ter que ser feita com rapidez, devido a crise hídrica enfrentada no estado de São Paulo, iniciada em 2014, onde os níveis nos reservatórios e a redução de oferta de água atingiram níveis preocupantes e poucas vezes vistos na historia local.



Figura 3: Área a ETA convencional ABV e área para construção da ETA com UF. Área em vermelho – área disponível para implantação da UF.

Para uma avaliação de investimento adequada de um projeto, vários indicadores podem ser utilizados, dentre eles os chamados Capex (*Capital expenditure*) e Opex (*Operation expenditure*). O Capex consiste no montante de investimento realizados em equipamentos e instalações ou ainda, o montante necessário para manter em funcionamento um negócio. O Opex refere-se aos custos associado à manutenção dos equipamentos e aos gastos de consumíveis e outras despesas operacionais, necessários à produção e à manutenção em funcionamento do negócio ou sistema. Para o projeto de ampliação da ETA ABV foi realizado um estudo do Capex e Opex.

OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo mostrar os resultados operacionais, dados de Capex, Opex, e vantagens da implantação da maior estação de tratamento de água com sistema de ultrafiltração do Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

A ÁGUA

A água de alimentação fornecida pela Sabesp para o tratamento com ultrafiltração parte de duas origens distintas:

1. Água Bruta proveniente da represa Guarapiranga;

2. Água Decantada proveniente do sistema de decantação da ETA ABV.

As características da água encontram-se definidas conforme tabela 1 e 2, a seguir:

Tabela 1: Parâmetros considerados da água proveniente da represa Guarapiranga (Água Bruta)

Parâmetro	Unidade	Máximo	Média	Mínimo
Alcalinidade	(mg/L)	43,80	28,94	19,80
Cloro Residual Livre	(mg/L)	3,05	0,13	0,00
Cloro Residual combinado	(mg/L)	3,75	0,33	0,00
Cor aparente	(UC)	160,9	34,51	1,00
Ferro dissolvido	(mg/L)	1,42	0,05	0,00
Manganês dissolvido	(mg/L)	2,00	0,06	0,00
Nitrogênio amoniacal	(mg/L)	1,60	0,17	0,00
pH		8,80	7,06	5,49
Turbidez	(NTU)	26,80	3,22	1,00
Temperatura	°C	30	22	15

Tabela 2: Parâmetros considerados da água decantada (Água Clarificada)

Parâmetro	Unidade	Máximo	Média	Mínimo
Cloro residual livre	(mg/L)	3,03	0,63	0,0
Cor aparente	(UC)	62,0	8,52	2,5
Ferro total	(mg/L)	1,76	0,44	0,02
pH		8,7	6,6	5,4
Turbidez	(NTU)	1,88	1,03	0,65

O sistema tem como meta produzir água tratada de acordo com os limites/índices de remoção conforme tabela 3:

Tabela 3: Características da água tratada

- Turbidez	< 0,1 NTU média diária, mas sempre < 0,5 NTU;
- Giárdia	3 Log Remoção;
- <i>Cryptosporidium</i>	3 Log Remoção;
- Coliformes Fecais	Ausente em 100 mL
- Contagem de Partículas	Remoção acima de 95% para tamanhos até 20µm.

MEMBRANAS FILTRANTES

A membrana implantada e utilizada neste projeto foi a PURON HF (Figura 4) que possui uma configuração de fibras ocas. O tamanho nominal dos poros desta membrana é 0,03 µm. Materiais com peso molecular maior (p. ex. bactérias e patógenos) são retidos enquanto materiais de menor peso molecular (p. ex. água e sólidos dissolvidos) passam através da membrana.

