



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

GEORGE ANTONIO BELMINO DA SILVA

**ANÁLISE DO CONTROLE OPERACIONAL DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE
ÁGUA VISANDO O ATENDIMENTO DOS PADRÕES DE POTABILIDADE**

CAMPINA GRANDE – PB

2014

GEORGE ANTONIO BELMINO DA SILVA

**ANÁLISE DO CONTROLE OPERACIONAL DE ESTAÇÕES DE
TRATAMENTO DE ÁGUA VISANDO O ATENDIMENTO DOS PADRÕES DE
POTABILIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado à Universidade Estadual da
Paraíba como requisito parcial à obtenção
do título de Bacharel em Engenharia
Sanitária e Ambiental pela Universidade
Estadual da Paraíba.

Orientador: Prof. Dr. William de Paiva

CAMPINA GRANDE – PB

2014

S586a Silva, George Antonio Belmino da.

Análise do controle operacional de estações de tratamento de água visando o atendimento dos padrões de potabilidade [manuscrito] / George Antonio Belmino da Silva. - 2014.
59 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2014.

"Orientação: Prof. Dr. William de Paiva, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental".

1. Tratamento de água. 2. ETA. 3. Parâmetros sanitários. I.
Título.

21. ed. CDD 628.4

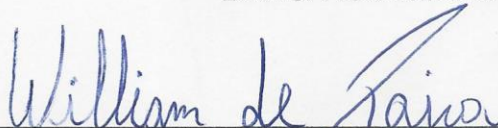
GEORGE ANTONIO BEMINO DA SILVA

**ANÁLISE DO CONTROLE OPERACIONAL DE ESTAÇÕES DE
TRATAMENTO DE ÁGUA VISANDO O ATENDIMENTO DOS PADRÕES DE
POTABILIDADE**

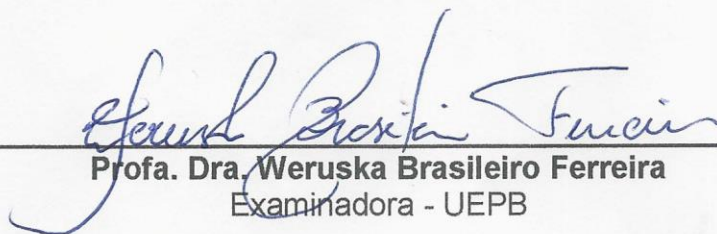
Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado à Universidade Estadual da
Paraíba como requisito parcial à obtenção
do título de Bacharel em Engenharia
Sanitária e Ambiental pela Universidade
Estadual da Paraíba.

Aprovado pela banca examinadora em: 03 de 12 de 2014.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. William de Paiva
Orientador - UEPB



Profa. Dra. Weruska Brasileiro Ferreira
Examinadora - UEPB



Profa. Dra. Helvia Waleska Casullo de Araújo
Examinadora - UEPB

DEDICATÓRIA

A Deus por me dar a vida, ao meu pai
Leonel Belmino, minha Mãe Bernadete
Belmino e minha irmã Ana Maria
Belmino.

AGRADECIMENTOS

A Deus Pai Criador, por me dar discernimento, saúde, coragem e fé para superar os obstáculos da vida sem fraquejar.

Ao meu Pai Leonel Belmino e a minha Mãe Bernadete Belmino, pelo carinho, amor, ensinamentos, dedicação e apoio durante todo tempo de minha vida.

A minha irmã Ana Maria Belmino, pelo carinho, paciência, apoio e compreensão.

A minha namorada Anne, pela paciência, compreensão e apoio.

Ao Professor William de Paiva, pela oportunidade durante a graduação e pela orientação na elaboração desse trabalho.

A Professora Weruska Brasileiro, pelo companheirismo, oportunidades e grande contribuição a minha vida acadêmica.

Aos meus grandes amigos de apartamento, Anderson e Kevlemn, pela convivência sadia, ensinamentos, paciência e apoio sempre ao longo desses anos. Obrigado!

Aos meus amigos de sala, em especial, Diego, Amanda Torquato, Ketyla, Suênio, pelas risadas dadas, apoio e ensinamentos.

Ao meu grande amigo Marcos Henrique, pelos grandes ensinamentos, companheirismo, paciência, e apoio nas horas fáceis e difíceis ao decorrer desses anos. Obrigado!

Por fim, agradeço a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização desse trabalho.

EPÍGRAFE

“Cada sonho que você deixa pra trás, é um pedaço do seu futuro que deixa de existir.”

Steve Jobs

RESUMO

O tratamento de água para consumo humano é um processo que se torna indispensável para garantir a qualidade da saúde das pessoas. O aumento populacional e a industrialização dos grandes centros urbanos têm contribuído para aumentar a contaminação dos mananciais superficiais e subterrâneos. Países em desenvolvimento apresentam grande índices de doenças que se propagam devido ao consumo de água de má qualidade. A Portaria do Ministério da Saúde (MS) n° 2914/2011 apresenta responsabilidades e procedimentos no que diz respeito ao controle e vigilância da qualidade e padrão de potabilidade da água para consumo humano, estabelecendo valor máximo permitido (VMP) para as características microbiológicas e físico-químicas da água potável. O objetivo deste trabalho foi o diagnóstico operacional de estação de tratamento de água (ETA) Morro do Gaia e Arapiraca visando o cumprimento da Portaria 2914/2011 através dos parâmetros sanitários e operacionais Turbidez, Cor aparente e Cloro residual livre. Foram realizadas coletas de amostras de água em frasco plástico com capacidade de 500 mL, para água bruta e água tratada na saída do sistema. Verificou-se que os parâmetros físico-químicos Turbidez e Cor aparente analisados durante os três meses de estudo na ETA Morro do Gaia, não atenderam os VMP estabelecidos pela Portaria, devido as condições em que se encontra o sistema, necessitando de diversos reparos. Os valores das análises de Cloro residual livre atenderam a Portaria. Todas as análises realizadas na ETA Arapiraca atenderam os padrões de potabilidade exigidos.

Palavras-chave: Tratamento de água. ETA. Parâmetros sanitários.

ABSTRACT

The treatment of water for human consumption is a process that is indispensable for ensuring the quality of health. The population growth and the industrialization of large urban centers have increased contamination of surface and groundwater sources. Developing countries have high rates of diseases that spread due to poor water consumption. The Ordinance of the Ministry of Health (MOH) No 2914/2011 has responsibilities and procedures with regard to the control and monitoring of the quality and standard of drinking water quality for human consumption, establishing maximum allowable value (PMV) for microbiological characteristics and physicochemical drinking water. The objective of this work was the operational diagnosis of water treatment plant (WTP) Gaia Hill and Arapiraca order to meet the Ordinance 2914/2011 through the health and operational parameters turbidity, apparent color and free chlorine residual. Water samples were collected during plastic bottle with 500 ml capacity, for raw water and treated water in the system output. It was found that the physical and chemical parameters Turbidity and Colour apparent analyzed during the three-month study in ETA Hill Gaia, did not meet the VMP established by Ordinance, because the conditions under which the system is in need of many repairs. The values of free residual chlorine analyzes met the Ordinance. All analyzes in Arapiraca ETA met the potability standards required.

Keywords: Water treatment. Ordinance. Health parameters.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Objetivos do PSA.....	22
Figura 2 - Principais tecnologias de tratamento de água para consumo humano	36
Figura 3 - Sistema de tratamento de água em ciclo completo utilizando a sedimentação.	38
Figura 4 - Localização da ETA Morro do Gaia	44
Figura 5 - Localização do município de São Brás	44
Figura 6 - Localização do município de Arapiraca.....	45
Figura 7 - Localização da ETA Arapiraca	45
Figura 8 - ETA Morro do Gaia	46
Figura 9 - ETA Arapiraca.....	47
Figura 10 - Turbidez Média da Água Tratada - ETA Morro do Gaia.....	49
Figura 11 - Turbidez Média da Água Tratada - ETA Morro do Gaia.....	49
Figura 12 - Turbidez Média da Água Tratada - ETA Morro do Gaia.....	50
Figura 13 - Cor Média da Água Tratada - ETA Morro do Gaia	51
Figura 14 - Cor Média da Água Tratada - ETA Morro do Gaia	52
Figura 15 - Cor Média da Água Tratada - ETA Morro do Gaia	52
Figura 16 - Cloro Residual Médio da Água Tratada - ETA Morro do Gaia	53
Figura 17 - Cloro Residual Médio da Água Tratada - ETA Morro do Gaia	54
Figura 18 - Cloro Residual Médio da Água Tratada - ETA Morro do Gaia	54
Figura 19 - Turbidez Média da Água Tratada - ETA Arapiraca	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classes de águas e seus usos preponderantes.....	20
Tabela 2 - Descrição das condições e padrões de qualidade de água estabelecidas pela Resolução n.º 357 do CONAMA(Brasil, 2005).....	21
Tabela 3 - Padrão de turbidez.....	26
Tabela 4 - Metas progressivas para atendimento à turbidez.....	26
Tabela 5 - Valores recomendados para os parâmetros hidráulicos da coagulação.....	38
Tabela 6 - Valores recomendados para os parâmetros hidráulicos da floculação.....	40
Tabela 7 - Tempo de contato para desinfecção usando cloro, de acordo com temperatura e pH da água.	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Ca ²⁺	Íon Cálcio
CaCO ₃	Carbonato de Cálcio
CC	Ciclo Completo
Cl ⁻	Íon Cloro
CO ₂	Dióxido de Carbono
CO ₃ ²⁻	Carbonato
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DF	Dupla Filtração
ETA	Estação de Tratamento de Água
F ⁻	Íon Flúor
FDA	Filtração Direta Ascendente
FDD	Filtração Direta Descendente
Fe ²⁺	Íon Ferro II
Fe ³⁺	Íon Ferro III
FF	Floto Filtração
FIME	Filtração em Múltiplas Etapas
GDWQ	Guidelines for Drinking-Water Quality
G	Gradiente
H ₂ CO ₃	Ácido Carbônico
H ₂ PO ₄ ⁻	Diidrogenofosfato
H ₃ PO ₄	Ácido Fosfórico
HCO ₃ ⁻	Bicarbonato
HPO ₄ ²⁻	Hidrogenofosfato
IQA	Índice de Qualidade de Água
Mg ²⁺	Magnésio
MnO ₂	Dióxido de Manganês
OMS	Organização Mundial de Saúde
PH	Potencial Hidrogeniônico
PO ₄ ³⁻	Íon Fosfato
PSA	Plano de Segurança da Água
SO ₄ ²⁻	Íon Sulfato
TAS	Taxa de Aplicação Superficial

THM	Trihalometanos
TOC	Carbono Orgânico Total
Tml	Tempo de Mistura Lenta
Tmr	Tempo de Mistura Rápida

Sumário

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS.....	17
2.1 Objetivo Geral.....	17
2.2 Objetivo Específico	17
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
3.1 Qualidade de Água.....	18
3.2 Escolha do Manancial.....	19
3.3 Classificação das Águas e Padrões de Potabilidade.....	19
3.4 Plano de Segurança da Água - PSA	21
3.5 Portaria n° 2914 (2011) – Ministério da Saúde	23
3.6 Parâmetros de Qualidade da Água	23
3.6.1 Parâmetros Físicos	24
3.6.1.1 Condutividade elétrica.....	24
3.6.1.2 Cor.....	24
3.6.1.3 Turbidez	25
3.6.1.4 Temperatura.....	26
3.6.1.5 Sabor e odor.....	27
3.6.2 Parâmetros Químicos	28
3.6.2.1 Potencial Hidrogeniônico – pH.....	28
3.6.2.2 Alcalinidade.....	29
3.6.2.3 Acidez.....	29
3.6.2.4 Dureza.....	29
3.6.2.5 Ferro.....	30
3.6.2.6 Manganês.....	30
3.6.2.7 Cloretos.....	31
3.6.2.8 Oxigênio Dissolvido.....	32
3.6.2.9 Sulfato	32
3.6.2.10 Fósforo.....	32
3.6.2.11 Alumínio	33
3.6.2.12 Nitrogênio.....	33
3.6.3 Parâmetros Biológicos	34

3.6.3.1 <i>Bactérias</i>	34
3.6.3.2 <i>Protozoários</i>	34
3.6.3.3 <i>Vírus</i>	35
3.6.3.4 <i>Algas</i>	35
3.7 Tecnologias de Tratamento de Água	36
3.7.1 Tecnologias de ciclo completo	37
3.7.1.1 <i>Coagulação</i>	38
3.7.1.2 <i>Floculação</i>	39
3.7.1.3 <i>Decantação</i>	40
3.7.1.3.1 Decantador convencional de escoamento horizontal	40
3.7.1.3.2 Decantador convencional de escoamento vertical ascendente	40
3.7.1.3.3 Decantador de alta taxa	41
3.7.1.4 <i>Filtração</i>	41
3.7.1.5 <i>Desinfecção</i>	41
3.7.1.6 <i>Fluoretação</i>	43
3.7.1.7 <i>Correção de pH</i>	43
4. METODOLOGIA	43
4.1 Coleta de amostras	47
4.2 Determinação de turbidez	47
4.3 Determinação da cor aparente	48
4.4 Determinação do cloro residual livre	48
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
6. CONCLUSÃO	57
REFERÊNCIAS	58

1. INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta um potencial hídrico superficial de 12% da água doce existente no planeta e 58% da América do Sul. Apesar da grande disponibilidade de água no país, o processo de crescimento desordenado das cidades tem acarretado em perdas na quantidade e na qualidade de nossas águas (POVINELLI, 2006).

A água caracteriza-se como um elemento fundamental para vida seja para o setor agrícola, abastecimento público e industrial, atividades de lazer, produção de energia, dessedentação de animais, bem como a vida em diferentes ecossistemas aquáticos.

