233 - ESCASSEZ HÍDRICA E ADEQUAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

Alyne Gessick Pinheiro da Silva Lima[1]
Graduação em Engenharia Ambiental, Especialização em Gestão dos Recursos Hídricos, Mestranda em Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos pela UFCG, Campus Sumé e Empregada Pública na Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE na UN BSA.
Lindamar Bezerra da Silva [2]**;**
Mestranda em Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos pela UFCG, Campus Sumé e Empregada Pública na Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE na UN BSA
Cícera Cilene Bezerra Moreira[3]
Mestranda em Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos pela UFCG, Campus Sumé e Empregada Pública na Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE na UN BSA*;*
Paulo da Costa Medeiros[4] **;**
Doutor em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG e Professor Adjunto IV da UFCG, Campus Sumé.
Renato de Sousa Silva [5]**;**
Graduação em Administração de Empresa pela Universidade do Vale do Acaraú –UVA e Empregado Público na Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE, exercendo a função de Coordenador Técnico pela CAGECE na UN- BSA.

Endereço[(1)]**:** Rua Vereador José Amarílio Esmeraldo, 195- São José - Crato - CE- CEP: 63.133.495 - Brasil - Tel: +55 (88) 9 9788-0702 - e-mail: alynegessick@gmail.com

RESUMO

O Nordeste vem vivenciando a maior seca já registrada no estado do Ceará, sendo a região da Bacia do Alto Jaguaribe uma das áreas mais afetadas. Além dos aspectos quantitativos, a qualidade dos mananciais também preocupam o abastecimento público de água. Este trabalho tem objetivo de propor melhorias estruturais para a Estação de Tratamento de Água de Acopiara, a fim de aperfeiçoar este tratamento e verificar a possibilidade de aumento da produção com o sistema atual, pretendendo atender aos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos estabelecidos pela portaria vigente. No local, foram realizados alguns testes, coletas de dados e cálculos de dimensionamento. Identificou-se que a atual vazão não atende a demanda do sistema, e que os filtros existentes necessitam de intervenção. Foi verificado ainda, que há possibilidade de melhorar a eficiência do tratamento, instalando dois filtros descendentes, adotando o sistema de dupla filtração. Esta proposta de adequação, mostrou-se eficiente e de baixo custo de instalação, quando comparada a outras tecnologias disponíveis. Além disso, esta tecnologia pode se adequar as variações de qualidade da água bruta, contribuindo para melhoria da saúde da população e atendendo também as demandas da legislação e agência reguladora.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento, Seca, qualidade de água.

INTRODUÇÃO

O Nordeste é uma região carente em termo de quantidade de água, com baixa pluviosidade anual, em média 750 mm, além de distribuição irregular e das altas temperaturas, com média de 28°, chegando até 40°C em alguns estados. (INPE, 2018). Esta região tem sofrido por conta das grandes secas que fazem com que as famílias do interior enfrentem enormes obstáculos para ter acesso ao recurso hídrico, o que prejudica tanto a saúde da população, como suas fontes de renda, sobretudo as atividades de agricultura e pecuária.

No estado do Ceará, de acordo com os dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), desde 2012 o Nordeste vem vivenciando a maior seca já registrada no estado. Desta forma, a estiagem, muitas vezes restrita às populações rurais, chegou até as sedes municipais. (Adaptado Governo do Estado do Ceará e FUNCEME, 2017).

Na região da microbacia do Alto Jaguaribe, uma das mais afetadas com a estiagem, existem municípios que já se encontram há oito anos com chuvas abaixo da média anual que é de 500mm a 700mm. Na cidade de Acopiara, desde 2014 as chuvas tem sido abaixo da media histórica que é de 800 mm. (FUNCEME, 2018).

Além dos aspectos quantitativos, a qualidade dos mananciais também preocupam o abastecimento público de água. De acordo com o Relatório de Qualidade das Águas dos Açudes Monitorados pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), realizado em novembro de 2017, 83,19% das amostras de água dos açudes analisados pela companhia apresentaram elevado nível de eutrofização. (COGERH, 2017).

Ainda conforme este relatório, os principais geradores da contaminação para os reservatórios são as descargas de esgotos domésticos e industriais, a afluência de partículas dos solos em decorrência de erosão hídrica, e a presença de gado no entorno dos açudes e piscicultura intensiva. Além dos impactos causados pela ação humana, há um agravante natural, pois os reservatórios do Estado são formados por rios intermitentes e submetidos à interanualidade das chuvas, assim como baixos índices pluviométricos anuais. Estas condições dificultam a renovação da massa de água contida nos mesmos, o que contribui com a degradação natural da qualidade das águas (COGERH, 2018).

Para enfrentamento da crise, o Governo do Estado do Ceará, em parceria com a Superintendência de Obras Hidráulicas (SOHIDRA), Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) e COGERH, tem investido em obras hidráulicas e de saneamento, com objetivo de minimizar o impacto da seca no estado. Estas ações são: a construção de adutora de montagem rápida (AMR's), a construção de barragem e do "cinturão das águas" e a busca de novas fontes hídricas, dentre elas a perfuração de poços tubulares e medidas de redução de perdas (Ceará, 2018). Além destas medidas, faz-se necessário investir e adequar as Estações de Tratamento de Água para que seja realizado tratamento adequado da água e consequentemente a distribuição da mesma dentro dos padrões de qualidade para abastecimento humano.

Com a alteração da qualidade da água dos mananciais, é de extrema importância realizar investimentos e adequação nas estações de tratamento, e isto deve ser visto como ação conjunta no enfrentamento à seca, assim como o monitoramento e rigorosa fiscalização dos mananciais e obras públicas de saneamento, principalmente no que se refere à coleta e tratamento de esgoto.

Em Acopiara, Ceará, a atual Estação de Tratamento de Água foi projetada para operar através do açude Quincoê, que hoje se encontra exaurido devido a estiagem. Como forma de suprir a demanda da população, outros dois açudes foram incluídos ao sistema. Todas estas alterações de captações de águas, com características diversas, demandam investimento no tratamento com objetivo de adequar estas alterações aos parâmetros exigidos pelo Anexo XX da Portaria de Consolidação N° 5 do Ministério da Saúde (Antiga Portaria 2914, também do Ministério da Saúde), reduzindo assim a probabilidade de riscos à saúde humana deste município.

OBJETIVO

Geral

Propor melhorias estruturais para a ETA de Acopiara - CE, a fim de aperfeiçoar o tratamento da água e verificar a possibilidade de aumento da produção com o sistema atual, objetivando o atendimento aos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos estabelecidos pela portaria vigente.

