

**ESTUDO DE CASO- SISTEMA DE ULTRAFILTRAÇÃO EM PERNAMBUCO-
ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO PROJETO PILOTO PARA TRATAMENTO DE
ÁGUA POR MEIO DE TECNOLOGIA DE FILTRAÇÃO NO DISTRITO DE
MATRIZ DA LUZ, SÃO LOURENÇO DA MATA - PE.**

Valderice Pereira Alves Baydum ⁽¹⁾

Gerente de Controle e Qualidade na Compesa; Química Industrial na Compesa e Doutora em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco.

Alan Carlos Brito de Oliveira ⁽²⁾

Químico na Compesa

Jose Andre Ferreira Dantas ⁽³⁾

Coordenador de Produção Oeste da Compesa

Pedro Henrique de Andrade Lima Campos ⁽⁴⁾

Engenheiro Civil da Compesa

Nathália Bandeira Carvalho dos Santos ⁽⁵⁾

Assistente em Saneamento na Compesa; Bióloga, MBA em Gestão da Qualidade, MSc. em Biologia e Doutoranda em Ciências Biológicas pela UFPE

Endereço ^{(1), (2), (3), (4) e (5)}: Av. Dr Jayme da Fonte, S/N, CEP: 50110-006, Recife, PE.

E-mail: nathaliasantos@compesa.com.br

RESUMO

Neste trabalho é apresentada uma avaliação comparativa preliminar entre os sistemas de tratamento de água por ultrafiltração e compacta com base nos custos diretos de implantação e operação, utilizando-se os resultados obtidos em uma unidade piloto de ultrafiltração, instalada junto à ao terreno da Estação de Tratamento de Água da Compesa, localizada no distrito de Matriz da Luz em São Lourenço da Mata, Região Metropolitana do Recife. Foi verificado que a vazão média produzida pelo sistema foi da ordem 9 L/s, sendo 5,5% maior em relação à ETA compacta da localidade (8,5 L/s), o qual está limitado pela Estação de Bombeamento de Água Bruta da Barragem de Queira Deus. O presente estudo teve como objetivo avaliar a tecnologia de ultrafiltração no distrito de Matriz da Luz, São Lourenço da Mata - PE. O sistema implantado suporta tratar aproximadamente 15 L/s, onde a oferta poderia ser ampliada caso ampliado o sistema produtor. O sistema atual operado pela COMPESA em Matriz da Luz, consome de 70 a 90 mil L/dia para a lavagem do leito filtrante de areia. O sistema da Trata Brasil (de ultrafiltração) se coloca em vantagem quanto a menor quantidade de água a ser utilizada na retrolavagem do sistema filtrante (18 mil L/dia). O uso da tecnologia apresentada tem se tornado relevante motivado pela eficiência de remoção de patógenos, cujas análises evidenciaram ausência de Coliformes Totais e *Escherichia coli* na água tratada sem o uso de agente desinfetante, porém utilizamos o cloro para desinfecção para a rede de abastecimento, o qual pode não ser removidos de forma eficiente pelos métodos convencionais (sem o agente cloro). O sistema apresentou eficiência de remoção para os parâmetros cor e turbidez de 97% e 83%, respectivamente. Também é possível destacar a eficiência na remoção de Ferro (Fe), superior a 90% em ambas as coletas e, Manganês (Mn), 85 e 55% para as datas analisadas, de forma eficiente e sem a necessidade de adição de produtos químicos. Com isso, de acordo com dados obtidos no período de teste, 10/02/2021 e 22/03/2021, para a unidade Matriz da Luz, em São Lourenço da Mata, os resultados apresentados no sistema de ultrafiltração foram satisfatórios para a Compesa. Ressalta-se que houve aumento no consumo de energia elétrica da unidade, porém devido ao aumento de produção de água, verificou-se que o custo da água produzida no sistema utilizado pela Compesa (pela ETA Compacta) e pelo sistema de UF foram similares. Recomenda-se que para a utilização deste sistema a COMPESA avalie para cada unidade a viabilidade técnica (capacidade de tratar a água bruta do local) e econômico-financeira. Recomenda-se que a utilização deste sistema de ultrafiltração esteja atrelado a viabilidade técnica/operacional, estudo qualitativo da água bruta e acessibilidade econômico-financeira do equipamento.

