



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE QUÍMICA INDUSTRIAL**

MARCELLA SANTOS PEDROSA

**CONTROLE DE QUALIDADE DA ÁGUA DE UMA CIDADE DE PEQUENO PORTE
DO ESTADO DA PARAÍBA**

CAMPINA GRANDE-PB

2014

MARCELLA SANTOS PEDROSA

**CONTROLE DE QUALIDADE DA ÁGUA DE UMA CIDADE DE PEQUENO PORTE
DO ESTADO DA PARAÍBA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à banca examinadora da graduação do curso de Química Industrial como requisito para obtenção do Título de **Químico Industrial**, pela Universidade Estadual da Paraíba.

ORIENTADORA: Profa. Dra. LÍGIA MARIA RIBEIRO LIMA

CAMPINA GRANDE-PB

2014

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.

P372c Pedrosa, Marcella Santos.

Controle de qualidade da água de uma cidade de pequeno porte do estado da Paraíba [manuscrito] / Marcella Santos Pedrosa. - 2014.

38 p. : il. color.

Digitado.

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

"Orientação: Profa. Dra. Lígia Maria Ribeiro Lima, Departamento de Química".

1. Tratamento de água. 2. Controle de qualidade. 3. Qualidade físico-química. I. Título.

21. ed. CDD 628.3

MARCELLA SANTOS PEDROSA

CONTROLE DE QUALIDADE DA ÁGUA DE UMA CIDADE DE PEQUENO PORTE
DO ESTADO DA PARAÍBA

Aprovado em: 30 / 07 / 2014 /

Nota: 10,0 (Dez noz. zero)

Trabalho de conclusão de curso apresentado à banca examinadora da graduação do curso de Química Industrial como requisito para obtenção do Título de **Químico Industrial**, pela Universidade Estadual da Paraíba

BANCA EXAMINADORA

Lima

Profa. Dra. LÍGIA MARIA RIBEIRO LIMA

(Orientadora – DESA/ UEPB)

Márcia Ramos Luiz

Profa. Dra. MÁRCIA RAMOS LUIZ

(Examinadora – DESA/ UEPB)

Silva

Profa. Dra. VERA LÚCIA MEIRA DE MORAIS SILVA

(Examinadora – DQ/ UEPB)

CAMPINA GRANDE-PB

2014

AGRADECIMENTOS

A Deus, que permitiu e me deu forças para esta caminhada.

A minha família, meu pai Gilberto Pedrosa de Vasconcelos, minha mãe Maria do Socorro Santos Pedrosa e meu irmão Bruno Santos Pedrosa, por me proporcionarem as condições financeiras e afetivas para tal formação.

A minha orientadora profa. Dra. Lígia Maria Ribeiro Lima, por se fazer presente, e de forma notável e singular em toda a graduação.

Agradeço a todos os meus amigos, aos que conquistei antes da graduação, assim como aos que institui ao longo da mesma, por sempre se fazerem presentes.

A todos os funcionários da companhia de água pesquisada, pela cooperação no decorrer da realização do meu estágio, que coadjuvaram no meu desenvolvimento profissional e pessoal.

A Universidade Estadual da Paraíba, pelo ensejo de oferecer um ensino público e de qualidade.

Em síntese, a todos que foram cruciais e fizeram a diferença, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

Sabe-se da importância de se tratar a água destinada ao consumo humano, pois, a mesma é capaz de veicular grande quantidade de contaminantes físico-químicos, cujo consumo tem sido associado a diversos problemas de saúde. Assim, é necessário saber se a qualidade da água destinada ao consumo humano, responde as exigências da legislação. O objetivo desta pesquisa foi avaliar o controle de qualidade da água tratada que abastece uma cidade de pequeno porte no estado da Paraíba. Foram coletadas amostras de água em vários pontos distintos da cidade, para análise de determinação do pH com leitura direta no pHmetro, determinação da cor pelo método de leitura do colorímetro digital e determinação de turbidez utilizando o método do Turbidímetro digital. Os resultados das análises para o pH, no período chuvoso, meses de janeiro e junho, não atenderam ao padrão exigido pela legislação. Para turbidez, todas as amostras encontraram-se de acordo com os padrões exigidos pela legislação. Os valores obtidos para as análises da cor, no período chuvoso, meses de janeiro e junho, apresentaram valores acima do valor máximo permitido pela legislação. Nos períodos chuvosos, as alterações presentes são associadas a um maior fluxo de água, sendo necessária maior atenção para as alterações que a água sofre para um controle futuro adequado.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de água, controle de qualidade, qualidade físico-química.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	08
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	10
1.1 CICLO HIDROLÓGICO.....	10
1.2 DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA NA TERRA.....	11
1.2.1 Distribuição da água no Brasil.....	11
1.3 UTILIZAÇÃO DA ÁGUA.....	12
1.4 QUALIDADE DA ÁGUA PARA O CONSUMO.....	13
1.5 PADRÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	14
1.5.1 Padrões de Potabilidade.....	14
1.5.2 Padrões de Corpos D'Água.....	14
1.6 ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	15
1.7 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	16
1.8 VARIAÇÕES DO CONSUMO DE ÁGUA.....	17
1.9 DOENÇAS RELACIONADAS À ÁGUA.....	17
1.9.1 Doenças de veiculação hídrica.....	18
1.10 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA ÁGUA.....	20
1.10.1 Cor aparente.....	20
1.10.2 Turbidez.....	20
1.10.3 Potencial Hidrogeniônico (pH).....	20
2. METODOLOGIA.....	22
2.1 ETAPAS DE TRATAMENTO DA ÁGUA.....	22
2.1.1 Captação.....	22
2.1.2 Transporte (Adução).....	22
2.1.3 Tratamento.....	22
2.1.4 Processos Unitários.....	23
I) Coagulação.....	23
II) Floculação.....	24
III) Decantação ou Sedimentação.....	24
IV) Filtração.....	24
V) Desinfecção.....	25
VI) Tratamento Complementar.....	26

2.2 PRODUTOS QUÍMICOS UTILIZADOS. NAS ETA's.....	26
2.2.1 Sulfato de Alumínio.....	26
2.2.2 Cal.....	26
2.2.3 Cloro.....	27
2.3 TRATAMENTO NA ETA DA CIDADE EM ESTUDO.....	27
3. RESULTADOS DAS ANÁLISES DA QUALIDADE DA ÁGUA TRATADA.....	30
3.1 COR APARENTE.....	30
3.2 TURBIDEZ.....	32
3.3 POTENCIAL HIDROGÊNIONICO (pH).....	33
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35
5 REFERÊNCIAS.....	36

INTRODUÇÃO

A água é, provavelmente, o único recurso natural que tem a ver com todos os aspectos da civilização humana, desde o desenvolvimento agrícola e industrial aos valores culturais e religiosos arraigados na sociedade. É um recurso natural essencial, seja como componente bioquímico de seres vivos, como meio de vida de várias espécies vegetais e animais, como elemento representativo de valores sociais e culturais e até como fator de produção de vários bens de consumo final e intermediário (CNPAM, 2011).