Específicos

- Garantir a qualidade dos recursos hídricos aos habitantes desta região do Estado do Ceará;
- Promover a recuperação e o controle da qualidade dos recursos hídricos, através do tratamento e da redução das cargas poluentes e da poluição difusa;
- Dimensionar: tubulações de lavagem de filtro; vazões para abastecimento atual; população projetada e adução; vazões e velocidades ideais para lavagem dos filtros; capacidade de filtração ideal e máxima dos filtros existentes na ETA de Acopiara;
- Calcular a capacidade da adutora (velocidade, diâmetro e vazão) verificando a possibilidade de aumentar a demanda do sistema;
- Dimensionar os filtros descendentes (capacidade de filtração, diâmetro, tubulações, alturas e leito filtrante) de forma a adequá-los a ETA existente.

METODOLOGIA

O presente estudo foi baseado em pesquisa bibliográfica e dados fornecidos através da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) e Companhia de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (COGERH). Foram coletados valores históricos referentes à pluviometria média anuais no município e qualidade da água.

Foram realizadas visitas, testes operacionais e de tratabilidade na ETA (Estação de Tratamento de Água) de Acopiara - CE. Com base na experiência da minha prática nesta estação e na coleta de dados através do acompanhamento da operação da ETA, surgiu a proposta de melhorias operacionais e estruturais que melhor se adequem ao sistema existente, com menor custo financeiro para a concessionária e que atenda aos padrões de potabilidade exigidos pela legislação vigente.

Para sugestão da adequação, foram utilizadas as seguintes normas técnicas como parâmetro do projeto e legislação:
- NBR 12.211 - Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água.
- NBR 12.216/1992 – Projeto de Estação de Tratamento de Água para abastecimento público.
- Padrão da residência: Médio- Residências com área edificada igual ou superior a 50 m² e inferior a 150 m^2 ou lotes com área igual ou superior a 150 m² e inferior a 350 m². (Norma interna da Cagece).
- Normas Internas da CAGECE (Sistema de Projetos e Obras – Anexos SPO- 023). O consumo per capita foi determinado de acordo com as Tabelas 1 e 2 do anexo 1 da SPO-023 da CAGECE. - Consumo per capita: Médio (interior)- 150 L/hab.dia.

- Os valores adotados foram aqueles usualmente utilizados em sistemas para comunidades de pequeno porte, associados às prescrições normativas da ABNT.
- K1= 1,20 - coeficiente do dia de maior consumo
- K2 = 1,50 - coeficiente da hora de maior demanda.

- A população foi estimada com a taxa de crescimento de 2% ao ano, conforme recomendação da Cagece e NBR 12.211-ABNT, para uma previsão de 20 anos, visto que, de acordo com os dados estatísticos, o crescimento é menor que 2%.

- Anexo XX, consolidação 5 do Ministério da Saúde de setembro de 2017- Parâmetros de Qualidade da Água que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Além disso, foram utilizados cálculos hidráulicos para verificação da real capacidade da ETA existente e quais as adequações necessárias para aumento de vazão, tendo em vista que o sistema trabalha com abastecimento através de revezamento.

O seguinte estudo foi realizado com proposições de melhoria, baseadas não somente para atendimento as condições atuais, mas uma adequação que atenda a demanda necessária por 20 anos, garantindo dessa forma o retorno financeiro à concessionária.

Segue abaixo fórmulas e dados utilizados como base para os diagnósticos e dimensionamentos realizados:
Pt = População residente total = 51.160 IBGE (2010)
Pu = População residente urbana (hab) = 25.228 hab. IBGE (2010)
Nd = Número de domicílios ocupados total = 15.041 IBGE (2010)
To = Taxa de ocupação total (hab/dom) = 3,4 hab/domicílio IBGE (2010)
População Urbana = 25.228 hab. IBGE (2010)
- *9.320 ligação reais/domicílios atendidos (CAGECE,2017).*

P = Nd x To equação (1)
Onde:
PI = população
Nd= número de domicílios
To = taxa de ocupação

Pa= Nd x To equação (2)
Pa= População abastecida zona urbana

Lr = Número de ligações reais

Qmed = Pa x q / 86.400 equação (3)
Onde:
Pa = População atendida (hab)
q = Consumo Per Capita (l/hab/dia)
Qmed= Vazão média (L/s)

Qmd = P x q x K 1 / 86.400 equação (4)
Onde:
P = População (hab)
q = Consumo Per Capita (l/hab/dia)
K1= Coeficiente máximo de consumo diário

Qmh = P x q x K1 x K2 / 86.400 equação (5)
Onde:
Qmh= Vazão máxima horária
P = População (hab)
q = Consumo Per Capita (l/hab/dia)
K1= Coeficiente máximo de consumo diário
K2= Coeficiente máximo de consumo horário

Qa= Qmed x 24 x K1 / h equação (6)
Onde:
Qa= Vazão de adução (L/s)
K1= Coeficiente máximo de consumo diário
h= Hora de trabalho da bomba
Qmed= Vazão média (L/s).

<u>População e demanda futura – final de plano</u>

- Número de unidades habitacionais urbanas - Início do plano: 7.420
- Número de unidades habitacionais- Final do plano: 11.025
- Período de projeto: 20 anos
- Consumo Per Capita: 150 l/hab/dia
- Taxa de ocupação: 3,4 hab/dom (IBGE)
- Coeficientes máximos de consumo horário e diário

Pi= Nd x To equação (7)
Onde:
Nd = Número de domicílio
To = Taxa de ocupação (hab/dom)
Pi = População inicial (hab)

Pf = Pi x (1 +i) n equação (8)
Onde:
Pf = População final (hab)
i= Taxa de crescimento (%)
n= Período de projeto
Pi = População inicial (hab)

Pf = Nd x To equação (9)
Onde:
Nd = Número de domicílios
To = Taxa de ocupação (hab/dom)
Pf = População final (hab)

Qmed= Pf x q / 86.400 equação (10)

Onde:
Pf = População final (hab)
q = Consumo Per Capita (l/hab/dia)
Qmed= Vazão média (L/s)

Qmd= Pf x q K1 / 86.400 equação (11)
Onde:
Pf = População final (hab)
q = Consumo Per Capita (l/hab/dia)
K1= Coeficiente máximo de consumo diário
Qmd= Vazão máxima diária (L/s)
Qmh= Pf x q x K1 x K2 / 86.400 equação (12)
Onde:
Pf = População final (hab)
q = Consumo Per Capita (l/hab/dia)
K1= Coeficiente máximo de consumo diário
K2= Coeficiente máximo de consumo horário
Qmh= Vazão máxima horária (L/s)

Qa= Qmed x 24 x K1 / h equação (13)
Onde:
K1= Coeficiente máximo de consumo diário
h= Hora de trabalho da bomba
Qmed= Vazão média (L/s)
Qa= Vazão de adução (L/s)

Unidades de filtração existentes e cálculo de demanda futura
Filtros ascendentes existentes:
(São filtros quadrados 4x4, altura: 4m)
Filtro 01 e 02 são iguais: Filtro quadro 4x4
Área 4m x 4m: 16m²
Taxa de filtração (dados de projeto: 120 m³.m²/dia, sendo a máxima de: 180 m³.m²/dia). (CAGECE,2017)

Cfi = A x T /24 equação (14)
Onde:
CF = Capacidade de filtração
A = área do filtro
T = taxa de filtração

Cf máx = A x T /24 equação (15)
Onde:
Cf max = Capacidade de filtração máxima
A = área do filtro
T = taxa de filtração.