Palavras-chaves: água, abastecimento público, ultrafiltração, Compesa, custos, Pernambuco, São Lourenço, RMR e ETA.

INTRODUÇÃO

O estado de Pernambuco possui 98.312 km² de extensão com 9.557.071 habitantes (senso IBGE 2019), sendo o estado que possui o pior déficit hídrico por habitante/dia (RAMOS, 2017). A água está no centro dos debates sobre o desenvolvimento sustentável. O saneamento, água de boa qualidade, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e drenagem, são serviços essenciais que garantem saúde pública e sustentabilidade mundial (WEIDY, D. 2021).

No tratamento de água para abastecimento, onde a preocupação são os contaminantes orgânicos, o processo de ultrafiltração pode ser o mais adequado, face o menor consumo de energia e por apresentar eficiência para remover poluentes orgânicos e matéria orgânica natural em função do peso molecular de corte (PMC), da membrana selecionada (Yoon et al, 2006).

O distrito de Matriz da Luz, localizado em São Lourenço da Mata em Pernambuco, é abastecido por uma estação de tratamento que é do tipo ascendente com descendente, com capacidade via projeto de 13 L/s, contudo a vazão aduzida é de 9 L/s. Por este motivo, conhecer outras alternativas de abastecimento e a sua viabilidade se faz cada vez mais necessário, com isso o presente estudo teve como objetivo avaliar a tecnologia de ultrafiltração no distrito de Matriz da Luz, no município de São Lourenço da Mata - PE.

MATERIAL E MÉTODOS

Local do estudo

A instalação do equipamento ocorreu na Região Metropolitana do Recife (RMR) no distrito de Matriz da Luz, município de São Lourenço da Mata em Pernambuco. Na área de responsabilidade da Compesa, a qual já possui uma ETA compacta, localizada em Matriz da Luz operada pela Companhia. O equipamento ficou instalado durante 40 dias (fevereiro e março de 2021) para avaliarmos a sua eficiência e viabilidade para instalação no local.

Sistema de ultrafiltração alocado em Matriz da Luz

O sistema de ultrafiltração alocado na ETA Matriz da Luz apresenta 2 m de largura, 4,5 m de comprimento e 3,4 m de altura, com peso total de 2.200 Kg e peso bruto de 1.500 Kg. A estrutura é suportada por *skid* em aço inoxidável 304, a fim de garantir rigidez a estrutura e facilitar o transporte. O sistema implantado tem capacidade máxima de tratamento de aproximadamente 15 L/s.

O sistema de pré-tratamento é composto por tecnologia de microfiltração composta por vasos filtrantes modulares construídos em Aço Inoxidável 304. Os Elementos Filtrantes são construídos em Aço Inox 316L, meio filtrante em fibra sinterizada de inox 316L com 80% de área aberta, 2m² área filtrante por unidade

modular, com total de 8m² para todo sistema, retenção 20 micras com 99 % eficiência e a microfiltração possui sistema de limpeza automática.

A unidade possui a capacidade de atender valores de turbidez de até 150 NTU. O sistema é abastecido por bomba centrífuga de alimentação de 4 CV. A Bomba Centrífuga de alimentação do sistema não é obrigatória para funcionamento, podendo ser substituída por alimentação direta, torre com elevação suficiente para 2kgf/cm² de alimentação de entrada.

A unidade possui ainda um sistema de polimento no qual é composta por módulos com área filtrante unitária de 90m², total de 450m², fabricado em PVDF (*Polyvinylidene fluoride*), abertura do poro de 0.01 micra, conexões de fácil montagem e desmontagem.

O Sistema de Retrolavagem é automatizado, sendo composto por bomba centrífuga de 4 CV, dedicada para uso de água ultrafiltrada na limpeza das membranas, bomba dosadora de químicos, recipiente para armazenamento de Hipoclorito de Sódio 12%, recipiente para armazenamento de Ácido Cítrico 50%. A unidade possui a capacidade de atender valores máximos de turbidez 50 NTU, operando 24 horas por dia. O Sistema também possui transdutores de pressão dos vasos filtrantes com saída 4-20 mA e medidor de vazão eletromagnético.

