

ANÁLISE DE DESEMPENHO E PROPOSTAS DE MELHORIAS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE ELÓI MENDES-MG

Filipe Garcia de Carvalho¹

RESUMO

Para garantir que a água chegue às residências de forma adequada, é necessário sua captação, tratamento, e distribuição. As águas captadas chegam à Estação de Tratamento de Água (ETA) em forma bruta, ou seja, com a presença de bactérias, lixo, lodo, e outras impurezas. Assim, nota-se a importância de uma ETA para a sociedade atual. É o caso, por exemplo, da ETA do município de Elói Mendes-MG, que apresenta uma vazão ineficiente para o consumo total da população, acarretando em desabastecimento total ou parcial de bairros e uma sobrecarga nas redes de abastecimento e reservatórios que não suprem a demanda de armazenamento. Nesse contexto, o objetivo da pesquisa visa apresentar um diagnóstico dos problemas operacionais e estruturais na Estação de Tratamento de Água no município de Elói Mendes-MG, e propor melhorias buscando uma melhor eficiência no tratamento. A metodologia deste trabalho pode ser caracterizada como um estudo de caso, com abordagem qualitativa, evidenciando inicialmente o diagnóstico das possíveis causas da ineficiência do tratamento, e posteriormente apresentando as propostas adequadas para melhoria do sistema.

Palavras-chave: Saneamento. Abastecimento. Estação de Tratamento de água.

1 INTRODUÇÃO

Sendo a água o recurso natural renovável mais importante do mundo, pois sem ela a vida não pode existir e a maioria das indústrias não pode funcionar. Von Sperling (2014) afirma, sob a ótica da engenharia, que o conceito de qualidade da água é muito mais amplo do que a simples caracterização da água pela forma molecular. Nesse sentido, a água assume diversas características e isso pode ser uma das razões pela qual não existe um tratamento universal da água.

Para garantir que essa água chegue às residências de forma adequada, é necessário sua captação, tratamento, e distribuição. As águas captadas chegam à Estação de Tratamento de

¹ Graduando em Engenharia Civil pelo Centro Universitário do Sul de Minas/ UNIS-MG.

Água (ETA) em forma bruta, ou seja, com a presença de bactérias, lixo, logo, e outras impurezas. Toda e qualquer Estação de Tratamento de Água deve ser projetada avaliando o tipo e a carga biológica da água captada.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), a cada dólar investido em água e saneamento, tem-se economia de \$4,3 em saúde, como a diminuição de leitos e gastos relacionados com remédios (OMS, 2014). A água, quando não potável, é um veículo de transmissão de agentes patológicos e pode ser também fonte de contaminação por produtos químicos (GROTT SC et al., 2016). Sendo assim, nota-se a importância da ETA, que contribui efetivamente para solucionar problemas de saúde pública como forma de prevenção de diversas doenças, oferecendo também uma melhor qualidade de vida para a população.

A água potabilizada possui vantagens de cunho econômico e social. Estima-se que “no período de 2016 a 2036 serão investidos R\$ 395,582 bilhões na universalização do saneamento no Brasil, que trarão em todo o país um retorno R\$ 1,521 trilhão no período, indicando um balanço social bastante promissor para o país” (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2018).

Segundo Gomes (2009), "os sistemas de Abastecimento Urbano de Água são compostos, de maneira geral, pelas unidades de captação, tratamento, estação elevatória, adução, reservatórios, rede de distribuição e ligações prediais".

Para o dimensionamento de uma ETA, deve-se analisar as variáveis envolvidas durante todo o processo, a fim de evitar o subdimensionamento que acarreta vazões insuficientes no fim de plano. É o caso, por exemplo, da ETA do município de Elói Mendes, que apresenta uma vazão ineficiente para o consumo total da população, acarretando em desabastecimento total ou parcial de bairros e uma sobrecarga nas redes de abastecimento e reservatórios que não suprem a demanda de armazenamento.

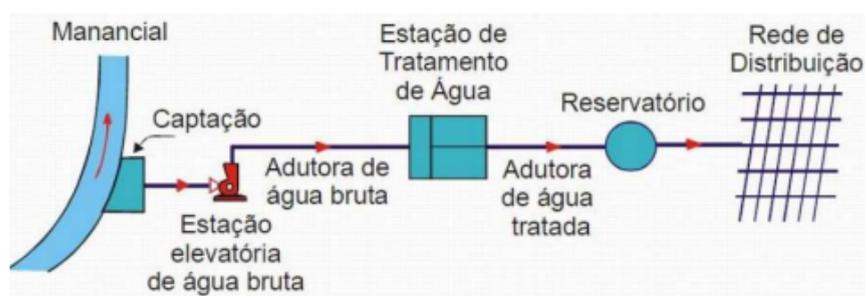
Nesse contexto, o objetivo da pesquisa visa apresentar um diagnóstico dos problemas operacionais e estruturais na Estação de Tratamento de Água no município de Elói Mendes-MG, e propor melhorias buscando uma melhor eficiência no tratamento e abastecimento no município. Um SAA é de extrema importância sanitária, econômica e social, já que facilita a limpeza pública, diminui o risco de doenças disseminadas pela água e consequentemente aumenta a esperança de vida da população (BRASIL, 2013).

2 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

O Sistema de Abastecimento de Água (SAA) divide-se em sistema de abastecimento coletivo ou individual. O sistema de abastecimento coletivo é encontrado em áreas urbanas, enquanto o sistema individual encontra-se mais afastado dos centros urbanos, em áreas rurais.

Um SAA é composto por um conjunto de obras, instalações e serviços com a finalidade de produzir e distribuir água à população. Um SAA é composto por estações elevatórias (conforme demanda), Estação de Tratamento de Água (ETA), reservatórios e adutoras, conforme ilustra a Figura 01.

Figura 01: Esquema produção de um Sistema de Abastecimento de Água - SAA



Fonte: Heller e Pádua (2010)

O Sistema de Abastecimento de Água Coletivo é composto por: manancial, captação, adução, estações elevatórias, ETA, reservatórios e rede de distribuição.

