



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA – UEPB
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA – CCT
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA – DQ
CURSO: QUÍMICA INDUSTRIAL

ANTONIO CARLOS FERNANDES SOARES

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA TRATADA DISTRIBUÍDA EM
CAMPINA GRANDE.**

Campina Grande - PB

2016

ANTONIO CARLOS FERNANDES SOARES

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA TRATADA DISTRIBUÍDA EM
CAMPINA GRANDE.**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao centro de ciências e tecnologia - CCT da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB como requisito exigido para a obtenção do título de Bacharel (a) em química industrial.

Orientadora:

Profa. Dra. Hέλvia Walewska Casullo de Araújo

Campina Grande – PB

2016

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

S676q Soares, Antonio Carlos Fernandes.
Qualidade da água tratada distribuída em Campina Grande [manuscrito] / Antonio Carlos Fernandes Soares. - 2016.
50 p. : il. color.

Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2016.
"Orientação: Profa. Dra. Hélvia walewska casullo de araujo, Departamento de Química".

1. Qualidade da água. 2. Reservatório de distribuição de água. 3. Coliformes. 4. Cloretos. I. Título.

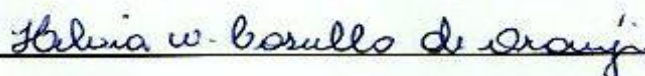
21. ed. CDD 628.161

ANTONIO CARLOS FERNANDES SOARES

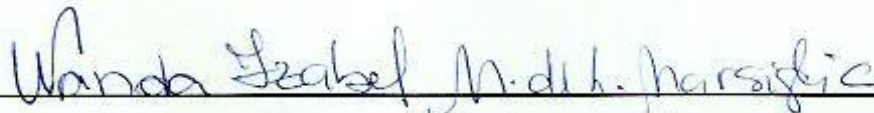
**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA TRATADA DISTRIBUÍDA
EM CAMPINA GRANDE.**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado ao centro de ciências e tecnologia -
CCT da Universidade Estadual da Paraíba -
UEPB como requisito exigido para a obtenção do
título de Bacharel (a) em química industrial.

Aprovado em 28 / 10 / 2016



Dra. Hέλvia Walewska Casullo de Araújo
Orientadora - UEPB/DQ/CCT



MSc. Wanda Izabel M. de L. Marsiglia
Examinadora - UEPB/DQ/CCT



Dra. Weruska Brasileiro Ferreira
Examinadora - UEPB/DESA/CCT

Agradeço a minha esposa Silvânia Maria de Souza Queiroz Soares pelo incentivo desde a inscrição no vestibular até agora, do incentivo e dedicação dia após dia para que esse sonho tomasse proporções reais, abrindo mão muitas vezes de seus próprios ideais em função dos meus. A minha filha Maria Eduarda Queiroz Soares, cuja muitas vezes teve que sacrificar sem ainda entender seu momento filha e pai, a ela em especial deixo o exemplo de que tudo é possível desde que se tenha foco e dedicação. Do aluno, esposo e pai que vê em vocês motivos para nunca desistir, amo vocês.

Dedico

Antonio Carlos Fernandes Soares

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado forças para chegar até aqui por todas as oportunidades criadas, amadurecimento intelectual e amizades conquistadas.

A minha esposa Sylvania Soares que me incentivou e apoiou quando em inúmeras vezes quis desistir e sempre esteve ao meu lado para dar apoio material e moral quando já não tinha perspectiva nem estímulo para continuar.

A minha filha Maria Eduarda a qual me inspirou a deixar um legado no qual um dia ela possa ter orgulho, se inspirar e seguir.

A minha orientadora Professora Dra. Hέλvia Walewska Casullo de Araújo por ter paciência e boa vontade na sua orientação.

Ao técnico do Laboratório do Núcleo Pesquisa Alimentos (NUPEA) Bacharel em química industrial Thiago Alves dos Santos pelo seu apoio disponibilizado a esse trabalho.

Ao Químico responsável pelo laboratório de análises de água da CAGEPA Henrique Augusto de M. Moraes por realizar as análises.

Ao gerente regional da CAGEPA em Campina Grande Ronaldo Amâncio de Menezes por permitir o uso das instalações da empresa para a pesquisa.

Aos professores do centro de ciência e tecnologia (CCT) que ao longo do curso em suas respectivas disciplinas não me deixaram desanimar e nem desistir.

Aos meus amigos conquistados ao longo do curso que cada um de sua maneira me ajudou chegar até aqui, fazendo com que eu assimilasse muitas vezes o que na sala de aula não conseguia assimilar.

Ao Professor Dr. José de Arimatéia Nóbrega titular da cadeira de TCC por dar oportunidade de realização desse trabalho.

E por fim a todos os familiares, amigos e professores que participaram de forma direta e indireta, cujos nomes não foram citados para não ser injusto e a Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) e o Centro de Ciência e Tecnologia (CCT).

MEU MUITO OBRIGADO!

RESUMO

Devido à grave crise hídrica que o país atravessa em especial o Nordeste, justificado por um extenso período de estiagens os reservatórios não tiveram recarga de água, tendo em vista que a cidade de Campina Grande – PB e mais 18 municípios são abastecidos pelo açude Epitácio Pessoa (açude de boqueirão) que no período da pesquisa se encontrava com 6,4% da sua capacidade total, e com esse volume muito baixo é esperado pela população uma queda na qualidade da água fornecida a população, tendo em vista que, ao longo da sua criação o açude vem sendo assoreado, dentre outros problemas o carregamento de produtos ao longo do tempo para o leito do manancial foi inevitável. A água bruta do referido manancial é captada e enviada à estação de tratamento de água (ETA) localizada em Gravatá no município de Queimadas – PB, onde é tratada por modo convencional e enviada por adutoras até as cidades abastecidas. Essa água tratada é armazenada em reservatórios onde depois é distribuída à população. Foram coletadas amostras de cada reservatório no período semanal entre setembro e outubro de 2016 em seguida as amostras foram enviadas para os laboratórios onde foram realizadas as análises bacteriológicas e físico-químicas. Os resultados obtidos nas amostras para os parâmetros, Coliformes totais, *E. coli* e Bactérias Heterotróficas nos reservatórios R9, R5, R1 apresentaram alterações dentro dos valores máximos permitidos. As amostras da 1ª e 2ª semana do R4 apresentaram contagem de bactérias heterotróficas acima dos VMP. Já os parâmetros avaliados nas análises físico-químicas com exceção dos cloretos todos os resultados obtidos apresentaram-se dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação vigente, a **portaria 2914/2011**, que indica os padrões exigidos para água de abastecimento público.

Palavras-chave: Qualidade da água, Reservatório de distribuição de água, Coliformes, Cloretos.

ABSTRACT

Due to the severe water crisis facing the country especially the Northeast, justified by an extended period of drought the reservoirs were not recharge, considering that the city of Campina Grande - PB and another 18 municipalities are supplied by Pessoa weir (weir big mouth) that the research period was at 6, 4% of its total capacity, and with this very low volume is expected by the population a drop in the quality of water supplied to the population, given that, over the its inception has been the weir silted, among other problems loading over time matching the bed of the stock was inevitable. The raw water source of that is captured and sent to the water treatment plant (WTP) located in Gravesend in the municipality of Queimadas - PB, where it is treated by conventional way and sent by pipelines to the supplied cities. This treated water is stored in reservoirs where then is distributed to the population. samples from each tank were collected weekly in the period between September and October 2016 and then the samples were sent to laboratories where the bacteriological and physicochemical analyzes were performed. the results obtained from the samples for the parameters, total coliforms, E. coli and heterotrophic bacteria in reservoirs R9, R5, R1 showed changes within the maximum permitted values. Samples of the 1st and 2nd week of R4 had heterotrophic bacteria count above the VMP. As for the parameters evaluated the physicochemical analyzes with the exception of chlorides all results were within the potability standards set by law, the ordinance 2914/2011, indicating the standards required for the public water supply.

Keywords: Water quality, water distribution tank, coliforms, chlorides.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa da cidade de campina grande e divisões dos bairros.....	30
Figura 2 – Unidades operacionais do SACG.....	31
Figura 3. Localização geográfica dos reservatórios onde estão os pontos de coleta.....	33
Figura 4: Pontos de coletas dos reservatórios R1, R4, R5, R9.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Padrão microbiológico da água para consumo humano	20
Tabela 2 - Reservatórios da zona urbana e distritos de campina grande	32
Tabela 3. Localização dos reservatórios na Cidade de Campina Grande - PB	33
Tabela 4. Local, data e hora da 1º coletas.....	35
Tabela 5. Local, data e hora da 2ª coletas.....	35
Tabela 6. Local, data e hora da 3ª coletas.....	36
Tabela 7. Local, data e hora da 4ª coletas.....	36
Tabela 8 . Resultado das análises bacteriológicas	28
Tabela 9. Resultado das análises físico-químicas 1ª semana 24/08/2016.....	31
Tabela 10. Resultado das análises físico-químicas 2ª semana 31/08/2016	32
Tabela 10. Resultado das análises físico-químicas 3ª semana 01/09/2016.....	33
Tabela 12. Resultado das análises físico-químicas 4ª semana 08/09/2016	45

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

AESA – Agência Estadual das Águas

ANA – Agência Nacional das Águas

ANVISA – Agência Nacional Vigilância Sanitária

CAGEPA – Companhia de Água e Esgotos da Paraíba

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

CRL – Cloro Residual Livre

CRC – Cloro Residual Combinado

DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra a Seca

DN – Diâmetro Nominal

ETA – Estação de Tratamento

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MS – Ministério da Saúde

NUPEA – Núcleo de Pesquisa de Alimentos

OMS – Organização Mundial de Saúde

R's – Reservatórios

SACG – Sistema de Abastecimento de Campina Grande

UFC/ml – Unidade Formadora de Colônia

VMP – Valor Máximo Permitido

CBH – Contagem de bactérias heterotróficas.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS.....	14
2.1	OBJETIVO GERAL	14
2.2	OBJETIVO ESPECÍFICO.....	14
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
3.1	QUALIDADE DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO	16
3.2	PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DE QUALIDADE.....	18
3.2.1	Parâmetros microbiológicos	18
3.2.1.1	<i>Coliformes totais</i>	18
3.2.1.2	<i>Bactérias heterotróficas</i>	19
3.2.2	Parâmetros físico-químicos.....	21
3.2.2.1	<i>Cloretos e sulfatos</i>	21
3.2.2.2	<i>Cloro residual</i>	21
3.2.2.3	<i>Cor aparente</i>	22
3.2.2.4	<i>Dureza total</i>	23
3.2.2.5	<i>Potencial Hidrogeniônico</i>	23
3.2.2.6	<i>Sólidos totais dissolvidos</i>	24
3.2.2.7	<i>Turbidez</i>	25
3.2.2.8	<i>Alcalinidade Total</i>	25
3.2.2.9	<i>Nitrato</i>	26
3.2.2.10	<i>Amônia</i>	26
3.2.2.11	<i>Gás carbônico livre</i>	27
3.2.2.12	<i>Cálcio / Magnésio</i>	27
3.2.2.13	<i>Condutividade Elétrica</i>	28
3.2.2.14	<i>Alcalinidade em Hidróxidos, Carbonatos e Bicarbonato (CaCO₃)</i>	28
3.2.2.15	<i>Salinidade</i>	28
3.2.2.16	<i>Oxigênio consumido (O₂) meio ácido</i>	29
4	METODOLOGIA.....	30
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE COLETA.....	30

4.2	PONTOS DE COLETA	33
4.3	COLETA DE AMOSTRAS	34
4.4	MÉTODOS DE ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS	36
4.4.1	Coliformes Totais e Escherichia coli.....	36
4.4.2	Bactérias Heterotróficas	37
4.5	MÉTODOS DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	37
5	RESULTADOS E DISCURSÕES	38
6	CONCLUSÕES.....	46
7	SUGESTÕES	47
8	REFEÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

1 INTRODUÇÃO

A água é essencial para a vida, porém é também importante veículo de disseminação de muitas doenças parasitárias e infecciosas. Segundo a (OMS) Organização Mundial de Saúde, todas as pessoas têm o direito de ter acesso a um suprimento seguro e adequado de água potável, o que tem se tornado cada vez mais escassa nos dias de hoje.