O sistema de retrolavagem utiliza somente o necessário de água a cada 30 min para Ultrafiltração e 135 min para Microfiltração. Em caso de paradas ou falta de água na barragem o consumo de água é ajustável. A água de retrolavagem é proveniente do tanque de água limpa, consumindo em média 18.000 L de água por dia para lavagem das membranas de micro e ultrafiltração. O resumo das características operacionais de lavagem do sistema está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Características operacionais do sistema de retrolavagem (Fonte: Trata Brasil, 2021).

Ultrafiltração	
Intervalo de tempo retrolavagem	30 min
Tempo total da lavagem (limpeza, equalização, lavagem, drenagem e aeração)	1,2 min
Consumo de água por lavagem das membranas de ultra	350 L
Ciclos de lavagem das membranas de ultra por dia	48 ciclos
Consumo de água por lavagem das membranas de micro	100 L
Ciclos de lavagem das membranas de micro por dia	10 ciclos
Volume total de lavagem	17.800 L/dia
Consumo de Hipoclorito Sódio 12%	3,0 L/semama
Consumo de Ácido Citrico 50%	3,0 L/semama

RESULTADOS

Na saída do sistema foi instalado medidor de vazão eletromagnético com a finalidade de obter volume de água tratada produzido através da leitura do totalizador, sendo aferido o total de 26.306,41 m³ entre os dias 10/02/2021 e 22/03/2021 (40 dias). Também diariamente foi monitorada a vazão de saída do sistema de ultrafiltração, Tabela 2. Neste período sistema permaneceu ligado aproximadamente 22 horas por dia e descartou uma média diária de 18 m³ de água na retrolavagem.

Tabela 2: Dados apresentando as vazões (L/s) de água tratada pelo sistema ultrafiltração do dia 13/03/2021. (Fonte: Compesa, 2021).

HORA	VAZÃO SAÍDA (L/s)
00:03	8,2
02:30	8,3
04:30	8,1
06:30	Parada da COMPESA
08:30	Parada da COMPESA
10:30	Parada da COMPESA
14:30	8,8
16:30	8,5
18:30	8,6
20:30	8,8
22:30	8,7

ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA

Durante os 40 (quarenta) dias de funcionamento do sistema de ultrafiltração em Matriz da Luz, observou-se que houve uma redução significativa na variável turbidez e cor aparente com o tratamento do sistema em questão. Na Tabela 3, apresenta-se valores médios das análises da COMPESA durante o período de operação (03/02/2021 a 26/03/2021) do sistema de UF.

Tabela 3: Dados da qualidade de água bruta e após tratamento pelo sistema de ultrafiltração. Média realizada entre o período de 03/02/2021 a 26/03/2021. (Fonte: Compesa, 2021).

VARIÁVEIS	ÁGUA BRUTA	ÁGUA TRATADA
pH	6-7,5	6-7,5
Turbidez	2-8 NTU	0,05-0,15 NTU
Cor aparente	20-65 uC	1 a 3 uC
Vazão de água	6,5-9,3 L/s	6,5-9,3 L/s

As coletas foram realizadas nos dias 18/02/2021 e 04/03/2021, sendo coletadas amostras da água bruta e tratada, Tabelas 4 e 5.

Tabela 4: Parâmetros físico-químicos e biológicos da água bruta e tratada em Matriz da Luz. (Fonte: LABIOTA – UFPE, 2021).

Data de coleta	18/02/2021		04/03/2021	
	ÁGUA BRUTA	ÁGUA TRATADA Sistema Trata Brasil	ÁGUA BRUTA	ÁGUA TRATADA Sistema Trata Brasil
pH	6,92	7,2	6,43	6,1
Turbidez(uT)	3,0	<0,1	5,0	<0,1
Cor aparente (uH)	72,6	2,0	52,6	8,8
Alcalinidade Total (mg/L CaCO₃)	4,06	3,54	4,78	4,16
Cloretos (mg/L)	14,25	18,52	15,67	14,72
Dureza Total (mg/L CaCO₃)	114,72	113,70	131,98	121,82
Coliformes Totais (UFC/100 mL)	1,15.10 ⁴	< 1	2,1.10 ³	<1
<i>Escherichiacoli</i> (UFC/100 mL)	7.10¹	<1	<1	<1

Tabela 5: Dados da concentração de metais para água bruta e tratada em Matriz da Luz. (Fonte: LABIOTA – UFPE, 2021).