Vazão de lavagem filtros ascendentes
A vazão necessária para lavagem filtro ascendente é de 0,8 a 1,0 m/min, (NBR 12216/92).

Qlav = Va x A x 60 equação (16)
Onde:
Qlav =vazão de lavagem
Va =velocidade ascensional
A = área do filtro

Diâmetro da tubulação de lavagem dos filtros ascendentes

A = Q lav /3600 / V lav equação (17)
Onde:

A lav= área da tubulação de lavagem
Q lav Vazão de lavagem
V lav =velocidade de lavagem, (2,5 m/s)

Q lav = V. lav A * 60* equação (18)
Onde:
Q lav Vazão de lavagem: 960
V lav =velocidade de lavagem: ?
A = área da tubulação de lavagem: 0,0853

Q (m³/min) = A x h / T equação (19)
Onde,
Q = Vazão ascencional de lavagem
A= área do filtro
h=altura que o nível da água percorre em determinado tempo
T= tempo em que a água percorre determina altura

A lavagem deverá promover a expansão de 20 a 30%. A velocidade ascensional deverá ser estar entre 0,8 e 1,0 m/min para filtração ascendente e o tempo de lavagem deve estar entre 10 e 15 minutos. (NBR 12216/1992).

- Dimensionamento do sistema adutor

d BRESSE = K1 x Q (m³/s) ^{0,5} x 1000 equação (20)
Onde:
D= diâmetro ideal
K1= coeficiente de maior consumo
Q = vazão

A NBR 5626/98 fixa 3 m/s como a máxima velocidade admissível para o escoamento de água fria em tubulações da rede de distribuição predial, a saber, barriletes, colunas de distribuição, ramais e sub-ramais.

TESTEZLAF (2014), a velocidade máxima na tubulação não deve ultrapassar 2,0 m/s. Para evitar:
– Sobrepressão elevada quando há interrupção do fluxo (golpe de Aríete)
– Vibrações na tubulação que reduzem a vida útil
– Perda de carga (pressão) excessiva, pois ela é diretamente proporcional à velocidade da água.
E a velocidade mínima de 0,5 m/s para evitar deposição de partículas.

V= 1273,88 x Q (l/s) / D² equação (21)
Onde:
V = velocidade
Q = vazão
D = diâmetro existente

Diâmetro da tubulação de lavagem dos filtros descendentes

A = Q lav / 3600 x V lav equação (22)
Onde:
A lav= área da tubulação de lavagem
Q lav Vazão de lavagem
V lav =velocidade de lavagem, (2,5 m/s)
Para dimensionamento por velocidade máxima na tubulação a norma admite até 3 m/s (NBR 12214), utilizaremos 2,0 m/s pior precaução para evitar presença de ar na tubulação.
- Norma do tubo = DIN 24448
- Comprimento da tubulação do filtro ascendente até o reservatório = 25m
- Curvas = 6
- Rugosidade interna parede da tubulação = 0,05mm
- Vazão máxima = 288 m³/h

- Velocidade máxima = 2 m/s

$$d = \sqrt{\frac{Q_w}{3600v} \cdot \frac{4}{\pi}}$$

$$\Delta p = \frac{\mu \cdot l \cdot v^2 \cdot \rho \cdot SG}{2d} \qquad \rho: \textit{density of water (1000 kg/m}^3\textit{)}$$

equação (23)

Onde,
L = comprimento da tubulação (m)
Q = vazão da água (m³/h)
D= diâmetro interno do tubo (m)
V = velocidade da água (m/s)
Δp = perda de pressão (Pa)
μ =coeficiente de atrito
SG = gravidade da água

Descrição da área de estudo

Acopiara é um município brasileiro do estado do Ceará, localizado na região Centro-Sul do estado e possui população estimada de 51.160 habitantes, sendo 25.228 na zona urbana e 25.932 na zona rural. O número de domicílios é de 7.887 na zona urbana e 7.156 na zona rural. (IBGE, 2010). O período chuvoso concentra-se entre os meses de fevereiro a abril com precipitação média anual de 788,8 mm. (IPECE, 2010).

Em 2012 e 2013 as chuvas da cidade foram abaixo da média. Em 2014 houve uma recarga um pouco acima da média, embora não foi suficiente para amenizar os dois anos de seca seguidos. Desta forma, a partir de 2014 o município tem sofrido até o presente ano com as chuvas bem abaixo da média, como pode ser verificado na Figura 1.

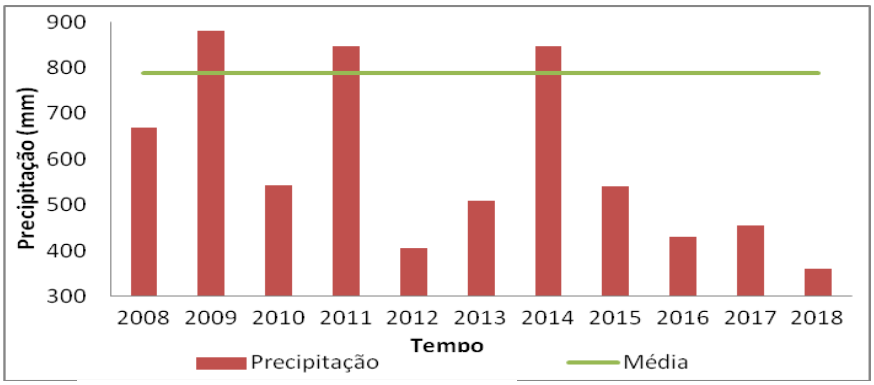


Figura 1- Histórico de Precipitação em Acopiara - Fonte: Adaptado Funceme, 2018.

Sistema de Abastecimento de Água de Acopiara

O atual sistema de abastecimento de água de Acopiara tem em média 15 anos de operação, e é constituído por unidades de captação, adução, tratamento, reservação e distribuição, como pode ser observado no detalhamento da Figura 2.