Devido essa escassez água tem se tornado um recurso cada vez mais raro e com qualidade comprometida em função do crescente desmatamento, processos de erosão e assoreamento dos mananciais superficiais, lançamentos de efluentes e detritos industriais e domésticos. Conseqüentemente é cada vez maior a preocupação relacionada ao abastecimento público em termos de qualidade e quantidade (BRASIL, 2006).

De acordo com a portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde o sistema de abastecimento de água para consumo humano é definido como “a instalação composta por conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, destinada à produção e à distribuição canalizada de água potável para populações, sob a responsabilidade do poder público, mesmo que administrada em regime de concessão ou permissão.

Cerca de 23% dos municípios brasileiros declararam conviver com o racionamento de água, onde em 41% deles o racionamento era constante, independente da época do ano (ANA 2016).

A seca ou estiagem (66%) é o motivo predominante do racionamento no Brasil, entre outras causas investigadas como insuficiência de água no manancial, deficiência na produção, deficiência na distribuição e população flutuante em épocas de veraneio. O indicador do IBGE apresenta um padrão disperso por todo país, embora a maior concentração esteja nos municípios da Região Nordeste.

Por isso, quando se trata de disponibilidade de água, se trata de água em quantidade suficiente e qualidade compatível com a existência de substâncias essenciais à vida e ausência de outras substâncias que causem efeitos deletérios aos usuários (BRASIL, 2006).

Observando o rápido crescimento da população urbana e da industrialização houve uma sobrecarga no sistema de abastecimento de água de Campina Grande, que foi construído há mais de cinquenta anos e atendia as necessidades daquela época. Nos dias atuais com mudanças no ciclo de estiagem e o crescimento exponencial da população, o mesmo vem sendo submetido a uma grave baixa em seu volume útil armazenado.

Tendo em vista a capacidade máxima atual de armazenamento do açude Epitácio Pessoa está em 411.686,287 m³, correspondendo a 100%. Tendo disposto em seu leito nos dias de hoje aproximadamente 26.283,375 m³ correspondente a 6,4% fonte (AESAs 2016), o referido manancial é responsável pelo abastecimento de Campina Grande – PB e mais 18 cidades. E de suma importância o conhecimento real das condições dos mananciais que abastecem as cidades, a fim de contribuir para o melhoramento da qualidade da água, no que diz respeito aos aspectos microbiológicos e físico-químicos para um melhor produto final fornecido a população.

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2016), o estabelecimento de um parâmetro que indique a qualidade das águas é uma ferramenta indispensável para nortear ações de planejamento e gestão.

Nesse aspecto o presente estudo teve por finalidade avaliar alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água tratada que é disponibilizada à população de Campina Grande – PB, essas amostras coletadas na saída dos reservatórios de distribuição da CAGEPA, teve o objetivo de verificar se os parâmetros analisados estão dentro dos valores máximos permitidos pela legislação, utilizando-se da Portaria 2914/2011 para comparativo, tendo em vista que é de suma importância que a água distribuída atenda aos padrões de potabilidade exigidos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade físico-química e bacteriológica, da água tratada potável distribuída dos reservatórios de água tratada da Companhia de água e esgotos da Paraíba (CAGEPA) em Campina Grande-PB.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Analisar a alteração nos padrões de qualidade de água tratada potável armazenada e distribuída à população de Campina Grande.
- Analisar a água após tratamento, tendo em vista que, a água provém de reserva técnica do referido manancial.
- Verificar se os valores dos parâmetros obtidos na análise bacteriológica e físico-química e compará-los com os da legislação vigente.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Na Antiguidade, o homem, ao abandonar a vida nômade e adotar a agricultura como meio de subsistência, passou a buscar fontes de abastecimento de água para o suprimento de suas necessidades localizando-se preferencialmente nas proximidades dessas fontes. Com o passar do tempo, o homem foi se aperfeiçoando com as suas formas de armazenamento, além de desenvolver tecnologias para captação, transporte, tratamento e distribuição da água (HELLER, 2006).

Nosso país ocupa, a nível mundial, uma posição privilegiada em termos de disponibilidade de recursos hídricos, mas mesmo assim, em algumas regiões, como também algumas épocas do ano, sofrem com a má distribuição desses recursos. Outro fator que necessita ser readequado é a educação ambiental da população que precisa respeitar este recurso tão necessário para a sobrevivência de todos (OLIVEIRA 2014).

Na região nordeste a qual nos encontramos, os ciclos de estiagem tem tido um menor intervalo com o passar dos anos, acarretando um índice pluviométrico cada vez menor, e como consequência, menos recarga dos mananciais de nosso estado.

As populações urbanas, com seu crescimento rápido, e a industrialização, vêm submetendo os recursos hídricos a graves pressões. Assim sendo, é necessário uma atenção especial aos efeitos crescentes da urbanização sobre a demanda e o consumo de água, exigindo uma revisão do papel das autoridades públicas na gestão do abastecimento de água.

Assim, os recursos hídricos possuem um papel fundamental limitante, de modo economicamente dotado de valor de uso atual e para uso futuro. Desta forma, a água e seus recursos assumem relevante importância para os grandes centros urbanos, para suprir a necessidade e abastecimento das populações de um modo geral (MACHADO, 2006).

É de suma importância que a(s) empresa(s) que dominam a concessão de captação, tratamento de distribuição, garanta que a água chegue até seus consumidores sem nenhuma mudança em seu estado físico, químico e microbiológico, estabelecidos por técnicas de análises obedecidas por padrões oficiais aplicáveis. De acordo com Heller (2006) a rede de distribuição é a unidade do sistema de abastecimento de água constituída por tubulações e órgãos acessórios instalados em logradouros públicos, e que tem por finalidade fornecer, água potável em quantidade e qualidade a múltiplos consumidores.

O tratamento da água para consumo humano tem por finalidade primeira torná-la potável. Em síntese, procura-se tornar a água atrativa e segura para o consumo. Portanto, os principais objetivos do tratamento são de ordem sanitária (remoção e inativação de organismos patogênicos e substâncias químicas que representem riscos à saúde), estética e organoléptica (BRASIL, 2006).

O sistema de distribuição é composto por dois conjuntos de unidades, os reservatórios e redes de distribuição. A reservação tem como objetivo armazenar a água para atender variações de consumo durante o dia, promover a continuidade do abastecimento, em caso de interrupção da produção de água, manter as pressões adequadas na rede de distribuição e garantir reserva estratégica para combate a incêndio. A partir desses reservatórios ocorre a distribuição de água tratada por meio de tubulações que formam a rede de distribuição e conduzem a água para as edificações e pontos de consumo (PHILIPPI JR., 2005).

As boas práticas no sistema de distribuição de água buscam prevenir ou combater os perigos (fatores de risco) e minimizar a probabilidade de ocorrência dos efeitos indesejáveis (riscos) a saúde humana. Essa interrelação entre o uso e a qualidade requerida da água é direta e podem ser representadas através das suas características físicas, químicas e biológicas, traduzidas na forma de indicadores de qualidade da água (HELLER, 2006).

3.1 QUALIDADE DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

Para o consumo de água ser satisfatório e não trazer riscos a população, é de extrema importância que conceitos básicos sejam atendidos, por isso a qualidade da água está diretamente ligada às substâncias nela contida e a carga microbiológica que ela carrega, esteja isenta de agentes poluidores e contaminantes de natureza química em geral.

O conceito de poluição deve ser entendido como perda de qualidade da água, ou seja, alterações em suas características que comprometam um ou mais usos do manancial. Por sua vez, contaminação é em geral entendida como um fenômeno de poluição que apresente riscos à saúde. Em linhas gerais, água potável é aquela que pode ser consumida sem riscos à saúde e sem causar rejeição ao consumo. O padrão de potabilidade da água é composto por um conjunto de características (parâmetros) que lhe confere qualidade própria para o consumo humano (BRASIL, 2006).

A água tem influência direta sobre a saúde à qualidade de vida e o desenvolvimento do ser humano. Para a Organização Mundial da Saúde (OMS) e seus países membros todas as pessoas em quaisquer estágios de desenvolvimento e condições sócio-econômicas têm o direito de ter acesso a um suprimento adequado de água potável e segura neste contexto refere-se a uma oferta de água que não representa um risco significativo à saúde que é de quantidade suficiente para atender a todas as necessidades domésticas. Estas condições podem ser resumidas em qualidade, quantidade, continuidade e cobertura.

E de extrema importância que a água fornecida pelas empresas de saneamento atreladas aos poderes públicos estejam isentas de bactérias, vírus, parasitas agentes químicos não desejados, que podem ocasionar grande impacto na saúde da população, além de causar epidemias e doenças de veiculação hídrica.

Entre esses diversos fatores estão as condições de segurança dos reservatórios de distribuição, a falta de manutenção na rede de distribuição, a intermitência do abastecimento causando subpressões e riscos de contaminação na rede e as condições de armazenamento domiciliar.

Desse modo fica a critério das empresas de saneamento e do estado fornecer água tratada de qualidade independentemente da situação hídrica em que se encontra visto que a água potável é a água para consumo humano, cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde.

Porém o tratamento da água, em si, não garante a manutenção da condição de potabilidade, uma vez que a qualidade da água pode-se deteriorar entre o tratamento, armazenamento, distribuição e o consumo. Portanto, “Manter avaliação sistemática do sistema de abastecimento de água, com base na ocupação da bacia contribuinte ao manancial, no histórico das características de suas águas, nas características físicas do sistema, nas práticas operacionais e na qualidade da água distribuída BRASIL (2006).

Nesse aspecto é de extrema necessidade que aplicação de algumas regras que garantam uma água de boa qualidade para armazenamento e distribuição por parte da concessionária, visando essas regras e possível encontrar padrões de potabilidade constituídos por indicadores que conferem qualidades a água para o consumo da população.