Código da Amostra		Concentração (mg/L)		
Data de coleta	18/02/2021		04/03/2021	
Parâmetro	ÁGUA BRUTA	ÁGUA TRATADA Sistema Trata Brasil	ÁGUA BRUTA	ÁGUA TRATADA Sistema Trata Brasil
Al	0,031	0,020	0,058	0,027
Ca	2,22	1,76	1,91	1,78
Cd	< 0,0017	< 0,0017	<0,0017	<0,0017
Co	< 0,0040	< 0,0040	<0,0040	<0,0040
Cr	< 0,0021	< 0,0021	<0,0021	<0,0021
Cu	< 0,0054	0,0057	<0,0054	<0,0054
Fe	0,412	< 0,0053	1,326	< 0,053
K	1,781	1,770	1,774	1,761
Mg	2,18	2,18	2,15	2,06
Mn	0,0150	<0,0022	0,0339	0,0149
Mo	< 0,0090	< 0,0090	<0,0090	< 0,0090
Na	12,56	12,18	12,43	12,65
Ni	< 0,0087	<0,0087	<0,0087	< 0,0087
P	< 0,050	< 0,050	<0,0050	< 0,050
Pb	< 0,016	< 0,016	<0,0016	< 0,016
S	0,63	0,51	0,84	0,65
Zn	0,049	0,020	<0,0018	<0,018

Pode-se destacar a eficiência na remoção de Ferro (Fe), superior a 90% em ambas as coletas e, Manganês (Mn), 85 e 55% para as datas analisadas, de forma eficiente e sem a necessidade de adição de produtos químicos, Tabela 7.

Tabela 6: Dados analisados na rede de distribuição da localidade de Matriz da Luz. (Fonte: Comepsa, 2021).

Data de coleta	15/02/2021	23/03/2021
Parâmetro		

Cor Aparente	3,52	3,93
Turbidez(uT)	1,98	2,1
Coliformes Totais	Ausência	Ausência
<i>E. coli</i>	Ausência	Ausência
P/A		

No mês de janeiro de 2021, que antecedeu ao teste, a ETA Matriz da Luz, apresentou todos as análises de turbidez dentro do padrão estabelecido pela portaria, contudo, apresentou 1 coli total fora do padrão.