A saúde humana está vinculada a um suprimento de água potável segura, adequada, acessível e confiável. Entretanto, sabe-se que boa parte da água doce disponível no planeta encontra-se em algum estágio de contaminação (CETESB, 2002).

A água potável é limpa e transparente e não contém microrganismos e substâncias que possam transmitir ou causar doenças aos seres humanos. (GASPAROTTO, 2011).

Segundo a Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS) (2001), todas as pessoas em quaisquer estágios de desenvolvimento e condições socioeconômicas têm o direito de ter acesso a um suprimento adequado de água potável e seguro. Essa organização define como “seguro” a oferta de água que não represente um risco significativo à saúde, que esteja disponível continuamente e em quantidade suficiente para atender a todas as necessidades domésticas, e que tenha um custo acessível (DE QUEIROZ, 2006).

A Portaria 2914 datada de 12 de dezembro de 2011 dispõe as exigências mínimas do Ministério da Saúde, estabelecidos a partir de recomendações da Organização Mundial de Saúde, referente à água para consumo humano. Mais precisamente, esta Portaria estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Considerando a importância do tratamento da água para o consumo humano, o presente trabalho teve com objetivo analisar a água distribuída em uma cidade de

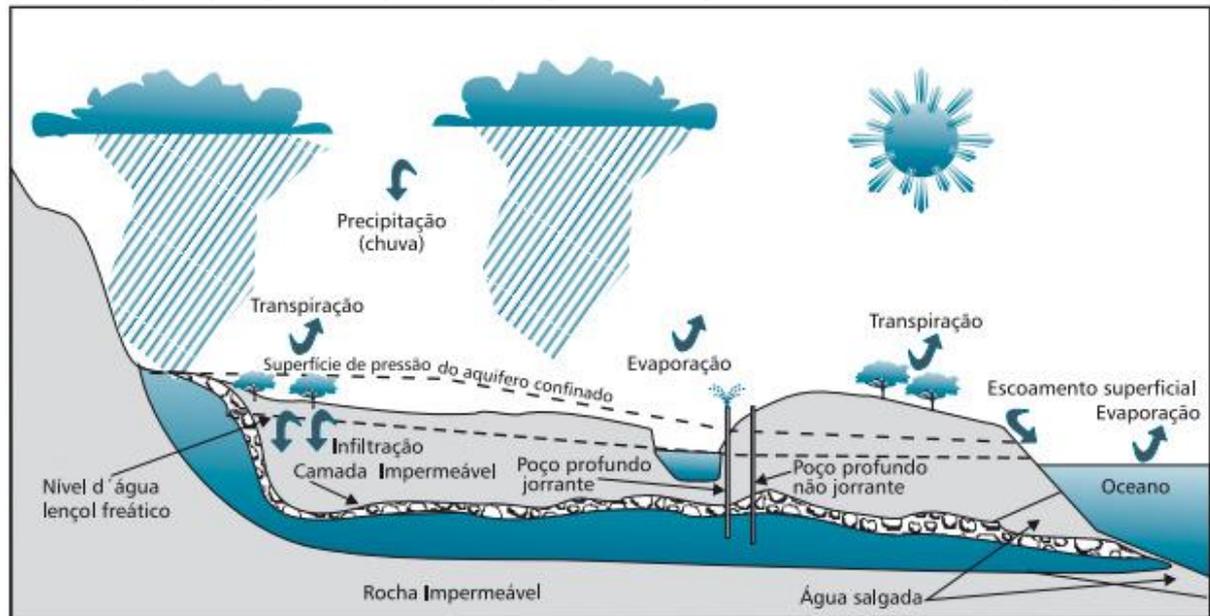
pequeno porte do Estado da Paraíba em relação ao controle de qualidade, analisando seus parâmetros físico-químicos durante o ano de 2013 a fim de ratificar se a água distribuída nesta cidade se encontrava dentro dos parâmetros exigidos pelo dispositivo legal em vigor no Brasil.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 CICLO HIDROLÓGICO

O Ciclo Hidrológico, representado na Figura 1, é o nome dado à dinâmica permanente da água no planeta. Descreve as etapas ou os mecanismos (formas) de transferência ou movimentação da água em seus diversos estados (líquido, sólido ou gasoso), quais sejam, a precipitação, a evapotranspiração, a infiltração e o escoamento superficial (BRASIL, 2006).

Figura 1 - O ciclo hidrológico e os principais processos de movimentação da água na natureza (precipitação, evapotranspiração, infiltração e escoamento superficial).



Fonte: BRASIL, (2006).

Ainda que o total da água que participa do ciclo hidrológico não se altere, por se tratar de um ciclo fechado, podem-se modificar a sua distribuição e a sua qualidade nos principais ambientes que retêm a água, ainda que transitoriamente (atmosfera, oceanos e continentes). Ou seja, mesmo não se alterando o total de chuva, se cuidados não forem tomados para a sua permanência em boas condições de uso no local de interesse, a água pode ficar cada vez mais inacessível àqueles que dela necessitam. Assim, a vegetação é de fundamental importância para a retenção da água nos continentes, pois dela depende a maior ou a menor quantidade da água que se infiltra no solo, parcela esta que garante as vazões das nascentes e dos

poços, além de ser a grande responsável pela perenidade dos corpos da água superficial (BRASIL, 2006).

1.2 DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA NA TERRA

A água ocupa um lugar específico entre os recursos naturais. É a substância mais abundante no planeta, embora disponível em diferentes quantidades em diferentes lugares (TUNDISI, 2005).

Observa-se no Quadro 1 que, de toda a água existente na Terra, somente 2,7% é água doce. Pode-se também verificar que de toda a água doce disponível para uso da humanidade, cerca de 98% está na forma de água subterrânea (HARTMAN, 1996).

Quadro 1 - Distribuição da água na Terra.