3.2 PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DE QUALIDADE

A água apresenta natureza físico-química, biológica e radiológica, através da análise dessas qualidades pode-se identificar o nível de qualidade em que a água se encontra, podendo assim, estabelecermos parâmetros que indicam o quanto imprópria esta água para o consumo.

A Portaria 2914/2011 define que toda água voltada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade e está sujeita à vigilância da qualidade da água. O padrão de potabilidade brasileiro é composto por: (i) padrão microbiológico; (ii) padrão de turbidez para a água pós-filtração ou pré-desinfecção; (iii) padrão para substâncias químicas que representam riscos à saúde (inorgânicas, orgânicas, agrotóxicos, desinfetantes e produtos secundários da desinfecção); (iv) padrão de radioatividade; (v) padrão de aceitação para consumo humano.

Em torno da classificação do padrão de potabilidade da Portaria MS 2914/2011, apresentam-se a seguir alguns dos parâmetros de maior relevância para o controle e a vigilância da qualidade da água para consumo humano.

3.2.1 Parâmetros microbiológicos

3.2.1.1 *Coliformes totais*

Na avaliação da qualidade da água tratada, ou seja, da eficiência do tratamento na remoção ou na inativação de organismos patogênicos, o pressuposto do emprego de organismos indicadores é o de que a ausência dos indicadores expressa a ausência dos patogênicos. A presença dos indicadores pode indicar falha ou insuficiência no tratamento.

Em amostras de água tratada, a determinação de Coliformes totais é suficiente, uma vez que apresentam taxa de inativação similar ou inferior à dos Coliformes termotolerantes e de *E.coli*. A ausência de coliformes totais na água tratada é um indicador adequado da ausência de bactérias patogênicas, e a presença, sinal de falhas no tratamento ou de não-integridade do sistema de distribuição, incluindo reservatórios.

Coliformes totais não são indicadores plenos da eficiência do tratamento de água e devem ser empregados com critérios e ressalvas. Vírus e protozoários são mais resistentes à desinfecção que coliformes; portanto, a simples ausência dos mesmos não constitui garantia absoluta de potabilidade. A verificação da eficiência do tratamento depende de indicadores complementares, tais como a turbidez da água pós-filtração ou pré-desinfecção, e dos parâmetros de controle da desinfecção – dose, residual de desinfetante e tempo de contato (BRASIL, 2006).

Para a análise desses parâmetros foi utilizado o meio Colilert, esse meio contém os nutrientes ONPG (o-nitrofenil- Beta -D-galactopiranosídeo) e MUG (4-metil-umbeliferil- Beta -D-glucoronídeo). As enzimas específicas e, portanto características dos coliformes totais (Beta-Galactosidade) e da *E. Coli* (Beta-Glucoronidase) ao metabolizarem os nutrientes, causam a liberação do radical orgânico cromogênico, e como consequência, a amostra passa a apresentar uma coloração específica amarela para coliformes totais (ONPG) e fluorescência (na presença de luz ultravioleta a 365 nm) para *E. coli* (MUG).

O critério para que as bactérias sejam consideradas ideais indicadoras de poluição de origem fecal, é que estejam presentes em grande número nas fezes humanas e de animais, em efluentes residuais e ausentes em águas limpas. A *E. Coli* é o único biótipo da família Enterobactéria que pode ser considerado exclusivamente de origem fecal.

Cada amostra de água com 100 ml recebeu o meio Colilert e foram posteriormente selados e incubados a uma temperatura de 35°C por 24 horas fornecendo desse modo os resultados por coloração e fluorescência (NIKAIDOM, 2004).

3.2.1.2 Bactérias heterotróficas

Os organismos vivos existentes no planeta são inúmeros tendo características específicas como as bactérias heterotróficas com reduzido tamanho, mas de grande importância sendo encontradas em todas as regiões do mundo, são organismo de pequeno tamanho procariontes, podendo ser autotróficas quando produzem seu próprio alimento ou heterotróficas quando não tem a capacidade de produzir o seu próprio alimento.

Bactérias heterotróficas são microrganismos que requerem carbono orgânico como fonte de nutrientes para seu crescimento e para a síntese de material celular, A determinação

dessas bactérias deve ser realizada com um dos parâmetros para avaliar a integridade do sistema de distribuição, reservatórios e rede (BRASIL 2011).

Algumas bactérias heterotróficas podem exercer influência inibidora sobre alguns organismos, podendo impedir a detecção de coliformes.

A presença dessas bactérias também pode indicar uma deterioração na qualidade da água de consumo ou um processo de desinfecção inadequado no sistema de produção (NASCIMENTO et al 2000).

Mesmo que a maioria das bactérias heterotróficas da microbiota natural da água não seja considerada patogênica, é importante que sua população seja mantida sob controle, pois o aumento diminui a população dessas bactérias na água podem causar riscos à saúde do consumidor (DIAS 2008).

A tabela 1 mostra os parâmetros exigidos para *E. coli*, coliformes totais e contagem padrão de bactérias heterotróficas, que não devem exceder a 500 Unidades Formadoras de Colônia por mililitro (UFC/mL) (BRASIL, 2011).

Tabela 1. Padrão microbiológico da água para consumo humano

<i>Tipo de Água</i>		<i>Parâmetros</i>	<i>VMP</i> ⁽¹⁾
<i>Água Tratada para o consumo Humano</i>		<i>Escherichia coli</i> ⁽²⁾	<i>Ausência em 100 mL</i>
<i>Água Tratada</i>	<i>Na saída do tratamento</i>	<i>Coliformes totais</i>	<i>Ausência em 100 mL</i>
	<i>No sistema de distribuição rede e reservatórios</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Ausência em 100 mL</i>
		<i>Coliformes totais</i> ⁽⁴⁾	<i>Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês. Para sistemas a partir de 20.000 habitantes</i>
		<i>B. Heterotróficas</i> ⁽⁴⁾	<i>500 UFC/ml</i>

NOTAS: (1) Valor máximo permitido. (2) Indicador de contaminação fecal. (3) Indicador de eficiência de tratamento. (4) Indicador de integridade do sistema de distribuição (reservatório e rede).

3.2.2 Parâmetros físico-químicos

3.2.2.1 Cloretos e sulfatos

Além dos bicarbonatos, sais dissolvidos como cloretos e sulfatos e outros em menor quantidade, caracterizam os sólidos totais dissolvidos. A presença de cloretos pode indicar alguma forma de poluição, apesar de em muitas regiões do Brasil, próximas ao litoral, ocorrer à presença excessiva de cloretos sem que haja contaminação pelo ser humano. Além de conferir sabor salino às águas, teores elevados de cloretos podem interferir na coagulação. Do ponto de vista sanitário, concentrações muito elevadas de cloretos podem ser prejudiciais a pessoas portadoras de moléstia cardíaca ou renal. Não obstante, os problemas relacionados à dureza, teores elevados de sulfatos causam efeitos laxativos mais acentuados que outros sais. O íon sulfato também pode ser um indicador de poluição de uma das fases de decomposição da matéria orgânica no ciclo do enxofre (Di Bernardo. et al, 2002).

Cloretos podem estar presentes naturalmente em águas salobras, ou como resultado de poluição por efluentes industriais ou domésticos, constituindo, portanto, indicador auxiliar de poluição ou contaminação. Em águas para consumo humano, a concentração de cloretos está também diretamente associada à alteração de sabor e, portanto, à aceitação para consumo. Os cloretos presentes na água que alteram sabor são, principalmente, os de sódio, os de potássio e os de cálcio, em concentrações superiores a 200-300 mg/L. No padrão de potabilidade brasileiro, o valor máximo permitido é de 250 mg/L. Cloretos não são removidos por processos convencionais de tratamento, sendo necessários processos especiais, tais como osmose reversa ou eletrodialise (BRASIL, 2006).

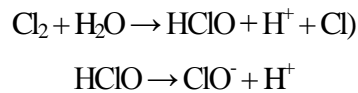
3.2.2.2 Cloro residual

O tratamento responsável pela desinfecção da água por meio de adição de cloro e a cloração.

A desinfecção da água pode ser obtida através de 21 diferentes meios físicos como a ebulição e os raios ultravioletas e processos químicos sendo utilizados como reagentes o cloro e compostos de cloro e ozônio (OPAS 2010).

Sendo que na atualidade o método mais viável que as estações de tratamento de água ETAS, dispõem e a adição diretamente de cloro gasoso ou sólido diretamente na água como procedimento final para sim seguir para o reservamento e posterior distribuição.

A introdução de cloro na água leva à formação do ácido hipocloroso (HClO) que, dependendo do pH e da temperatura, dissocia-se levando a concentrações relativas de ácido hipocloroso e íon hipoclorito (ClO⁻).



A soma das concentrações do ácido hipocloroso e íon hipoclorito forma o Cloro Residual Livre (CRL). O ácido hipocloroso ao reagir com nitrogênio amoniacal resulta na formação de compostos clorados denominados cloraminas (monocloramina, dicloramina, tricloramina), onde a soma de concentrações forma o Cloro Residual Combinado (CRC), que tem o poder de desinfecção é bastante reduzido comparado ao CRL (SILVA; OLIVEIRA, 2001).

Ainda em função do seu poder oxidante, quando se aplica o cloro à água, parte dele é consumido em reações com substâncias orgânicas e inorgânicas em suspensão ou dissolvidas, o que representa a demanda de cloro da água. Completadas as reações, permanecem teores de cloro residual, que podem se apresentar nas formas de cloro residual livre ou cloro residual combinado (BRASIL, 2006).

3.2.2.3 *Cor aparente*

A cor é um dos padrões que confere a água característica visualmente agradável e estabelece um conceito importante no padrão de aceitação.

Em razão da presença de substâncias dissolvidas, decorrentes da decomposição de matéria orgânica (plâncton, substâncias húmicas), da presença de substâncias tais como ferro e manganês, ou da introdução de efluentes industriais. Quando a determinação da cor é realizada após centrifugação ou filtração da amostra para se eliminar a interferência de partículas coloidais e suspensas, obtém-se a cor verdadeira. Caso contrário, tem-se a cor aparente. Cor é um parâmetro essencialmente de natureza estética e componente do padrão de

aceitação para consumo. Entretanto, a cor resultante da presença de substâncias orgânicas pode indicar a existência de precursores de formação de trihalometanos, um subproduto tóxico da cloração. Cor elevada no sistema de distribuição pode ainda contribuir para o consumo do cloro residual (BRASIL, 2006).

3.2.2.4 *Dureza total*

Dureza é um parâmetro característico da qualidade de águas de abastecimento industrial e doméstico sendo que do ponto de vista da potabilidade são admitidos valores máximos relativamente altos, típicos de águas duras ou muito duras.