O manancial é definido como o local onde é retirada a água para abastecimento do sistema de tratamento, podendo ser subterrâneo ou superficial. É preciso que o manancial possua uma vazão que supra a demanda da população, além de fornecer qualidade adequada da água (GUEDES, 2018).

A captação tem a funcionalidade de retirar a água do manancial e transportá-la para tratamento. Assim, é preciso que a unidade de captação permita fácil acesso para caso ocorra a necessidade de manutenção, além de permitir a retirada de água em quantidade suficiente para atender as comunidades que irão recebê-la (HELLER; PÁDUA, 2006).

A adução é formada por uma adutora que nada mais é do que a canalização destinada a conduzir a água entre as unidades de captação, tratamento e elevatórias. Assim, de acordo com Heller e Pádua (2006), a adutora não distribui água diretamente para a população. O

propósito de transportar para as comunidades é da sub-adutora que é uma derivação da adutora. No que se refere à água transportada, a adutora pode-se caracterizar como água bruta ou água tratada. No que diz respeito a suas características hidráulicas, podem ser caracterizadas por condutos forçados por gravidade ou recalque, ou conduto livre (TSUTYIA, 2006).

A estação elevatória não é um item obrigatório, uma vez que é determinante observando o relevo da região, quando apresenta muitos desníveis.

As Estações de Tratamento de Água (ETA) são um conjunto de obras que tratam a água bruta recebida dos mananciais de modo a torná-la potável para o consumo humano. Há exigências do Ministério da Saúde em relação ao quesito qualidade da água (BRASIL, 2017) que sai da ETA.

Os reservatórios, são unidades de reserva de um Sistema de Abastecimento de Água. De acordo com Heller e Pádua (2006) suas principais funções são:

- Realizar a compensação entre a vazão que é produzida pela captação, adução e pela ETA;
- Compensar a vazão consumida pela população que varia tanto com as horas do dia, quanto com as estações do ano;
- Gerar reserva para combate de incêndio;
- Condicionar pressões na rede de distribuição quando necessário;
- Interrupção no funcionamento da adutora.

As redes de distribuição são a parte final do sistema formada por um conjunto de tubulações que tem por objetivo transportar a água com a finalidade de disponibilizá-la de forma contínua para o consumidor final com a qualidade, quantidade e pressão adequada. Esse consumidor final pode ser residencial, comercial ou industrial. O problema na rede de distribuição é o seu elevado custo, o que faz com que a população periférica e rural, em sua grande maioria, não tenha acesso a água (GUEDES, 2018).

2.1 Estação de tratamento de Água (ETA)

As etapas e processos pela qual a água bruta percorre em uma ETA convencional ou de ciclo completo são:

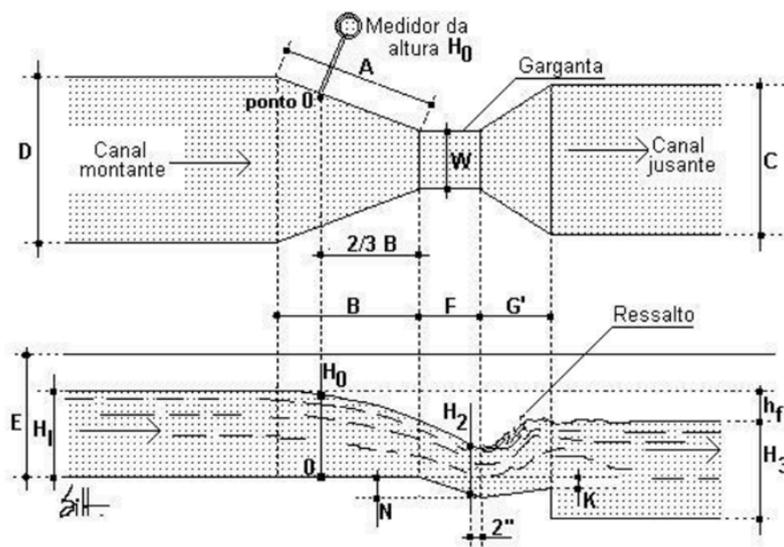
- Coagulação

Essa etapa inicia na unidade mistura rápida, que segundo definição da NBR 12216/1992, “Operação destinada a dispersar produtos químicos na água a ser tratada, em

particular no processo de coagulação”. Essas unidades fazem uso de dispositivos hidráulicos como vertedores retangulares e calhas Parshall, que utilizam a energia dissipada em forma de perda de carga no fluxo da água.

Para promover a rápida e homogênea dispersão do agente coagulante na água, porque as reações produzidas pela neutralização de cargas e desestabilização dos colóides dispersos na água acontecem instantaneamente (RICHTER, 2009). Uma vantagem da utilização de calhas Parshall na entrada da estação é a possibilidade de medição da vazão de entrada por meio de níveis gravados em suas paredes, conforme a Figura 02.

Figura 02: Desenho esquemático de uma Calha Parshall e suas dimensões.



Fonte: RICHTER, 2009

Pavanelli (2001) afirma em seu trabalho que os principais coagulantes disponíveis no mercado para tratamento de água são, o sulfato de alumínio, hidróxido de alumínio, cloreto férrico e sulfato férrico. Uma vez conhecidos os valores dos coeficientes de vazão de água e altura da água na seção de medição (h_0) pode-se encontrar a vazão por meio da Equação 1.