TIPOS	OCORRÊNCIA	VOLUME (km ³)	PORCENTAGEM
Água superficial	Rios	1.250	0,00009
	Lagos	125.000	0,00919
Água doce subterrânea	Umidade do solo	67.000	0,00493
	Até 800 metros	4.164.000	0,30618
	Abaixo de 800 metros	4.164.000	0,30618
Água doce sólida (gelo)	Geleiras e glaciais	29.200.000	2,14706
Água salgada	Oceanos	1.320.000.000	97,05882
	Lagos e mares	150.000	0,00772
Vapor de água	Atmosfera	12.900	0,00095
TOTAL		1.360.000.000	100,00

Fonte: Adaptado de HARTMAN (1996).

1.2.1 Distribuição da Água no Brasil

O Brasil é um País privilegiado com relação à disponibilidade de água, detém 53% do manancial de água doce disponível na América do Sul e possui o maior rio do planeta (rio Amazonas). Os climas equatorial, tropical e subtropical que atuam sobre o território, proporcionam elevados índices pluviométricos. No entanto, mesmo com

grande disponibilidade de recursos hídricos, o país sofre com a escassez de água potável em alguns lugares (BRASIL ESCOLA, 2010).

A distribuição das águas doce de superfície e da população no Brasil está relacionada no Quadro 2.

Quadro 2 - Distribuição das águas doce de superfície e da população no Brasil.

REGIÃO	PORCENTAGEM DAS ÁGUAS DOCE DE SUPERFÍCIE	PORCENTAGEM DA POPULAÇÃO
Norte	68,5	6,83
Centro-Oeste	15,7	6,42
Nordeste	3,3	28,94
Sudeste	6,0	42,73
Sul	6,5	15,07
TOTAL	100	100

Fonte: Adaptada de HARTMAN (1996).

No Quadro 3 está ilustrada a distribuição da água conforme as regiões do Brasil. O Brasil apresenta 8% de toda água doce disponível no mundo.

Quadro 3 - Distribuição da água conforme as regiões do Brasil.

Região	Vazão urbana (km³/ano)	Vazão Industrial (km³/ano)
Norte	0,36	0,50
Centro-Oeste	0,59	0,14
Nordeste	2,06	0,55
Sudeste	5,17	5,56
Sul	1,74	1,45
Total	9,92	8,20

Fonte: Adaptada de HARTMAN (1996).

1.3 UTILIZAÇÃO DA ÁGUA

A utilização da água dependerá da sua finalidade e disponibilidade. Por ser um dos recursos mais intensamente utilizados e, fundamental para a existência e a manutenção da vida, deve estar presente no ambiente em quantidade e qualidade apropriada.

Segundo Von Sperling (1996) a água por ser um constituinte inorgânico possui diversas aplicações, dentre as principais:

- Abastecimento doméstico.
- Abastecimento industrial.
- Irrigação.
- Dessedentação de animais.
- Preservação da flora e da fauna.
- Recreação e lazer.
- Criação de espécies.
- Geração de energia elétrica.
- Navegação.
- Harmonia paisagística.
- Diluição e transporte de despejos.

Em termos gerais, apenas a utilização para abastecimento doméstico e abastecimento industrial estão frequentemente associados a um tratamento prévio da água, face aos seus requisitos de qualidade mais exigentes (VON SPERLING, 1996).

1.4 QUALIDADE DA ÁGUA PARA O CONSUMO

O conceito de qualidade de água é muito mais amplo do que a simples caracterização da água por sua fórmula molecular (H_2O). Isto porque a água, devido às suas propriedades de solvente e à sua capacidade de transportar partículas, incorpora a si diversas impurezas, as quais definem a qualidade da água (VON SPERLING, 1996).

Além disso, as substâncias dissolvidas e as partículas presentes no seio da massa líquida são transportadas pelos cursos d'água, mudando continuamente de posição e estabelecendo um caráter fortemente dinâmico para a questão da qualidade da água (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

As características de uma determinada água, que justificam designá-la de "boa qualidade", são diretamente dependentes do uso a que se destina. Podem ser citados os seguintes tipos de água:

- a) Água Bruta: Quando a água não passa por nenhum processo de tratamento.
- b) Água Tratada: Quando a água bruta passa por algum processo de tratamento.
- c) Água Potável: Quando a água tratada atende aos padrões de potabilidade.

1.5 PADRÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA

1.5.1 Padrões de Potabilidade

A qualidade da água para consumo humano tornou-se uma questão de saúde pública no final do século XIX e início do século XX. Mas para o efetivo controle sanitário, fez-se necessária a implantação de um processo de normatização e regulamentação, abordando os principais desafios e perspectivas da vigilância da qualidade da água para o consumo humano (DOS SANTOS, 2007).

Para a Organização Mundial da Saúde (OMS) e seus países membros, “todas as pessoas, em quaisquer estágios de desenvolvimento e condições socioeconômicas têm o direito de ter acesso a um suprimento adequado de água potável e “segura”. “Segura”, neste contexto, refere-se a uma oferta de água que não represente um risco significativo à saúde, que tenha quantidade suficiente para atender a todas as necessidades domésticas, que seja disponível continuamente e que tenha um custo acessível (GASPAROTTO, 2011).

Essa potabilidade é alcançada mediante várias formas de tratamento, sendo que a mais tradicional inclui basicamente as etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção (FREITAS, 2002).

A água para consumo humano deve estar de acordo com o que estabelece o dispositivo legal em vigor no Brasil. As exigências mínimas do Ministério da Saúde, estabelecidos a partir de recomendações da Organização Mundial de Saúde, estão dispostas na Portaria 2914 datada de 12 de dezembro de 2011. Que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

É importante ressaltar que os padrões não se restringem às substâncias que podem causar danos à saúde, eles incluem também as substâncias que alteram o aspecto e o gosto da água, ou causam algum tipo de odor (VON SPERLING, 1996).

1.5.2. Padrão de Corpos D'Água

A Resolução CONAMA n. 357, datada de 17 de Março de 2005, do Ministério do Meio Ambiente, “dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes

ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.”

1.6 ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Dentre os vários usos da água, esse é considerado o mais nobre e prioritário, uma vez que o homem depende de uma adequada oferta de água para a sua sobrevivência.

A Lei n. 9.433/97 define que “a água é um bem de domínio público e possui valor econômico” e que “em situação de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais.” (BRASIL, 1997).