Alcalinidade de uma água é sua capacidade em neutralizar ácidos, em outras palavras, é sua capacidade de tamponamento. Usualmente, as substâncias mais comuns encontradas em águas de superfície causadoras de alcalinidade são os carbonatos (CO_3^{-2}), bicarbonatos (HCO_3^-) e hidróxidos (OH^-). Uma água pode ter baixa alcalinidade e alto valor de pH e vice-versa. É possível relacionar-se o valor da alcalinidade com o de outro parâmetro: o de dureza, uma vez que os cátions mais comuns atrelados aos ânions causadores de alcalinidade são os de Cálcio (Ca^{+2}) e de Magnésio (Mg^{+2}), que, por sua vez, estão relacionados com a dureza da água (GARCEZ, 2004).

Proferindo-lhe um sabor desagradável, que referidos níveis podem ser o motivo do surgimento de problemas fisiológicos. No Brasil, o valor máximo permissível de dureza total fixado pelo padrão de potabilidade, ora em vigor, é de 500 mg CaCO_3/L .

3.2.2.5 *Potencial Hidrogeniônico*

O pH representa a concentração de íons hidrogênio (H^+), em escala antilogarítmica (Equação 3), indicando a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água (VON SPERLING, 2005).

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

Quando se trata de sistema de abastecimento de água, o pH intervém na coagulação química visto que a ação de um determinado coagulante se torna mais efetiva em um pH

adequado. Intervém também no controle da corrosão, no abrandamento e na desinfecção com cloro devido à dissociação do ácido hipocloroso (HClO) e conseqüentemente formação do íon hipoclorito (OCl⁻). Uma vez que o ácido hipocloroso é um desinfetante bem mais eficiente e sua dissociação acelera-se com a elevação do pH. A correção do pH em águas tratadas consiste, geralmente, em aplicar hidróxido de cálcio (CaOH₂), removendo o gás carbônico livre (CO₂) que provoca acidez na água com o objetivo de prevenir corrosões nas tubulações da rede de abastecimento. Quando as águas são muito alcalinas, o pH é corrigido com a adição de ácido sulfúrico (H₂SO₄), pois o pH sendo bastante elevado possibilita a formação de incrustações nas tubulações devido à precipitação de sais contidos na água. (Lenzi 2009).

A Portaria MS 2914/2011 recomenda que o pH seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5 em toda a rede de distribuição.

3.2.2.6 *Sólidos totais dissolvidos*

Ainda que alguns contaminantes da água possam ser gases ou líquidos, grande parte da carga contaminante é sólida. O teor de sólidos numa água refere-se à quantidade de matéria suspensa ou dissolvida presente nessa água, podendo afetar negativamente sua qualidade. A classificação dos sólidos pode ser química ou física. Quimicamente, são classificados como fixos, que permanecem após completa evaporação da água e são geralmente sais e voláteis, que se volatilizam em temperaturas inferiores 550°C, sejam substâncias orgânicas ou minerais. Do ponto de vista físico, são classificados segundo suas dimensões; com tamanhos inferiores a 2,0 µm são chamados dissolvidos, que provém naturalmente do desgaste das rochas ou, em maior quantidade, de despejos domésticos e industriais e com dimensões superiores a 2,0 µm são chamados sólidos em suspensão, provenientes do carregamento de solos pelas águas pluviais, efluentes domésticos e industriais.

Para a qualidade da água de abastecimento, altos teores de sais minerais, particularmente sulfato e cloreto, estão associados à tendência de corrosão em sistemas de distribuição, além de conferir sabor às águas. Visando classificar, proteger os corpos d'água e prevenir problemas relacionados a saúde da população, a Portaria 2914 estabeleceu como padrão de qualidade, valores máximos permitidos para sólidos dissolvidos totais (SDT) em 1000 mg/L para consumo humano.

3.2.2.7 Turbidez

A turbidez das águas é devida à presença de partículas em suspensão e em estado coloidal, as quais podem representar ampla faixa de tamanhos. A turbidez pode ser causada por uma grande variedade de materiais, incluindo partículas de areia fina, silte, argila e microrganismos. As partículas de menor tamanho e com baixa massa específica são mais difíceis de ser removidas nas ETAs, por apresentarem menor velocidade de sedimentação.

Quanto menor a turbidez da água produzida na ETA, mais eficiente será a sua desinfecção. No entanto, para valores idênticos de turbidez, pode haver grande diferença no número e tamanho das partículas, sendo que, para maior eficiência da desinfecção são preferíveis partículas menores.

Enquanto a medida da turbidez pode ser feita por meio de turbidímetros, equipamentos de custos relativamente baixos, o tamanho e a distribuição de tamanho das partículas exigem equipamento mais sofisticado, raramente disponível nas ETAs brasileiras (Di Bernardo, et al, 2002).

3.2.2.8 Alcalinidade Total

A alcalinidade total de uma água é dada pelo somatório das diferentes formas de alcalinidade existentes, ou seja, é a concentração de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos, expressa em termos de Carbonato de Cálcio. Pode-se dizer que a alcalinidade mede a capacidade da água em neutralizar os ácidos.

A medida da alcalinidade é de fundamental importância durante o processo de tratamento e água, pois, é em função do seu teor que se estabelece a dosagem dos produtos químicos utilizados.

Normalmente as águas superficiais possuem alcalinidade natural em concentração suficiente para reagir com o sulfato de alumínio nos processos de tratamento. Quando a alcalinidade é muito baixa ou inexistente há a necessidade de se provocar uma alcalinidade artificial com aplicação de substâncias alcalinas tal como cal hidratada ou Barrilha (carbonato de sódio) para que o objetivo seja alcançado.

Quando a alcalinidade é muito elevada, procede-se ao contrário, acidificando-se a água até que se obtenha um teor de alcalinidade suficiente para reagir com o sulfato de alumínio ou outro produto utilizado no tratamento da água.

3.2.2.9 *Nitrato*

O nitrato é uma substância química derivada do nitrogênio e se encontra na água e no solo de forma natural e em pequenas concentrações. Esses valores têm aumentado principalmente pelo grande uso de fertilizantes na agricultura e aportes de esgotos domésticos. O nitrato pode causar enfermidades pelo uso de água contaminada e danos ambientais, como por exemplo, a eutrofização (CAMPOS, 2014).

Por este motivo este indicador é de suma importância, pois as propriedades localizadas próximas ao açude de Boqueirão utilizam fertilizantes (BRASIL 2004).

3.2.2.10 *Amônia*

O íon amônio (NH_4^+), também conhecido como amônia ionizada, devido à sua carga elétrica, é um cátion formado pela protonação da amônia (NH_3^-) e ocorre em baixos teores em águas naturais, devido ao processo de degradação biológica da matéria orgânica. O processo pelo qual o nitrogênio molecular (N_2) é convertido em amônio é denominado fixação de nitrogênio. Concentrações mais altas podem ser encontradas em esgotos e efluentes industriais.

Altas concentrações de amônio em águas superficiais podem ser indicação de contaminação por esgoto bruto, efluentes industriais, ou afluxo de fertilizantes. Em águas muito alcalinas e com a presença de compostos amoniacais também ocorre à formação de altos níveis de (NH_4^+). A determinação do amônio pode ser feita por espectrofotometria UV-Visível (método Nessler) ou cromatografia iônica. (BRASIL 2006).

3.2.2.11 Gás carbônico livre

O gás carbônico livre existente em águas superficiais normalmente está em concentração menor do que 10 mg/L, enquanto que em águas subterrâneas pode existir em maior concentração.

O gás carbônico contido na água pode contribuir significativamente para a corrosão das estruturas metálicas e de materiais à base de cimento (tubos de fibro-cimento) de um sistema de abastecimento de água e por essa razão o seu teor deve ser conhecido e controlado (EMBRAPA 2011).

3.2.2.12 Cálcio / Magnésio

Cálcio (Ca^{+2}) e magnésio (Mg^{+2}) A presença de cálcio na água resulta do contato do corpo hídrico com depósitos de calcita (CaCO_3), dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) e gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). A solubilidade dos carbonatos é controlada pelo pH e CO_2 dissolvido. O cálcio pode ser encontrado em corpos d'água em concentrações em torno de 15 mg L⁻¹ e, em águas subterrâneas, em concentrações que variam de 10 a >100 mg L⁻¹.

O magnésio ocorre geralmente nos minerais magnesita (MgCO_3) e dolomita (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1998), e é encontrado em águas naturais em concentrações próximas dos 4 mg L⁻¹ e em águas subterrâneas em concentrações em torno de 5 mg L⁻¹. As reações de equilíbrio do carbonato para o magnésio são mais complicadas do que para o cálcio, e as condições para precipitação direta da dolomita em águas naturais não são comuns. Ca^{+2} e Mg^{+2} são os cátions que mais contribuem para a dureza total da água, seguidos de Ba^{+2} e Sr^{+2} .

A determinação de Ca^{+2} e Mg^{+2} em água, assim como a dos demais metais alcalinos terrosos, metais alcalinos e metais de transição, pode ser feita por espectrometria de emissão e de massa, ambas com plasma indutivamente acoplado ou cromatografia iônica, em coluna para cátions (EMBRAPA 2011).

3.2.2.13 *Condutividade Elétrica*

A condutividade elétrica se refere à capacidade que uma solução aquosa possui em conduzir corrente elétrica. Esta capacidade depende basicamente da presença de íons, da concentração total, mobilidade, valência, concentrações relativas e medidas de temperatura. Soluções da maior parte dos ácidos, bases e sais inorgânicos são relativamente boas condutoras. Já as moléculas de compostos orgânicos que não dissociam em solução aquosa, em sua maioria, conduzem pouca corrente elétrica.

A condutividade é medida por condutivímetro e é expressa em $\mu\text{S cm}^{-1}$ ou mS cm^{-1} . As aplicações práticas para a tomada da medida da condutividade são: indicação do grau de mineralização da água e indicação rápida de variações nas concentrações de minerais dissolvidos (EMBRAPA 2011).

3.2.2.14 *Alcalinidade em Hidróxidos, Carbonatos e Bicarbonato (CaCO_3)*

A alcalinidade da água é representada pela presença dos íons hidróxido, carbonato e bicarbonato. A importância do conhecimento das concentrações deste íon permite a definição de dosagens de agentes flocculantes, fornece informações sobre as características corrosivas ou incrustantes da água analisada. Todos os íon causadores da alcalinidade tem características básicas, sendo assim, reagem quimicamente com soluções ácidas, ocorrendo a reação de neutralização.

3.2.2.15 *Salinidade*

As águas naturais contêm sódio devido à sua abundância e alta solubilidade de seus sais em água, encontrados na forma iônica (Na^+). Concentrações de sódio em corpos d'água variam consideravelmente, dependendo das condições geológicas do local e das descargas de efluentes. A concentração de sódio na água potável geralmente não ultrapassa os 20 mg L^{-1} e o valor máximo recomendável de sódio na água para potabilidade é 200 mg L^{-1} (BRASIL, 2006). Em águas superficiais, incluindo aquelas que recebem efluentes, ocorrem em concentrações abaixo de 50 mg L^{-1} , em águas subterrâneas, freqüentemente, excedem esse

valor. O potássio é um elemento essencial tanto na nutrição das plantas quanto na dos humanos, e ocorre em águas subterrâneas como resultado da dissolução mineral de material vegetal em decomposição, e escoamento agrícola. Diferentemente de outros íons, como o sódio, o potássio não permanece em solução, pois é rapidamente assimilado pelas plantas, e facilmente incorporado em argilas. Concentrações de potássio em águas superficiais variam de 1 a 3 mg L⁻¹. Águas subterrâneas apresentam valores inferiores a 10 mg L⁻¹, sendo mais freqüente entre 0,5 e 5 mg L⁻¹ (EMBRAPA 2011).