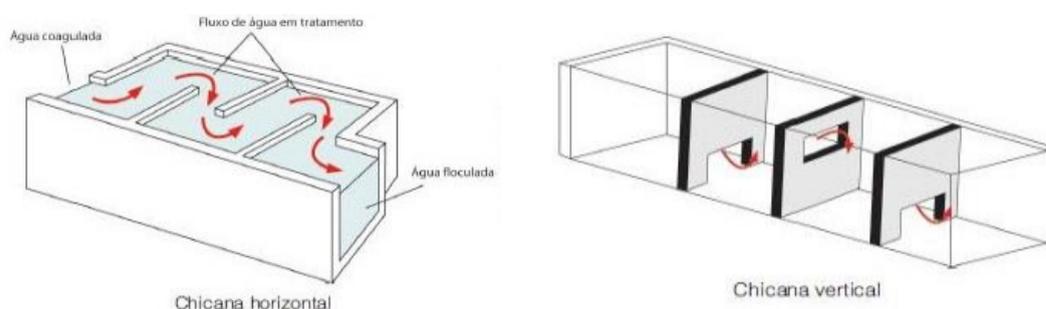
$$Q = \left(\frac{h_0}{K} \right)^{\frac{1}{n}} \quad (\text{Eq. 01})$$

- Floculação ou mistura lenta

Processo onde as partículas são agregadas durante a fase de coagulação, formando flocos. É preferível que na floculação seja formado flocos maiores e com maior peso, assim, verifica-se uma maior velocidade de sedimentação que serão retidos na filtração.

Richter (2009), afirma que a energia aplicada para movimentar a água no tanque de floculação pode ser, como na mistura rápida, por meios hidráulicos, mecânicos e/ou pneumáticos, diferenciando-se pela intensidade, que na floculação é bem menor que na mistura rápida. Ainda segundo Richter (2009), os floculadores hidráulicos mais utilizados são os de chicanas (Figura 03), que são obstáculos ao fluxo da água, com o fluxo podendo ser horizontal, em que a água muda o sentido sucessivas vezes entre as chicanas do tanque, ou vertical, em que a água descreve uma trajetória de sobe e desce entre as aberturas alternadas nas chicanas do tanque.

Figura 03: Representação de floculadores de chicanas



Fonte: REVISTA TAE (2013)

- Decantação

A decantação utiliza-se do processo de sedimentação para realizar parte da clarificação da água, é o processo mais comumente utilizado em estações de tratamento. Para tal, são utilizados basicamente dois tipos de decantadores, o de fluxo horizontal e o tubular ou de alta taxa (RICHTER, 2009).

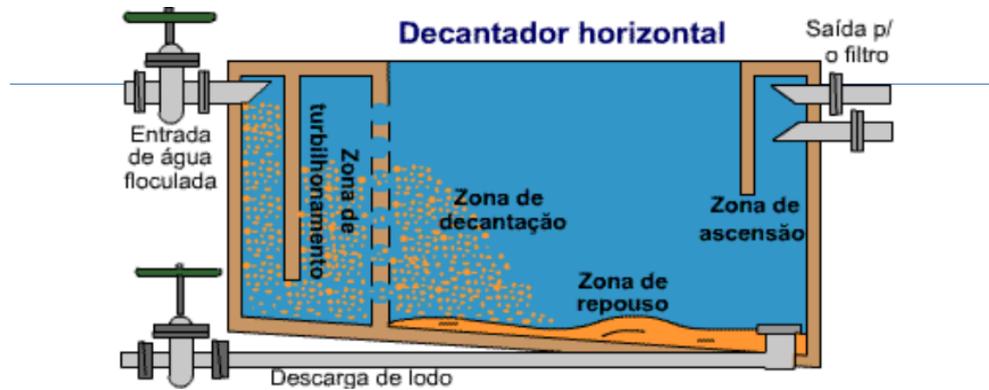
Segundo Richter (2009), os decantadores de fluxo horizontal tem alta eficiência, simplicidade de operação e pouca sensibilidade a sobrecarga. A velocidade do escoamento é limitada a determinado valor para que se evite a ressuspensão dos flocos e o arrasto dos flocos depositados, essa limitação é acompanhada por uma adoção de profundidade mínima, que em decantadores convencionais pode estar entre 3,5 e 4,5 metros.

A classificação dos processos de sedimentação são divididos em Sedimentação discreta (Tipo 1), Sedimentação floculenta (Tipo 2), Sedimentação em zona (Tipo 3) e Sedimentação por compressão (Tipo 4).

Os decantadores de sedimentação floculenta (Tipo 2), são os mais convencionais, e podem ser classificados em função da direção do escoamento (horizontal e vertical) ou em

função do princípio de funcionamento (escoamento turbulento ou escoamento laminar). No decantador horizontal, o sistema é composto por zonas de atuação, conforme Figura 04.

Figura 04: Esquema processo de tratamento do Decantador Horizontal



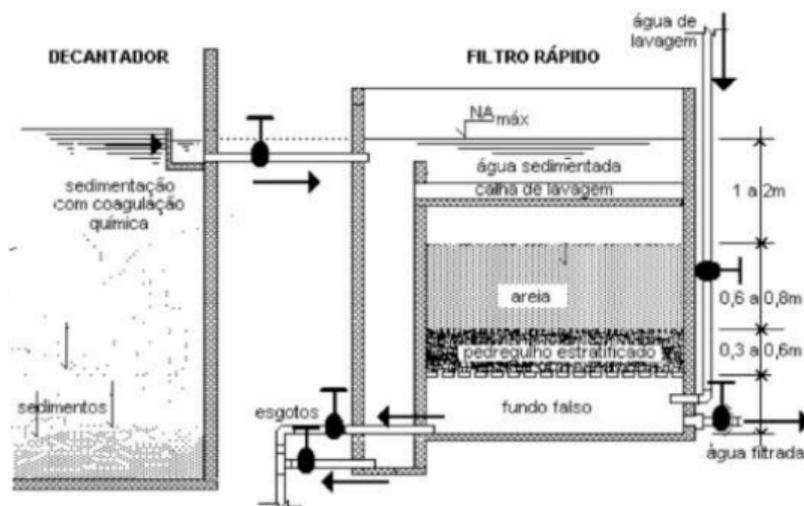
Fonte: ROSCHILD (2016)

As zonas de turbilhonamento estão situadas na entrada do decantador, onde observa-se uma certa agitação das partículas, já na zona de decantação, não há agitação das partículas e as mesmas avançam e descem lentamente. Durante a zona de repouso, observa-se a acumulação do lodo. A zona de ascensão é a porção final do processo de decantação, onde os flocos que não alcançam a zona de repouso seguem o movimento da água e aumentam a velocidade.