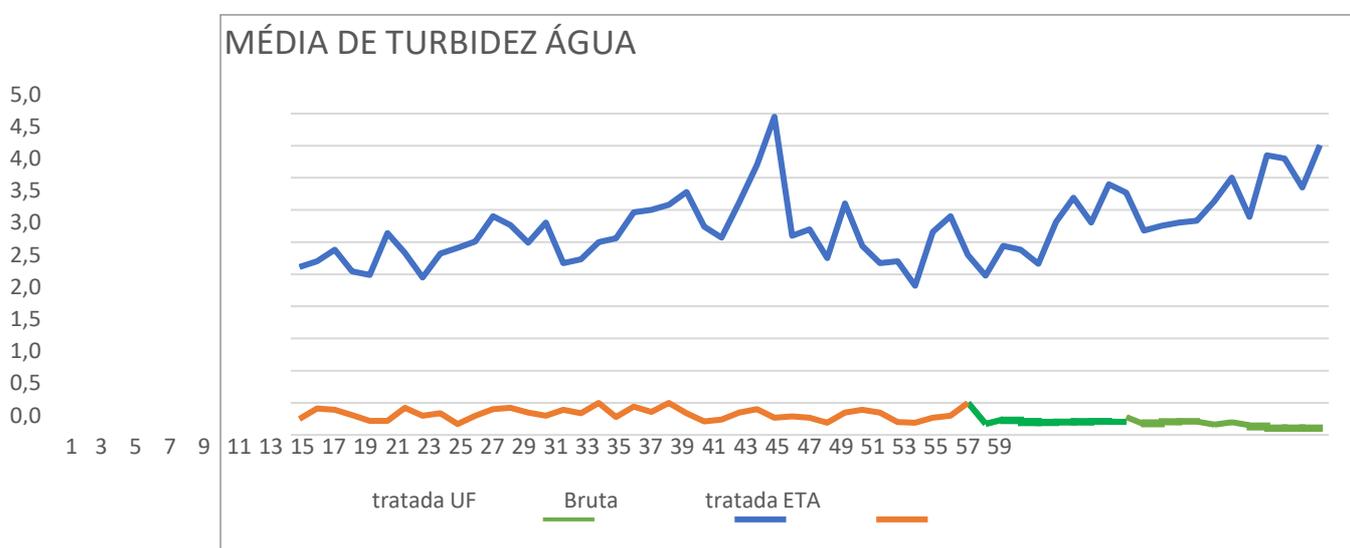


Gráfico 1: Média de turbidez de janeiro e fevereiro da ETA compacta em Matriz da Luz. Fonte: Compesa, 2021.

ANÁLISE COMPARATIVA E VIABILIDADE DOS SISTEMAS

Durante os 40 (quarenta) dias de produção do sistema de ultrafiltração, pode-se destacar que não houve qualquer interrupção da produção de água tratada.

A variação da vazão de entrada de água bruta foi equalizada pelo reservatório de 5.000 L em conjunto com os sensores modernos. O sistema foi capaz de se adaptar e enviar informações precisas ao PLC, o algoritmo responsável por equalizar as oscilações.

Dentre essas vantagens, destaca-se a economia de água na retrolavagem do sistema que pode ser aproveitada na distribuição ou no uso da própria estação, no qual reduz consideravelmente a produção de lodo químico, um passivo ambiental que precisa ter tratamento e destinação adequados onerando o processo, melhor qualidade e quantidade da água produzida e maior facilidade operacional.

Na Tabela 8, encontram-se resumidas as características operacionais do sistema convencional operado pela COMPESA e da nova tecnologia operada pela Trata Brasil.

Tabela 8: Resumo comparativo dos sistemas vigentes convencional (COMPESA) e Ultrafiltração (Fontes: Compesa e Trata Brasil, 2021).

	ETA Matriz da Luz	Sistema Trata Brasil
Vazão	10 L/s	10 L/s
Consumo Retrolavagem	70-90 mil litros/dia	17-29 mil litros/dia
Lavagem	Manual	Mecanizada
Tempo de lavagem	60-130 minutos	1,2 min/ciclo (cada 30 min)
Consumo (tratamento)	15 a 25 Kg/h de Sulfato de Alumínio (Faz-se necessária a aplicação posterior de Cloro)	Não utiliza químicos no tratamento (Faz-se necessária a aplicação posterior de Cloro)
Consumo (Lavagem)	Não utiliza químicos na limpeza	12 L/mês de Hipoclorito de sódio 12% 6 Kg/mês de Ácido Cítrico
Qualidade do descarte	Concentrado com sulfato de alumínio	Concentrado sem químicos
Consumo energético	Pressão da Rede Atual	Bomba alimentação (4cV)
Área ocupada	25 m ² (Filtros Dupla Filtração)	20 m ² (Sistema de UF)

De acordo com a Tabela 9, observa-se que houve um aumento de 43% de consumo de KWh de energia elétrica, ensejando aumento de aproximadamente R\$ 0,07 por m³ no custo de insumos (excluindo mão de obra) para a produção de água. Porém quando comparamos os custos totais para a produção da água em Matriz da Luz, observa-se que não houve diferença significativa nos valores totais do custo da água produzida



(R\$/mês). Este resultado se deve principalmente ao fato de que quase 80% dos custos diretos para a produção de água estão relacionados a mão de obra, dessa forma ao aumentar a produção de água sem alterar os custos com mão de obra é possível reduzir significativamente o custo unitário da água produzida (R\$/m³).

O Conjunto motobomba (CMB) 4 cv – 2,94 kW) de alimentação do sistema possui um consumo médio diário de 64,68 kWh, totalizando um consumo de 2.587,2 kWh durante a operação. Vale ressaltar que o CMB de alimentação do sistema pode ser substituído por torre de carga com altura compatível com a carga de operação do sistema, bem como poderá ser ajustado os CMB's da captação, eliminando/minimizando o consumo energético.