3.2.2.16 *Oxigênio consumido (O₂) meio ácido*

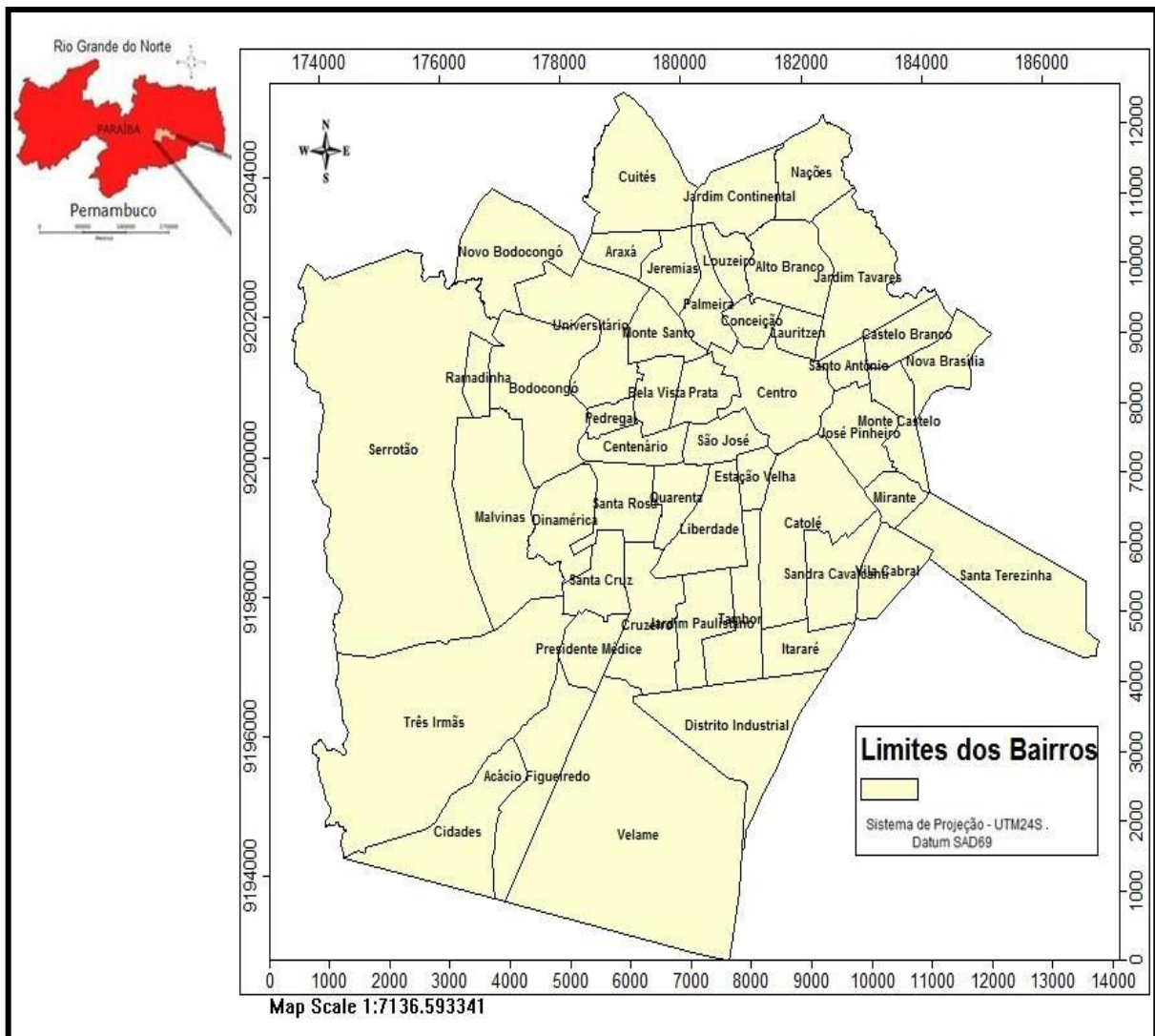
A determinação do oxigênio Consumido (OC) fornece a quantidade de material orgânico, que é oxidável nas condições impostas durante o ensaio. A informação sobre a quantidade do OC é útil para definir alterações da qualidade da água a ser tratada e indicar a afetividade do processo do tratamento aplicado, além de indicar o desenvolvimento de microrganismo nas unidades de tratamento. Este método se baseia na reação de oxidação por parte do permanganato de potássio (KmnO₄) em meio ácido, neste caso, utiliza-se o ácido sulfúrico (H₂SO₄), em função do íon sulfato não ser afetado pelo permanganato, que não o consome.

4 METODOLOGIA

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE COLETA

O presente trabalho foi desenvolvido na cidade de Campina Grande – PB que está localizada na mesorregião do agreste Paraibano (IBGE, 2008), a Figura 1 mostra que na atualidade a mesma tem 49 bairros, e uma população estimada de aproximadamente 405.072 mil habitantes e esta dividida em quatro zonas, norte, sul, leste e oeste.

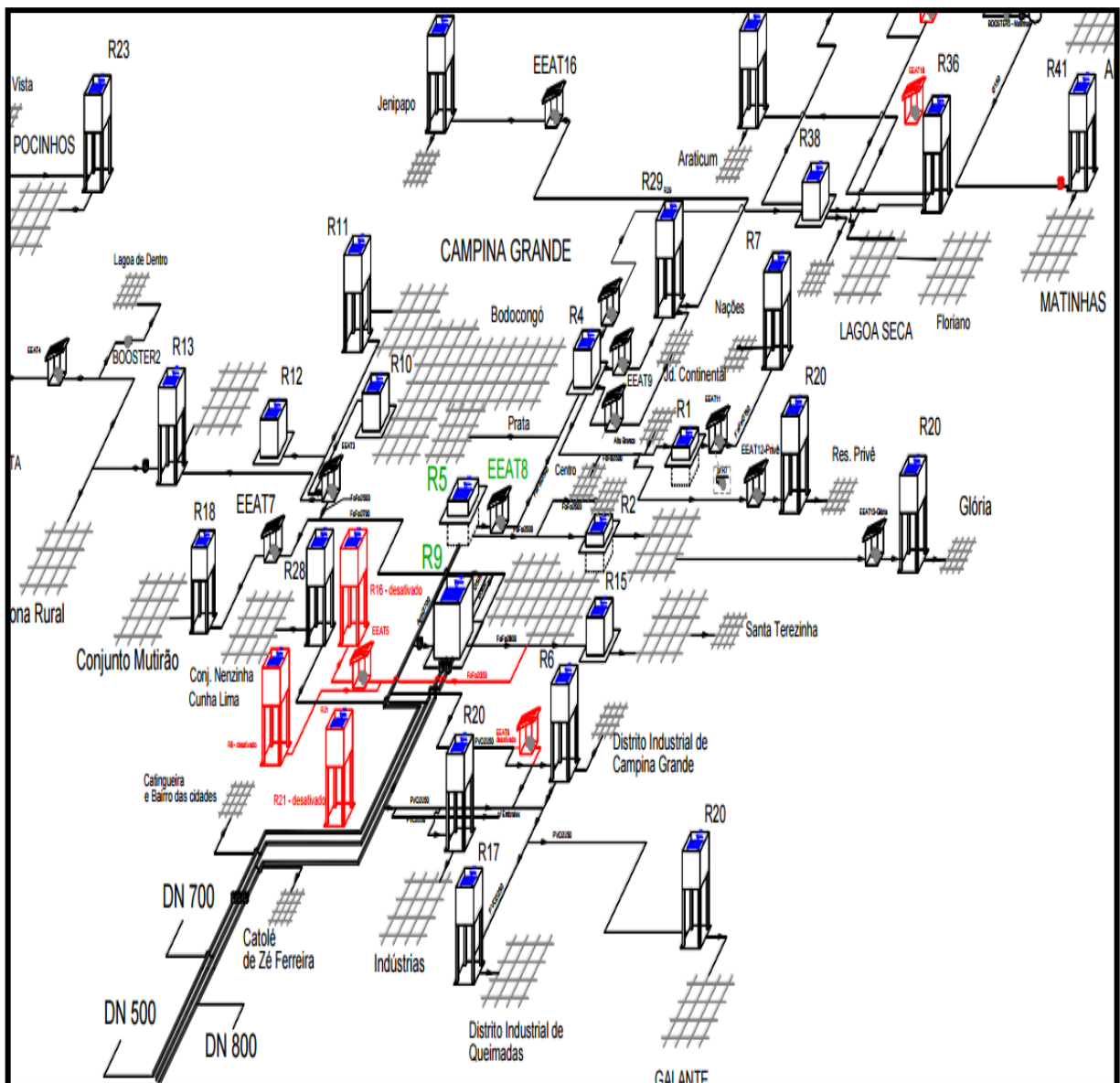
Figura 1 – Mapa da cidade de Campina Grande e divisões dos bairros



Fonte: IBGE (2008)

Atualmente Após o tratamento, a água é recalçada para a cidade de Campina Grande, através de duas elevatórias, localizadas junto à ETA - Gravatá, sendo destinada primeiramente aos reservatórios R-09 e R-05 por três adutoras, em seguida segue para os demais reservatórios em funcionamento espalhados por toda a cidade, como mostra a Figura 2.

Figura 2 – Unidades operacionais do SACG.



Fonte: CAGEPA (2010)

Da primeira elevatória partem duas adutoras de aço: uma com DN 500, em funcionamento desde o ano de 1957 e a outra com DN 700, construída em 1972. A segunda elevatória foi construída em 1994 e a adutora tem DN 800, executada em ferro fundido.

Ao longo do tempo, foram realizadas diversas derivações nas três adutoras antes da chegada no R-09 e no R-05. Tais derivações ocorreram com a justificativa de possibilitar o abastecimento de áreas de expansão da cidade (CAGEPA, 2010).

Os principais reservatórios que abastecem a cidade de Campina grande encontram-se localizados nos bairros da Prata (R5) e Santa Rosa (R9), daí por diante segue para os demais reservatórios distribuídos pela cidade. Na Tabela 2 está a descrição dos dez maiores reservatórios em funcionamento na cidade.

Tabela 2 - Reservatórios da zona urbana e distritos de Campina Grande (CAGEPA, 2010).