Segundo a Organização Mundial de Saúde - OMS, se toda população tivesse acesso a água e a serviços de saneamento adequados, haveria uma redução anual de 200 milhões de casos de disenteria, 2,1 milhões de mortes originadas por disenteria, 76.000 casos de dracunculíase, 150 milhões de casos de esquistossomose e 75 milhões de casos de tracoma (PAYMENT e HUNTER, 2001).

De acordo com, Ferreira Filho e Alem Sobrinho (1998), o tratamento de água para abastecimento público teve origem na Escócia, com a construção do primeiro filtro lento. A filtração rápida iniciou-se no Brasil, em 1980, com a instalação pioneira no mundo, na cidade de Campos, Rio de Janeiro.

Com isso o tratamento de água assume uma fundamental importância para diversos usos, sejam eles industriais, principalmente em indústrias alimentícias, ou domésticos, a fim de garantir uma água que atenda as necessidades humanas (FERNANDES *et. al.*; 2009).

O tratamento de água para fins domésticos tem como principal preocupação apresentar uma água com características sanitárias e toxicológicas apropriadas, tais como estar isenta de organismos patogênicos e de substâncias tóxicas, para a prevenção de danos à saúde e ao bem-estar do homem (BRAGA *et. al.*; 2005), como exigidos pela legislação.

Tradicionalmente, o projeto de estações de tratamento de água convencionais é uma das técnicas mais usadas para o tratamento de águas de abastecimento, e tem considerado como principais objetivos a otimização dos

processos de remoção de material particulado e cor aparente (FERREIRA FILHO e MARCHETTO, 2006), a fim de obter uma água tratada de melhor qualidade e que atenda todos os parâmetros para o consumo humano.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Diagnóstico operacional de estação de tratamento de água com concepções de tratamento diferenciadas visando identificar falhas operacionais e performance das unidades de tratamento por meio do cumprimento da Portaria 2914/2011 através dos parâmetros sanitários e operacionais Turbidez, Cor aparente e Cloro residual livre.

2.2 Objetivo Específico

- Caracterização das unidades de tratamento nas estações de tratamento da água em estudo.
- Verificar o atendimento dos padrões estabelecidos pela Portaria 2914/11 para Turbidez, Cor aparente e Cloro residual livre nas estações de tratamento em estudo.
- Apresentar os aspectos que contribuem para aumentar a eficiência de remoção de Cor aparente e Turbidez na estação de tratamento de água em estudo.
- Identificação das causas que contribuem para o não atendimento a Portaria 2914 em termos dos parâmetros em estudo.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Qualidade de Água

Do volume total de água existente na natureza, apenas um pequeno percentual apresenta qualidade, quantidade e acessibilidade para ser utilizada nos sistemas de abastecimento e, frequentemente, ela necessita ser tratada antes de ser distribuída à população. A degradação das águas por meio da poluição e da não racionalização do seu uso vem dificultando o seu tratamento, intensificando a escassez hídrica e aumentando os riscos à saúde humana pelo seu consumo (FERREIRA e PÁDUA, 2004).

Segundo a OMS, se toda população tivesse acesso a água e a serviços de saneamento adequados, deveria haver redução anual de 200 milhões de episódios de disenteria, 2,1 milhões de mortes causadas por disenteria, 76.000 casos de dracunculíase, 150 milhões de casos de esquistossomose e 75 milhões de casos de tracoma (PAYMENT e HUNTER, 2001).

Segundo Piveli e Kato, (2006), todo tipo de atividade realizada pelo ser humano precisa de alguma forma de certa quantidade de água para serem realizadas, com isso, é preciso garantir que as fontes satisfaçam as demandas quantitativas e qualitativas para um determinado uso. O controle de qualidade da água tem uma grande importância, pois abrange interesses econômicos e sociais, que compreendem desde a avaliação para uso em uma atividade qualquer, até o controle para a conservação de um ecossistema.

De acordo com Von Sperling, (2005), a qualidade da água dos corpos d'água é função do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica, destacando a ocupação urbana como o fator mais impactante.

Em 1992, a conferência internacional sobre a água e o meio ambiente, adotou uma declaração reconhecendo “o direito básico de todos os seres humanos a ter acesso a água limpa e saneamento a um preço acessível” (VIDAR e ALI MEKOUAR, 2002).

3.2 Escolha do Manancial

A decisão mais importante em um projeto de abastecimento de água é a que se refere ao manancial a ser adotado, sempre que houver duas ou mais fontes possíveis, a sua seleção deve se apoiar em estudos amplos, que não se restrinjam exclusivamente aos aspectos econômicos financeiros. A qualidade da água, as tendências futuras relativas à sua preservação e as condições de segurança devem, também, ser pesadas (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 2007).

A escolha do manancial deve ser precedida de inspeção sanitária da bacia hidrográfica e de um profundo estudo da qualidade da água, a qual pode variar não só sazonalmente, mas também ao longo dos anos. Portanto, a definição do manancial deve estar associada à preservação futura do mesmo, visando evitar problemas decorrentes de alterações significativas na qualidade da água que podem, com o tempo, tornar ineficaz a tecnologia de tratamento adotada. O crescimento populacional, a concentração demográfica, a expansão industrial e os usos diferentes do solo da bacia hidrográfica do manancial fornecem uma ideia preliminar da possibilidade de sua utilização como fonte de abastecimento para um projeto compatível com as condições econômicas existentes. Durante o período de utilização do manancial devem ser feitas inspeções sanitárias frequentes, com o objetivo de descobrir eventuais alterações na qualidade da água (DI BERNARDO e SABOGAL PAZ, 2008).

3.3 Classificação das Águas e Padrões de Potabilidade

Devido à multiplicidade de aplicações da água nas diversas atividades humanas, o conceito de “qualidade da água” precisa ser relativizado em função do uso a que se destina. Visando a distribuição de água para consumo humano, deve-se avaliar a qualidade da água tomando-se como referência a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) criou a Resolução nº 357, de março de 2005, classificando as águas doces (classes I, II, III e IV), salobras e salinas do Brasil. A resolução estabelece os valores máximos dos parâmetros de qualidade para cada classe. Torna obrigatória a determinação

parâmetros de qualidades incluindo compostos orgânicos complexos, muitas vezes, inexecutáveis em algumas regiões do Brasil, pela falta de recursos de muitos órgãos federais, estaduais e municipais. No total, são mais de setenta parâmetros de qualidade exigidos, alguns medidos somente em laboratórios altamente especializados, razão pela qual pode ser difícil o cumprimento desta resolução (DI BERNARDO e SABOGAL PAZ, 2008).

As classes estabelecidas pela Resolução n.º 357 do CONAMA e seus respectivos usos preponderantes estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2, além de alguns limites de parâmetros ambientais de importância relevante aos estudos de qualidade de água.

Tabela 1 – Classes de águas e seus usos preponderantes.

Classe	Usos preponderantes
Especial	Abastecimento público com desinfecção; preservação dos ecossistemas.
1	Abastecimento público com tratamento simplificado; preservação dos ecossistemas; irrigação.
2	Abastecimento público com tratamento convencional; preservação dos ecossistemas; recreação; irrigação; aquicultura e pesca.
3	Abastecimento público com tratamento convencional ou avançado; recreação; irrigação; pesca; dessedentação de animais.
4	Navegação; harmonização paisagística.

Fonte: Adaptado de GODOI, (2008)

Tabela 2 – Descrição das condições e padrões de qualidade de água estabelecidas pela Resolução n.º 357 do CONAMA (Brasil, 2005).

Parâmetros	Classe				
	Especial	1	2	3	4
Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹)		6,0	5,0	4,0	2,0
Turbidez (UNT)		40	100	100	-
pH		6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9
Resíduos sólidos		Virtual. ausentes	Virtual. ausentes	Virtual. ausentes	-
Fósforo total (mg.L ⁻¹)		0,1	0,1	0,15	-
Substâncias sedimentáveis		-	-	-	Virtual. ausentes
*Fe (mg.L ⁻¹)		0,3	0,3	5	-
Ba (mg.L ⁻¹)		0,7	0,7	1,0	-
Co (mg.L ⁻¹)		0,05	0,05	0,2	-
Pb (mg.L ⁻¹)		0,01	0,01	0,33	-
B (mg.L ⁻¹)		0,5	0,5	0,75	-
*Al (mg.L ⁻¹)		0,1	0,1	0,2	-
Mn (mg.L ⁻¹)		0,1	0,1	2,5	-
Ni (mg.L ⁻¹)		0,025	0,025	0,025	-
*Cu (mg.L ⁻¹)		0,009	0,009	0,013	-
Zn (mg.L ⁻¹)		0,18	0,18	5	-

Nesta classe deverão ser mantidas as condições naturais do corpo de água

(-) Limite não citado pela legislação ambiental; (*) Limites para os elementos dissolvidos.

Fonte: Adaptado de GODOI, (2008)

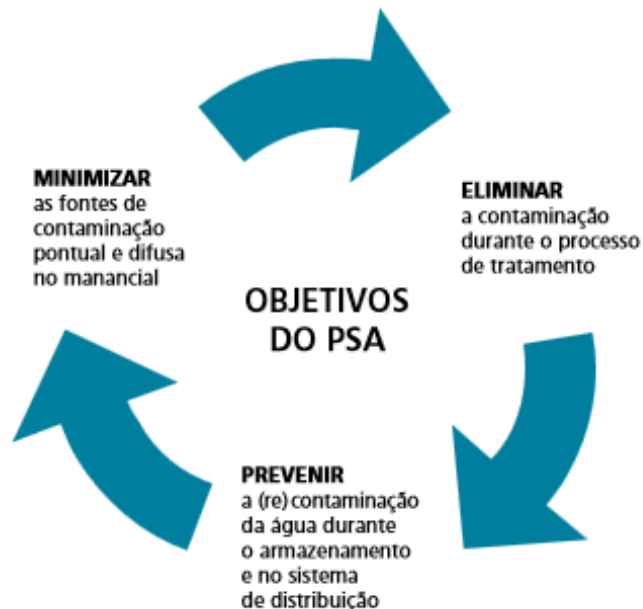
3.4 Plano de Segurança da Água - PSA

A garantia da segurança da água para consumo humano vem passando por uma revisão de seus paradigmas, tornando evidente o entendimento de que apenas o controle laboratorial, para verificar o atendimento ao padrão de potabilidade, é insuficiente para garantir a efetiva segurança da água para consumo humano. Neste sentido, as ferramentas de avaliação e gerenciamento dos riscos, denominadas PSA, constituem os instrumentos mais

efetivos, pois utilizam uma abordagem que engloba todas as etapas do fornecimento de água, desde a captação até o consumidor (WHO, 2011).

Um Plano de Segurança da Água para Consumo Humano, tal como preconizado pelas *Guidelines for Drinking-Water Quality* - GDWQ da Organização Mundial da Saúde - OMS, pode ser definido como um documento que identifica e prioriza riscos potenciais que podem ser verificados em um sistema de abastecimento, estabelecendo medidas de controle para reduzi-los ou eliminá-los e estabelecer processos para verificar a eficiência da gestão dos sistemas de controle e a qualidade da água produzida. O seu principal objetivo é o de garantir a qualidade da água para consumo humano através da utilização de boas práticas no sistema de abastecimento de água, tais como: minimização da contaminação nas origens da água, remoção da contaminação durante o processo de tratamento e a prevenção de pós-contaminação durante o armazenamento e a distribuição da água na distribuição (SOUZA, 2008). A Figura 1 apresenta o resumo dos objetivos do PSA.

Figura 1 - Objetivos do PSA



Fonte: BASTOS, (2010)

Os PSA devem ser desenvolvidos pelos responsáveis pelo sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, acompanhados pelo Comitê de Bacia Hidrográfica da respectiva área e por representantes do setor

saúde da esfera federativa correspondente. Eles devem abranger a avaliação do sistema, o monitoramento operacional e os planos de gestão, incluindo a organização da documentação e a comunicação de risco. Os planos devem abordar todas as etapas do abastecimento de água para consumo humano e devem manter o foco no controle da captação, no tratamento e na distribuição da água para consumo humano (BRASIL, 2012).

3.5 Portaria nº 2914 (2011) – Ministério da Saúde

“Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade”. Esta portaria é aplicada para águas destinadas ao consumo humano provenientes de um sistema coletivo ou individual, tanto em termos de potabilidade, quanto em termos de vigilância. O não cumprimento das definições dessa portaria pode resultar em penalidades e sanções administrativas (BRASIL, 2011).

3.6 Parâmetros de Qualidade da Água

Avaliação da qualidade de uma água para uso humano ou industrial, tratada ou *in natura*, é feita pela determinação de diversos parâmetros físicos, químicos, bacteriológicos e indicadores de contaminação orgânica e biológica.

Os padrões de potabilidade fixam valores para os parâmetros mais representativos da qualidade de uma água para que seja considerada adequada ao consumo humano. A cada cinco anos é prevista a revisão desses parâmetros, e a expectativa atual é focalizada em se obter níveis o mais baixo possível de turbidez, maior ênfase na identificação e eliminação de compostos formadores de sabor e odor na água, redução da concentração de carbono orgânico total (TOC) para reduzir os trihalometanos (THM), maior controle da deterioração da qualidade da água no sistema de distribuição, e monitoração dos subprodutos da corrosão (RICHTER, 2009).

3.6.1 Parâmetros Físicos

3.6.1.1 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica da água é determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions e pela temperatura. As principais fontes dos sais de origem antropogênica naturalmente contidos nas águas são: descargas industriais de sais consumo de sal em residências e no comércio, excreções de sais pelo homem e por animais (IGAM, 2014).

A condutância específica fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade específica da água aumenta. Altos valores podem indicar características corrosivas da água (IGAM, 2014).