- Filtração

Responsável pelas partículas retidas na água, que são removidas em etapas anteriores em tanques que formam barreiras retendo todo esse material. Os modelos de filtração podem ser separados em rápidos ou lentos, e dependem da cadeia de processamento da estação analisada. Geralmente, emprega-se os filtros rápidos, que apresentam maiores taxas de processamento de acordo com Richter (2009), com taxas entre 120 e 480 m³/m². dia conforme Figura 05.

Figura 05: Esquema filtro de tratamento rápido



Fonte: PANORAMA PRÉ-FILTROS

Heller e Pádua (2010) descrevem os mecanismos de ação da filtração no meio granular como sendo três: transporte, aderência e desprendimento. O mecanismo de transporte é o responsável por levar as partículas na água até as proximidades dos grãos do meio filtrante (coletores), à medida que as partículas se aproximam dos coletores ocorrem forças de ação superficial de forma a aderi-las aos grãos ou outras partículas já aderidas.

Ao longo do processo há um acúmulo de material aderido, diminuindo os espaços percorridos pela água, o que ocasiona aumento da velocidade de escoamento e das forças de cisalhamento que agem nas partículas aderidas, ao ponto de causar o desprendimento e o carreamento para outras camadas e até mesmo para o efluente que sai dos filtros. As partículas presentes na água são retidas no meio filtrante, que com o tempo aumenta a perda de carga no filtro. O filtro então deve ser tirado de operação quando se ultrapassar o valor de perda de carga máximo estabelecido em projeto.

Heller e Pádua (2010) afirmam que os filtros devem ser projetados para que as carreiras de filtração tenham duração mínima de 20h, para que se evite carreiras de filtração muito curtas, que irão aumentar o consumo de água para lavagem. E também que carreiras de filtração longas devem ser evitadas, para evitar o aumento da força de aderência das impurezas aos grãos do meio filtrante, o que irá dificultar a remoção dos sólidos durante as lavagens do filtro.

2.2 Revisão normativa ABNT NBR 12.216/1992

A ABNT NBR 12.216/92 – “Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público”, determina as seguintes condicionantes gerais:

- Definição tempo de funcionamento e capacidade da ETA: determinada em função do tempo de funcionamento com base em estudo técnico-econômico.
- Definição área implantada: Atentar a natureza do solo, a fim de prevenir enchentes. Inexistindo terreno livre de enchentes, considerar as bordas das unidades situadas pelo menos 1,00 metro acima do nível de enchente.
- Definição dos processos de tratamento: considerando os tipos de águas naturais contidos na Tabela 01.

Tabela 01: Classificação de águas naturais para abastecimento público

Tipos	A	B	C	D
DBO 5 dias (mg/L):				
- média	até 1,5	1,5 - 2,5	2,5 - 4,0	> 4,0
- máxima, em qualquer amostra	1 - 3	3 - 4	4 - 6	> 6
Coliformes (NMP/100 mL)				
- média mensal em qualquer mês	50 - 100	100 - 5000	5000 - 20000	> 20000
- máximo	> 100 cm menos de 5% das amostras	> 5000 cm menos de 20% das amostras	> 20000 cm menos de 5% das amostras	-
pH	5 - 9	5 - 9	5 - 9	3,8 - 10,3
Cloretos	< 50	50 - 250	250 - 600	> 600
Fluoretos	< 1,5	1,5 - 3,0	> 3,0	-

NMP - Número mais provável

Fonte: ABNT NBR 12.216/1992

- Disposição das unidades de tratamento e dos sistemas de conexões: As unidades devem ser dispostas de modo a permitir o escoamento por gravidade.
- Aeração: Os dispositivos de aeração admitidos são plano inclinado, bandejas perfuradas sobrepostas, cascatas, escadas, ar comprimido difundido na água contida em tanques, tanques com aeradores mecânicos, torre de aeração forçada ou outros de comprovada eficiência.
- Coagulação: Os dispositivos de mistura admitidos são qualquer trecho ou seção de canal ou de canalização que produza perda de carga compatível com as condições desejadas, em termos de gradiente de velocidade e tempo

de mistura; difusores que produzem jatos da solução de coagulante, aplicados no interior da água a ser tratada; agitadores mecanizados; entrada de bombas centrífugas. Como dispositivo hidráulico de mistura, pode-se considerar qualquer singularidade onde ocorra turbulência intensa; canal ou canalização com anteparos ou chicanas; ressalto hidráulico; ou qualquer outro trecho ou seção de canal ou canalização que atenda às condições de mistura exigidas.

Segundo a ABNT (1992), dependendo do porte da estação e a critério do órgão contratante, não sendo possível proceder aos ensaios destinados a determinar o período de detenção adequado, podem ser adotados valores entre 20 e 30 min, para flocculadores hidráulicos, e entre 30 e 40 min, para os mecanizados.

Os decantadores podem ser convencionais, ou de baixa taxa, e de elementos tubulares, ou de alta taxa. O número de decantadores da ETA depende de fatores operacionais e econômicos. Em decantadores de elementos tubulares horizontais ou de pequena inclinação (até 8°), o fator de área é $f = L/S$, devendo-se tomar para cálculo de L a distância vertical entre dois elementos consecutivos.

Os filtros podem ser de camada filtrante simples ou dupla, de fluxo ascendente ou descendente, sendo os de fluxo ascendente sempre de camada simples. A camada filtrante simples de um filtro de fluxo descendente deve ser constituída de areia com espessura mínima de 45 cm, tamanho efetivo de 0,45 mm a 0,55 mm e coeficiente de uniformidade de 1,4 a 1,6. Em caso de filtro de fluxo ascendente pode-se utilizar a espessura mínima de 2,0 m, tamanho efetivo de 0,7 mm a 0,8 mm e coeficiente de uniformidade inferior ou igual a 2 (ABNT 1992).