<i>Reservatório</i>	<i>Capacidade (m³)</i>	<i>Situação Operacional</i>	<i>Tipo</i>	<i>Locais atendidos</i>
R0 - ETA - Gravata			Apoiado	Poço Sucção
R1 – Alto Branco	3.080	Ativado	Semi enterrado	R7
R2 – Centro	2.290	Ativado	Semi enterrado	São José
R4 – Palmeira	10.000	Ativado	Apoiado	Diversos
R5 – Prata	8.000	Ativado	Semi enterrado	Diversos
R6 – Distrito Industrial	400	Ativado	Elevado	Distrito Industrial
R9	29.000	Ativado	Apoiado	Diversos
R10	2.000	Ativado	Apoiado	Bodocongó, Araxá e Ramadinha II
R11	250	Ativado	Elevado	Granjas
R14	300	Ativado	Elevado	São José da Mata e Pocinhos
R15	350	Ativado	Apoiado	Mirante e St ^a Terezinha

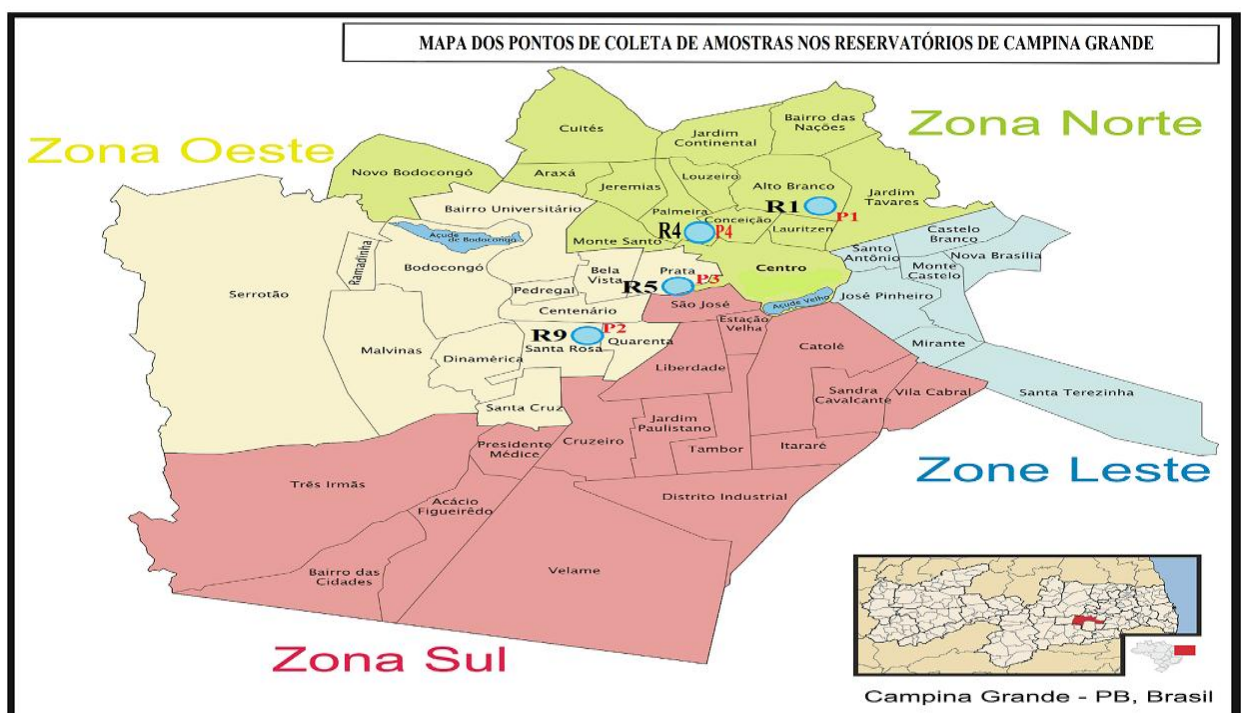
4.2 PONTOS DE COLETA

Os pontos de coleta foram dispostos a fim de poder cobrir o máximo possível dos bairros como também a capacidade de armazenamento, distribuição e área de abrangência na cidade de Campina Grande-PB, de acordo com a *Diretriz nacional do plano de amostragem da vigilância em saúde ambiental*, a qual está relacionada diretamente à qualidade da água para consumo humano (BRASIL, 2006). A Tabela 3 apresenta os endereços dos referidos reservatórios (R9, R5, R4, e R1) bem como a Figura 3 que mostra a localização geográfica na referida cidade.

Tabela 3. Localização dos reservatórios na Cidade de Campina Grande - PB

<i>Reservatório</i>	<i>Localização</i>	<i>Bairro</i>
R1	Rua Dr. Vasconcelos, S/N	Alto Branco
R4	Rua Quinze de Novembro, S/N	Palmeira
R5	Rua João da Costa e Silva, S/N	Prata
R9	Rua Ioiô Cavalcanti, S/N	Santa Rosa

Figura 3. Localização geográfica dos reservatórios onde estão os pontos de coleta.



Fonte: IBGE (2008)

4.3 COLETA DE AMOSTRAS

Para garantir a distribuição uniforme, foram coletadas amostras dos quatro reservatórios monitorados uma vez a cada semana, em dias variados, no período de agosto e setembro de 2016, garantindo a uniformidade das coletas no período de amostragem. As coletas foram realizadas impreterivelmente no turno da manhã a fim de se obter uma amostra padronizada para análise microbiológica e físico-química, 50% das amostras foram coletadas no quarto dia da semana (quarta-feira) e a outra metade no quinto dia da semana (quinta-feira) devido ao racionamento de água que a cidade atravessa os primeiro quatros dias a água armazenada nos reservatórios que abastecem a cidade encontra-se estagnada, nos demais dias bombeamento normal. Em todos os pontos de coleta foram utilizadas torneiras ligadas diretamente à rede de distribuição, a fim de diminuir o erro em relação aos resultados obtidos, a Figura 4, mostra os pontos de Coleta nos Reservatórios (R1, R4, R5e R9).

Figura 4: Pontos de coletas dos reservatórios R1, R4, R5, R9, respectivamente.

R1



R9



R5



R4



Os procedimentos de coleta seguiram as recomendações segundo a *Diretriz nacional do plano de amostragem da vigilância em saúde ambiental* relacionada à qualidade da água para consumo humano (BRASIL, 2006).

As coletas das amostras foram feitas manualmente, após uma descarga na torneira de dois a três minutos e mantido em frascos e sacos de polietileno, estéreis. As Tabelas 4, 5, 6 e 7 apresentam, o dia, a hora e os pontos de coletas feitos nos Reservatórios (R1, R4, R5 e R9) respectivamente.

As amostras foram encaminhadas sob refrigeração ao Núcleo de Pesquisa de Alimentos (NUPEA) da Universidade Estadual da Paraíba para a determinação dos parâmetros bacteriológicos (Coliformes totais, *E. coli*, e bactérias heterotróficas), as análises físico-químicas, exigidas pela Portaria 2914/2011, foram realizadas no laboratório de controle de qualidade de água da CAGEPA, situado na rua Dr. Vasconcelos s/n, Alto Branco, Campina Grande – PB.

Tabela 4. Local, data e hora da 1ª coletas.

<i>Semana</i>	<i>Reservatório</i>	<i>Pontos</i>	<i>Bairro</i>	<i>Data da coleta</i>	<i>Hora da coleta</i>
1ª	R1	P1	Alto Branco	24/08/16	07h25min
1ª	R9	P2	Santa Rosa	24/08/16	07h45min
1ª	R5	P3	Prata	24/08/16	08h10min
1ª	R4	P4	Palmeira	24/08/16	08h25min

Tabela 5. Local, data e hora da 2ª coletas.

<i>Semana</i>	<i>Reservatório</i>	<i>Pontos</i>	<i>Bairro</i>	<i>Data da coleta</i>	<i>Hora da coleta</i>
2ª	R1	P1	Alto Branco	31/08/16	06h50min
2ª	R9	P2	Santa Rosa	31/08/16	07h05min
2ª	R5	P3	Prata	31/08/16	07h30min
2ª	R4	P4	Palmeira	31/08/16	07h55min

Tabela 6. Local, data e hora da 3ª coletas.

<i>Semana</i>	<i>Reservatório</i>	<i>Pontos</i>	<i>Bairro</i>	<i>Data da coleta</i>	<i>Hora da coleta</i>
3ª	R1	P1	Alto Branco	01/09/16	07h05min
3ª	R9	P2	Santa Rosa	01/09/16	07h20min
3ª	R5	P3	Prata	01/09/16	07h45min
3ª	R4	P4	Palmeira	01/09/16	08h10min

Tabela 7. Local, data e hora da 4ª coletas.

<i>Semana</i>	<i>Reservatório</i>	<i>Pontos</i>	<i>Bairro</i>	<i>Data da coleta</i>	<i>Hora da coleta</i>
4ª	R1	P1	Alto Branco	08/09/16	07h00min
4ª	R9	P2	Santa Rosa	08/09/16	07h30min
4ª	R5	P3	Prata	08/09/16	07h45min
4ª	R4	P4	Palmeira	08/09/16	08h10min

4.4 MÉTODOS DE ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS

4.4.1 Coliformes Totais e *Escherichia coli*

Para a quantificação dos indicadores microbiológicos foi utilizado o método Colilert (sistema patenteado por IDEXX Laboratories) que é utilizado para detecções simultâneas, identificações específicas e confirmativas de coliformes totais e *E. coli* em água continental natural ou tratada.

O Colilert utiliza nutrientes (açúcares ligados a radicais orgânicos cromogênicos) que fazem com que os microrganismos de interesse presentes na amostra produzam uma mudança de cor (ou fluorescência) no sistema inoculado.

4.4.2 Bactérias Heterotróficas

Após o procedimento de coleta, os saquinhos estéreis foram acondicionadas em caixas de material isotérmico e transportadas imediatamente ao Laboratório de Microbiologia de Alimentos da UEPB, onde em cada amostra foi realizado o plaqueamento em profundidade de 1 mL da amostra e 1 mL das diluições 10^{-1} e 10^{-2} utilizando-se Ágar Padrão para Contagem (PCA) (Merck®) em placas de Petri devidamente esterilizadas e identificadas, em duplicata. As placas foram incubadas em estufa bacteriológica a $35\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$ por 48 ± 2 horas. A leitura foi realizada com o auxílio de um contador de colônias modelo CP 600 Plus, marca Phoenix®, e calculou-se o número de Unidades Formadoras de Colônias – UFC – de acordo com a diluição.

4.5 MÉTODOS DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As análises físico-químicas foram realizadas no laboratório de controle de qualidade da companhia de água e esgotos da Paraíba (CAGEPA), seguindo a metodologia do manual prático de tratamento de água. 3ª ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2009.

Métodos de determinação:

- Alcalinidade total, método titulação com ácido sulfúrico.
- Oxigênio consumido, método titulação com permanganato.
- Cloretos, método titulação com nitrato de prata.
- Dureza total, método titulação com EDTA.
- pH, método pHmetro.
- Cor aparente, método medidor de cor aparente.
- Turbidez, método nefelométrico (turbidímetro).
- Amônia, método Nesslerização Direta (visual).
- Nitrato, método redução por Zinco (visual).
- Temperatura, sólidos totais dissolvidos, condutividade elétrica e salinidade método condutivímetro.
- Cálcio e Magnésio, método medidor de cálcio e magnésio.