3.6.1.2 Cor

A cor da água é decorrente de sua capacidade em absorver certas radiações do espectro visível e é devida, geralmente, as substâncias de origem mineral e orgânicas dissolvidas, no estado coloidal ou em suspensão. Quando devida exclusivamente a substâncias dissolvidas e em estação coloidal, recebe o nome de cor real ou verdadeira. Quando a matéria em suspensão está presente, a cor é aparente. A cor aparente é determinada sem a centrifugação ou filtração prévia da amostra (RICHTER, 2009).

Dentre os coloides orgânicos, podem ser mencionados os ácidos húmicos e fúlvicos, substâncias naturais resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas, dentre outros substratos. Também os esgotos domésticos se caracterizam por apresentarem predominantemente matéria orgânica em estado coloidal, além de diversos efluentes industriais, que contêm taninos, anilinas, lignina e celulose. Há também compostos inorgânicos capazes de causar cor na água. Os principais

são os óxidos de ferro e manganês, que são abundantes em diversos tipos de solo. Alguns outros metais presentes em efluentes industriais conferem-lhes cor, mas, em geral, íons dissolvidos pouco ou quase nada interferem na passagem da luz. O problema maior de cor na água é, em geral, o estético, já que causa um efeito repulsivo na população (CETESB, 2014).

Para efeito de caracterização de águas para abastecimento, distingue-se a cor aparente, na qual se consideram as partículas suspensas, da cor verdadeira. A determinação da segunda realiza-se após centrifugação ou filtração da amostra em filtro de papel para remoção das partículas suspensas. A determinação da intensidade da cor da água é realizada comparando-se a amostra com um padrão de cobalto – platina, sendo o resultado apresentado em unidades de cor (uC) ou unidade Hazen (uH) (LIBÂNIO, 2008).

A Portaria 2914, (2011), estabelece que o VMP para Cor aparente em todo sistema de distribuição, o que inclui reservatórios e rede é de 15,0 uH. Estudos sugerem que seja atendido VMP de 5 uH na saída do sistema de tratamento.

3.6.1.3 *Turbidez*

A turbidez é a inferência da concentração das partículas suspensas na água, medidas por meio de efeito da dispersão da luz que elas causam. As águas superficiais têm turbidez que varia, geralmente, entre 1 e 1000 uT, dependendo de diversos fatores relacionados, principalmente, às características da bacia hidrográfica. A turbidez pode ser causada por: areia, argila, matéria orgânica, silte, partículas coloidais, plâncton, etc. É interessante observar que águas que apresentam a mesma turbidez podem conter partículas de tamanhos e quantidades diferentes alterando as condições da coagulação, devendo-se tomar cuidados adicionais quando se comparam águas de mananciais diferentes. Também, em função do tamanho e da distribuição de tamanhos das partículas, a tecnologia da filtração direta descendente pode ou não necessitar da floculação antes da filtração. A turbidez, do ponto de vista sanitário, pode gerar risco indireto à saúde dos consumidores porque é possível que as partículas presentes na água protejam os micro-organismos da ação do desinfetante; por isso, a Portaria nº 2914

(2011) regulamenta padrões de turbidez com o intuito de garantir a qualidade microbiológica da água de consumo. A turbidez também pode estar associada a substâncias orgânicas e inorgânicas que geram risco a saúde (DI BERNARDO e SABOGAL PAZ, 2008).

A portaria estabeleceu metas progressivas para o atendimento da turbidez, para que os órgãos públicos e empresas privadas responsáveis pelo saneamento pudessem enquadrar seus sistemas de tratamento de água, adequando à água distribuída ao padrão estabelecido. As Tabelas 3 e 4 apresentam o padrão de Turbidez e as metas progressivas para o atendimento à Turbidez, estabelecidas pela Portaria.

Tabela 3 - Padrão de turbidez

Tratamento da Água	VMP
Desinfecção (Águas subterrâneas)	1,00 uT em 95% das amostras
Filtração Rápida (CC ou FD)	0,50 uT em 95% das amostras
Filtração Lenta	1,00 uT em 95% das amostras

Fonte: Portaria 2914, (2011)

Tabela 4 - Metas progressivas para atendimento à turbidez

Filtração Rápida	
Período após a publicação da Portaria	Turbidez < 0,50 uT
1 ano	Mínimo de 25 % das amostras mensais
2 ano	Mínimo de 50 % das amostras mensais
3 ano	Mínimo de 75 % das amostras mensais
4 ano	Mínimo de 95 % das amostras mensais

Fonte: Portaria 2914, (2011)

3.6.1.4 *Temperatura*

Variações de temperatura são partes do regime climático normal, e corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical. A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. A elevação da temperatura em um corpo d'água geralmente é provocada por despejos industriais (indústrias canavieiras, por exemplo) e usinas termoelétricas.

A temperatura desempenha um papel principal de controle no meio aquático, condicionando as influências de uma série de parâmetros físico-químicos. Em geral, à medida que a temperatura aumenta, de 0 a 30°C, a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam as solubilidades com a elevação da temperatura. Organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, temperaturas ótimas para crescimento, temperatura preferida em gradientes térmicos e limitações de temperatura para migração, desova e incubação do ovo (CETESB, 2014).

3.6.1.5 *Sabor e odor*

As características de sabor e odor são consideradas em conjunto, pois são intimamente relacionadas e facilmente confundidas. Reconhecem-se apenas quatro sabores: azedo, doce, amargo e salino. Substâncias inorgânicas na água produzem sabor geralmente sem produzir odor. A água adquire um sabor salino a partir de 300 mg/L de cloretos e um sabor amargo com teores de sulfato superiores a 400 mg/L. Por sua vez, a matéria orgânica presente na água pode produzir tanto sabor como odor. Praticamente todos os odores reconhecidos na água são de origem orgânica, com exceção do sulfeto de hidrogênio (H₂S). O odor a cloro, perceptível em algumas águas de distribuição, na maioria das vezes, se deve a compostos formados pela ação do cloro na matéria orgânica, esta frequentemente de origem halogênica. O sabor e o odor sendo sensações organolépticas de avaliação subjetiva, não são passíveis de medição direta por instrumentos. Em todos os métodos anteriormente usados, o “instrumento” utilizado é o nariz, portanto, estão sujeitos a variações individuais. Um dos métodos bastante utilizados é o do limiar de percepção de odor (RICHTER, 2009). A Portaria estabelece um valor máximo permitido (VMP) de intensidade 6, para o padrão organoléptico de potabilidade.

3.6.2 Parâmetros Químicos

3.6.2.1 Potencial Hidrogeniônico – pH

O pH é utilizado para expressar a acidez de uma solução; trata-se de um parâmetro importante principalmente nas etapas de coagulação, filtração, desinfecção e controle da corrosão. Nos sistemas de abastecimento, águas com valores baixos de pH tendem a ser corrosivas ou agressivas a certos metais e paredes de concreto; no entanto, águas com valor elevado de pH tendem a formar incrustações. Os valores de pH em águas naturais, frequentemente variam entre 5,5 e 9,5 (DI BERNARDO e SABOGAL PAZ, 2008).

Este parâmetro é fundamental para etapa de coagulação, pois cada tipo de coagulante exige uma faixa ótima de pH, com isso, de acordo com o coagulante escolhido, pode ser preciso fazer o ajuste do pH para se obter a melhor eficiência na coagulação.

Indivíduos expostos a valores de pH inferiores a 4 ou superiores a 11 apresentam irritação nos olhos, na pele e nas mucosas. Esses valores extremos são raros em corpos de água, mas pode acontecer em casos de grave contaminação. O pH também pode afetar indiretamente a saúde do consumidor ao influenciar o grau de corrosão dos metais, bem como, a eficiência da desinfecção ao determinar o composto de cloro dominante, sendo mais ou menos efetivo no controle dos microrganismos (DI BERNARDO e SABOGAL PAZ, 2008). O efeito do pH na desinfecção pode ser considerado tanto para o caso da aplicação de cloro livre como no caso de cloraminas. Verifica-se que, quanto maior for o valor do pH, maiores serão as concentrações necessárias e conseqüentemente maiores os tempos necessários para a destruição dos micro-organismos (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 2007).

3.6.2.2 *Alcalinidade*

É a quantidade de íons na água que reagirão para neutralizar os íons hidrogênio. Os principais constituintes da alcalinidade são os bicarbonatos, carbonatos e os hidróxidos. As origens naturais da alcalinidade na água são a dissolução de rochas, as reações do dióxido de carbono (CO_2) da atmosfera e a decomposição da matéria orgânica. Além desses, os despejos industriais são responsáveis pela alcalinidade nos corpos de água. Esta variável deve ser avaliada por ser importante no controle do tratamento de água, apresentar uma grande importância na coagulação, redução de dureza e prevenção da corrosão em tubulações (IGAM, 2014).

A alcalinidade é medida por meio da titulação com ácido padronizado, apresentando os resultados expressos em termos de carbonato de cálcio (CaCO_3).

3.6.2.3 *Acidez*

Águas superficiais ácidas geralmente têm sua acidez originada em esgotos industriais ácidos ou por lixiviação ou infiltração de águas de minas. A maioria das águas naturais são tamponadas por um sistema constituído de ácido carbônico dissolvido H_2CO_3 e bicarbonatos HCO_3^- , geralmente com um pH entre 6 e 8,3. Assim como a alcalinidade a acidez é medida em termos de (CaCO_3) e pode ser corrigida com adição de cal ou carbonato de sódio, em quantidade suficiente para neutralizar o ácido e fornecer um leve excesso de alcalinidade, quando necessária à coagulação ou à estabilização do sistema carbonato (RICHTER, 2009).

3.6.2.4 *Dureza*

Concentração de cátions multitemáticos em solução. Os cátions mais frequentemente associados à dureza são os cátions bivalentes Ca^{2+} e Mg^{2+} . Em condições de supersaturação, esses cátions reagem com ânions na água, formando precipitados. A dureza pode ser classificada como dureza carbonato (associada a HCO_3^- e CO_3^{2-}) e dureza não carbonato (associada a outros

ânions, especialmente Cl^- e SO_4^{2-}). A dureza correspondente a alcalinidade é a dureza carbonato, enquanto que as demais formas são caracterizadas como dureza não carbonato. A dureza carbonato é sensível ao calor, causando precipitação em elevadas temperaturas (VON SPERLING, 2005).

3.6.2.5 Ferro

O ferro é um elemento essencial para a nutrição humana, encontrado na natureza geralmente nas formas de Fe^{2+} e Fe^{3+} . É um metal abundante na crosta terrestre, em solos e em minerais, principalmente, como óxido férrico insolúvel.

Segundo Di Bernardo (2000), os minerais contidos nas rochas responsáveis pela dissolução de ferro na água são: hematita, siderita, faiolita, pirita, pirolita, limonita e magnetita, entre outros. Quando as águas subterrâneas contêm quantidades apreciáveis de gás carbônico dissolvido, os carbonatos podem ser dissolvidos, formando bicarbonato ou sulfato ferroso.

A remoção dos complexos de ferro da água é uma tarefa difícil, pois requer desestabilização dos coloides e destruição dos complexos, assim, os estudos de tratabilidade de águas contendo o metal precisam avaliar o ferro tanto da amostra *in natura* quanto da digerida. O uso da água contendo ferro oxidado gera alguns inconvenientes como: formação de coloidal que se incrusta no interior das tubulações de água; proliferação de microrganismos denominados ferrobactérias; alteração das características organolépticas da água; pode tornar a água turva e levemente colorida; formação de manchas nas instalações sanitárias, louças, azulejos; entre outros (DI BERNARDO e SABOGAL PAZ, 2008).

3.6.2.6 Manganês

Elemento essencial para a vida dos organismos, normalmente o metal se apresenta junto com o ferro. Conforme Di Bernardo (2000), esse metal surge naturalmente na água pela dissolução de minerais como: rodocrosita, sulfito mangânico, manganita, pirolusita e hausmanita. O manganês se

apresenta, na água, em concentrações que variam de 0,001 mg/L a 0,6 mg/L. condições anaeróbias em águas subterrâneas e em alguns lagos e reservatórios podem acarretar altas concentrações do metal, atingindo 1,3 mg/L em água neutra e 9,6 mg/L em água ácida (DI BERNARDO e SABOGAL PAZ, 2008).

A remoção de manganês depende do pH; para que seja produzido o precipitado, geralmente na forma de MnO_2 e removido por sedimentação, flotação ou filtração, é necessária a oxidação da água bruta quando o manganês encontrar-se complexado à matéria orgânica ou, caso contrário, a coagulação da água em valores de pH superiores a 8,5. A água contendo manganês oxidado apresenta os mesmos inconvenientes indicados para o ferro (DI BERNARDO e SABOGAL PAZ, 2008).

3.6.2.7 Cloretos

O cloreto é o ânion Cl^- que se apresenta nas águas subterrâneas, oriundo da percolação da água através de solos e rochas. Nas águas superficiais, são fontes importantes de cloreto as descargas de esgotos sanitários, sendo que cada pessoa expele através da urina cerca 4 g de cloreto por dia, que representam cerca de 90 a 95% dos excretos humanos. O restante é expelido pelas fezes e pelo suor (WHO, 2009).

O cloreto não apresenta toxicidade ao ser humano, exceto no caso da deficiência no metabolismo de cloreto de sódio, por exemplo, na insuficiência cardíaca congestiva. A concentração de cloreto em águas de abastecimento público constitui um padrão de aceitação, já que provoca sabor “salgado” na água. Concentrações acima de 250 mg/L causam sabor detectável na água, mas o limite depende dos cátions associados. Os consumidores podem, no entanto, habituarem-se a uma concentração de 250 mg/L, como é o caso de determinadas populações árabes adaptadas ao uso de água contendo 2.000 mg/L de cloreto. No caso do cloreto de cálcio, o sabor só é perceptível em concentrações acima de 1.000 mg/L (CETESB, 2014). A Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde estabelece o valor máximo de 250 mg/L de cloreto na água potável como padrão de aceitação de consumo.