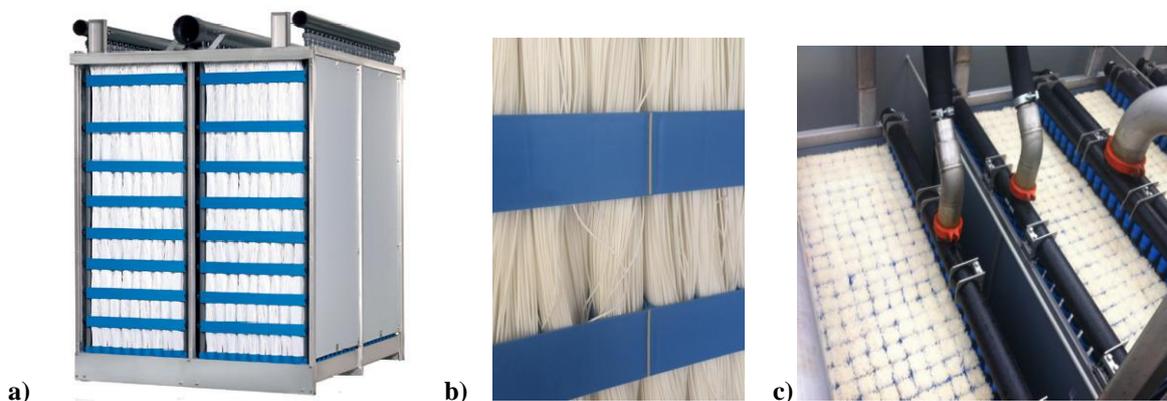
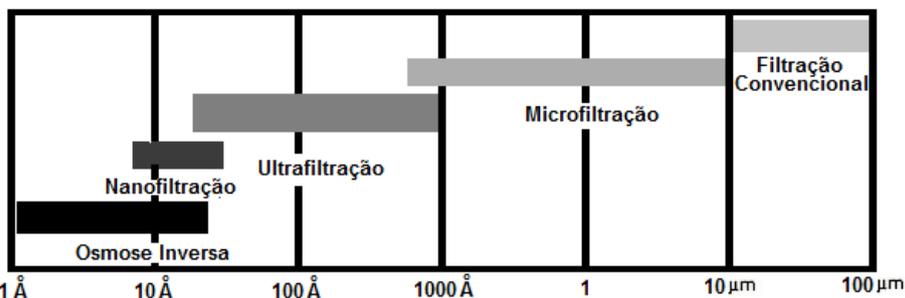


Figura 4: Módulo PURON® HF. Porosidade de 0,03µm. a) Módulo de membranas Koch; b) Visualização das fibras ocas e C) Módulo instalado.

Existem vários tipos de membranas e diversas aplicações podem ser observadas, por exemplo, para tratamento de água e tratamento de esgoto. Desta forma, é possível observar através da faixa de porosidade de membranas (Figura 5), onde se enquadram as mesmas disponíveis hoje no mercado.



Diâmetro de poros de membranas de MF, UF, NF e OI.

Figura 5: Faixa de porosidade de membranas de MF, UF, NF, OI.

RESULTADOS

Parâmetros analíticos

Realizamos o acompanhamento dos dados analíticos de turbidez e cor. Na Figura 6 observou-se que no parâmetro turbidez, enquanto houve uma remoção de 88,4% através do tratamento convencional, o sistema de UF promoveu uma redução de 96,2%. Observando-se os resultados de remoção média de Cor (Figura 7), a ETA convencional removeu em média 80% da cor, enquanto que na ETA com UF obteve-se uma remoção média de 91,2%.