2.3 Técnicas usuais de tratamento

Existem diversas técnicas de tratamento de água para abastecimento público, destacando-se no Brasil aquelas denominadas tratamento convencional (ou de ciclo completo) e a filtração direta, embora outras como a filtração lenta, a flotação e a filtração em membrana também sejam empregadas, mas em um número ainda relativamente pequeno de ETAs (PÁDUA 2005). A Figura 06 mostra um esquema das técnicas de tratamento de água em função dos processos e operações unitárias que elas possuem.

Figura 06: Técnicas mais usuais de tratamento



Fonte: PÁDUA (2005)

A qualidade da água bruta é um dos principais fatores que devem ser considerados na definição da técnica de tratamento, sendo que o afluente às ETAs com filtração lenta ou filtração direta devem apresentar valores de parâmetros tais como turbidez, cor verdadeira e coliformes totais significativamente inferiores aos de águas brutas que podem ser tratadas em ETAs de ciclo completo. (PÁDUA, 2005)

2.4 Consumo e perdas de água em estações de tratamento de água

Durante as etapas de tratamento de um SAA, há uma perda de água produzida consumida no seu processo. Essa água então, é chamada de “água de serviço”, podendo ser utilizada para atividades secundárias como dosagem de produtos químicos, lavagem de filtros e manutenção e limpeza das unidades. TSUTIYA (2006) estima que "A estação de tratamento de água geralmente consome cerca de 1 a 5% do volume tratado para lavagem dos filtros" mas em toda a literatura pesquisada nada foi encontrado que pudesse precisar desses termos percentuais.

Porém, a taxa de volume perdida dificilmente é informada ou controlada pelas empresas que administram esse processo. Essa falta de informação contribui para a ineficiência do sistema, altera os custos operacionais, e ineficiência do próprio sistema. A operação de lavagem dos filtros envolve questões relativas à quantidade de água utilizada, perdas operacionais, recuperação de água e possíveis impactos na descarga direta dos mesmos em cursos d'água (PARSEKIAN, 1998).

Se a ETA for devidamente dimensionada, construída e operada, as perdas tendem a ser menores. Conforme as condições das instalações e a eficiência operacional das ETAs, os percentuais de perdas de água podem variar de 2 a 10% (Brasil, 2004). É importante destacar

que as perdas ocasionadas pelo processo se diferem da água utilizada estritamente para realizar a retrolavagem dos filtros, fundamental no processo de tratamento. As perdas estão relacionadas na maioria dos casos por problemas de trincas, impermeabilização das estruturas, e falta de manutenção. Também deve-se observar que "volumes utilizados de forma inadequada na operação de tais unidades, gerando consumo superiores ao estritamente necessário" (HELLER; PÁDUA, 2006).

Outra problemática que ocasiona as perdas durante o processo de tratamento, está relacionado às manutenções corretivas que ocorrem já em fase de deterioração avançada, sendo necessário a substituição das peças ocasionando vazamentos significativos. Através da análise do volume de água potável utilizado em uma ETA, Silva (2007) estimou um CETA de 2,14% sendo este a somatória da água de lavagem dos filtros, decantadores e floculadores com as perdas físicas da própria estação de tratamento.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia deste trabalho pode ser caracterizada como um estudo de caso, com abordagem qualitativa, evidenciando inicialmente o diagnóstico das possíveis causas da ineficiência do abastecimento, e posteriormente apresentando as propostas adequadas para melhoria do sistema.

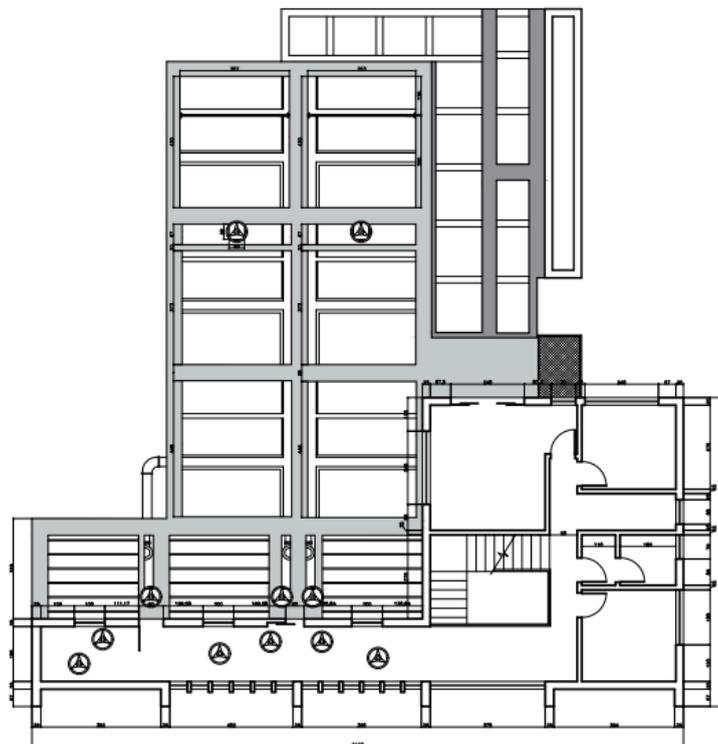
Na primeira etapa, foram realizadas coletas de dados da ETA, fornecidos pelo Sistema Autônomo de Água e Esgoto- SAAE. Os dados coletados foram analisados com a finalidade de diagnosticar quais os problemas encontrados durante o processo de tratamento de água. Após a análise dos dados coletados, foram apresentados o diagnóstico das patologias encontradas por meio de relatório fotográfico e as possíveis causas e danos ocasionados no sistema de tratamento. Por último, a partir do diagnóstico das patologias apresentado, foi verificado por meio de literatura existente as possíveis intervenções para sanar as problemáticas.

3.1 Estudo de caso

A ETA do município de Elói Mendes-MG (Figura 06) é administrada pelo Sistema Autônomo de Água e Esgoto- SAAE, autarquia municipal fundada no ano de 1966 e tem a função de administrar o abastecimento municipal de água e esgoto. Inicialmente, a ETA foi

dimensionada para atender a uma vazão de 30L/s porém, no ano de 1993 o SAAE ampliou o sistema dimensionado para atender a uma vazão de 70L/s.