3.6.2.8 Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido o elemento principal no metabolismo dos microrganismos aeróbios que habitam as águas naturais ou os reatores para tratamento biológico de esgotos. Nas águas naturais, o oxigênio é indispensável também para outros seres vivos, especialmente os peixes, onde a maioria das espécies não resiste a concentrações de oxigênio dissolvido na água inferiores a 4,0 mg/L (PINTO, *et. al.*; 2010).

A taxa de reintrodução de oxigênio dissolvido em águas naturais através da superfície depende das características hidráulicas e é proporcional à velocidade, sendo que a taxa de reaeração superficial em uma cascata é maior do que a de um rio de velocidade normal, que por sua vez apresenta taxa superior à de uma represa, onde a velocidade normalmente é bastante baixa (PINTO, *et. al.*; 2010).

3.6.2.9 Sulfato

O sulfato está naturalmente nas águas; contudo, pode derivar da descarga de despejos, especialmente da indústria química ou da contribuição atmosférica provocada pela queima de combustíveis fósseis (OMS, 2004).

É importante o controle do sulfato na água tratada, pois a sua ingestão provoca efeito laxativo a partir da concentração de 350mg/L. Já no abastecimento industrial, o sulfato pode provocar incrustações nas caldeiras e trocadores de calor (CETESB, 2014).

3.6.2.10 Fósforo

O fósforo na água apresenta-se principalmente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. Os ortofosfatos são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico sem necessidade de conversões a formas mais simples. As formas em que os ortofosfatos se apresentam na água (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , H_3PO_4) depende do pH, sendo a mais comum na faixa usual de pH o HPO_4^{2-} . Os polifosfatos são moléculas mais complexas com dois ou mais átomos de fósforo (VON SPERLING, 2005).

3.6.2.11 Alumínio

O alumínio é o principal constituinte de um grande número de componentes atmosféricos, particularmente de poeira derivada de solos e partículas originadas da combustão de carvão. Na água, o alumínio é complexado e influenciado pelo pH, temperatura e a presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes. O alumínio é pouco solúvel em pH entre 5,5 e 6,0, devendo apresentar maiores concentrações em profundidade, onde o pH é menor e pode ocorrer anaerobiose. O aumento da concentração de alumínio está associado com o período de chuvas e, portanto, com a alta turbidez (IGAM, 2014).

Outro aspecto chave da química do alumínio é sua dissolução no solo para neutralizar a entrada de ácidos com as chuvas ácidas. Nesta forma, ele é extremamente tóxico à vegetação e pode ser escoado para os corpos d'água (IGAM, 2014).

A principal via de exposição humana não ocupacional é pela ingestão de alimentos e água. O acúmulo de alumínio no homem tem sido associado ao aumento de casos de demência senil do tipo Alzheimer. Não há indicação de carcinogenicidade para o alumínio (IGAM, 2014).

3.6.2.12 Nitrogênio

O nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato, encontrados nos corpos de água são indicadores de contaminação através da matéria orgânica. Quando se analisa uma água e encontra traços de poluição recente, a maior parte do seu nitrogênio apresenta-se na forma orgânica e amoniacal, em determinado tempo, estes compostos são convertidos em nitrito e nitrato. O nitrogênio orgânico engloba proteínas, peptídeos, ácidos nucleicos, ureia e inúmeros compostos orgânicos sintéticos. Na água, comumente o nitrogênio orgânico, se apresenta com concentrações menores a 100 ug/L, entretanto, em alguns lagos contaminados, pode chegar a 20mg/L (APHA *et. al.*; 1999).

A remoção de compostos nitrogenados da água apresenta um alto grau de dificuldade e de custo, pois os tratamentos comumente empregados nas

ETAs não são eficientes. Outras técnicas como troca iônica e osmose reversa podem ser empregadas (DE ZUANE, 1996).

3.6.3 PARÂMETROS BIOLÓGICOS

3.6.3.1 *Bactérias*

Uma grande variedade de micro-organismos vive nas águas superficiais, a maior parte inofensiva ao ser humano. A pesquisa direta de patogênicos sejam eles vírus, bactérias, protozoários ou helmintos, é difícil e demorada. Por esse motivo, a possibilidade de contaminação fecal é avaliada pela determinação do número de bactérias coliformes – grupo de micro-organismos provenientes do intestino de mamíferos –, cuja presença na água indica a possibilidade de existência de organismos patogênicos. E a ausência desse grupo é tomada como evidencia de que a água é livre de patogênicos (RICHTER, 2009).

3.6.3.2 *Protozoários*

Os protozoários constituem um grupo de organismos que inclui seres de vida livre e parasitas, que se caracterizam por apresentar diferentes formas, tipos de metabolismos e locais de ocorrência. O ser humano e diferentes espécies animais constituem os hospedeiros obrigatórios ou acidentais dos protozoários patogênicos, sendo que alguns desses podem apresentar complexos ciclos biológicos envolvendo, inclusive, diferentes modos e mecanismos de transmissão (PROSAB, 2009).

O protozoário apresenta a capacidade de se desenvolve totalmente em um único hospedeiro e é eliminado no formato de oocistos nas fezes, constituindo que seu contágio é fecal-oral. Uma vez infectado o individuo pode ou não apresentar sintomas como: diarreia, indisposição, fraqueza, dor abdominal, fadiga, febre, náusea, perda de apetite e de peso (MULLER, 1999).

3.6.3.3 *Vírus*

Os vírus usam diversas estratégias para garantir sua sobrevivência como espécie, entre elas: a característica morfológica das partículas. Os vírus entéricos, na sua maioria, não são envelopados, possuindo elevada resistência a condições ambientais adversas e a inativação por determinados compostos químicos como éter e cloro. Os vírus apresentam um pequeno diâmetro que justifica a maior resistência destes agentes ao processo de filtração empregado nas estações de tratamento de água e esgoto, que é eficaz para remoção de bactérias e parasitos (FINKLER, 2011).

3.6.3.4 *Algas*

Algas são plantas que contem clorofila e que, por meio dela realizam a fotossíntese, usualmente unicelulares, porém algumas espécies podem atingir vários metros de comprimento. As espécies podem ser agrupadas em quatro grandes grupos, de acordo com o pigmento que as caracteriza: clorofíceas (algas verdes), cianofíceas (algas azuis), feofíceas (algas pardas ou marrons) e rodofíceas (algas vermelhas). Classificações mais modernas incluem as cianofíceas no grupo das cianobactérias (RICHTER, 2009).

Segundo Richter (2009), no abastecimento de água as algas podem provocar alguns inconvenientes, como sabor e odor desagradáveis e danos aos filtros. Uma das principais preocupações com algas no abastecimento de água é o controle das cianobactérias em mananciais de abastecimento devido ao seu potencial tóxico (BARBOSA, 2009). A Portaria nº 2914 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), institui que os responsáveis por estações de tratamento de água para abastecimento precisam realizar monitoramento de cianobactérias e controle de cianotoxinas nos mananciais. A Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) também considera o monitoramento destes organismos em corpos d'água.

3.7 Tecnologias de tratamento de água

O tratamento de água tem o objetivo de adequar a água bruta aos padrões estabelecidos na Portaria 2914 (2011), com os menores custos de implantação, manutenção e operação possíveis. A escolha da tecnologia mais adequada deve ser guiada pelos seguintes fatores: características da água bruta; custos envolvidos; manuseio e confiabilidade dos equipamentos; flexibilidade operacional; localização geográfica e características da população (LIBÂNIO, 2010).

As principais tecnologias de tratamento para a adequação da água para o consumo humano são: Filtração em múltiplas etapas (FIME), filtração direta ascendente (FDA), filtração direta descendente (FDD), dupla filtração (DF), floto-filtração (FF) e ciclo completo (CC) (BERNARDO e PAZ, 2010).

A Figura 2 ilustra as principais alternativas de tratamento de água para consumo humano com e sem coagulação química, com ou sem pré-tratamento.



. Fonte: Di Bernardo; Di Bernardo e Centurione Filho (2002), modificado por Costa (2003).

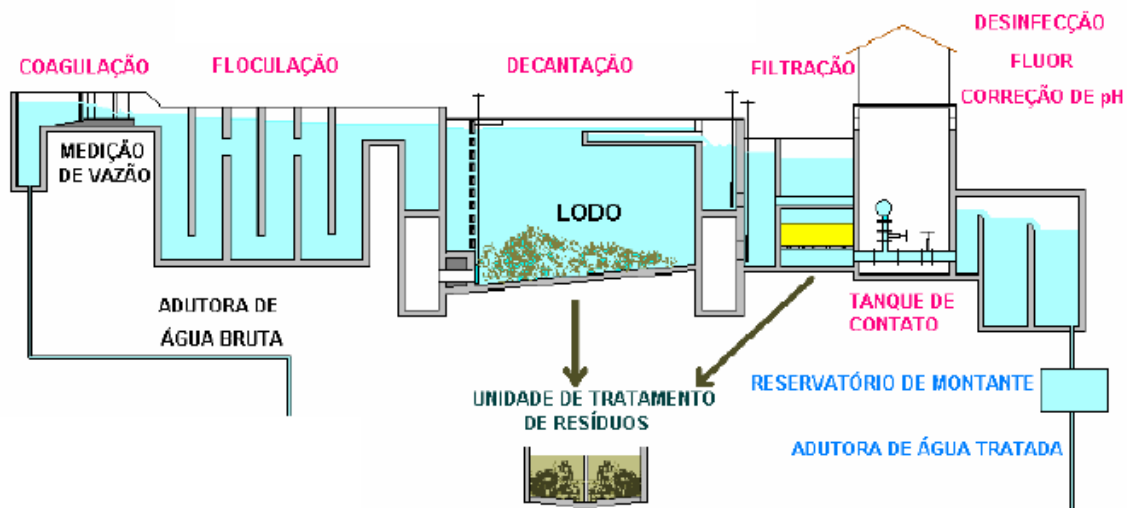
3.7.1 Tecnologias de ciclo completo

Na tecnologia de ciclo completo – CC, indevidamente denominada tratamento convencional, a água bruta é coagulada, geralmente com um sal de alumínio ou de ferro no mecanismo da varredura. Nesse mecanismo ocorre, predominantemente, formação de precipitados do metal do coagulante, nos quais são aprisionadas as impurezas. A coagulação ocorre na unidade de mistura rápida, a qual pode ser hidráulica, mecanizada ou especial, dependendo da vazão a se tratada, da variação da qualidade da água bruta e, principalmente, das condições disponíveis para operação e manutenção. Em seguida, a água coagulada é submetida à agitação lenta durante o tempo necessário para que os flocos alcancem o tamanho e a massa específica suficientes para que sejam removidos por sedimentação (nos decantadores) ou por flotação (nos flotores) (DI BERNARDO e SABOGAL PAZ, 2008).

A floculação pode ser realizada em unidades mecanizadas ou hidráulicas. Os decantadores podem ser convencionais ou de alta taxa; os primeiros são grandes tanques, de escoamento horizontal ou vertical, enquanto os últimos são unidades menores que empregam módulos de plástico ou placas planas paralelas ou lonas de plástico (DI BERNARDO e SABOGAL PAZ, 2008).

A água clarificada, produzida nos decantadores ou flotores, é finalmente filtrada em unidades com escoamento descendente, contendo materiais granulares com granulometria apropriada – geralmente areia ou antracito e areia. A lavagem do meio filtrante é geralmente realizada com água ou com ar e água, dependendo do tipo de meio filtrante, da vazão de projeto e da qualidade da operação e da manutenção (DI BERNARDO e SABOGAL PAZ, 2008). A Figura 3 ilustra uma ETA de ciclo completo por sedimentação.

Figura 3 - Sistema de tratamento de água em ciclo completo utilizando a sedimentação.



Fonte: Costa, (2003).

3.7.1.1 Mistura rápida e Coagulação

A mistura rápida tem a finalidade de promover a dispersão do coagulante na água de forma homogênea e o mais rapidamente possível, porque as reações de desestabilização dos colóides por neutralização de carga ocorrem em frações de segundo e são irreversíveis. Por sua vez, a reação química de formação dos hidróxidos de ferro ou de alumínio só se completa em 6 e 7 segundos. A eficiência da coagulação e, portanto dos processos subsequentes do tratamento requer diferentes condições de turbulência e de tempo de mistura (RICHTER, 2009). A Tabela 5 apresenta valores recomendados para os parâmetros hidráulicos da coagulação.

Tabela 5 - Valores recomendados para os parâmetros hidráulicos da coagulação

Tempo de Mistura Rápida (T_{mr})
T _{mr} < 5 s
Gradiente (G)
700 s ⁻¹ < G < 1100 s ⁻¹

Fonte: Braga, (2014).

A coagulação é um processo que consiste na desestabilização das partículas coloidais e suspensas realizada através do conjunto de reações químicas e físicas, com duração de poucos segundos entre a água, o coagulante e as impurezas presentes. Este processo ocorre na unidade de

mistura rápida da estação e está presente em quase todas as tecnologias de tratamento, exceto filtração lenta. Em estações convencionais, a eficiência da coagulação influencia diretamente no desempenho das outras etapas, favorecendo na qualidade da água tratada (LIBÂNIO, 2008).

Os coagulantes podem ser classificados entre os de comportamento ácido (sulfato de alumínio, sulfato ferroso, cloreto férrico e sulfato férrico) e básico (aluminato de sódio) (FREITAS, 2001).

O sulfato de alumínio tem sido o coagulante químico mais utilizado nas ETAs brasileiras devido ao seu baixo custo e a operacionalidade, a principal desvantagem diz respeito ao residual de alumínio total em água, concentrações acima da norma (0,2 mg/L) podem produzir ressuspensão na água e causar danos à saúde humana e grupos vulneráveis (como os doentes renais) (FREITAS, 2001).