Segundo Oliveira (1976), alguns fatores específicos também devem ser levados em consideração antes da elaboração de um projeto para a rede de abastecimentos, tais como:

- Características da cidade.
- Tamanho da cidade.
- Crescimento da população.
- Vazão.
- Clima da região.
- Custo da água (valor da tarifa).
- Disponibilidade.
- Qualidade da água (sabor, cor e odor).
- Pressão na rede de distribuição (adutora).
- Ocorrência de chuvas.
- Estimativa de chuva.

A água usada para abastecimento doméstico deve apresentar características sanitárias e toxicológicas adequadas, tais como estar isenta de organismos patogênicos (organismos que transmitem doenças pela ingestão ou contato com a água contaminada) e substâncias tóxicas, para evitar danos à saúde e ao bem-estar do homem (BRAGA, 2005).

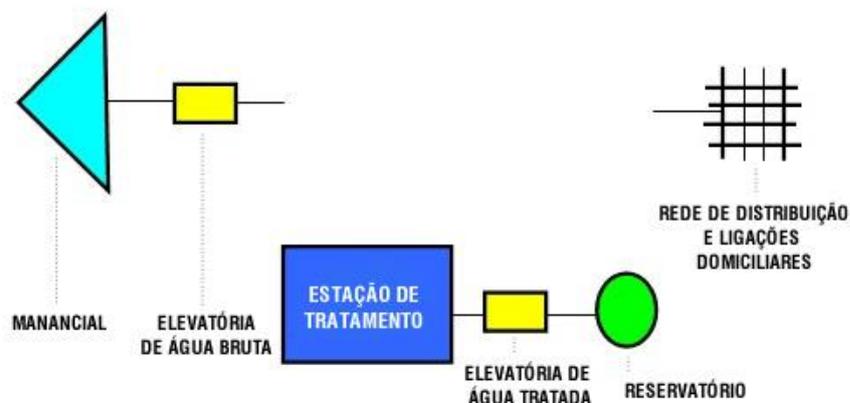
É importante manter os reservatórios domésticos e filtros em condições adequadas para que não venham alterar a qualidade da água fornecida pelo sistema de abastecimento.

1.7 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Os Sistemas de Abastecimento de Água (SAA's) são obras de engenharia que, além de objetivarem assegurar o conforto as populações e prover parte da infraestrutura das cidades, visam prioritariamente superar os riscos a saúde impostos pela água. Para que os SAA's cumpram com eficiência a função de proteger os consumidores contra o risco a saúde humana, é essencial um adequado e cuidadoso desenvolvimento de todas as suas fases: a concepção, o projeto, a implantação, a operação e a manutenção (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

Um Sistema de Abastecimento de água pode ser concebido e projetado para atender a pequenos povoados ou a grandes cidades, variando nas características e no porte de suas instalações. Caracteriza-se pela retirada da água da natureza, adequação de sua qualidade, transporte até os aglomerados humanos e fornecimento às populações em quantidade compatível com suas necessidades (FUNASA, 2006).

Na Figura 2 pode ser observado um modelo de Sistema de Abastecimento de Água.



Fonte: Adaptada da CAGEPA (2005).

Como definição o Sistema de Abastecimento Público de Água constitui-se no conjunto de obras, instalações e serviços, destinados a produzir e distribuir água a uma comunidade, em quantidade e qualidade compatíveis com as necessidades da população para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial (FUNASA, 2006).

1.8 VARIAÇÕES DO CONSUMO DE ÁGUA

No sistema de abastecimento de água ocorrem variações de consumo significativas, que podem ser anuais, mensais, diárias, horárias e instantâneas. No projeto do sistema de abastecimento de água, algumas dessas variações de consumo são levadas em consideração no cálculo do volume a ser consumido. De acordo com textos da FUNASA (2006), podem ser:

- Anuais: O consumo *per capita* tende a aumentar com o passar do tempo e com o crescimento populacional.
- Mensais: As variações climáticas (temperatura e precipitação) promovem uma variação mensal do consumo. Quanto mais quente e seco for o clima maior, é o consumo verificado.
- Diária: Ao longo do ano, haverá um dia em que se verifica o maior consumo. É obtido da relação entre o máximo consumo diário verificado no período de um ano e o consumo médio diário.
- Horária: Ao longo do dia têm-se valores distintos de pique de vazões horárias. Entretanto haverá uma determinada hora do dia em que a vazão de consumo será máxima. O consumo é maior nos horários de refeições e menores no início da madrugada.

1.9 DOENÇAS RELACIONADAS À ÁGUA

As águas apresentam importância sanitária e econômica. Do ponto de vista sanitário, o abastecimento de água visa controlar e prevenir doenças, implantar hábitos higiênicos na população, facilitar a limpeza pública e propiciar conforto e bem-estar. E do ponto de vista econômico, aumentar a vida média pela diminuição da mortalidade, aumentar a vida produtiva do indivíduo (tempo perdido com doenças), no uso comercial e na agricultura (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1981).

Hoje, sabe-se da importância de se tratar a água destinada ao consumo humano, pois, é capaz de veicular grande quantidade de contaminantes físico-químicos e/ou biológicos, cujo consumo tem sido associado a diversos problemas de saúde. Algumas epidemias de doenças gastrointestinais, por exemplo, têm como via de transmissão a água contaminada (GASPAROTTO, 2011).

De acordo com Ritcher e Azevedo Netto (1995) a Organização Mundial de Saúde (OMS), estabelece que cerca de 80% de todas as doenças que se alastram nos países em desenvolvimento são provenientes de água de má qualidade.

As doenças infecciosas relacionadas com a água de consumo são, sem dúvida, importantes agravos que podem acometer a população. São relevantes na medida em que apresentam caráter agudo, podem acometer grande número de indivíduos, ao mesmo tempo apresentam significativa abrangência espacial e, em alguns casos, levam ao óbito.

É importante destacar que tanto a qualidade da água quanto a sua quantidade e regularidade de fornecimento, são fatores determinantes para o acontecimento de doenças no homem (BRASIL, 2006).

1.9.1 Doenças de Veiculação Hídrica

No Brasil, estima-se que 60% das internações hospitalares estejam ligadas a precariedade do saneamento básico, diminuindo, assim, a expectativa de vida da população. Outros estudos indicam que 90% dessas doenças se devem a ausência de água em quantidade satisfatória ou qualidade imprópria para consumo, sendo que, no país, essa situação tem sido comumente encontrada (LARSEN, 2010).