Figura 07: Estação de Tratamento de Água (ETA) - SAAE Elói Mendes



Fonte: SAAE (2024)

A água a ser tratada é captada pelo Ribeirão da Onça e Ribeirão das Contas, e distribuída em um sistema de tratamento convencional.

O sistema de tratamento divide-se e possui as seguintes características:

- Calha Parshall

A Calha Parshall conta com uma largura da garganta (W) de 9 polegadas. Suas medidas são 0,75 x 4,40m. A Calha Parshall representa a parte inicial do processo de tratamento, e mede a vazão de entrada da água bruta no sistema. A vazão de tratamento será dimensionada através de cálculos e dados fornecidos pela autarquia, e esquematizados por meio de tabelas.

- Floculação

De acordo com os registros do SAAE (2024), o projeto original do sistema de floculação previa inicialmente a construção de 06 flotadores. No entanto, hoje, a ETA conta

com 15 flutuadores iguais com medidas de 1,50x1,50 metros e 3,20 de profundidade. Nesse sistema, os flocos gerados nos flocoadores, flutuam e são removidos manualmente.

- Decantação

O sistema conta com 4 decantadores horizontais de placas de escoamento laminar com capacidade de 50m³ cada. Esse processo é responsável pela separação sólido-líquido que tem como força propulsora a ação da gravidade. Possui sedimentação flocculenta tipo 2, onde as partículas se aglomeram aumentando sua dimensão e velocidade ao longo do processo de sedimentação. Nesse processo, a velocidade de sedimentação das partículas não é mais constante.

- Filtração

O SAAE conta com 3 filtros rápidos, com capacidade de 40m³ cada, composto por uma camada inicial de pedregulho estratificado, e outra camada de areia.

- Reservação

A estação conta com um reservatório com capacidade de 500m³ ao lado da estação, que é responsável por armazenar a água tratada após o abastecimento de toda a rede e reservatórios do município. O sistema de distribuição é constituído por três adutoras de 160mm e um conjunto de 2 motobombas de 200 mca com vazão de 90m³/h e uma motobomba de 125 mca com vazão de 80m³/h.

Todo o ciclo de tratamento da captação à chegada ao reservatório tem duração aproximada de 2 horas.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

Os procedimentos para cálculo de vazão foram calculados com base nos dados obtidos, considerando a largura da garganta (W) da Calha Parshall da ETA de Elói Mendes é de 9 polegadas, foi possível encontrar as demais dimensões, padronizadas em função de W, conforme apresentado na Tabela 02.

Tabela 02: Dimensões padronizadas de uma Calha Parshall em função de W.

W	A	B	C	D	E	F	G	K	N
(pol)	(cm)								
9''	22,9	88,0	86,4	38,0	57,5	61,0	30,5	45,7	7,6 11,4

Fonte: O autor.

A partir da largura da garganta é possível encontrar a vazão máxima e mínima suportada, bem como os coeficientes K e n utilizados no cálculo da vazão. Tais valores estão dispostos na Tabela 03.

Tabela 03: Coeficiente de vazão de água em função da largura da garganta (W)

W (pol)	Vazão mínima (L/s)	Vazão máxima (L/s)	K	n
9''	2,55	251,9	1,486	0,633

Fonte: O autor.

Na Tabela 4 estão dispostos os valores de vazão para diferentes alturas da seção de medição. A altura h_0 varia de 10 a 40 centímetros na ETA.

Tabela 04: Vazões da estação em função da altura de medição.

W (polegadas)	K	n
9	1,486	0,633

Ho	Q (m ³ /s)	Q (m ³ /h)	Q (L/s)	Tratamento m ³ (20 horas)
0,1	0,014076	50,67246	14,07568358	1013,449218
0,11	0,016363	58,90651	16,3629191	1178,130175
0,12	0,018774	67,58664	18,77406649	1351,732788
0,13	0,021305	76,69681	21,30466901	1533,936168
0,14	0,023951	86,22277	23,95076959	1724,45541
0,15	0,026709	96,15176	26,70882231	1923,035206
0,16	0,029576	106,4722	29,57562445	2129,44496
0,17	0,032548	117,1737	32,54826348	2343,474971
0,18	0,035624	128,2467	35,62407489	2564,933392
0,19	0,038801	139,6822	38,8006082	2793,64379

0,2	0,042076	151,4722	42,07559925	3029,443146
0,21	0,045447	163,609	45,44694724	3272,180201
0,22	0,048913	176,0857	48,91269562	3521,714084
0,23	0,052471	188,8957	52,47101597	3777,91315
0,24	0,05612	202,0327	56,12019435	4040,653993
0,25	0,059859	215,491	59,85861956	4309,820608
0,26	0,063685	229,2652	63,68477311	4585,303664
0,27	0,067597	243,35	67,59722045	4866,999873
0,28	0,071595	257,7406	71,59460336	5154,811442
0,29	0,075676	272,4323	75,67563327	5448,645596
0,3	0,079839	287,4207	79,83908543	5748,414151
0,31	0,084084	302,7017	84,08379363	6054,033141
0,32	0,088409	318,2711	88,40864565	6365,422487
0,33	0,092813	334,1253	92,81257911	6682,505696
0,34	0,097295	350,2605	97,29457775	7005,209598
0,35	0,101854	366,6732	101,8536682	7333,46411
0,36	0,106489	383,3601	106,4889169	7667,202014
0,37	0,111199	400,3179	111,1994274	8006,35877
0,38	0,115984	417,5436	115,984338	8350,872333
0,39	0,120843	435,0341	120,8428194	8700,682997
0,4	0,125774	452,7867	125,7740729	9055,733247

Fonte: O autor.

Sendo assim, pode-se considerar que o dimensionamento da Calha Parshall atende a uma vazão mínima de 2,55L/s e uma vazão máxima de 251,9L/s. Partindo da premissa que a estação foi dimensionada para atender a uma vazão de 70L/s, o cálculo da vazão da Calha Parshall atende aos requisitos. Porém, observando os dados do software de monitoramento ETASWeb, pode ser observado conforme Figura 08 que a vazão de tratamento extrapola os valores de dimensionamento.