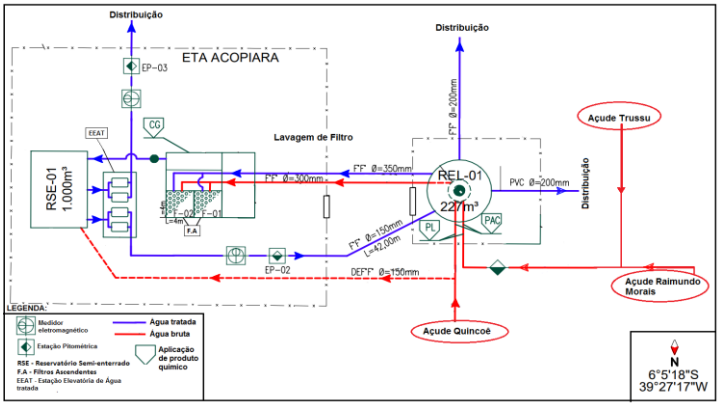


Figura 2 – Sistema de Abastecimento de Água de Acopiara – Fonte: Cagece, 2018.

Captações de Superficiais

A principal captação de água para abastecimento humano na cidade, é a Barragem Dr. Tibúrcio Soares, também conhecida como Açude Quincoê. Na Figura 3, observa-se que desde 2012 o açude não apresenta recarga total, e mesmo após a quadra chuvosa de 2014 ter alcançado valor médio anual de 846,2 mm, acima da média histórica, a precipitação não foi necessária para recarga do volume total do manancial, tendo como consequência a sua exaustão nos períodos de setembro de 2013, julho de 2015 e maio de 2017.

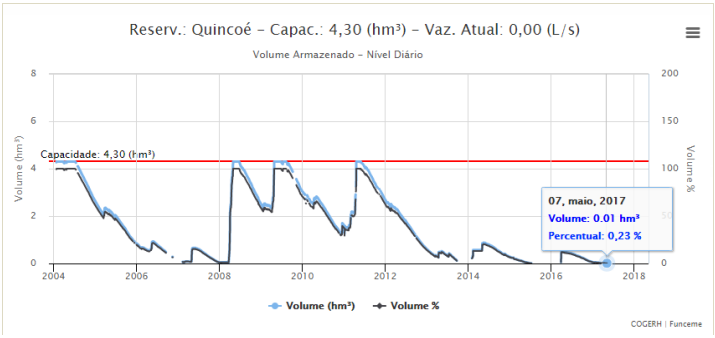


Figura 3 – Histórico do Açude Quincoê – Fonte: Cogerh,2018

Desde 2014, nas ocorrências de exaustão, o abastecimento da cidade foi socorrido de forma emergencial pelo açude Trussu localizado na cidade de Iguatu, há 24 km da sede de Acopiara.

Nos dias atuais, a principal fonte de abastecimento é através do açude Trussu, atualmente com 7,62% de sua capacidade, sendo este o menor volume disponível desde o acompanhamento dos dados em 2004, conforme Figura 4.

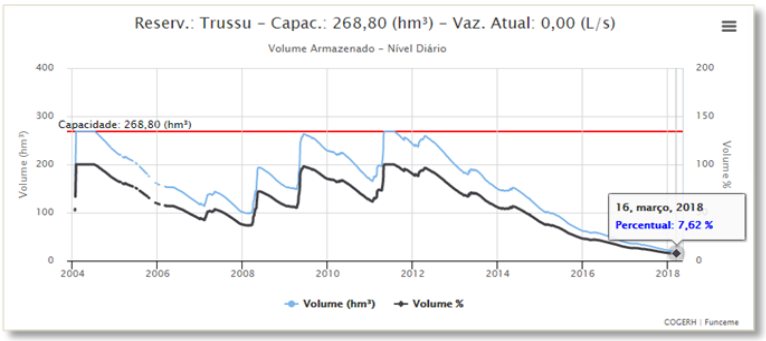


Figura 4 – Histórico do Açude Quincoê – Fonte: Cogerh,2018

Qualidade da água bruta

- Açude Quincoê

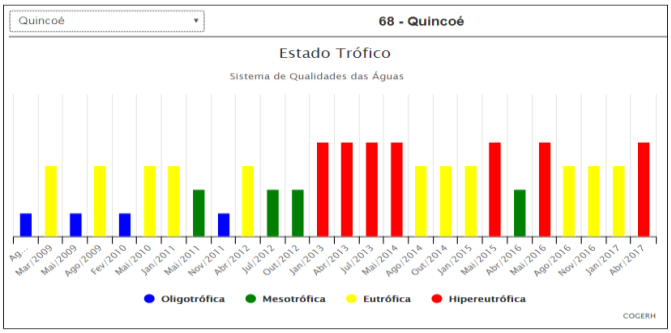


Figura 5 – Estado Trófico do Açude Quincoê – Fonte: Cogerh,2018

- Açude Trussu

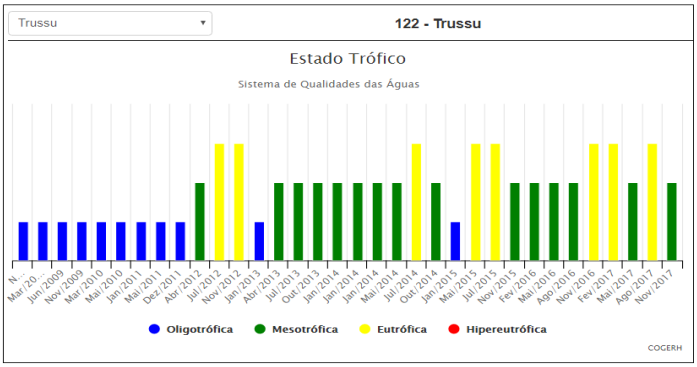


Figura 6 – Estado Trófico do Açude Trussu – Fonte: Cogerh,2018

Valores médios da qualidade da água bruta do Açude Quicoê e Trussu.

Tabela 1 – Qualidade da Água Bruta dos Açudes Quincoê e Trussu em Janeiro 2017.

Parâmetro	Valor Médio
pH Bruto	8,14 uT
Cor Bruta	80,88 uT
Turbidez Bruta	10,16 uT

Fonte Cagece,2017.

Estação de Tratamento de Água de Acopiara

A ETA de Acopiara é do tipo Filtração Direta, com dois filtros ascendes, apresentando capacidade de tratamento de 180m³/h.