De várias maneiras a água pode afetar a saúde do homem: pela ingestão direta, na preparação de alimentos; na higiene pessoal, na agricultura, na higiene do ambiente, nos processos industriais ou nas atividades de lazer, como destacado no Quadro 4 retirado de textos da FUNASA (2006).

Quadro 4 - Doenças relacionadas com a água.

GRUPOS DE DOENÇAS	FORMAS DE TRANSMISSÃO	PRINCIPAIS DOENÇAS	FORMAS DE PREVENÇÃO
Transmissão pelas via feco-oral	O organismo patogênico (causador da doença) é ingerido	Diarreias e disenterias; cóleras; giardíase; amebíase; ascaridíase (lombriga)	Proteger e tratar águas de abastecimento e evitar uso de fontes contaminadas
Controladas pela limpeza com a água	A falta de água e a higiene pessoal insuficiente, criam condições favoráveis para sua disseminação	Infecções na pele e nos olhos, como tracoma e o tifo relacionado com piolhos e a escabiose	Fornecer água em quantidade adequada e promover a higiene pessoal e doméstica
Associadas a água (uma parte do ciclo da vida do agente infeccioso ocorre em um animal aquático)	O patogênico penetra pela pele ou é ingerido	Equistossomose	Evitar o contato de pessoas com água infectada; proteger mananciais
Transmitida por vetores que se relacionam com a água	As doenças são propagadas por insetos que nascem na água ou picam perto dela	Malária; febre amarela; dengue; filariose (elefantíase)	Combater os insetos transmissores; eliminar condições que possam favorecer criadouros

Fonte: BARROS (1995).

1.10 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA ÁGUA

1.10.1 Cor Aparente

Dependendo da quantidade de água e da natureza das substâncias dissolvidas ou em suspensão na água, elas podem acarretar a alteração da coloração. Em geral, a cor da água é devida a ácidos originados de decomposição de vegetais, e assim, não representam risco à saúde, mas pode fazer o consumidor procurar fontes de água de aspecto mais agradável (DOS SANTOS, 2007).

1.10.2 Turbidez

A turbidez pode ser definida como uma medida do grau de interferência à passagem da luz através do líquido. A alteração à penetração da luz na água decorre da presença de material em suspensão, sendo expressa por unidade de turbidez (uT) (APHA, 2005; BRASIL, 2006c).

A turbidez pode ser causada por uma variedade de matérias: partículas de argila e lodo, descarga de esgoto doméstico ou industrial, presença de um grande número de microrganismos, como também por bolhas de ar, fenômenos que ocorrem com certa frequência em alguns pontos da rede de distribuição (DOS SANTOS, 2007).

1.10.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O termo pH é usado para expressar o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma solução. O pH mede a concentração do íon hidrogênio ou sua atividade, importante em cada fase do tratamento da água, sendo referido frequentemente na coagulação, filtração, desinfecção e no controle da corrosão. O valor do pH é um número aproximado entre 0 e 14 que indica se uma solução é ácida ($\text{pH} < 7$), neutra ($\text{pH} = 7$), ou básica/alcalina ($\text{pH} > 7$) (DOS SANTOS, 2007).

O valor do pH influi na solubilidade de várias substâncias, na forma em que estas se apresentam na água e em sua toxicidade. Além disso, o pH é um parâmetro-chave de controle do processo de coagulação, fundamental para o bom desempenho de todo o processo de tratamento da água, e a cada água corresponderá um pH

ótimo de coagulação. O condicionamento final da água após o tratamento pode exigir também a correção do pH para evitar problemas de corrosão. O pH é um parâmetro fundamental de controle de desinfecção, e em pH elevado a cloração perde a eficiência (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

2 METODOLOGIA

2.1 ETAPAS DE TRATAMENTO DA ÁGUA

O tratamento de água ocorre por meio de um processo dividido em três etapas, sendo elas a captação, transporte e tratamento.

2.1.1 Captação

Costuma-se afirmar, com muita propriedade, que o tratamento da água nas Estações de Tratamento de Água (ETA) começa na sua captação, que tem função crucial no abastecimento, em vista dos riscos de acidente que enfrenta e, em consequência, dos possíveis colapsos no fornecimento de água.

A área de captação deve ser devidamente cercada, limpa, gramada, arborizada e mantida com aparência agradável. Deve-se cuidar da adequada e permanente conservação das suas vias de acesso.

Deve-se ter à disposição, em local protegido e de fácil e rápido acesso, ferramentas e materiais que permitam a eficiente operação, manutenção e execução de reparos na tomada de água.

Devem-se limpar e desinfetar as instalações de tomada de água após qualquer atividade de construção, de reparos ou manutenção (BONIFÁCIO, 2008).

2.1.2 Transporte (Adução)

Basicamente, o transporte da água, seja bruta ou tratada, ocorre por meio de combinações entre adutoras e tubulações ou canais e estações elevatórias.

2.1.3 Tratamento

O tratamento da água para consumo humano tem como primeira finalidade 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) e estético-organoléptica (remoção de turbeis, cor, gosto e odor) (BONIFÁCIO, 2008).

Em uma abordagem mais ampla, o tratamento da água para consumo humano tem por objetivo atender ao padrão de potabilidade exigido pelo Ministério da Saúde, atendendo aos seguintes requisitos (BONIFÁCIO, 2008):

- Prevenir a veiculação de doenças de origem microbiológica ou química.
- Estimular a aceitação para consumo.
- Proteger o sistema de abastecimento dos efeitos da corrosão e da deposição/incrustação.

Considerando esses objetivos, as estações de tratamento geralmente contemplam a combinação das seguintes etapas:

- 1) *Clarificação*, com o objetivo de remover impurezas por meio da combinação dos seguintes processos unitários: coagulação, floculação, sedimentação e filtração.
- 2) *Desinfecção* para a inativação de organismos patogênicos.
- 3) *Estabilização* da água destinada ao controle da sua corrosividade ou de sua capacidade de formar depósitos excessivos de substâncias insolúveis na água.

2.1.4. Processos Unitários

I) Coagulação

Coagulação refere-se a uma técnica de tratar a água com produtos químicos coagulantes, aplicados para agregar partículas dificilmente sedimentáveis em aglomerados que podem ser retirados mais facilmente (BRAGA, 2005).

Os coagulantes mais utilizados no Brasil são os sais de alumínio e de ferro.

Alguns fatores que influenciam a coagulação estão citados a seguir:

- Espécie de coagulante.
- Quantidade do coagulante.
- Turbidez e cor da água a tratar.
- Tempo de mistura rápida e lenta.
- Agitação.
- Distribuição uniforme do coagulante no ponto de aplicação.