Figura 08: Dados de funcionamento diário da ETA



Fonte: ETASWeb

Os valores tratados não correspondem ao dimensionamento prévio, tendo em vista que, diariamente, a estação opera com aproximadamente 25% a mais, subdimensionando a estação e conseqüentemente ocasionando em uma das falhas de operação e distribuição.

Outro fator observado é o tempo de floculação (T_f) durante o ciclo de tratamento. Segunda ABNT NBR 12.216/1992 adota-se um tempo de floculação que esteja compreendido entre 30 a 40 minutos. Considerando as informações da autarquia, o tempo de floculação aproximado é de 15 a 20 minutos, uma vez que a vazão de tratamento é superior a vazão de projeto, todo o ciclo sofre interferência o que altera a velocidade e consequentemente a qualidade do tratamento. A Figura 09 ilustra os flocos formados durante esse processo.

Figura 09: Processo de floculação



Fonte: O autor. (2024)

O sistema de decantação estudado, não se encontra em boas condições de serviço, como pode ser observado nas Figuras 10 e 11. Os módulos laminares encontram-se quebrados e não apresentam angulação de inclinação, comprometendo todo o cálculo de vazão e velocidade, comprometendo sua eficiência.

Figura 10 e 11: Decantadores



Fonte: O autor. (2024)

Outro fato que deve ser considerado são as perdas de água ocasionadas pelas lavagens dos filtros e decantadores que são realizadas no mínimo três vezes por dia, com uma perda de aproximadamente 60 m³ de água por lavagem, conforme observado na Figura 12.

Figura 12: Dados de lavagem dos filtros da ETA



Fonte: ETASWeb

A perda também está relacionada a vazamentos estruturais presentes principalmente no reservatório e nas conexões conforme as Figuras 13 e 14.

Figuras 13 e 14: Vazamentos estruturais



Fonte: O autor.

Após a análise dos dados coletados e a definição das problemáticas encontradas, serão considerados os seguintes fatores como prováveis soluções para as patologias:

- Dimensionamento da vazão de projeto

Conforme verificado, a estação opera hoje com uma vazão de operação de 25% a mais da vazão do projeto. É necessário que o sistema adeque a estação para tratar a quantidade necessária sem comprometer a qualidade do tratamento.

Calculando a vazão de adução através da Equação 1, para o cálculo da população de projeto, estimou-se o horizonte de projeto atual para o ano de 2024. Assim, com base nos dados coletados pelo Censo-IBGE (Tabela 05) , a população de projeto para o ano de 2024 é:

Tabela 05: Dados de população

População 2010	População 2022
25.220	26.336

Fonte: Censo- IBGE

$$P = P_0 \times e^{Kg(t-t_0)} \quad Kg = \frac{\ln(26336) - \ln(25220)}{2022 - 2010} = 0,0036$$

$$P(2024) = 29.076$$

Para esta comunidade, foi adotada a cota média per capita de 200 L/hab.dia e K1 = 1,20, considerando o elevado índice de perdas e desperdícios observados nos sistemas de abastecimento de água, por ocasião da lavagem dos filtros, além da possibilidade da ocorrência de consumos imprevistos no horizonte de projeto. A vazão de adução é determinada com base na equação:

$$Q_{adução} (2024) : 29.076 \times 200 \times 1,20 = 6.978.240 \text{ L/dia ou } 80,76 \text{ L/s}$$

Esses valores correspondem a vazão do ano atual, sendo assim, extrapolando os dados para calcular vazão de projeto com base na população futura de 30 anos teremos:

$$. Q_{adução} (2054) : 36.326 \times 200 \times 1,20 = 8.718.240 \text{ L/dia ou } 100,90 \text{ L/s}$$

Sendo assim, estima-se que a vazão necessita ser adequada à população futura, para que atenda a demanda de forma eficaz.

- **Floculadores**

Os floculadores apresentam um tempo de detenção abaixo do recomendado pela Norma ABNT, sendo assim, após adequação da vazão, os floculadores deverão trabalhar com duas entradas, separados em duas fileiras pois, ao interromper a operação de uma fileira para lavagem, os floculadores restantes em operação não ficarão com uma sobrecarga elevada, não prejudicando assim o seu funcionamento. Os floculadores deverão ser dimensionados com medidas, volumes, e velocidade pertinentes à vazão de projeto estipulada, atendendo ao tempo de floculação determinado pela norma.

- **Decantadores**

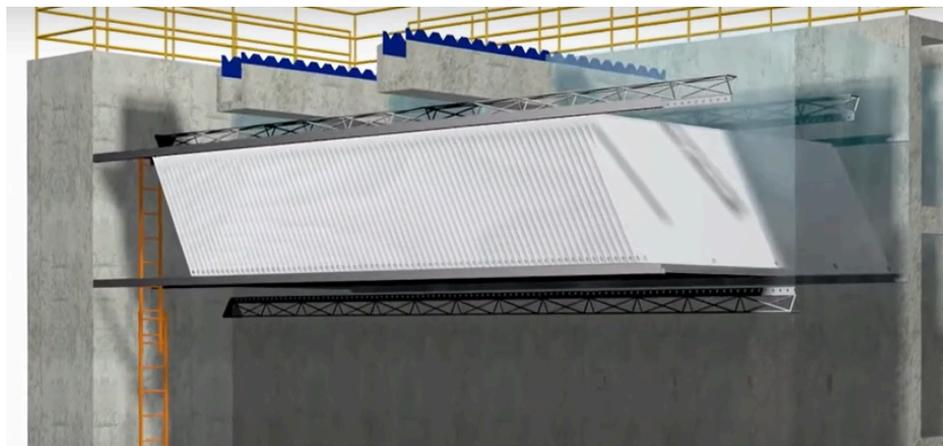
Com o dimensionamento do Parshall e dos floculadores concluídos, parte-se para o dimensionamento dos decantadores Os decantadores apresentam a parte mais crítica da estação, sendo necessário toda a troca da estrutura das placas. Como não está definido em

norma um valor mínimo ou máximo para o tempo de operação, o valor mais comumente utilizado é de 1 hora a 4 horas. Segundo a ABNT NBR 12216:1992 a entrada de água nos decantadores convencionais pode ser feita por uma cortina perfurada que atenda às condições. Atualmente, essa cortina é feita de madeira e também será necessário a troca por um material mais apropriado, com o maior número possível de orifícios uniformemente distribuídos. A distância entre os orifícios deve ser igual ou inferior a 0,50m.