Neste tipo de tratamento, há necessidade de se fazer a coagulação química, ou seja, adiciona-se um produto químico logo no início do tratamento. A água é filtrada rapidamente, utilizando-se filtros que funcionam com uma taxa de filtração elevada. O sistema de tratamento por filtração direta é recomendado para tratar água com menos impurezas. A água a ser tratada passa pelas seguintes etapas: coagulação, filtração e desinfecção, fluoretação e correção de pH, quando necessário. Os filtros ascendentes são compostos por camada suporte e o meio filtrante é composto de seixos e areia. O fluxo da água a ser filtrada é de baixo para cima, e a espessura do meio filtrante, onde as impurezas ficam retidas, é ascendente. (SNSA, 2017)

Podemos considerar vantagens da filtração direta ascendente em relação ao sistema de tratamento completo: a) área e custo da construção 50% menor, tendo em vista que não há necessidade de unidades adicionais de floculação e decantação; b) menor custo de operação e manutenção; c) menor produção de lodo. d) menor consumo de produto químico em comparação ao tratamento convencional.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Proposta de melhoria da qualidade e produção de água

Testes realizados na ETA

Foram realizados testes como: pré-cloração antecedendo os filtros ascendentes com dosagem entre 0,5 e 1 ppm, mas não se obteve resultados satisfatórios na remoção de cor e turbidez.

Foi realizada limpeza química nos filtros, utilizando soda cáustica com concentração de até 20%. O resultado da água filtrada no filtro ascendente 01 foi significativa, ficando com turbidez de em média 0,7 uT, após a lavagem, valor que ainda não é suficiente para atendimento da legislação. Já no filtro ascendente 02, além da aplicação da soda cáustica, foi realizada também a injeção de ar dentro do leito, mesmo assim, não houve expansão necessária e o filtro continuou apresentando caminhos preferenciais. Além disso, no filtro 02 é possível perceber retorno de água e grande pressão no registro do filtro 01, o que pode indicar danos nos difusores ou entupimento dos mesmos. É visível também que o filtro 01 acaba sobrecarregado, pois o fluxo da água o percorre com maior facilidade, logo se percebe uma visível diferença de vazão na saída da calha quando comparamos os dois filtros.
Durante a realização das descargas de fundo no filtro 02, o tempo para o rebaixamento da linha d'água é bem superior ao verificado no filtro 01.

Devido à vazão de abastecimento estar sendo insuficiente, a carreira de filtração, que é o período de intervalo entre as lavagens, tem sido de 72h, quando o ideal seria de 12 ou 24h, a depender da qualidade da água e da eficiência de tratamento do sistema.

Estudo populacional de demanda

Coeficientes de variação do consumo

Um importante requisito para o perfeito funcionamento do sistema de abastecimento de água a ser implantado, é a execução de uma projeção populacional que possibilite a previsão das demandas com a maior exatidão possível e que minimize os erros e incertezas inerentes a tal processo.
Para fins de dimensionamento, o valor de domicílios urbanos encontrado foi de 7.420, sendo a população abastecida atualmente de 31.688 pessoas em 2017.

Amplitude do projeto

O sistema de abastecimento de água proposto atenderá toda a área residencial da sede urbana.

Vazão média

A vazão média de projeto necessária para abastecimento da população atual é de:

Q med= 55,1 L/s ou 198,5 m³/h

Considerando 10% de perda no processo de tratamento, para uma ETA sem ETRG, como é o caso da ETA Acopiara, a vazão ideal de capitação seria de 217,86 m³/h.

Vazão máxima diária

A vazão máxima de projeto necessária para abastecimento da população atual é de:

Qmd= 66 L/s ou 237,67 m³/h

Vazão máxima horária

A vazão máxima para horário de maior consumo encontrada foi de:

Qmd = 99 L/s ou 356,5 m³/h.

Vazão de adução

Para atendimento da vazão média de projeto seria necessária uma vazão de adução de 66,12 L/s ou 238,02 m³/h.

Memória de cálculo (população e demanda futura – final de plano)

O número de unidades habitacionais calculados com uma projeção de 20 anos é de 11.025, e uma população de 37.484 habitantes.

Vazão média - final do plano

Para atendimento da população projetada, será necessária uma vazão média de 65 L/s ou 234,3 m³/h, sendo a vazão máxima necessária de 78 L/s ou 281,13 m³/h.

Vazão máxima horária - final do plano

Para atendimento da vazão máxima seria necessário uma vazão de adução de 117,14 L/s ou 412 m³/h.

Vazão de adução - Final do Plano

Já se tivermos como base a vazão de abastecimento média de 234,3 m³/h a vazão de adução necessária seria de 280,8 m³/h.

Unidades de filtração existentes e cálculo de demanda futura

Filtros ascendentes existentes

Os filtros atualmente existentes na Estação de Tratamento de Água de Acopiara - CE possuem capacidade ideal de filtração de 80 m³/h e capacidade máxima de 120 m³/h, logo como a ETA possui 02 unidades filtrantes ascendentes sua capacidade ideal é de 120m³/h e a máxima de 240 m³/h.

Vazão de lavagem filtros ascendentes

A velocidade ideal necessária para lavagem filtro ascendente é de 0,8 a 1,0 m/min, (NBR 12216/92). Com base nesta informação, a vazão de lavagem mínima para expansão do leito filtrante é de 345,6 m³/h atendendo a uma velocidade de 0,8 m/min, e uma vazão máxima de 576m³/h, atendendo a uma velocidade de 1m/min.

Diâmetro da tubulação de lavagem dos filtros ascendentes

Para que as vazões citadas no tópico acima sejam alcançadas a tubulação de lavagem ideal seria de no mínimo 300 mm, atendendo uma velocidade de 2,5m/s na tubulação.

A tubulação de lavagem atualmente instalada no sistema é de 350 mm. Se calcularmos a velocidade de lavagem para esse diâmetro encontraremos 1m/s, valor que atende ao estabelecido pela NBR 12216/92.

Teste de velocidade ascensional de lavagem – filtros ascendentes existentes.

A lavagem deverá promover a expansão de 20 a 30%. A velocidade ascensional deverá estar entre 0,8 e 1,0 m/min para filtração ascendente e o tempo de lavagem deve ser entre 10 e 15 minutos. (NBR 12216/1992).

Ao realizarmos medição da velocidade ascensional do filtro 01 encontramos um valor de 0,97m³/min, valor que atende ao estabelecido pela norma.

Já no teste realizado no filtro 02 o valor encontrado foi de 0,44 m³/min, valor abaixo do estabelecido pela norma. O que revela uma ineficiência na lavagem do filtro, e a não expansão necessária do leito para realização da limpeza adequada para o seu bom funcionamento.

Diagnóstico da ETA

A capacidade ideal de filtração atual da ETA é de 160m³/h e a capacidade máxima de 240 m³/h. Logo, para atender a demanda atual de 217 m³/h e a projetada para 20 anos de 234,4m³/h, o atual sistema de tratamento atende ao pré-requisito da capacidade de filtração. Durante o acompanhamento da operação da ETA, e após a avaliação dos cálculos acima, alguns pontos foram observados:

- A vazão atual não atende de forma ideal a demanda da cidade;
- Ao verificar a velocidade de lavagem do filtro 02, foi encontrado um valor abaixo de 0,8 m/min.
- A limpeza química e lavagem com injeção de ar realizadas, não apresentaram melhoria no tratamento, o que indica uma provável obstrução nos difusores ou bolas de lodo e/ou areia que percolaram pelas camadas suportes. Neste caso, somente com a retirada total do leito filtrante e a reparação dos difusores solucionaria o problema.
- Mesmo a concessionária tendo realizado todos os procedimentos descritos, a qualidade se aproximou dos valores estabelecidos pela legislação vigente.