- Temperatura.
- pH.

II) Floculação

É a aglomeração dos coágulos para formação dos flocos. As câmaras destinadas a promover a formação dos flocos são chamadas de câmara de mistura lenta.

Os aglomerados de materiais sólidos resultantes na coagulação, chamados flocos, formados em função de seu tamanho, densidade e características físico-químicas, poderão ser removidos da água por processos de separação tais como sedimentação, flotação e filtração.

III) Decantação ou Sedimentação

A sedimentação é o processo pelo qual se verifica a deposição da matéria em suspensão pela ação da gravidade.

As partículas granulares (areia, silte) sedimentam, independentemente uma das outras, com velocidade constante.

As substâncias gelatinosas, denominadas de suspensões floculantes, agregam suspensões finas em estado coloidal ou em solução, produzindo flocos, elevando a velocidade de deposição.

A remoção de materiais em suspensão é obtida, tornando-se as águas tranquilas com velocidade reduzida a ponto de causar a deposição de partículas em suspensão, dentro de determinado tempo de detenção (BONIFÁCIO, 2008).

IV) Filtração

É uma operação que consiste em fazer passar a água através de meio poroso capaz de reter ou remover algumas de suas impurezas. O meio poroso é constituído de areia sustentada por camadas de seixos, sob as quais existe o sistema de drenos. Alguns filtros possuem antracito, além da areia.

A função principal dos filtros é reter bactérias. A função secundária é reter outras impurezas que não sedimentaram nos decantadores.

Independentemente do tipo de filtro, em geral, a filtração é o processo final de remoção de impurezas realizado em uma estação de tratamento de água e, portanto, principal responsável por garantir a produção de água com qualidade compatível com o padrão de potabilidade.

V) Desinfecção

É a destruição de germes patogênicos (germes causadores de doenças) através de aplicação de agente desinfetante. Os agentes desinfetantes mais empregados são o cloro e seus compostos. A aplicação é feita de modo a deixar um excesso (resíduo) para combater uma eventual contaminação que possa ocorrer na distribuição.

O cloro pode vir nas seguintes formas: Cloro líquido; cal clorada e hipocloritos.

No Quadro 5 estão listadas as características do cloro.

Quadro 5 - Características do cloro.

DESINFETANTE	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Cloro	<ul style="list-style-type: none"> - Elevada eficiência na inativação de bactérias e vírus - Efeito residual relativamente estável. - Baixo custo - Manuseio relativamente simples. - Grande disponibilidade no mercado 	<ul style="list-style-type: none"> - Limitada eficiência na inativação de cistos de protozoários e ovos de helmintos - Na presença de matéria orgânica pode formar subprodutos tóxicos, principalmente trihalometanos (THM) - Em doses elevadas, pode produzir forte odor e sabor. - Alguns subprodutos como clorofenóis provocam também odor e sabor

FONTE: Adaptado de REIFF E WITT (1995).

VI) Tratamento complementar

São dois os processos usualmente empregados para complementar o tratamento da água: Estabilização da água, para proteger as unidades do sistema contra os efeitos da corrosão interna e da deposição de substâncias químicas que formam incrustações no interior das tubulações; e fluoretação da água, visando à redução da cárie dentária.

2.2 PRODUTOS QUÍMICOS UTILIZADOS NAS ETA's

2.2.1 Sulfato de Alumínio

É o coagulante mais utilizado no Brasil, no tratamento de água. A companhia de tratamento de água estudada adota esse coagulante no tratamento de suas águas. O produto é vendido no comércio nas seguintes formas: Granulado e líquido.

2.2.2 Cal

Existem outros alcalinizantes além da cal virgem (óxido de cálcio) e cal hidratada (hidróxido de cálcio), pode-se utilizar a soda cáustica (hidróxido de sódio) e a barrilha (carbonato de sódio). Sendo a cal, o alcalinizante mais usado na empresa estudada.

O alcalinizante é capaz de conferir alcalinidade necessária à coagulação. Isso quer dizer que, quando a água bruta não tem alcalinidade suficiente para reagir com o sulfato de alumínio, tem-se que adicionar cal hidratada na água bruta para promover a coagulação. A adição do alcalinizante no final da água tratada, serve para correção do pH. Portanto, a cal virgem ou a cal hidratada são empregadas para:

- Coagulação da água bruta (ajustamento do pH ótimo de floculação): 5,0 – 8,0 para sulfato de alumínio.
- Correção final do pH (ajustamento do pH da água tratada): 6,0 – 9,5.

2.2.3 Cloro

É obtido do sal da água do mar. O sal retirado da água do mar é misturado com água para formar a salmoura. A salmoura é levada para a célula eletrolítica para haver a separação do sódio e o cloreto. Através do sódio, obtém-se a fabricação da soda cáustica e através dos cloretos, obtém-se a formação do cloro gasoso (BONIFÁCIO, 2008).

O cloro pode ser fornecido na forma líquida em cilindros especiais (cilindros de aço), normalmente, com 50, 68 e 900 kg. O cloro gasoso é introduzido no cilindro sob pressão, portanto, o cloro permanece armazenado liquefeito. O teor de pureza mínima é de 99,5%.

Fatores que influenciam a ação do cloro:

- Concentração: Quanto maior a concentração mais efetiva sua ação.
- Tempo de contato: Quanto maior o tempo de contato mais efetiva sua ação.
- pH: Quanto mais baixo o pH da água, mais eficiente a ação do cloro.
- Turbidez: Tendo em vista que microrganismos envolvidos por determinados materiais ficam protegidos da ação do cloro.

2.3 TRATAMENTO NA ETA DA CIDADE EM ESTUDO

Ao ser captada, a água chega a estação de tratamento para o tanque de equilíbrio, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3 – Tanque de equilíbrio da ETA.



Fonte: Própria (2014).

Em seguida recebe os produtos químicos para seu devido tratamento, sendo os mesmos o cloro, para oxidar a matéria orgânica, a cal, para elevar e estabilizar a alcalinidade e o sulfato de alumínio, que servirá como meio coagulante.

Na Figura 4 estão representados os locais onde são adicionados estes produtos químicos.

Figura 4 - Introdução dos reagentes químicos.



Fonte: Própria (2014).

O processo posterior são as câmeras de flocladores, que são cilindros com a capacidade de reter as impurezas que sofreram com a coagulação e foram agrupadas em flocos.