Segundo a ABNT NBR 12216:1992, se não for possível realizar ensaios de laboratório para determinar a velocidade de sedimentação, a velocidade longitudinal máxima V_0 em decantadores horizontais convencionais deve ser de 0,50 cm/s em estações com capacidade de até 10000 m³/dia. As placas deverão ser trocadas por um sistema novo, aproveitando a parte estrutural, e efetuando a troca de todo sistema de fixação e estiramento que hoje é composto por madeira, essa troca promove melhor distribuição das forças reduzindo as deformações, melhora o escoamento do lodo durante a operação e possui maior vida útil otimizando o processo de decantação.

As lamelas flexíveis para decantação são compostas em tecido de fibras sintéticas de alta tenacidade (PES) telada, revestido com Policloreto de Vinila atóxico, sem laqueamento, protegido contra raio UV, conforme ilustra a Figura 15.

Figura 15: Sistema de decantação



Fonte: Daltax Sistemas de Decantadores

Esse sistema de decantação em relação a decantadores convencionais possuem as seguintes vantagens:

Figura 16: Vantagens do sistema de decantação com fixação de alumínio em relação ao madeiramento.



Fonte: Daltax Sistemas de Decantadores

- Filtros

Os filtros são denominados filtros rápidos, composto por uma camada filtrante dupla de fluxo descendente. Essas camadas são compostas por areia e antracito.

- Perdas de carga

Para diminuir as perdas, é necessário controlar as limpezas dos floculadores, programando de modo que não haja desabastecimento no sistema. Inicialmente, a limpeza é realizada abrindo o registro de descarga, e posteriormente, realizar a retirada das chicanas para limpar todas as paredes com um jato de água de alta pressão. É responsabilidade do operador a retirada diariamente da espuma formada no floculador.

O floculador admite mau funcionamento em caso de má decantação, erros de projeto e excesso de lodo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os problemas apresentados, denota-se a importância de uma adequação a ETA do município de Elói Mendes, observando que tais problemas não são causados apenas pelo tempo de uso. Outro fator a ser considerado é a perda de carga, que também contribui para alterar a trabalhabilidade eficaz da ETA. O trabalho limitou-se a destacar os problemas estruturais e operacionais, não considerando parâmetros de qualidade da água como turbidez, pH, e outros.

Como descrito, fica evidente a importância da qualidade da água na saúde das pessoas, e seu devido tratamento. Logo, considerando os problemas apresentados, sejam eles estruturais ou operacionais, foi possível constatar que os mesmos interferem de maneira ativa no comprometimento da qualidade da água tratada, havendo necessidade de medidas corretivas que garantam um tratamento eficaz.

ABSTRACT

To ensure that water reaches homes adequately, it is necessary to capture, treat, and distribute it. The captured water arrives at the Water Treatment Station (ETA) in raw form, that is, with the presence of bacteria, garbage, sludge, and other impurities. Thus, the importance of an ETA for today's society can be seen. This is the case, for example, of the ETA in the municipality of Elói Mendes-MG, which presents an inefficient flow for the population's total consumption, resulting in total or partial shortages of neighborhoods and an overload on the supply networks and reservoirs that do not supply the storage demand. In this context, the objective of the research aims to present a diagnosis of the operational and structural problems at the Water Treatment Plant in the municipality of Elói Mendes-MG, and propose improvements seeking better treatment efficiency. The methodology of this work can be characterized as a case study, with a qualitative approach, initially highlighting the diagnosis of the possible causes of treatment inefficiency, and subsequently presenting appropriate proposals for improving the system.

Keywords: Sanitation. Supply. Water treatment station.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5 de setembro de 2017. **Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde.**

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria 36, de 19.01.90. **Dispõe sobre as normas e padrões de potabilidade de água para consumo humano.** Diário Oficial, 23.01.90, Seção I. Portaria 134, de 24.09.92. Dispõe sobre o registro de produto saneante domissanitário – “água sanitária”. Diário Oficial, 28.09.92, Seção I.

DALTTAX. **Sistema de Decantação 2020.** Disponível em <http://www.dalntax.com.br>. Acesso em 12 de maio de 2024.

GROTT, S.C.; HARTMANN, B.; SILVA FILHO, H. H.; FRANCO, R.M.B. GOULART, J.A.G. **Deteção de cistos de Giardia spp. e oocistos de Cryptosporidium spp. na água bruta das estações de tratamento no município de Blumenau, SC, Brasil.**

GUEDES, 2018. **Rede de Distribuição de Água.** Hugo Alexandre Soares Guedes. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/hugoguedes/Parte1.pdf>. Acesso em 09 de março de 2024.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para o consumo humano**. Editora UFMG, Volume 2, 2010.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para o consumo humano**. Editora UFMG, 2006.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **O que é Saneamento?**. 2010. Disponível em <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/o-que-e-saneamento>. Acesso em 12 de março de 2024.

OMS. Organização Mundial da Saúde. 2014. **Para cada dólar investido em água e saneamento , economiza-se 4,3 dólares em saúde global**. Disponível em: . Acesso em 09 de março de 2024.

PARSEKIAN, Guilherme. **Parâmetros de Projeto de Alvenaria Estrutural com Blocos de Concreto**. São Paulo, SP, maio 2014.

SILVA, F. J. A; MATOS, J. E. X. **Sobre dispersões de Moringa oleifera para tratamento de água**. Revista Tecnologia, v.29, n.2, p.157-163, 2008.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. Editora ABES. Janeiro, 2006.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte, Minas Gerais: UFMG, 2014.