5 RESULTADOS E DISCURSÕES

De acordo com os resultados bacteriológicos obtidos nas quatro semanas de análise Tabela 8, observou-se que todas as amostras analisadas não apresentaram *E. coli* nos reservatórios supracitados, comprovando a ausência de contaminação fecal nos mesmos, que se encontram dentro dos padrões de exigência para esses parâmetros da Portaria 2914/2011, como pode ser visto na Tabela 1.

O Reservatório R9, também de acordo com as Tabelas 8, não apresentou qualquer alteração para os parâmetros Coliformes totais e bactérias heterotróficas comprovando assim a eficácia do tratamento, e principalmente no que diz respeito ao processo de desinfecção por cloração, realizada pela ETA – Gravatá, mantendo seu poder de desinfecção até o referido local de armazenamento e distribuição, haja vista que é o primeiro a receber a água após o tratamento.

Os reservatórios R1, R4 e R5 apresentaram presença de Coliformes totais como pode ser observado na Tabela 8. Esse fato pode ter ocorrido, devido ao racionamento que atravessa a cidade de Campina Grande - PB, na mesma ocorre um rodízio de abastecimento de tal forma que, todos os reservatórios com exceção do R9 ficam fora de operação durante três dias consecutivos, e permanecendo cheio, o que certamente aumentou o tempo para formação de UFC/mL.

Apenas dois resultados não apresentaram conformidade dentro do que estabelece a Portaria 2914/2011, que podem ser observados na tabela 1, que diz que o VMP é de 500 UFC/ml, esses resultados fora dos parâmetros ocorreram no R4.

Na terceira semana observou-se uma redução de bactérias heterotróficas levando a ausência total, com exceção da amostra do R4 que teve presença de Coliformes totais e bactérias heterotróficas acima do VMP estabelecido na Portaria 2914/2011.

Na quarta semana de análises foi observada a ausência de coliformes totais e *E. Coli*, já para contagem de bactérias heterotróficas todas as amostras dos reservatórios R1, R4 e R5 deram positivas, porém com níveis aceitáveis segundo a Tabela 1.

Durante esse tempo fora de operação o cloro adicionado durante a cloração na ETA perde seu poder de desinfecção, ou seja, de anular a atividade de micro-organismos patogênicos, algas e bactérias. Como a maioria dos reservatórios não é vedado adequadamente há uma alta probabilidade de serem contaminados por agentes externos.

Observou-se que na terceira semana de análises houve ausência bactérias e Coliformes totais, com exceção do R4, que por motivo de manutenção em uma de suas redes de distribuição continuou fora de operação.

Tabela 8. Resultado das análises bacteriológicas

Reservatórios	Semana	<i>E. Coli</i>	Coliformes totais	CBH UFC/ml
R1	1 ^a	Ausente	Presente	$3,1 \times 10^2$
	2 ^a	Ausente	Presente	$3,7 \times 10^2$
	3 ^a	Ausente	Ausente	Ausente
	4 ^a	Ausente	Ausente	$1,6 \times 10^2$
R4	1 ^a	Ausente	Presente	$1,4 \times 10^3$
	2 ^a	Ausente	Presente	$3,6 \times 10^3$
	3 ^a	Ausente	Presente	$1,0 \times 10^2$
	4 ^a	Ausente	Ausente	$6,6 \times 10^1$
R5	1 ^a	Ausente	Presente	$5,6 \times 10^1$
	2 ^a	Ausente	Presente	$3,6 \times 10^2$
	3 ^a	Ausente	Ausente	Ausente
	4 ^a	Ausente	Ausente	$5,6 \times 10^1$
R9	1 ^a	Ausente	Ausente	Ausente
	2 ^a	Ausente	Ausente	Ausente
	3 ^a	Ausente	Ausente	Ausente
	4 ^a	Ausente	Ausente	Ausente

Durante todas as coletas o R9 esteve em pleno funcionamento, ou seja, recebendo constantemente água da estação de tratamento, portanto com seu poder de desinfecção do processo de cloração continuou preservado e ativo, sendo constatada ausência total de qualquer tipo de bactérias.

De acordo com os resultados obtidos para alguns parâmetros das análises físico-químicas, observou-se nas Tabelas 09, 10, 11 e 12 que a água é classificada como salina e

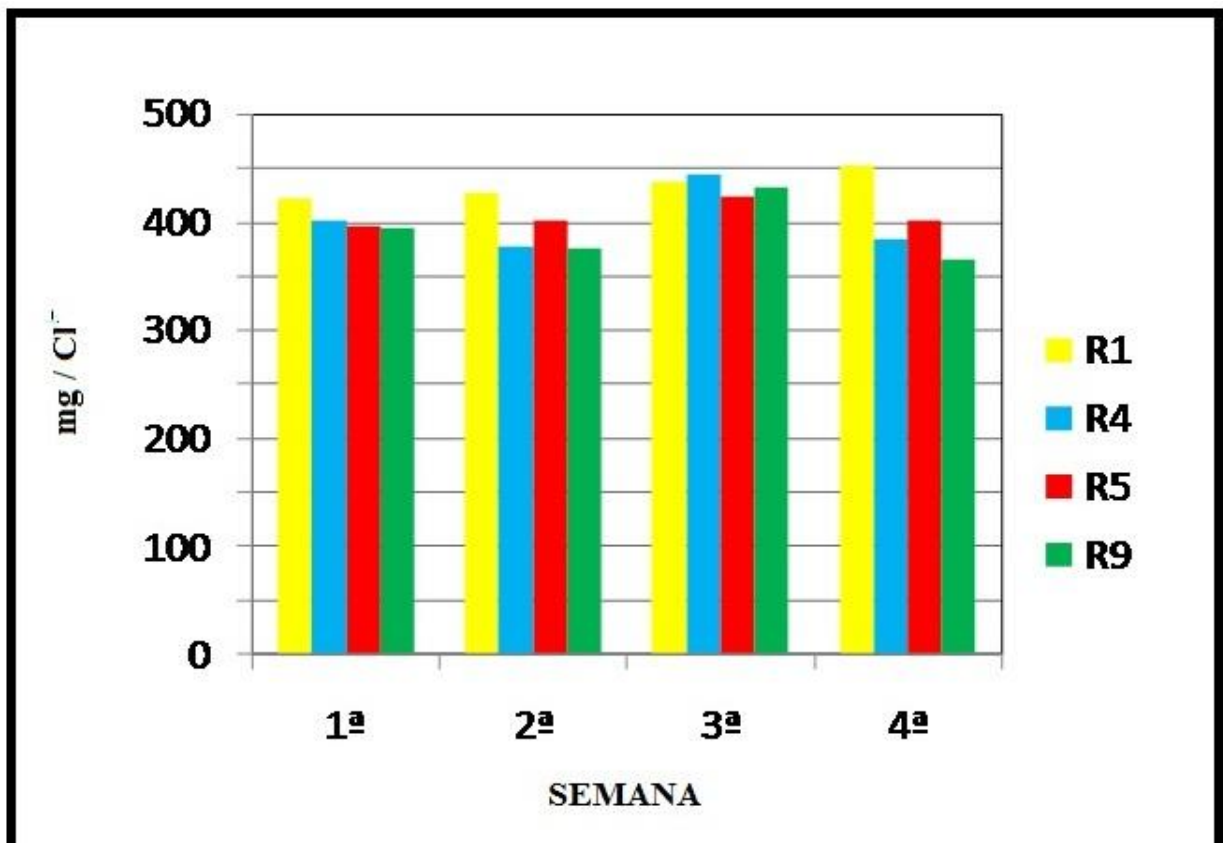
todos os parâmetros com exceção dos cloretos estão dentro dos padrões de potabilidade que a legislação vigente em nosso país exige (Portaria MS 2914/2011).

O conhecimento do teor de cloretos em água tratada tem por finalidade obter informações sobre o seu grau de mineralização, como o manancial está localizado em um solo muito rico em cálcio e magnésio com pode ser observado nas tabelas abaixo, esses sais tornam-se difíceis de serem removidos e em contato com o cloro no processo de cloração tornam-se cloretos de cálcio e cloreto de magnésio.

Os cloretos também indicam contaminação por esgotos, mas como as amostras em estudo provêm de saída de reservatórios descarta-se essa possibilidade. A alta concentração de cloretos, também pode ocasionar nas redes de distribuição um aumento significativo de incrustações e corrosões ocasionando rompimentos (CAGEPA 2008).

Como podemos analisar no Gráfico 1, abaixo a água distribuída a população de Campina Grande a água tem na atualidade uma concentração média de $400\text{mg de Cl}^- \text{L}^{-1}$.

Gráfico 1. Quantidade de cloretos por reservatórios.



Em água potável, o sabor produzido pelo íon Cl^- varia em função da sua concentração, como também da composição química da água que neste caso predomina cálcio

e magnésio alterando assim, as características sensoriais e organolépticas conferindo-lhe a mesma um sabor desagradável.

Assim, águas contendo 250 mg Cl⁻/L conferem um sabor salino detectável, se o cátion que propicia o equilíbrio iônico da solução for o sódio (Na⁺). Enquanto que, no caso o cátion predominante for cálcio ou magnésio, o gosto salino também se torna perceptível. Além de provocar incrustações nas tubulações causando rompimento das mesmas, e para a população ressecamento da pele e efeitos laxativos.

Em suma a água destinada ao consumo humano não deve apresentar gosto ou odor perceptíveis. Na verdade, a água tem um sabor característico, que se deve à presença de sais e gases nela dissolvidos. O senso comum, porém, classifica esse sabor como "sem gosto", pela comparação com outros sabores. Assim, qualquer sabor (ou odor) diferente daquele que é característico de águas "sem gosto" é considerado como objetável.

Se a água apresenta gosto ou odor objetáveis, ela é suspeita e portanto não deve ser ingerida, até que se identifique qual é a substância que está provocando esse gosto ou odor e a sua concentração, para que se possa avaliar o risco sanitário que ela representa.