Figura 5 – Câmera de flocladores.



Fonte: Própria (2014).

Na etapa seguinte se encontram os decantadores, onde ocorre a sedimentação dos materiais encontrados na água em tratamento.

Figura 6 – Decantadores.



Fonte: Própria (2014).

Em seguida são destinados aos filtros.

Figura 7 – Filtros.



Fonte: Própria (2014).

E por fim, seguem para o reservatório e para distribuição em toda a cidade.

3 RESULTADOS DAS ANÁLISES DA QUALIDADE DA ÁGUA TRATADA

Nesta pesquisa foram analisados os parâmetros físico-químicos referentes à cor, pH e turbidez, para avaliar a qualidade da água distribuída em uma cidade de pequeno porte durante o período de um ano, em 2013.

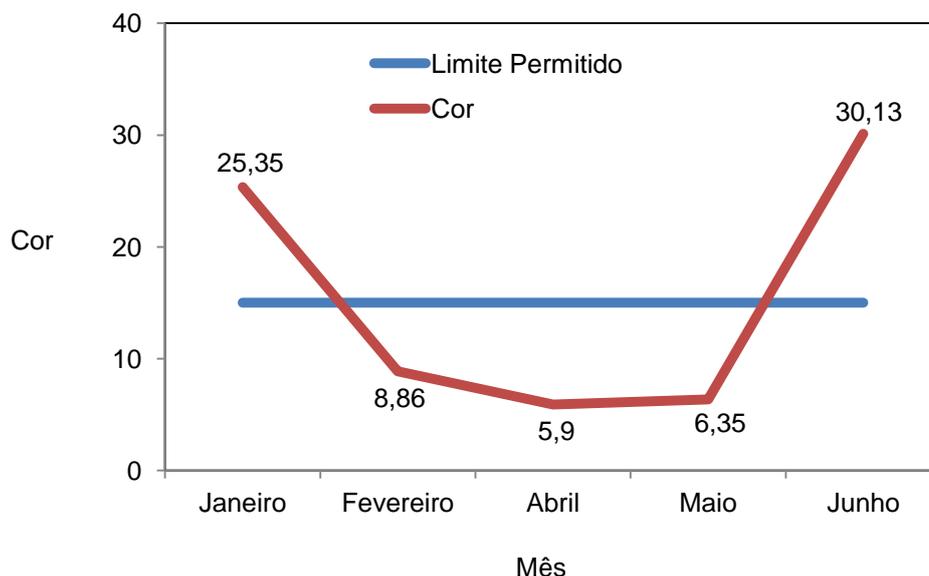
3.1 COR APARENTE

A cor aparente é um parâmetro físico exigido pela Portaria n. 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) para águas destinadas ao consumo humano, devido à aparência e estética adequada que esta obrigatoriamente deve apresentar. O valor máximo permitido é de 15 uT. A cor é um indicativo da presença de substâncias, geralmente orgânicas, dissolvidas no corpo hídrico (LUCAS, 2007). Foi quantificada utilizando o Calorímetro digital modelo *Aqua Color Cor da PoliControl*.

Em sistemas públicos de abastecimento de água, a cor é esteticamente indesejada para o consumidor, e pode ter origem mineral ou vegetal, causadas por substâncias metálicas como o ferro e o manganês (CUNHA *et al.*, 2011), matérias húmicas, algas, plantas aquáticas e protozoários (AZEVEDO, 2006).

Na Figura 8 estão relatados os dados referentes às análises da cor aparente, no período chuvoso do ano de 2013.

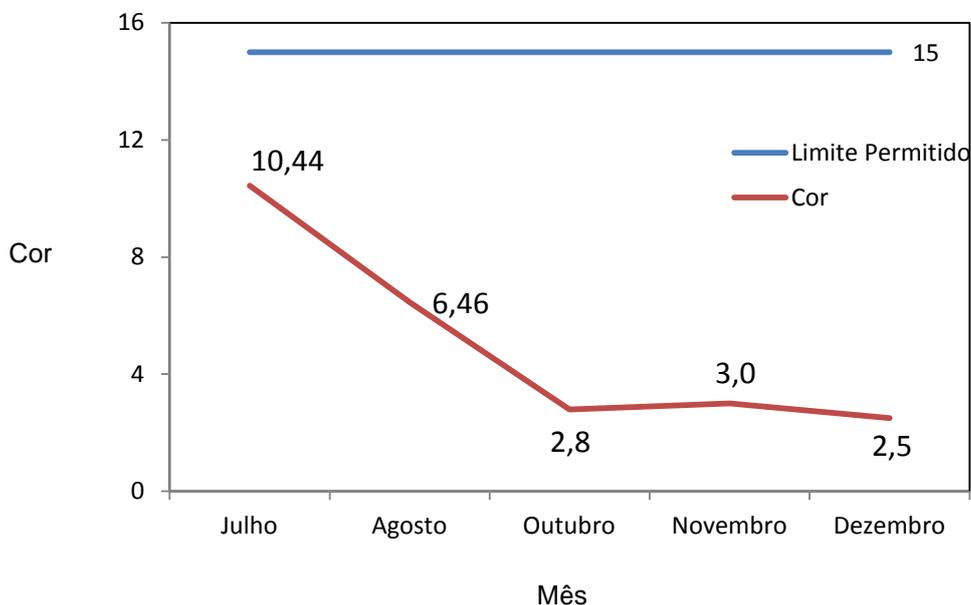
Figura 8 – Análises para a cor aparente, realizadas no período chuvoso do ano de 2013.



Os resultados obtidos referentes à cor aparente no período chuvoso do ano de 2013 apresentaram concentrações elevadas e acima do permitido nos meses de janeiro e junho. Esse comportamento é decorrente da baldeação do manancial, com o fluxo maior de entrada de água associado a uma maior quantidade de matéria orgânica proveniente do arraste pela chuva.

Na Figura 9 estão representados os dados referentes às análises da cor aparente, no período de estiagem do ano de 2013.

Figura 9 – Análises para a cor aparente, realizadas no período de estiagem do ano de 2013.



Os resultados das análises para a cor, obtidas no período de estiagem, apresentaram valores dentro do limite estabelecido.

O período de estiagem é marcado pela diminuição do fluxo de entrada e a sedimentação da matéria orgânica, com isso observa-se uma cor dentro dos parâmetros que pode ser facilmente controlada e removida pelos filtros e na desinfecção.