3.7.1.2 *Floculação*

A floculação serve para aumentar o tamanho do material em suspensão presente na água que será encaminhada aos decantadores, flotadores ou filtros. Pela cinética da floculação, sabe-se que quanto maior o gradiente de velocidade, maior será a chance de ocorrer contato entre as partículas, o que é necessário para possibilitar a agregação dos flocos, visando aumentar-lhes o tamanho. Contudo, gradientes de velocidade maiores também provocam maior ruptura dos flocos já formados. Portanto, na unidade de floculação ocorrem dois fenômenos que se opõem: a agregação e a ruptura dos flocos. Os ensaios em laboratório é que permitirão estabelecer qual o gradiente de velocidade adequado para cada água, em função do tempo de floculação. Na prática, tem-se observado que o valor do gradiente de velocidade médio ótimo diminui à medida que aumenta o tempo de floculação (PÁDUA, 2006). A Tabela 6 apresenta valores recomendados para os parâmetros hidráulicos da floculação.

Tabela 6 - Valores recomendados para os parâmetros hidráulicos da floculação

Tempo de Mistura Lenta (Tml)	
Hidráulico	Mecanizado
20 min < Tml < 30 min	30 min < Tml < 40 min
Gradiente (G)	
$10 \text{ s}^{-1} < G < 70 \text{ s}^{-1}$	

Fonte: Braga, (2014).

3.7.1.3 Decantação

A sedimentação é o fenômeno em que, devido à ação da gravidade, as partículas suspensas apresentam movimento descendente em meio líquido de menor massa específica. A ocorrência da sedimentação das partículas suspensas propicia clarificação do meio líquido, ou seja, separação das fases líquida e sólida (DI BERNARDO e SABOGAL PAZ, 2008).

3.7.1.3.1 Decantador convencional de escoamento horizontal

São os tipos de unidades mais comumente utilizados no Brasil e em vários países, respondendo por 60 a 70% da área da estação de tratamento. Frequentemente, os decantadores convencionais de escoamento horizontal apresentam-se na forma retangular em planta, mais podendo ser facilmente ajustado ao *lay-out* das estações. As formas circulares apresentam um uso mais restrito, devido a forma de raspagem do lodo sedimentado (LIBÂNIO, 2008).

3.7.1.3.2 Decantador convencional de escoamento vertical ascendente

Os decantadores convencionais de escoamento vertical ascendente, geralmente, são unidades industrializadas, providas ou não de equipamentos para remoção de lodo. Quando a entrada é feita na zona de lodo, tais unidades são denominadas “decantadores de manto de lodo” e trabalham com taxas de escoamento horizontal. O grande inconveniente desse tipo de decantador está relacionado à formação e manutenção do manto de lodo, pois a água bruta deve apresentar turbidez sempre superior a 50 uT, o que nem sempre acontece (DI BERNARDO e SABOGAL PAZ, 2008).

3.7.1.3.3 Decantador de alta taxa

Por possibilitarem maior TAS (Taxa de Aplicação Superficial), os decantadores de alta taxa permitem reduzir o espaço físico ocupado pelas ETAs. Entretanto, quando é necessária a aplicação de produtos químicos que necessitam maior tempo de contato, os decantadores de alta taxa podem ser inadequados, em virtude do tempo de detenção neste tipo de unidade em geral ser inferior a 60 minutos, enquanto nos decantadores convencionais é de 2 a 4 horas. O maior tempo de detenção também possibilita que eventuais problemas durante o tratamento sejam detectados e corrigidos antes que a água seja enviada à população (PÁDUA, 2006).

3.7.1.4 *Filtração*

Segundo Di Bernardo e Sabogal Paz (2008), filtração consiste na remoção de impurezas na forma de partículas suspensas, coloidais, e micro-organismos presentes na água que flui através de um meio poroso. Em geral, a filtração é o processo final de remoção de impurezas realizado em uma ETA e, assim, principal responsável pela produção de água com qualidade combinada com o padrão de potabilidade.

Nesta etapa ocorre a redução da Turbidez ainda presente na água e conseqüentemente a redução de protozoários, que estão diretamente ligados com os sólidos em suspensão presentes na água.

Após certo tempo de funcionamento, há necessidade da lavagem do filtro, geralmente, pela introdução de água no sentido ascensional com velocidade relativamente alta para promover a fluidificação parcial do meio granular com liberação das impurezas (DI BERNARDO e SABOGAL PAZ, 2008).

3.7.1.5 *Desinfecção*

A desinfecção consiste na remoção de micro-organismos patogênicos, através de um agente químico (cloro, ozônio, iodo, permanganato de potássio) ou de um agente físico (calor, ou radiação ultravioleta). As estações de

tratamento de água geralmente usam cloro gasoso como agente desinfetante (FREITAS, 2001). Uma das grandes características do cloro é formar compostos que permanece na água, proporcionando um residual desinfetante ativo e, assim, permitindo que haja inativação de micro-organismos, após o ponto de sua aplicação, seja ao longo das tubulações da rede de distribuição ou mesmo nos reservatórios domiciliares dos pontos de consumo (LIBÂNIO, 2008).

A desinfecção se faz necessária porque não é possível assegurar a remoção total dos micro-organismos pelos processos físico-químicos usualmente utilizados no tratamento de água. O mecanismo da desinfecção depende basicamente da natureza do desinfetante e do tipo de organismo que se pretende inativar, além das características químicas da água como pH, temperatura, entre outras. Algumas espécies, como esporos e vírus, são muito mais resistentes do que as bactérias (RICHTER, 2009).

A Tabela 7 apresenta o tempo de contato mínimo (minutos) a ser observado para a desinfecção por meio da cloração, de acordo com concentração de cloro residual livre, com a temperatura e o pH da água.

Tabela 7 - Tempo de contato para desinfecção usando cloro, de acordo com temperatura e pH da água.

Conc.	Temperatura = 20°C							Temperatura = 25°C						
	Valores de pH							Valores de pH						
	≤ 0,6	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	≤ 6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0
≤ 0,4	14	17	20	25	29	34	40	9	12	14	18	21	24	28
0,6	10	12	14	17	21	24	28	7	8	10	1	15	17	20
0,8	7	9	11	14	16	19	22	5	6	8	10	11	13	16
1,0	6	8	9	11	13	16	18	4	5	6	8	9	11	13
1,2	5	7	8	10	11	13	16	4	5	5	7	8	10	11
1,4	5	6	7	9	10	11	14	3	4	5	6	7	8	10
1,6	4	5	6	8	9	11	12	3	4	4	5	6	7	9
1,8	4	5	6	7	8	10	12	3	3	4	5	6	7	8
2,0	3	4	5	6	7	9	10	2	3	4	4	5	6	7
2,2	3	4	5	6	7	8	9	2	3	3	4	5	6	7
2,4	3	4	4	5	6	8	9	2	3	3	4	4	5	6
2,6	3	3	4	5	6	7	8	2	2	3	3	4	5	6
2,8	3	3	4	5	6	7	8	2	2	3	3	4	5	5
3,0	2	3	4	4	5	6	7	2	2	3	3	4	4	5

Fonte: Portaria 2914, (2011)

3.7.1.6 *Fluoretação*

A fluoretação é a etapa seguinte à desinfecção e representa a penúltima etapa do tratamento de água. Para as águas que não possuem concentração de fluoreto (F^-) dentro do estabelecido pela Portaria 2914 (2011), a mesma recomenda a adição de compostos de flúor, de maneira a prevenir a cárie dentária. Segundo Libânio (2010), qualquer composto passível de se dissociar e liberar o íon fluoreto na água pode ser utilizado no processo de fluoretação, desde que o composto tenha uma solubilidade e grau de pureza adequado e que o cátion liberado junto com o ânion não confira à água toxicidade ou outra característica. Os principais compostos utilizados para a fluoretação são: fluossilicato de sódio, fluoreto de sódio e ácido fluossilícico.

3.7.1.7 *Estabilização química*

A estabilização química se configura como a última etapa do tratamento de água e é responsável pela adição de álcalis para ajustar o pH da água aos padrões recomendados pela Portaria 2914 (2011), caso seja necessário. Os produtos que podem ser utilizados nesse processo são: cal virgem e hidratada, carbonato de sódio e hidróxido de sódio (LIBÂNIO, 2010).

4. METODOLOGIA

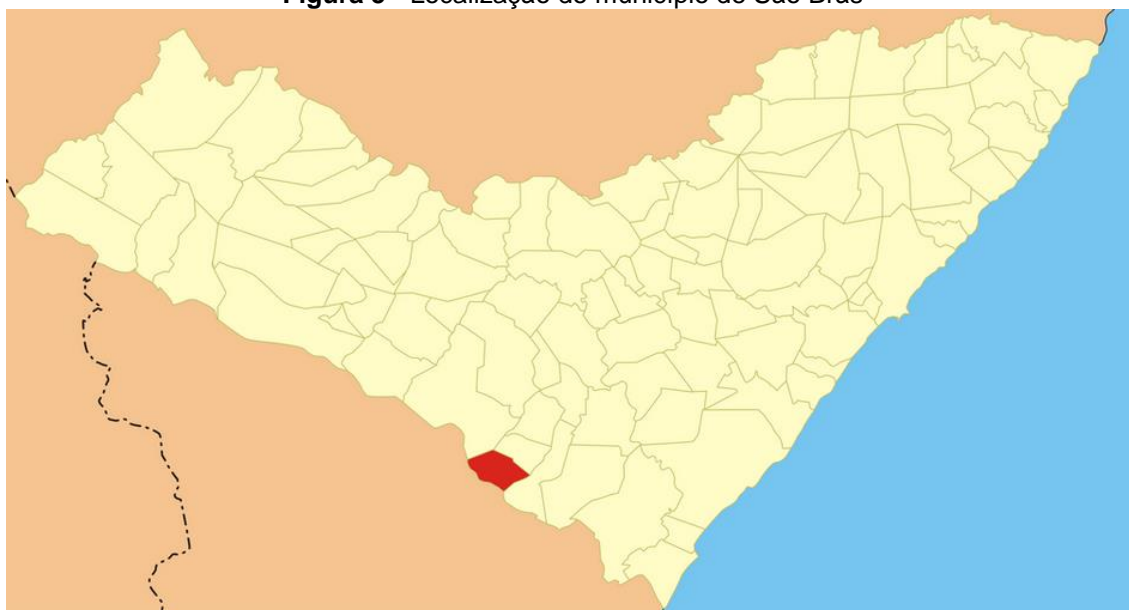
Foi escolhida para realização deste trabalho a ETA MORRO DO GAIA situada às margens do Rio São Francisco e localizada no município de São Brás (AL), cuja população de acordo com o IBGE (2010) é de 6.718 habitantes; e a ETA ARAPIRACA localizada na cidade de Arapiraca (AL), cuja população segundo o IBGE (2010) é de 229.329 habitantes.

Arapiraca e São Brás são municípios localizados na mesorregião do Agreste Alagoano e ambos inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.

As Figuras 4, 5, 6 e 7 ilustram as localizações dos dois municípios e das duas ETAs em estudo.

Figura 4 - Localização da ETA Morro do Gaia

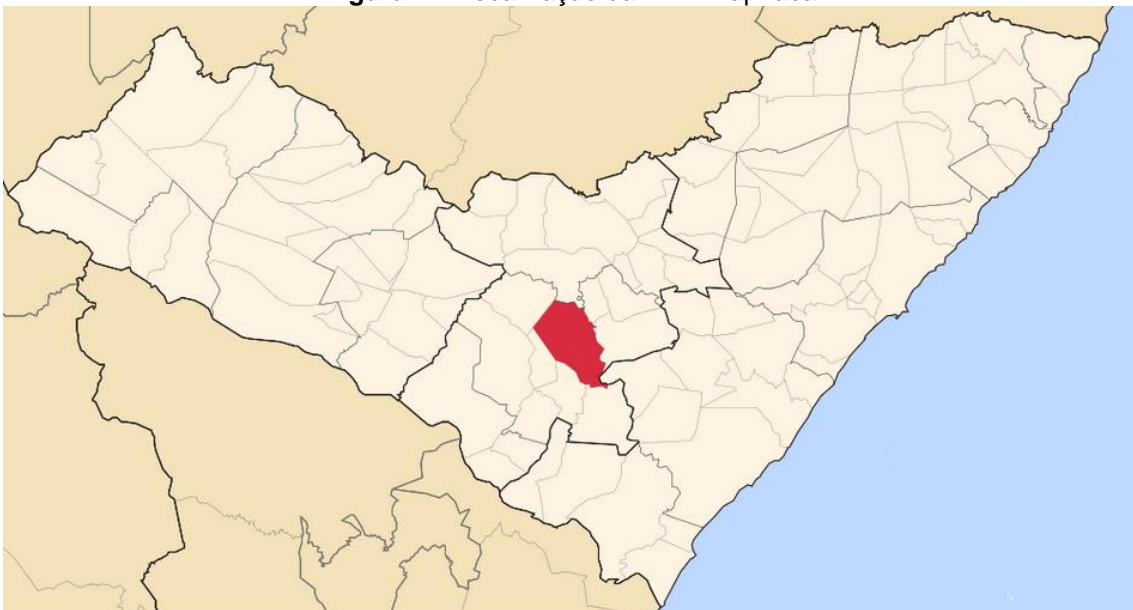
Fonte: Adaptado do Google Earth, (2014)

Figura 5 - Localização do município de São Brás

Fonte: Wikipédia, (2014)

Figura 6 – Localização do município de Arapiraca

Fonte: Adaptado do Google Earth, (2014)

Figura 7 – Localização da ETA Arapiraca

Fonte: Wikipédia, (2014)

A ETA Morro do Gaia ilustrada na Figura 8, capta sua água no Rio São Francisco e trata usando a tecnologia de ciclo completo (CC). Esta estação foi projetada para trabalhar com vazão máxima de 550 L/s. Durante o período de coleta de dados a ETA operou com vazão mínima em torno de 280 L/s, e máxima de 550 L/s.