Tabela 9. Resultado das análises físico-químicas 1ª semana 24/08/2016

		Resultados encontrados nas amostras				
Parâmetros	Unidades	R1	R4	R5	R9	VMP
Dióxido de carbono (CO ₂)	mg/L	3,52	5,28	3,52	7,04	-
Alcal. em Hidróxidos (CaCO ₃)	mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Alcal. em Carbonatos (CaCO ₃)	mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Alcal. em Bicarbonatos (CaCO ₃)	mg/L	76,20	79,00	80,40	81,60	-
Alcalinidade Total (CaCO ₃)	mg/L	76,20	79,00	80,40	81,60	-
Oxigênio Consumido (O ₂) M.A.	mg/L	3,19	3,33	3,67	3,18	-
Aspecto	-	Límpido	Límpido	Límpido	Límpido	Límpido
Cor Aparente	Hazen	6,70	9,10	3,20	3,70	15
Turbidez	Nefelométrica UNT	1,17	1,16	0,55	0,67	5
pH	-	7,80	7,80	8,00	7,50	6,0 a 9,5
Temperatura	°C	23,50	23,80	23,70	23,70	-
Condutividade	µS/cm	791,40	793,70	797,60	794,20	-
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	838,00	839,00	845,00	840,00	1.000
Salinidade	%	0,90	0,90	0,90	0,90	> 30
Amônia (como NH ₃)	mg/L	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	1,5
Nitrato (como N)	mg/L	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	10
Sulfato	mg/L	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	250
Cloreto	mg/L	421,60	401,10	396,10	395,60	250
Cálcio (CaCO ₃)	mg/L	55,00	53,00	56,00	53,00	-
Magnésio (CaCO ₃)	mg/L	227,00	226,20	227,20	220,20	-
Dureza (CaCO ₃)	mg/L	282,00	279,20	283,20	273,20	500

Tabela 10. Resultado das análises físico-químicas 2ª semana 31/08/2016

		Resultados encontrados nas amostras				
Parâmetros	Unidades	R1	R4	R5	R9	VMP
Dióxido de carbono (CO ₂)	mg/L	2,64	3,52	4,40	4,40	-
Alcal. em Hidróxidos (CaCO ₃)	mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Alcal. em Carbonatos (CaCO ₃)	mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Alcal. em Bicarbonatos (CaCO ₃)	mg/L	76,20	76,50	85,20	79,90	-
Alcalinidade Total (CaCO ₃)	mg/L	76,20	76,50	85,20	79,90	-
Oxigênio Consumido (O ₂) M.A.	mg/L	4,35	4,64	4,04	3,97	-
Aspecto	-	Límpido	Límpido	Límpido	Límpido	Límpido
Cor Aparente	Hazen	9,10	12,10	3,80	3,60	15
Turbidez	Nefelométrica UNT	1,58	1,88	0,94	0,85	5
pH	-	7,90	7,90	7,80	7,80	6,0 a 9,5
Temperatura	°C	24,00	24,30	24,00	24,00	-
Condutividade	µS/cm	798,52	802,82	803,29	804,25	-
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	840,00	848,00	847,00	846,00	1.000
Salinidade	%	0,90	0,90	0,90	0,90	> 30
Amônia (como NH ₃)	mg/L	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	1,5
Nitrato (como N)	mg/L	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	10
Sulfato	mg/L	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	250
Cloreto	mg/L	409,10	490,10	465,09	429,08	250
Cálcio (CaCO ₃)	mg/L	80,00	61,00	87,00	79,00	-
Magnésio (CaCO ₃)	mg/L	192,80	205,80	195,00	190,60	-
Dureza (CaCO ₃)	mg/L	272,80	266,80	282,00	269,60	500

Tabela 11. Resultado das análises físico-químicas 3ª semana 01/09/2016

		Resultados encontrados nas amostras				
Parâmetros	Unidades	R1	R4	R5	R9	VMP
Dióxido de carbono (CO ₂)	mg/L	4,40	7,04	4,40	5,28	-
Alcal. em Hidróxidos (CaCO ₃)	mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Alcal. em Carbonatos (CaCO ₃)	mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Alcal. em Bicarbonatos (CaCO ₃)	mg/L	76,30	76,70	76,20	77,60	-
Alcalinidade Total (CaCO ₃)	mg/L	76,30	76,70	76,20	77,60	-
Oxigênio Consumido (O ₂) M.A.	mg/L	4,00	3,81	4,14	4,22	-
Aspecto	-	Límpido	Límpido	Límpido	Límpido	Límpido
Cor Aparente	Hazen	2,10	9,00	3,20	2,40	15
Turbidez	Nefelométrica UNT	0,89	2,73	0,52	1,08	5
pH	-	8,00	8,00	7,80	7,60	6,0 a 9,5
Temperatura	°C	25,50	25,40	25,10	25,20	-
Condutividade	µS/cm	830,98	829,07	829,55	833,36	-
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	846,00	846,00	852,00	852,00	1.000
Salinidade	%	0,90	0,90	0,90	0,90	> 30
Amônia (como NH ₃)	mg/L	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	1,5
Nitrato (como N)	mg/L	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	10
Sulfato	mg/L	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	250
Cloreto	mg/L	427,08	377,07	402,08	376,57	250
Cálcio (CaCO ₃)	mg/L	73,00	70,00	83,00	184,00	-
Magnésio (CaCO ₃)	mg/L	214,60	216,00	199,80	116,00	-
Dureza (CaCO ₃)	mg/L	287,60	286,00	282,80	300,00	500

Tabela 12. Resultado das análises físico-químicas 4ª semana 08/09/2016

		Resultados encontrados nas amostras				
Parâmetros	Unidades	R1	R4	R5	R9	VMP
Dióxido de carbono (CO ₂)	mg/L	8,80	2,64	3,52	4,40	-
Alcal. em Hidróxidos (CaCO ₃)	mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Alcal. em Carbonatos (CaCO ₃)	mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Alcal. em Bicarbonatos (CaCO ₃)	mg/L	16,30	15,80	16,30	15,90	-
Alcalinidade Total (CaCO ₃)	mg/L	16,30	15,80	16,30	15,90	-
Oxigênio Consumido (O ₂) M.A.	mg/L	4,97	4,68	4,44	4,38	-
Aspecto	-	Límpido	Límpido	Límpido	Límpido	Límpido
Cor Aparente	Hazen	13,50	3,30	2,00	10,70	15
Turbidez	NefelométricaU NT	3,00	1,14	0,96	2,06	5
pH	-	7,80	7,70	7,70	7,60	6,0 a 9,5
Temperatura	°C	26,80	24,90	25,30	25,10	-
Condutividade	µS/cm	856,75	871,93	837,66	834,32	-
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	848,00	858,00	856,00	858,00	1.000
Salinidade	%	0,90	0,90	0,90	0,90	> 30
Amônia (como NH ₃)	mg/L	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	1,5
Nitrato (como N)	mg/L	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	10
Sulfato	mg/L	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	250
Cloreto	mg/L	465,09	385,08	401,58	366,07	250
Cálcio (CaCO ₃)	mg/L	70,00	64,00	69,00	58,00	-
Magnésio (CaCO ₃)	mg/L	217,60	226,80	213,40	217,60	-
Dureza (CaCO ₃)	mg/L	287,60	290,80	282,40	275,60	500

VPM (Valores máximos permissíveis para que uma água seja considerada potável de acordo com a portaria 2914/2011, e para salinidade > 30 água salina CONAMA - / Resolução N° 357/2005).

6 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos nas análises observa-se que todos os reservatórios apresentaram ausência de *E. coli*, como essa bactéria e exclusiva do trato intestinal conclui-se que não há contaminação por esgotos da água dos reservatórios.

A ausência de coliformes totais e bactérias heterotróficas no R9 indicam que o tratamento de água bruta na ETA – Gravatá e adução até o reservatório de água tratada mantém sua integridade, e é extremamente eficaz.

Os reservatórios R4, R5 e R1 que tiveram presença de Coliformes totais e bactérias heterotróficas, apontaram falhas na integridade do sistema de reservatórios, pois os mesmos apresentam problemas de vedação nas saídas de ar, ficando propenso á contaminação por agentes externos.

O R4 apresentou contagem de bactérias heterotróficas acima do que a legislação permite.

De um modo geral o tratamento na ETA – Gravatá é extremamente eficiente, mas como a cidade de Campina Grande – PB passa por um racionamento em seu abastecimento de água, os reservatórios R1, R4 e R5 passam três dias cheios e fora de operação perdendo assim seu poder de cloração e tornando o ambiente propício a proliferação de bactérias.

Pode se observar que em todos os reservatórios analisados R1, R4, R5 e R9 os cloretos estavam acima do padrão recomendado pela legislação vigente.

7 SUGESTÕES

Para preservar a integridade do sistema nos reservatórios e recomendável:

- A limpeza periódica dos mesmos.
- A manutenção de entradas de ar, com instalação de telas para evitar contaminação por agentes externos.
- Cloração adicional antes de colocar em operação os reservatórios parados devido ao racionamento.

Para retirada do excesso de cloretos pode-se ser aplicada dessalinização através de:

- Destilação.
- Osmose inversa.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AESA - Agência Executiva de Gestão das águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/>>. Acesso em julho. 2016.

ALMEIDA, H. A. de. Probabilidade de ocorrência de chuva. CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico n. 182, 32p. 2001.

ANA. Agência Nacional Das Águas. Portal da Qualidade das águas 2013. Disponível em <<http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/introdu%20>>. Acesso em: 11 de julho 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde Portaria MS Nº 2914 DE 12/12/2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Manual de saneamento. 3.ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006.

CAGEPA (Companhia de água e Esgoto da Paraíba). Dados dos reservatórios do sistema de água de Campina Grande, Pocinhos, Galantes - PB, 2009.

DI BERNARDO, L.; DI BERNARDO, A.; CENTURIONE FILHO, P.L. (2002). Ensaio de Tratabilidade de Água e dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água. São Carlos. RIMA

DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra a Seca. Disponível em; <http://www.dnocs.gov.br/barragens/boqueirao>. Acesso em julho de 2016.

EMBRAPA, Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água, Embrapa Floresta, Colombo PR (2011).

GARCEZ, L. N. Manual de procedimentos E técnicas laboratoriais Voltado para análises de Águas e esgotos sanitários. São Paulo, 2004.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. de. (Org.). Abastecimento de água para consumo humano. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006. 859p.

NIKAIDO M, Oliveira AS, Trevilato TMB & Segura-Muñoz SI. 2004.

MACHADO, W.C.P. Indicadores da qualidade da água na bacia. Hidrográfica do rio pato branco. Tese (doutorado em geologia), UFPR, Curitiba, 2006.

OLIVEIRA, T. K. Avaliação da qualidade da água do rio macaco e Estabelecimento do seu índice de qualidade. Pato Branco 2014.

PES, João Hélio Ferreira. A constitucionalização de direitos humanos elencados em tratados. Ijuí: Editora Unijuí, 2010. . O Mercosul e as águas: : a harmonização, via Mercosul, das

normas de proteção às águas transfronteiriças do Brasil e Argentina. Santa Maria: UFSM, 2005.

PHILIPPI JR., A. Saneamento, Saúde e Ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. 1ed. Barueri: Manole, 2005.

SANTOS, S. G. Distribuição espacial de bactérias heterotróficas na rede de distribuição de água de campina grande-pb. Trabalho de conclusão de curso. Campina Grande: 2011.

STANDARD. métodos para o exame de água e de águas residuais. 16ª edição. Washington: APHA de 1985.

SILVA, N.; NETO, R. C.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. de A. Manual de métodos de análise microbiológica de água. São Paulo: Livraria Varela, 2005. 165 p.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológicos de águas residuárias: introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Vol.1. 3ª ed. Belo Horizonte: UFMG; 2005.