Diâmetro da adutora de água bruta

Características gerais:
- Adução em adutora de montagem rápida (AMR) em aço corten com trecho de 300 e 200mm por 12km.
- Elevatória de água bruta com reservatório e conjunto moto bomba.
- Adução em adutora de montagem rápida (AMR) em aço corten com trecho de 300 e 200mm por 12km.

Utilizando a fórmula de D BRESSE para dimensionamento de sistema adutor foi encontrado um valor ideal de 335,3mm de diâmetro para atendimento a uma vazão de 281,13 m³/h. Adotando o diâmetro de 350 mm a partir dos equipamentos disponíveis no mercado.

A NBR 5626/98 fixa 3 m/s como a máxima velocidade admissível para o escoamento de água fria em tubulações da rede de distribuição predial, a saber, barriletes, colunas de distribuição, ramais e sub-ramais.

Segundo TESTEZLAF (2014), a velocidade máxima na tubulação não deve ultrapassar 2,0 m/s, afim de evitar sobrepressão elevada quando há interrupção do fluxo (golpe de Aríete), vibrações na tubulação que reduzem a vida útil e perda de carga (pressão) excessiva, pois ela é diretamente proporcional à velocidade da água. Em contrapartida, a velocidade mínima deve ser de 0,5 m/s para evitar deposição de partículas.

Com base nessas informações, a adutora de 350mm operando com uma vazão de 281,13 m³/h, teria uma velocidade de 0,81 m/s, valor que atenderia a norma. Já se trabalharmos com a vazão média de abastecimento de 65,17 l/s o diâmetro da adutora poderia ficar em 300 mm, e atingiria velocidade de 0,92 m/s, valor que também atenderia a norma, além de ser economicamente mais viável.

Logo, podemos verificar que a adutora atual não atende a vazão de demanda máxima diária, precisando ser substituída. No entanto, se for trabalhado com vazão média diária, uma adutora de 300 mm, atenderia. Assim, seria necessária apenas a substituição do trecho de 12km de adutora de AMR de 200mm por uma tubulação de 300mm.

Este fator explica o porquê de, mesmo com a atual captação ter volume suficiente para abastecimento, à cidade de Acopiara - CE continuar sofrendo com as frequentes faltas de água devido à reduzida vazão de operação do atual sistema.

Para se trabalhar com vazão de 234 m³/h os atuais filtros ascendentes estariam bem próximos da sua capacidade máxima de filtração (240m³/h), fator que ocasionaria piora na qualidade da água. Neste sentido, a alternativa mais viável, levando em conta o espaço disponível no atual sistema, será o aproveitamento dos filtros existentes e o incremento de filtros descendentes, modificando o tratamento de filtração direta ascendente para dupla filtração.

Com base nos resultados encontrados acima, algumas ações podem ser realizadas com objetivo de melhorar o tratamento de água nesta ETA, tais como:

I- Retirar material filtrante, tendo o cuidado de estocar (terreno limpo) de acordo com as diferentes granulometrias;
Obs. Após leito seco, proceder à seleção das diversas granulometrias, com as peneiras adequadas.

II- Após retirada de todo o leito, realizar inspeção para identificar as obstruções.

III- Remover todas as obstruções e realizar testes hidráulicos, enchendo o filtro (medir velocidade ascensional), efetuando descarga de fundo (medir velocidade) e "lavando o filtro" (medir velocidade ascensional).

IV- Após confirmação dos testes, efetuar a montagem do leito filtrante, de acordo com especificação abaixo para filtros ascendentes:
-Pedregulho 19,05 a 25,40mm - 25,0cm;
-Pedregulho 12,70 a 19,05mm - 7,5cm;
-Pedregulho 6,35 a 12,70mm - 7,5cm;
-Pedregulho 3,20 a 6,35mm - 15,0cm;
-Pedregulho 2,36 a 3,20mm - 15,0cm;
- Areia 0,59 a 2,00mm, TE=0,75mm e CD < ou = 1,7 --> 1,60m. (NBR 12216/92).

V – A carreira de filtração atual é de 72h. Esta deve ser reduzida para 12h, 24h, ou quando o efluente do filtro ascendente superar 1uT, mas para isso precisaria adequar a ETA para trabalhar com sua vazão máxima, com objetivo de não prejudicar o abastecimento e a qualidade. A lavagem do filtro deve ocorrer com a carreira citada, ou sempre que necessário, para que a qualidade da água não seja prejudicada.

VI- Para o aumento da vazão de captação máxima, além da substituição do trecho de 200 mm das adutoras de água bruta, também se faz necessário o aumento da capacidade de bombeamento da captação.

VII- Realização de descargas de fundo intermediárias (DFI), estudado por Di Bernardo *et al*. (1987). Essa técnica consiste em interromper por curto intervalo de tempo (cerca de um a dois minutos) a carreira do filtro e realizar uma descarga de fundo. Com esse procedimento faz-se uma limpeza parcial do filtro, removendo o material retido basicamente na camada suporte e nos primeiros centímetros da camada de areia. Com a realização da DFI é possível obter carreiras mais longas de filtração.

VIII- Instalação de dois filtros descendentes para realizar o polimento, podendo assim aumentar a vazão sem prejudicar a qualidade, tendo em vista que os filtros ascendentes trabalhariam com sua taxa de filtração máxima. Para isso, segue abaixo detalhamento desta melhoria:

Instalação de filtros descendentes – dupla filtração

A filtração direta apresenta várias vantagens, no entanto possui limitação relativa à qualidade microbiológica e físico-química da água bruta, especificamente para valores de turbidez, sendo neste caso recomendado o tratamento complementar com filtros rápidos descendentes, compondo assim o sistema de dupla filtração. (Di Bernardo, 2004).

A atual Estação de Tratamento de Acopiara - CE opera através de filtração direta ascendente, no entanto, a área disponível para melhoria do sistema é reduzida. Conforme verificação, através de estudo bibliográfico e estudos das tecnologias disponíveis para tratamento de água para abastecimento, chegou-se à conclusão de que a tecnologia mais adequada às oscilações de qualidade da água existente, atualmente, e a reduzida área disponível, seria a instalação de dois filtros descendentes, alterando o tratamento para dupla filtração.