A desestabilização das partículas é realizada com sulfato de alumínio como coagulante, a mistura rápida é feita no ressalto hidráulico do vertedor retangular.

O bloco hidráulico possui seis floculadores, seis decantadores, sendo três do tipo convencional e três de alta taxa e dez filtros de camada dupla. O tempo de retenção é de aproximadamente 2 horas em toda ETA. A desinfecção é realizada por cloração utilizando um sistema com cilindros de 900 kg.

Figura 8 – ETA Morro do Gaia



Fonte: Própria, (2014).

A ETA Arapiraca ilustrada na Figura 9, é uma ETA modular de CC e também capta sua água no Rio São Francisco. É composta por um medidor Parshall, nove floculadores mecânicos, seis decantadores de alta taxa, nove filtros de leito duplo, um taque adensador de lodo e um reservatório pulmão. A coagulação é realizada com sulfato de alumínio líquido como coagulante. Esta estação foi projetada para trabalhar com vazão máxima de 550 L/s.

É utilizado um sistema com cilindros de 900 kg de cloro para desinfecção.

Figura 9 – ETA Arapiraca



Fonte: Guarujá Equipamentos para Saneamento, (2014).

- 1 – Mistura rápida e Coagulação;
- 2 – Floculação;
- 3 – Decantação;
- 4 – Filtração;
- 5 – Desinfecção e Fluoretação.

4.1 Coleta de amostras

As amostras de água foram coletadas em frasco plástico com capacidade para 500 mL, lavado abundantemente com a mesma água a ser coletada.

Foram coletadas amostras da água bruta e da água tratada na saída do sistema, para análise dos parâmetros físico químicos Turbidez, Cor aparente e Cloro residual livre.

4.2 Determinação de turbidez

Para determinação de turbidez foi utilizado o método Nefelométrico através do Turbidímetro (AP 2000 – POLICONTROL).

A amostra de água foi colocada na cubeta de vidro apropriada, introduzida e posicionada de acordo com a marca existente. A leitura forneceu os resultados em unidade nefelométrica de turbidez (NTU).

4.3 Determinação da cor aparente

A cor aparente foi determinada através do método de absorvância utilizando o Colorímetro portátil (POLICONTROL - AQUACOLOR COR) que opera com uma faixa de medição de 0 a 500 unidades de cor (uC). Os resultados foram expressos diretamente em unidades de cor.

4.4 Determinação do cloro residual livre

O cloro residual livre foi determinado através do método DPD, utilizando o aparelho portátil (POLICONTROL - AQUACOLOR CLORO) que opera com uma faixa de medição de 0,00 a 5,00 / 0,00 a 10,00 mg/L e uma resolução de 0,01mg/L em toda a faixa.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A turbidez da ETA foi determinada através da coleta de amostras da água na entrada e saída da ETA. As Figuras 10, 11 e 12 apresentam as médias diárias da Turbidez da água bruta e da água tratada em comparação com os valores estabelecidos pela Portaria 2914/11, referentes ao mês de junho, julho e agosto.

Figura 10 - Turbidez Média da Água Tratada - ETA Morro do Gaia (Junho)

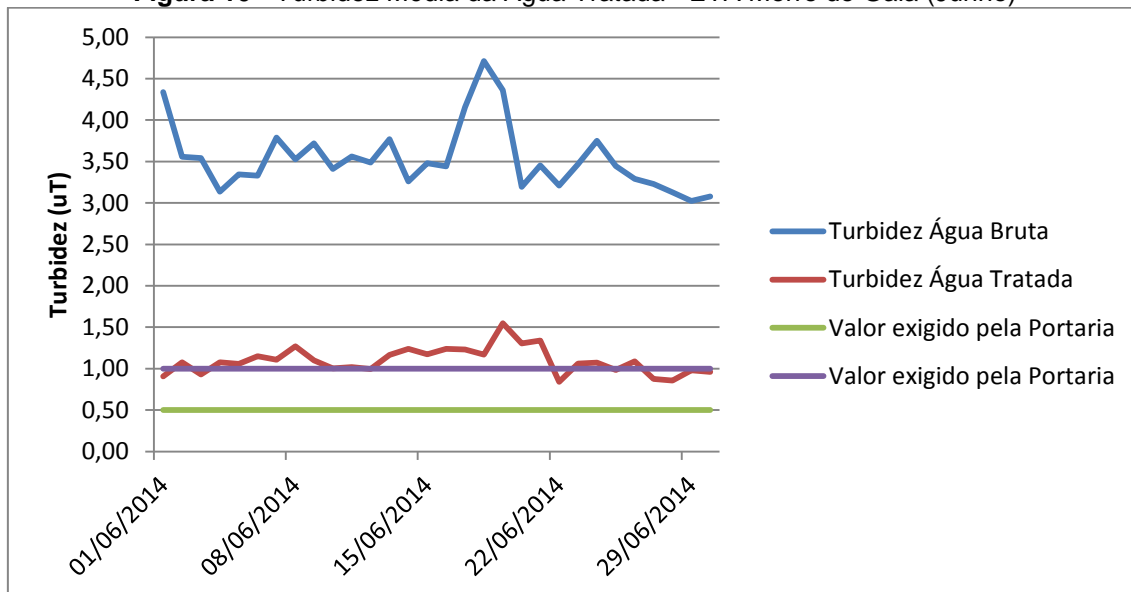


Figura 10 - Turbidez Média da Água Tratada - ETA Morro do Gaia (Julho)

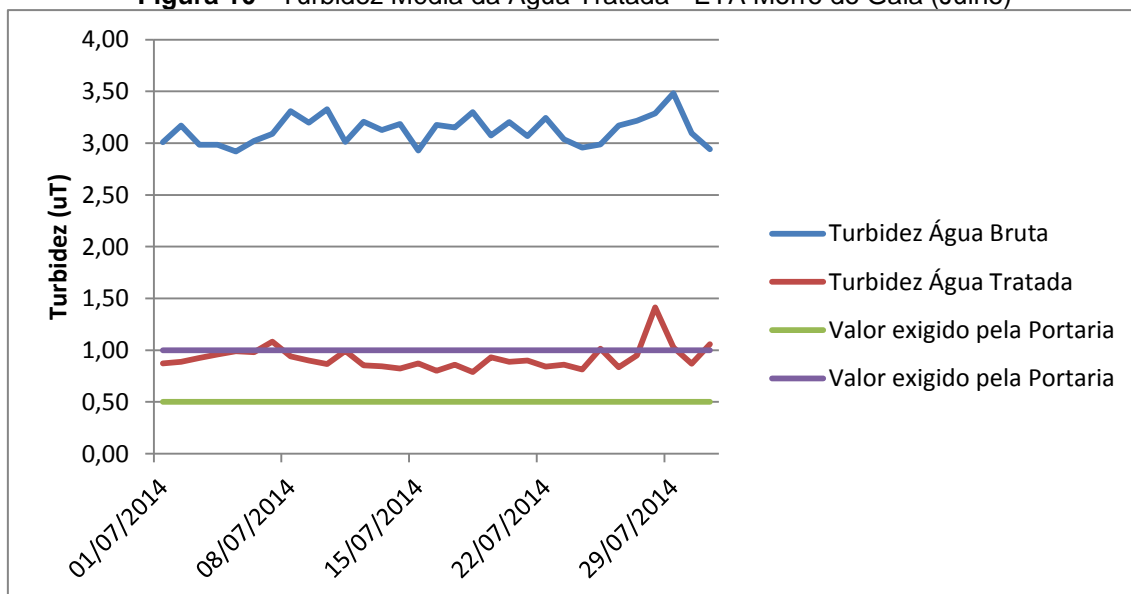
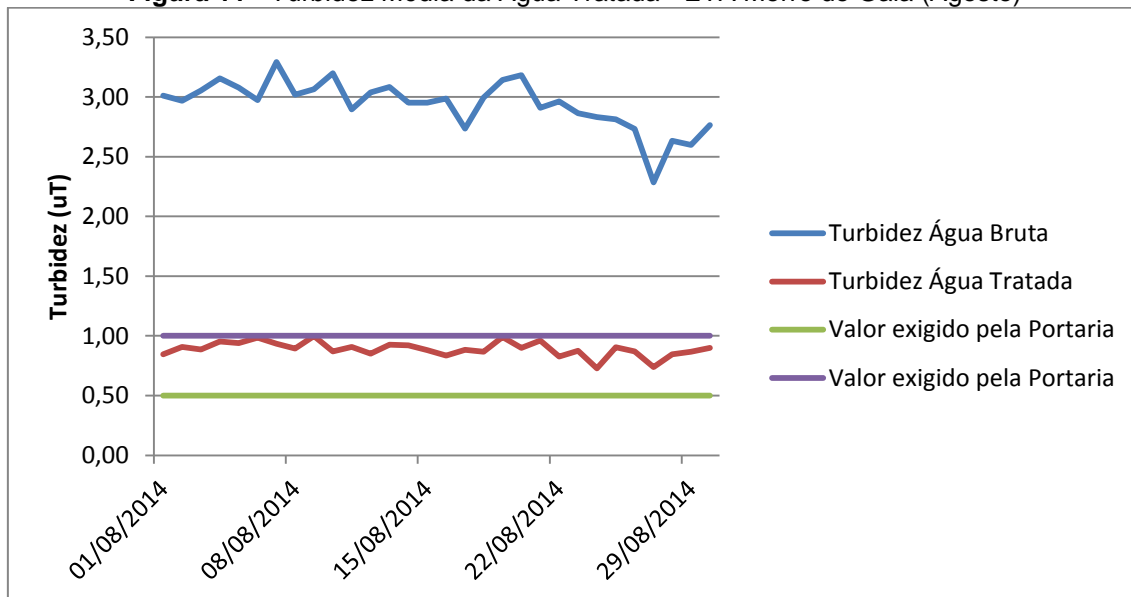


Figura 11 - Turbidez Média da Água Tratada - ETA Morro do Gaia (Agosto)

A referida Portaria estabeleceu metas progressivas para a adequação dos parâmetros por ela exigido, atribuindo um aumento de 25% a cada ano a partir do ano de sua publicação, para a adequação do valor de 0,5 uT para Turbidez na saída do sistema. Até o final do presente ano, 75% das amostras mensais coletadas devem atender o valor máximo permitido 0,5 uT para filtração rápida e o restante das amostras 1,0 uT.

Na Figura 10, foi observado valores de Turbidez da água bruta e tratada do mês de junho, onde nenhum dos resultados para água tratada atendem o valor máximo permitido (VMP) de 0,5 uT, 70% das amostras obtidas apresentaram resultados maior igual a 1,0 uT.

Os meses de julho e agosto estão representados nas Figuras 11 e 12, observa-se que ambos os meses não apresentam nenhum resultado que atenda o VMP de 0,5 uT. No mês de julho 83,87% das amostras obtidas atenderam o valor de 1,0 uT e 16,13% apresentaram valores acima de 1,0uT.

No mês de agosto a turbidez da água bruta diminuiu em relação aos outros meses estudados, 100% das amostras obtidas apresentaram valores menor ou igual a 1,0 uT, mas nenhum resultado atendeu o parâmetro de 0,5 uT.

Os três meses apresentaram valores de turbidez um pouco diferenciados, mas iguais no que se trata ao cumprimento do padrão exigido pela Portaria. A dificuldade para atender o padrão se dá pelas condições atuais

da ETA Morro do Gaia, onde se encontra um sistema antigo e subdimensionado, apresentado varias deficiências e problemas nas etapas de clarificação, como: ponto de aplicação de coagulante incorreto; floculadores mecânicos quebrados; grande parte dos flocos formados não sedimenta nos decantadores devido à baixa densidade, ocorrendo flotação do floco; filtros inoperantes e sem apresentar camadas do leito filtrante definida. Todos esses fatores contribuem para uma ineficiência na remoção de Turbidez e são refletidos nos valores obtidos.

Quanto menor é a turbidez da água mais eficaz é sua desinfecção, ou seja, maior a inativação de patogênicos mais resistentes, como vírus, cistos e oocistos de protozoários, que podem vir a causar danos a saúde humana.

As Figuras 13, 14 e 15 apresentam as médias diárias da Cor aparente da água bruta e da água tratada em comparação com os valores estabelecidos pela portaria 2914/11, referentes ao mês de junho, julho e agosto.