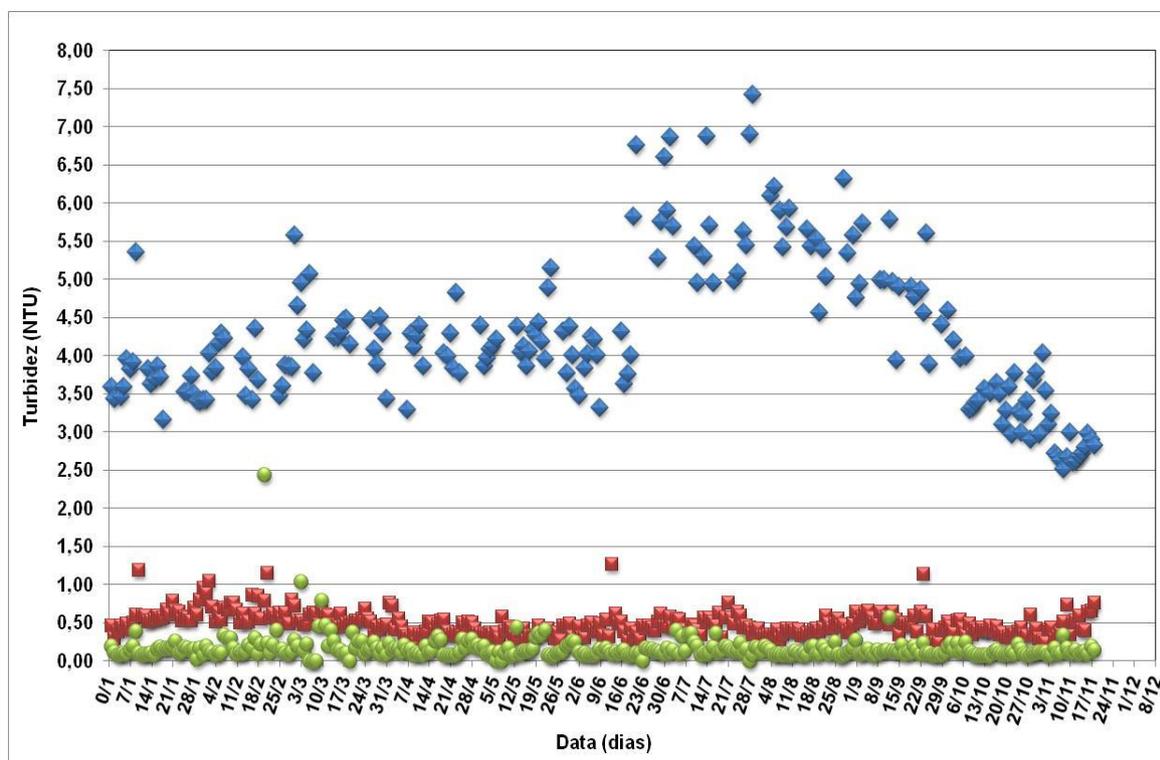


Figura 6: Dados analíticos de Turbidez.

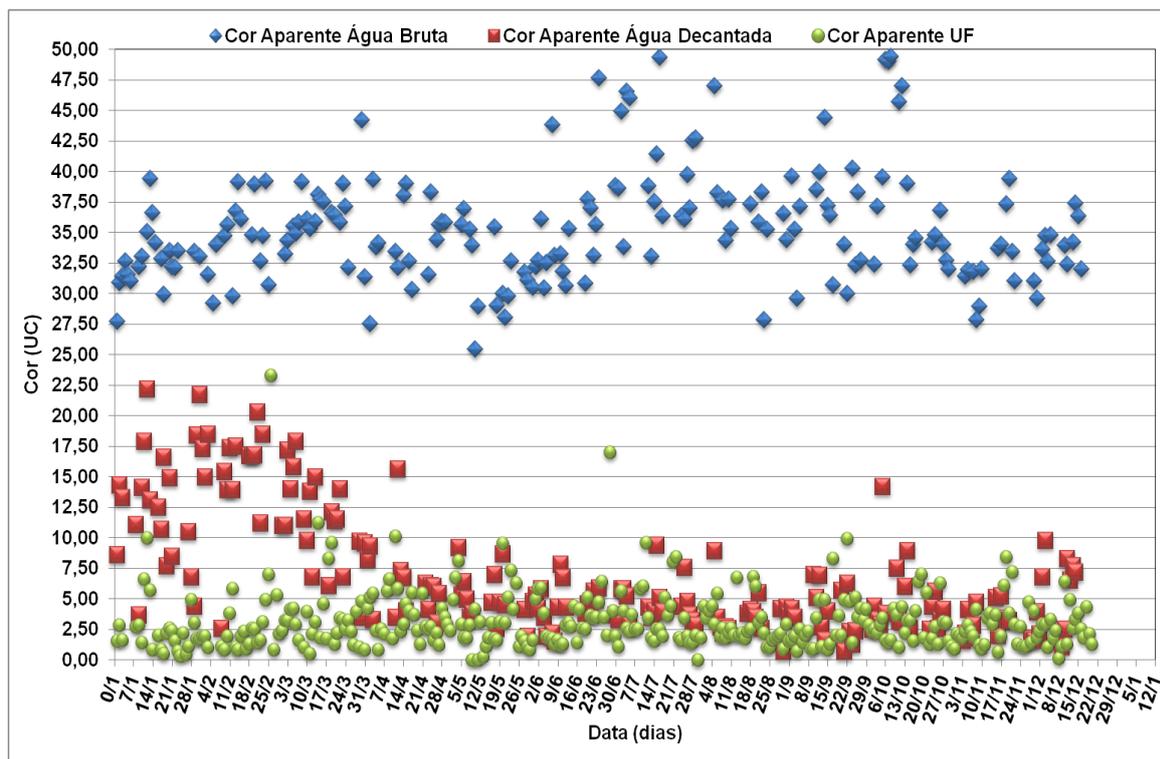


Figura 7: Dados analíticos de Cor.

A excelente eficiência de remoção de cor foi um fato muito interessante uma vez que acompanhou a tendência da turbidez, mas cabe ressaltar que a cor removida pelo sistema de UF é devido à retenção das partículas sólidas e coloides, ou seja, substâncias que conferem Cor Aparente à água. Para remoção de Cor Real, a nanofiltração é mais aplicada, pois reteria substâncias solúveis que conferem Cor à água.