Diâmetro dos filtros

Para atendimento a uma vazão de 240m³/h, capacidade máxima dos filtros ascendentes existentes, seria necessária a aquisição de 02 Filtros Descendentes de 3,5m de diâmetro. Os dois filtros terão capacidade máxima de filtração de 288m³/h, trabalhando com folga de 48m³/h, garantindo a melhoria na capacidade de filtração do sistema.

Vazão de lavagem de filtro

A velocidade mínima necessária para lavagem filtro descendente é de 0,6 m/min (NBR 12216/92). Para atender a velocidade, a vazão de lavagem teria de estar entre 345,6 m³/h e 576 m³/h. Na intenção de alcançar este valor, faze-se necessário uma tubulação de 285mm. Conforme material disponível no mercado, a tubulação de lavagem deve ser de 300 mm, sendo possível, dessa forma, conectá-la a tubulação já existente de 350mm, proveniente da lavagem dos filtros ascendentes 01 e 02. Abaixo, na figura 07, pode-se verificar o esboço proposto para realização da melhoria com a alteração do tratamento para dupla filtração.

Diâmetro de saída de água filtrada dos filtros descendentes para o reservatório

Para o dimensionamento da tubulação, a norma admite velocidade máxima de até 3 m/s (NBR 12214), no entanto utilizaremos 2,0 m/s por precaução para evitar presença de ar na tubulação.

Para o cálculo foram utilizados os seguintes dados:
- Norma do tubo = DIN 24448
- Comprimento da tubulação do filtro ascendente até o reservatório = 25m
- Curvas = 6
- Rugosidade interna da parede da tubulação = 0,05mm
- Vazão máxima = 288 m³/h
- Velocidade máxima = 2 m/s

O diâmetro encontrado foi de 250 mm.
Segue abaixo (Figura 07) a proposta da implantação dos filtros descendentes de acordo com os valores dimensionados.

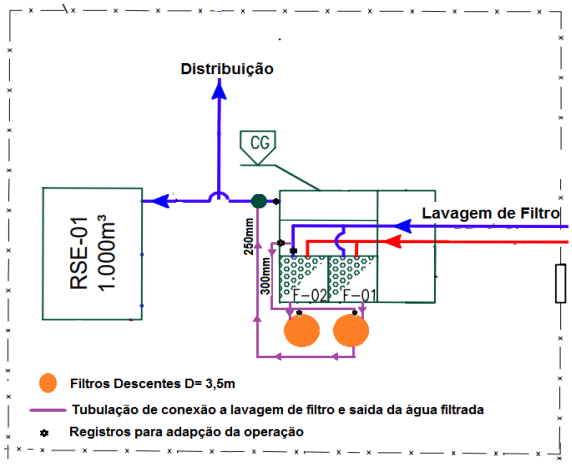


Figura 7 – Proposta da implantação dos filtros descendentes
Fonte: Adaptado, Cagece 2017.

A dupla filtração proporcionará maior eficiência relativa ao tratamento da ETA, no entanto, a carga hidráulica existente precisa ser revista, para que seja possível a adequação.

O nível de água sobre a camada filtrante, estabelecidos na norma NBR 12216/92, tem o objetivo de eliminar ou reduzir a ocorrência de pressão inferior à atmosférica no leito filtrante. Nesse intuído, foi realizada a medição das alturas referentes à entrada e saídas das tubulações, tanto entre o filtro ascendente existente quanto no filtro descendente a ser instalado, e na saída do filtro descendente para o reservatório.

Para que fosse possível o fluxo gravitacional da água do filtro descendente para o reservatório, a única solução seria elevá-lo, ficando conforme a figura 8.

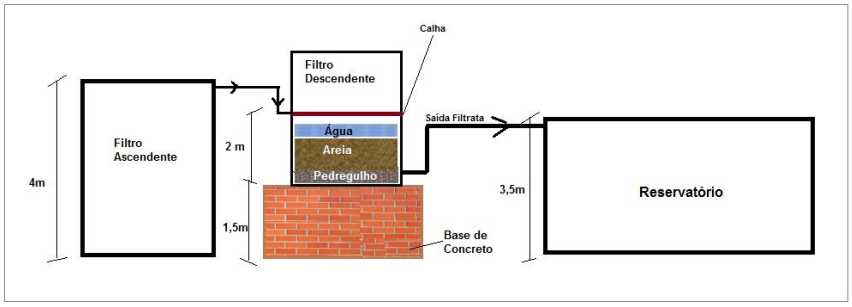


Figura 8 - Situação proposta para Dupla Filtração
Fonte: Autor, 2018.

Analisando as Figuras 7 e 8, é possível entender a inserção dos filtros descendentes dentro da estação e sua viabilidade de adaptação. O orçamento total para realização da referida obra, contando com itens como: aquisição de dois filtros de fibra com leito filtrante, base de concreto, tubulações, conexões e mão de obra, teve valor final de investimento de R$ 440.233,23 (Quatrocentos de quarenta mil, duzentos e trinta e três reais e vinte e três centavos).

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Conclui-se que, apesar de todo investimento do governo referente à seca histórica no estado, faz-se necessário também um olhar voltado para a questão da qualidade da água, como adequação de alguns sistemas, que nas condições atuais podem não mais atender a qualidade exigida pela legislação vigente.

Após avaliação do espaço geográfico disponível no sistema atual e da aplicação de cálculos, percebeu-se que as adequações propostas seriam possíveis, eficientes e com baixo custo de instalação comparada a outras tecnologias disponíveis.

Com as adequações sugeridas neste projeto, para atendimento do interstício de 20 anos com a necessidade de aumento da vazão, o atual sistema de tratamento não teria suporte necessário para garantir a qualidade de água. Sendo assim, a opção mais adequada seria a alteração do tipo de tratamento de filtração direta para dupla filtração, o que resultaria, consequentemente, na contribuição para melhoria da saúde da população, como também, atenderia as demandas da legislação e da agencia reguladora, evitando assim o pagamento de pesadas multas. Desta forma, o valor economizado poderia ser investido em melhorias na concessionária.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos-ProfÁgua, projeto CAPES/ANA AUXOE n° 2717/2015. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Agência Nacional de Águas (ANA).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT – Agência Nacional de Normas Técnicas. NBR 12216/92 – *Projeto Estação de Tratamento de Água para abastecimento público.* Disponível: http://www.ebah.com.br/content/ABAAAe2egAL/nbr-12216-92-projeto-estacao-tratamento-agua-abastecimento-publico?part=8. Acesso em: 16.02.18
2. ABNT – Agência Nacional de Normas Técnicas. *NBR 5626/98 – Instalação predial água fria***.** Disponível: https://pt.slideshare.net/sheyqueiroz/nbr-562698-instalao-predial-de-gua-fria. Acesso em: 18.02.18
3. BERENHAUSER, A.H.T. Tese: *Remoção de fluoreto de águas para abastecimento público pelo processo de osmose reversa***.** Biblioteca Virtual. São Paulo, 2001. 150p.
4. BRAGA, Fuad M. *Dupla filtração em filtros ascendentes de pedregulho e filtros descendentes de areia aplicada à remoção de algas: influência da taxa de filtração e granulometria do filtro de areia.*

Universidade de Brasília – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Dissertação de Mestrado. Brasília, jul, 2005.