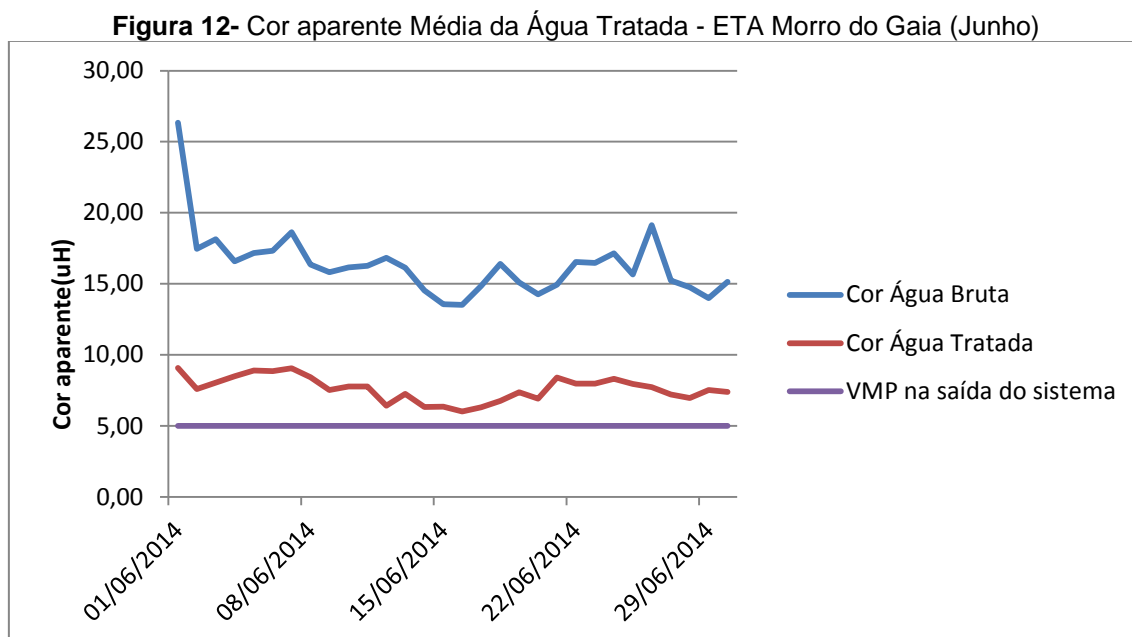
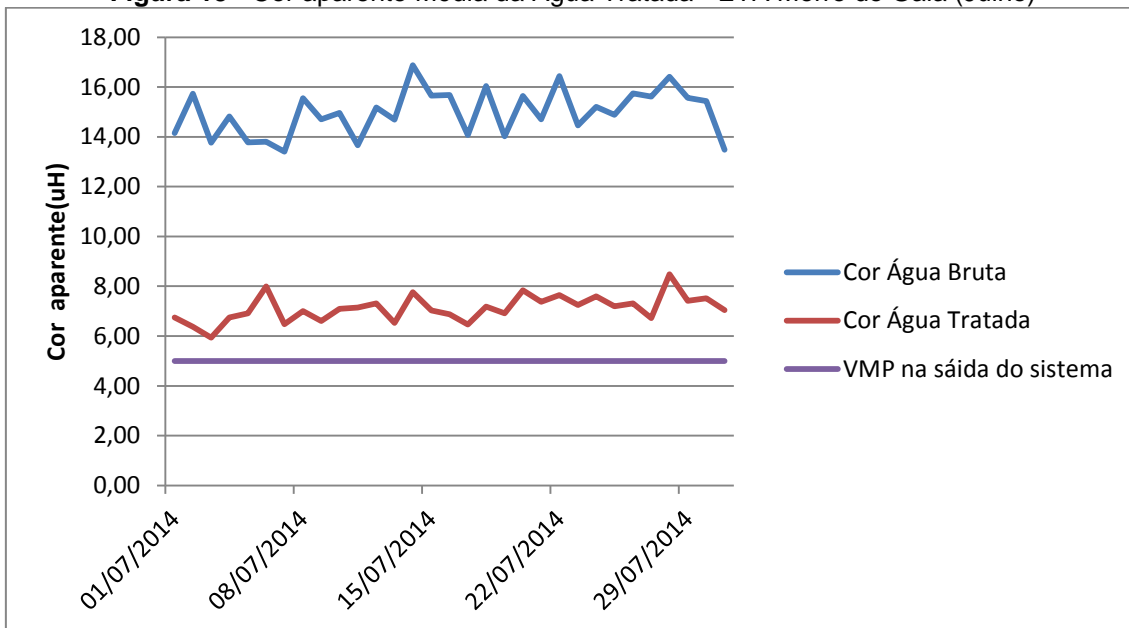
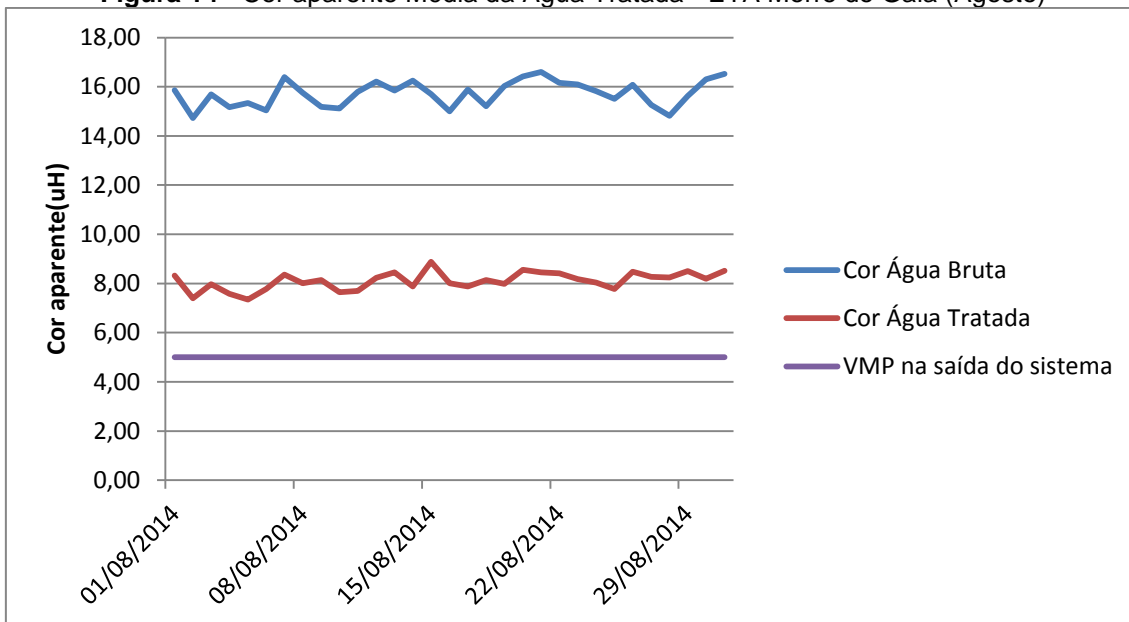


Figura 13 - Cor aparente Média da Água Tratada - ETA Morro do Gaia (Julho)**Figura 14 - Cor aparente Média da Água Tratada - ETA Morro do Gaia (Agosto)**

A cor das águas naturais é proveniente basicamente de duas fontes: decomposição de matéria orgânica vegetal e do metabolismo de Micro-organismos presentes no solo ou por atividades antrópicas.

As águas do Rio São Francisco, são águas que não banham regiões ricas em vegetação, conseqüentemente, apresentam baixos valores de cor verdadeira na maior parte do ano. Valores inferiores a 10 uH são dificilmente perceptíveis.

Observa-se que as amostras obtidas para análise de Cor aparente nos meses de junho, julho e agosto não apresentaram nenhum resultado que atendesse o VMP de 5,0 uH na saída do sistema de tratamento. A média de Cor aparente na saída do sistema durante esses três meses foi em torno de 7 – 8 uH, o que facilita assegurar um VMP de 15 uH em toda rede de distribuição. Porém, o não cumprimento do VMP exigido pela Portaria para o parâmetro Cor aparente na saída do sistema de tratamento, estar atribuído a deficiências encontradas nas etapas de clarificação da água, onde se verificou erros na aplicação de coagulante, resultando conseqüentemente na má formação de flocos; baixo rendimento na floculação e decantação; e filtros totalmente sem a presença de leitos filtrantes, o que resulta uma água não filtrada e contendo partículas que irão conferir cor a água.

A água bruta apresentou valores médios em torno 15 – 16 uH, o que significa baixos valores de Cor aparente para água natural. O controle da Cor aparente na saída do sistema é muito importante no combate da possível formação de THM, produtos potencialmente cancerígenos, que são resultantes da oxidação da cor, derivada da matéria orgânica, pelo cloro molecular usado na cloração de águas.

As Figuras 16, 17 e 18 apresentam as médias diárias do Cloro residual livre da água tratada em comparação com os valores estabelecidos pela portaria 2914/11, referentes ao mês de junho, julho e agosto.

Figura 15 - Cloro Residual Médio da Água Tratada - ETA Morro do Gaia (Junho)

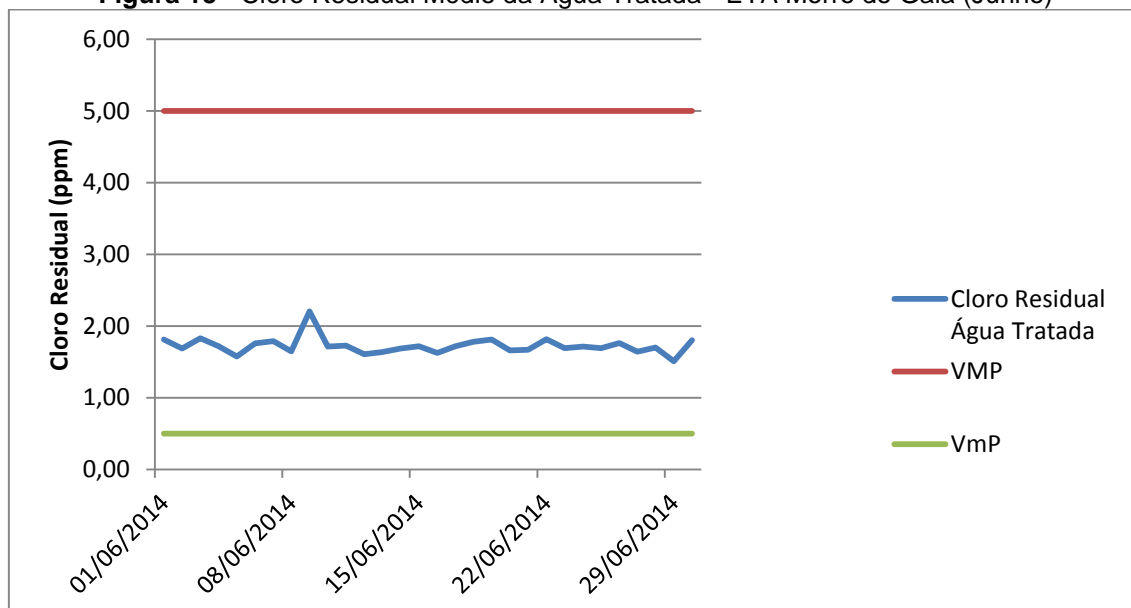
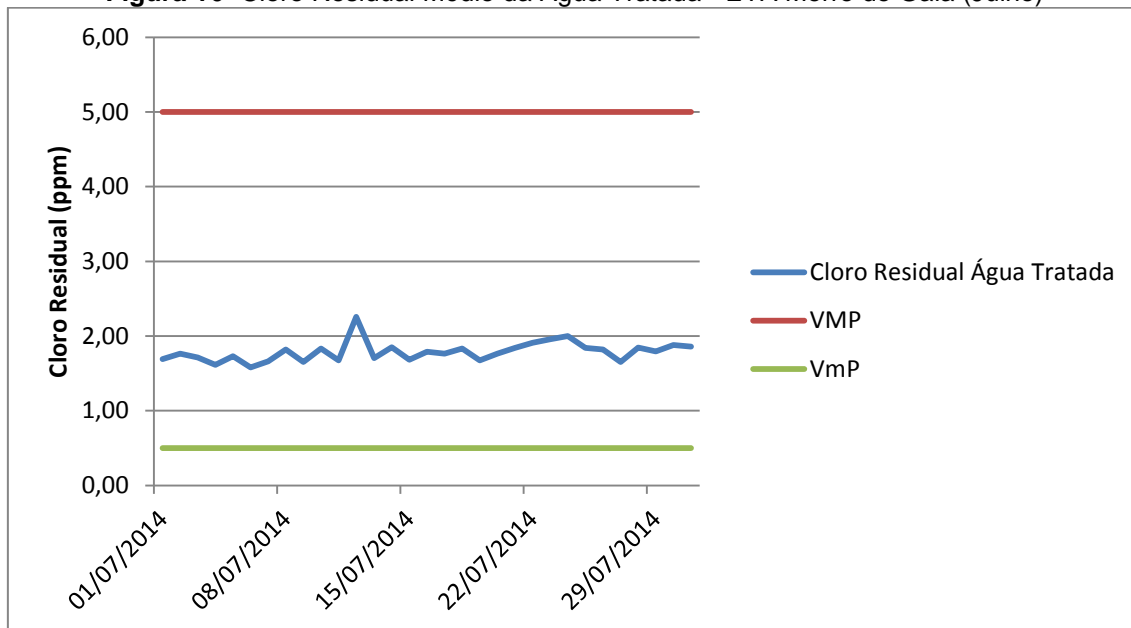
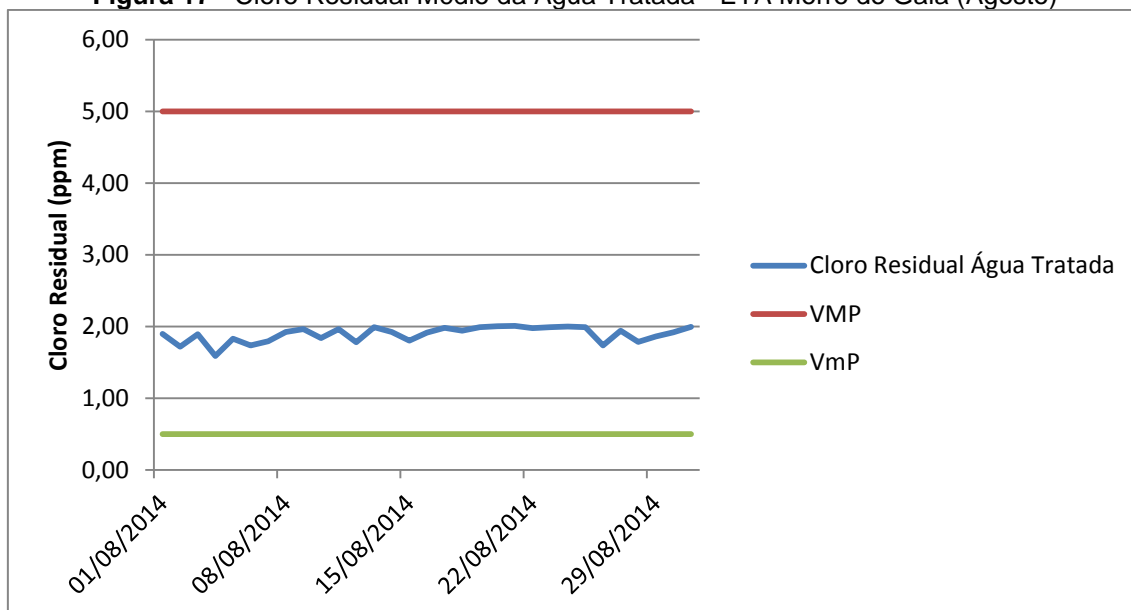