OBS: Até a ocorrência do evento, os dados serão atualizados e apresentados nos eventos.

O uso de Ultrafiltração tem se mostrado muito positivo e apresenta várias vantagens, pois atende às legislações cada vez mais rigorosas; remove patógenos; gera um menor consumo de produtos químicos; operações automáticas e estáveis; trabalho menos intensivo; instalação mais fácil; e água de excelente qualidade.

Considerações sobre CAPEX

- Área ocupada pelas unidades de processo (periféricos admitidos ocupam área semelhante, em ambos os casos):

No caso da ETA convencional, constituída por coagulação, floculação, decantação, filtros de areia, temos: $4.000 \text{ m}^2 / (1 \text{ m}^3/\text{s})$ de capacidade.

Já na ETA com UF, do tipo implantado na Sabesp ABV, usamos: $250 \text{ m}^2 / (1 \text{ m}^3/\text{s})$ de capacidade.

- Construção e Equipamentos, instalados e comissionados:

ETA convencional, aproximadamente USD 16MM / $(1 \text{ m}^3/\text{s})$.

ETA com UF, aproximadamente USD 20MM / $(1 \text{ m}^3/\text{s})$.

Considerações sobre OPEX

- Produtos químicos

Na ETA convencional existente (ETA ABV), os produtos químicos utilizados na separação, são o coagulante e o polímero. O custo aproximado é da ordem de R\$ 57,00/1000m³.

Na ETA com UF, para remoção de turbidez devida aos colóides e SS não é necessário coagulante e para a remoção de cor e/ou orgânicos como algas ou PEC's, apenas uma pequena dosagem de coagulante faz-se necessária. Desta forma utiliza-se Hipoclorito de Sódio e Ácido Cítrico, para limpezas de manutenção e limpezas de recuperação.

Na situação do ABV, o custo aproximado é da ordem de R\$ 20,00/1000m³.

Consumo de Energia

Na ETA convencional:

Consumo de Energia da ordem de 17 kWh/1000 m³ → aproximadamente R\$ 3,75/1000 m³.

Na ETA UF:

Consumo de Energia da ordem de 41 kWh/1000 m³ → aproximadamente R\$ 10,25/1000 m³.

Geração de lodo

Na ETA convencional:

Há tipicamente, para águas brutas de pouca turbidez, uma geração de lodo de 40-50 Kg SS/1000m³. Nas condições em que é gerado, não permite lançamento em corpos de água de Classe 2. Desaguado, resulta 2-3 ton/1000 m³, para disposição.

Na ETA com UF:

O concentrado gerado, normalmente atende os requisitos para lançamento direto em corpo receptor de Classe 2.

Manutenção

O item importante na diferença entre os dois sistemas, é a reposição de membranas, nos sistema UF. Em função das condições de operação e manutenção, a vida útil média das membranas de UF varia entre 5 – 10 anos.

Considerações sobre estabilidade e segurança na qualidade da água tratada.

É geralmente considerado que o sistema UF, por se tratar de barreira física, dimensões dos poros inferiores ao que se pretende reter, apresenta qualidade do permeado constante e independente da qualidade da água de alimentação. As condições de operação do sistema de UF podem ser alteradas para que o sistema se comporte melhor com um ou outro tipo de água de alimentação, porém a qualidade do permeado final é sempre a mesma.

Considerações sobre velocidade de implantação

A ETA convencional, exige projeto complexo, como, por exemplo, projeto estrutural dos tanques de concreto e estruturas dos filtros (6 meses), construção (12-18 meses entre contratação e execução, dependendo ainda se é necessário ou não fundação profunda), montagem e comissionamento (6 meses). O tempo total de implantação fica na ordem de 2 a 3 anos, dependendo de como se dão as ocorrências.

No caso da ETA com UF, na forma como foi feito na ABV, uma vez contratada, pode ser executada e colocada em operação em 6 meses.

CONCLUSÕES

O tratamento de água bruta com sistema de Ultrafiltração é perfeitamente viável em muitas condições encontradas no Brasil e apresenta vantagens significativas como a segurança nos resultados, menor consumo de químicos, menor geração de lodo e grande influência na qualidade da água tratada.

Tal sistema também trouxe como vantagem a viabilidade da sua instalação em prazo reduzido, podendo dispensar a trabalhosa construção dos tanques e estruturas em concreto, permitindo até a sua transferência para outros locais caso seja desejado pois é um sistema que pode ser desmontado e montado em outra área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHERYAN, M., Ultrafiltration and Microfiltration Handbook, CRC Press, Technology & Engineering, p. 552, Jan 26, 1998.