5. BRASIL, Ministério do Meio Ambiente (MMA). Instituto Nacional do Semiárido (INSA). *População do Semiárido Estimada para 2014*. Disponível em; http://www.insa.gov.br/sigsab/, [Acesso em: 20 jul. 2017]

6. CEARÁ, Assembleia Legislativa. *Caderno regional da sub-bacia do Alto Jaguaribe* / Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos, Assembleia Legislativa do Estado do Ceará; Eudoro Walter de Santana (Coordenador). – Fortaleza: INESP, 2009. 119p.

7. CEARÁ - GOVERNO DO ESTADO. *Ceará transparente - Maior seca da história do Ceará quebra paradigmas.* Por Henrique Silvestre. Setembro, 2017. Disponível em: http://www.ceara.gov.br/2017/09/27/maior-seca-da-historia-ceara-quebra-paradigmas/. Acesso em: 27.02.18.

8. COGERH – Companhia de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Ceará. *Relatório da Qualidade das águas dos açudes monitorados pela COGERH* - Campanha de novembro de 2017. 2ª Ed. Fortaleza-CE, fevereiro de 2018. Disponível em: http://www.hidro.ce.gov.br/estado-trofico?data_ini=11-2017. Acesso em: 10.04.18

9. DE PAULA, D. *Avaliação da dupla filtração para tratamento de água superficial utilizando filtro ascendente de areia grossa***.** Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo. São Carlos, 2003. 177p.

10. DI BERNARDO, L. coord. ET AL. *Tratamento de Agua para abastecimento humano por filtração direta*. Projeto PROSAB, Rio de Janeiro, ABES. Rima, 2003.

11. DI BERNARDO, Angela S. *Desempenho de sistema de dupla filtração no tratamento de água com turbidez elevada.* Universidade de São Paulo. P.301. Tese de Doutorado. São Carlos, 2004.

12. FERREIRA, K. C, et al. *Adaptação do índice de qualidade da água da National Sanitation Foundation ao semiário brasileiro.* Revista Ciência Agronômica, vol.46 no.2. Fortaleza Abr/Jun 2015.

13. FUNCEME- Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. *Precipitação média no Ceará e no município de Acopiara de 2008 a 2018.* Disponível em: http://www.funceme.br/index.php/areas/23-monitoramento/meteorol%C3%B3gico/569-precipita%C3%A7%C3%A3o-m%C3%A9dia. Acesso em: 10.04.18

14. GRABOW W. Waterborne diseases: update on water quality assessment and control. Water S.A 1996; 22:193-202.

15. HELLER, L. et AL. *Abastecimento de água para consumo humano*. 2 ed. Ver e atual – Belo Horizonte. Editora: UFMG, 2010.

16. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. *População, 2010***.** Disponível em: https://www.ibge.gov.br/. Acesso em: 15.09.17

17. IPECE – *PERFIL BÁSICO MUNICIPAL - Acopiara,* 2016. Disponível em: http://www.ipece.ce.gov.br/perfil_basico_municipal/2016/Acopiara.pdf. Acesso em: 23.07.17.

18. Issac-Marquez AP, Lezama-Davila CM, Ku-Pech RP, Tamay-Segovia P. Calidad sanitaria de los suministros de agua para consumo humano en Campeche. Salud Pública Méx 1994; 36:655-61.

19. KURODA, E.K. *Avaliação da filtração direta ascendente em pedregulho com pré-tratamento em sistema de dupla filtração. Dissertação de Mestrado*. Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo. São Carlos, 2002. 238p.

20. MACHADO, Luciana de Souza Melo; SCALIZE, Paulo Sérgio. *AVALIAÇÃO DA FILTRAÇÃO LENTA NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA CAMPUS- SISTEMA SAMAMBAIA***.** In: SBPC, Goiás. Disponível em: http://www.sbpcnet.org.br/livro/63ra/conpeex/mestrado/trabalhos-mestrado/mestrado-luciana-souza.pdf. Acesso em: 03.03.18

21. MAGDA, C.R (1999). *Filtração direta ascendente em pedregulho como pré-tratamento a filtração descendente***.** São Carlos. 167 p. Dissertação de Mestrado. Escola de engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

22. Menter, Gustavo H. *Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura.* Agroecol. e Desenvol. Rur. Sustent. Porto Alegre, v.3, n.4, out/dez 2002. Disponível em: *http://taquari.emater.tche.br/docs/agroeco/revista/ano3_n4/artigo2.pdf*. Acesso em: 14.02.18

23. O POVO. *Noticias:* Falta de água afetará 5 milhões de pessoas até 2050 diz ONU. 19.03.18. Disponível em: https://www.opovo.com.br/noticias/brasil/2018/03/falta-de-agua-afetara-5-bilhoes-de-pessoas-ate-2050-diz-onu.html. Acesso em: 23.03.18

24. PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. *Tratamento de água para abastecimento por filtração direta* / Luiz Di Bernardo (coordenador). – Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. 498 p.

25. SAAESMA – Serviço de Abastecimento de Água e esgotamento sanitário de São Mateus – Espírito Santo, 2013. Disponível em: http://www.saaesma.com.br/tratamento. Acesso em: 03.04.2018

26. SANTOS, E.S. *Caderno Pedagógico de Química - Análises físico-químicas de águas e de solos.* Universidade Tecnológica Federal do Paraná Secretaria de Estado da Educação Superintendência da Educação. Pinhais-PR, 2008. Disponível em: http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1701-6.pdf)

27. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL (ORG). *Operação e manutenção de estações: abastecimento de água***.** Guia do profissional em treinamento: nível 1 / – Belo Horizonte: RECESA, 2007. 80 p

28. SENS, L. M. et al. *Influência da pré-oxidação na tratabilidade das águas através da filtração direta descendente em mananciais com grandes concentrações de algas***.** In: 22° CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁ- RIA E AMBIENTAL. ABES – CD-ROM, I-094, Joinville, Santa Catarina. set. 2003.

29. SILVA, Neusely da. *Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos.* Valéria Christina Amstalden - São Paulo: Livraria Varela,1997, p31.

30. TESTEZLAF, Roberto. *Hidráulica de linhas pressurizadas.* UNICAMP, 2014. Disponível em: https://www.ggte.unicamp.br/ocw/sites/ocw/files/cursos/CienciasExatas/FA876/apostilas/Hidraulica_Parte_3__Hidraulica_de_linhas.pdf. Acesso em: 15.02.18