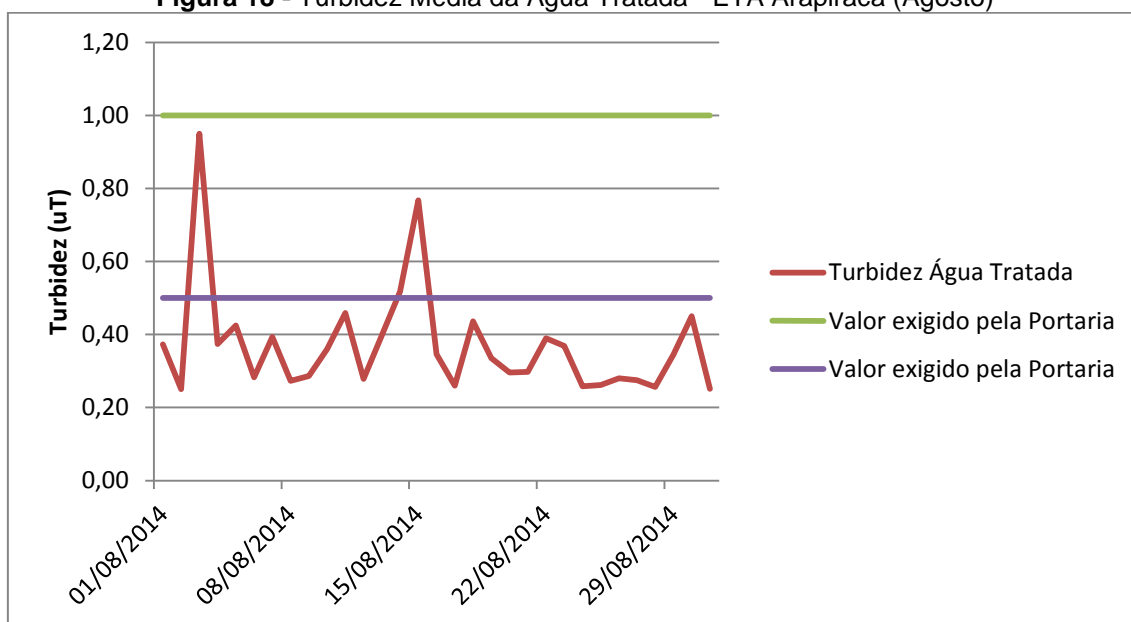
Figura 16- Cloro Residual Médio da Água Tratada - ETA Morro do Gaia (Julho)**Figura 17 -** Cloro Residual Médio da Água Tratada - ETA Morro do Gaia (Agosto)

A Portaria 2914/11 estabelece um VMP de Cloro Residual livre na saída do sistema de 5,0 mg/l e um valor mínimo de 0,5 mg/l. Durante os três meses de pesquisa, todos os resultados das amostras obtidas atenderam a portaria, apresentando uma média entre 1,5 – 2,0 mg/l de cloro residual livre na saída do sistema, assegurando a desinfecção da água e manutenção do Cloro residual livre.

Os meses de junho e julho apresentaram valores menores do que o mês de agosto, onde ocorreu um pequeno aumento do cloro residual, com valores mais constantes, na faixa de 2,0 mg/l.

Na Figura 19 são apresentadas as médias diárias da Turbidez da água tratada em comparação com os valores estabelecidos pela portaria 2914/11, referentes ao mês de agosto na ETA Arapiraca – AL. Além de estar dimensionada adequadamente com a vazão que aflui a mesma e apresentar os leitos filtrantes adequados, esta ETA apresenta muitas outras diferenças em relação a ETA Morro do Gaia, por se tratar de uma estação modular fabricada em aço corten que apresenta grandes propriedades anticorrosivas, tubos em fibra de vidro, e um sistema completamente automatizado, proporcionando uma excelente eficiência em todo sistema, o que reflete nos resultados das amostras analisadas de água tratada.

Figura 18 - Turbidez Média da Água Tratada - ETA Arapiraca (Agosto)



Pode-se verificar que, apenas dois valores deram acima de 0,5 uT, isso significa que 6,45% das amostras não atenderam ao padrão estabelecido e 93,55% atenderam ao padrão inferior a 0,5 uT exigido pela Portaria. Levando em consideração as metas progressivas da portaria, todos os resultados de turbidez para o mês de agosto da ETA Arapiraca encontram-se dentro do estabelecido.

A diferença dos valores de turbidez de saída entre as duas ETA em estudo, são significativamente grandes, isso se dar pelo fato da a ETA Arapiraca ser um sistema novo, recém inaugurado, bem dimensionado e operado, ao contrario da ETA Morro do Gaia que apresenta um sistema de tratamento subdimensionado, com aplicação de coagulante comprometida e flocladores mecânicos que não funcionam, o que acarreta má formação dos flocos. Como a água apresenta baixa turbidez e baixa cor, há formação de flocos com baixa densidade diminuindo a eficiência dos decantadores. Todos os filtros apresentam os leitos filtrantes comprometidos, aumentando assim sua perda de carga, alguns filtros estão funcionando apenas como caixa de passagem sem efetuar nenhuma filtração. Todos esses fatores comprometem os resultados de turbidez e cor aparente na saída do sistema, valores de turbidez altos refletem em uma má eficiência da desinfecção, pois a presença de sólidos suspensos pode inibir ação dos desinfetantes em razão do recrudescimento dos micro-organismos e protozoários pondo em risco a saúde humana.

6. CONCLUSÃO

Sob o ponto de vista do desempenho operacional da ETA Morro do Gaia para a produção da água tratada, este trabalho permitiu concluir que a estação apresentou diversas falhas no seu sistema físico necessitando de reforma e reparos. Os resultados das análises físico-químicas para os parâmetros Turbidez e Cor aparente avaliados nos três meses em estudo, apresentam índices que não atendem aos VMP da Portaria 2914/2011. Para o parâmetro Cloro residual livre, todos os resultados das análises realizadas durante os três meses atenderam o VMP e o mínimo exigido pela Portaria na saída do sistema. Todas as análises feitas na ETA Arapiraca para o parâmetro Turbidez atenderam o VMP pela Portaria.

O presente trabalho apresentou um cenário criado a partir de um diagnóstico elaborado no município de São Brás e Arapiraca, ambos no estado de Alagoas, onde a ETA Morro do Gaia situada no município de São Brás necessita urgentemente de reforma em sua parte estrutural visando melhorar a qualidade do tratamento da água, tendo em vista as impurezas presentes na água e os efeitos que as mesmas podem causar a saúde.

Com base nos VMP da Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, a água da ETA Morro do Gaia não atende ao padrão de potabilidade. O consumo humano desta água pode vir a trazer risco à saúde, considerando os valores obtidos de Turbidez e Cor aparente na água de saída do sistema.

Logo, deve ser realizado um trabalho intenso de recuperação da ETA Morro do Gaia, podendo fazer testes com outros tipos de coagulantes, inserir polímero para aumentar densidade dos flocos, começar a reforma pelos pontos mais críticos, tendo em vista também que o subdimensionamento comprometeu bastante a qualidade da água distribuída e quando efetua-se o tratamento da água em estação que atende a demanda da vazão necessária é possível atender aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria e exigidos pela legislação de potabilidade da água.

REFERÊNCIAS

APHA, AWWA, WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20 ed., Washington, D.C: American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, 1999. 1220p.

BASTOS, R.K.X. Roteiro de orientação para implantação de Planos de Segurança da Água – PSA. 87p. 2010.

BERNARDO, L. DI; PAZ, L. P. S. Seleção de tecnologias de tratamento de água. São Carlos: Editora LDiBe, 2010.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. LL.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. Introdução à Engenharia Ambiental. 2ª ed. São Paulo, 2005.

BRAGA, FERNANDO PINTO. Avaliação de desempenho de uma estação de tratamento de água do município de juiz de fora – MG. UFJF, Juiz de Fora – MG, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Plano de segurança da água : garantindo a qualidade e promovendo a saúde : um olhar do SUS / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. – Brasília: Ministério da Saúde, 2012.

BRASIL. Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, complementa e altera a Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério de Estado da Saúde. Publicação DOU, de 14/12/2011.

BRASIL. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005/ Ministério do Meio Ambiente. Brasil. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 13 Out. 2014.

CETESB - Companhia Estadual Técnica de Saneamento Básico e Defesa do meio Ambiente. Desenvolvido pela Secretaria do Estado do Meio Ambiente. Variáveis de qualidade das águas. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/34Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-das-%C3%81guas>> Acesso em: 12/10/2014.

COSTA, E. R. H. Otimização dos processos de coagulação e floculação (apresentação). Encontro Técnico da COPASA, Belo Horizonte, 2003.
DE ZUANE, J. Handbook of Drinking Water Quality. 2ª ed. International Thomson Publishing Company. USA, 1996.

DI BERNARDO, L. Tecnologias Para Remoção de Ferro e Manganês de Águas de Abastecimento. Seminário Taller Selección de Tecnología para el Mejoramiento de la Calidad de Agua. Santiago de Cali, Colombia.

DI BERNARDO, L.; SABOGAL PAZ, L. P. Seleção de tecnologias de tratamento de água. São Carlos: Editora LDiBe, 2008.

FERNANDES, Ideval Pires; Nayara Martins da Silva Lopes; Thiago Martins Santos. Análise de processos de uma estação de tratamento de água (ETA): Um estudo de caso. Revista Ingepro: Inovação, Gestão e Produção, v. 1, 2009.

FERREIRA FILHO, S. S.; ALÉM SOBRINHO, P. Considerações sobre o tratamento de despejos líquidos gerados em estações de tratamento de água. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental. v.3. Rio de Janeiro, 1998.

FERREIRA FILHO, S. S.; MARCHETTO, Margarida. Otimização multi-objetivo de estações de tratamento de águas de abastecimento: remoção de turbidez, carbono orgânico total e gosto e odor. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 11, 2006.

FINKLER, Fabrine; OLIVEIRA, Gabriela A., FRANCESCHI, Mariana F. S., DIAS, Esther C. A., BRITO, Benito G. Vírus causadores de enfermidades e zoonoses veiculados pela água: aspectos microbiológicos, sanitários e diagnósticos. XVI MOSTRA de iniciação Científica. IX MOSTRA de Extensão. UNICRUZ. 2011.

FREITAS, M. B. Tratamento de Água para Consumo Humano. Especialização em Engenharia Sanitária e Controle Ambiental. Rio de Janeiro: FIOCRUZ/ENSP, 2001.

GODOI, Evelyn Loures de. Monitoramento de água superficial densamente poluída - o córrego Pirajuçara, região metropolitana de São Paulo, Brasil. São Paulo: IPEN, 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>> acesso em: 01/11/2014.

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. <<http://www.igam.mg.gov.br/>> Acesso em: 10/09/2014.

LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Campinas, SP: Editora Átomo, 2010, 3ª edição.

LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Campinas, SP: Editora Átomo, 2008, 2ª edição.

MULLER, A. P. B. Detecção de Oocistos de *Cryptosporidium* ssp. em Águas de Abastecimento Superficiais e Tratadas da Região Metropolitana de São Paulo. Dissertação (Mestrado). Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de São Paulo, 1999.

PÁDUA, V. L. DE; FERREIRA, A. C. DA S. Qualidade da água para consumo humano. In: Abastecimento de água para consumo humano. Belo Horizonte: UFMG, 2006. p. 153-221

PAYMENT, P.; HUNTER, P. R. 4 – Endemic and epidemic infectious intestinal disease and its relationship to drinking water. In: Fewtrell, L.; Bartram, J. (eds.). Water quality: Guidelines, Standards and Health. London: IWA Publishing, 2001.

PINTO, André Luiz; OLIVEIRA, Gustavo Henrique de; PEREIRA, Gabrielle Alberta. Avaliação da Eficiência da Utilização do Oxigênio Dissolvido como Principal Indicador da Qualidade das Águas Superficiais da Bacia do Córrego Bom Jardim, Brasilândia/Ms. Campo Mourão, PR v.1, 2010.

PIVELI, R. P.; KATO, M. T. Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-Químicos. São Paulo: ABES, 2006.

POVINELLI, J. Prefácio. In: PIVELI, R. P.; KATO, M. T. Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-Químicos. São Paulo: ABES, 2006. p. VIII-IX.

PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – Remoção de microrganismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano. 1ª edição. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

RICHTER, C. & AZEVEDO NETO, J.M. – Tratamento de água – Tecnologia atualizada – São Paulo: Editora: Edgard Blücher Ltda. 2007.

RICHTER, Carlos A. Richter Água: Métodos e Tecnologia de Tratamento Editora: EDGARD BLUCHER, 2009.

VIDAR, M.; ALI MEKOUAR, M.. Water, health and human rights. 2002. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/human_rights/en/print.html> Acesso em: 20/10/14.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto. Vol 1. 3ª ed, 2005.

WHO. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. Geneva: WHO. Fourth edition. 2011.