Nos meses de março e setembro, devido a problemas no sistema de bombeamento, não houve coleta.

3.2 TURBIDEZ

Nas Figuras 10 e 11 estão representados os dados referentes às análises de turbidez nos períodos chuvoso e de estiagem, respectivamente, durante o ano de

2013. Foi quantificada utilizando o Turbidímetro Digital modelo 2100P, *Turbidimeter* da HACH.

Figura 10 – Análises de turbidez, realizadas no período chuvoso do ano de 2013.

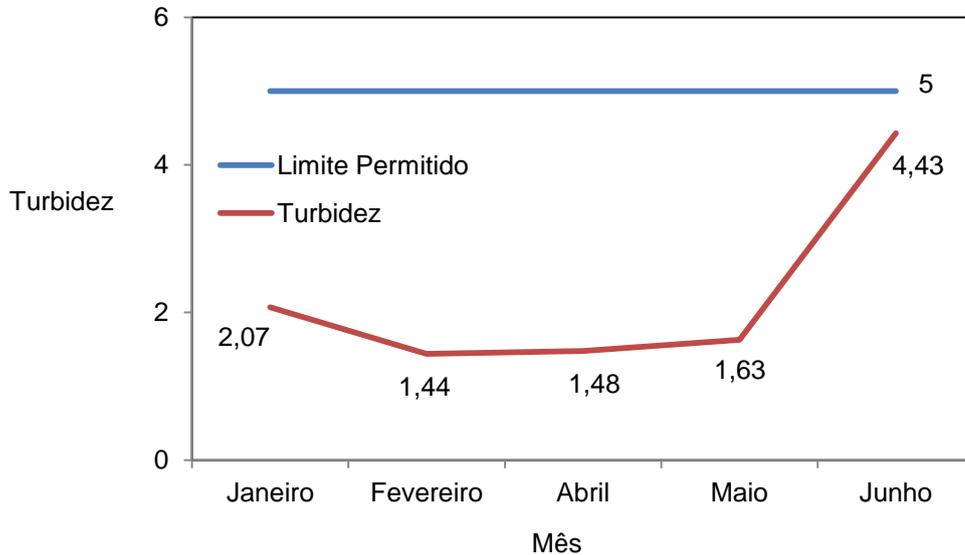
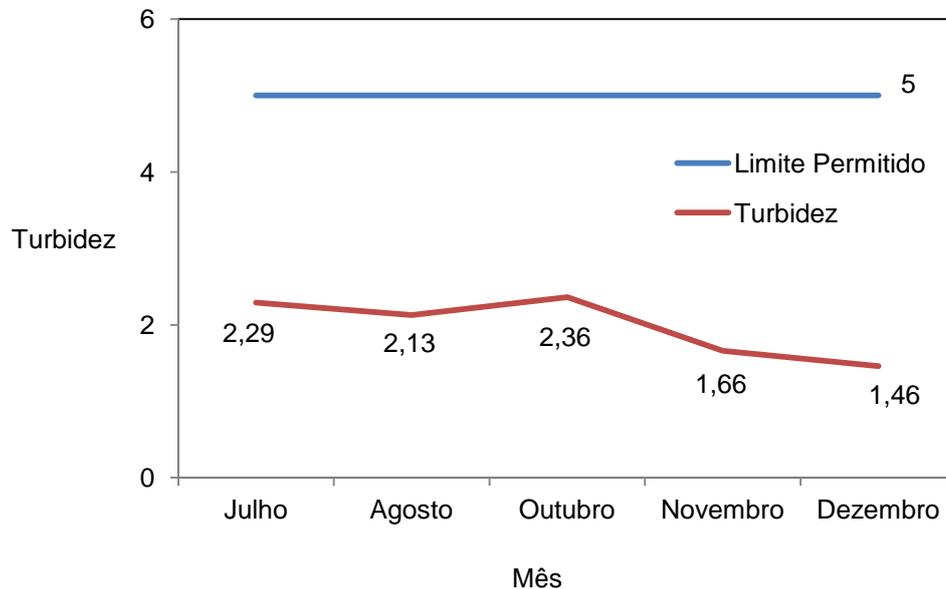


Figura 11 – Análises de turbidez, realizadas no período de estiagem do ano de 2013.



Na Portaria n. 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) é estipulado o valor máximo de 5,0 uT (unidade de turbidez) para a água de abastecimento.

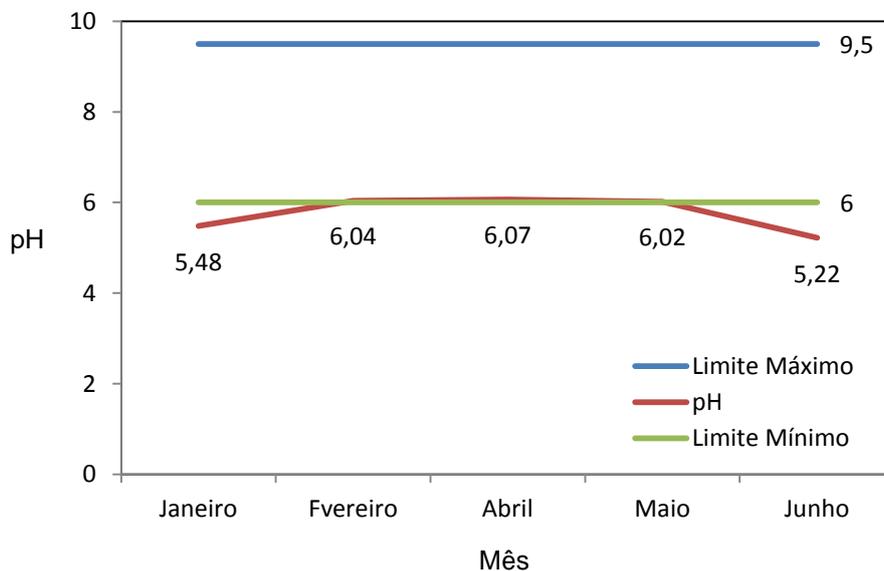
Os resultados descritos nas Figuras 10 e 11 referentes aos períodos de estiagem e chuvoso, respectivamente, durante o ano de 2013, indicam que todos os valores para a turbidez estão de acordo com os exigidos pelo Ministério da Saúde.

3.3 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

O Ministério da Saúde prevê valores de pH aceitáveis para consumo humano situados entre 6,0 e 9,5 (BRASIL, 2011).

Nas Figuras 12 e 13 estão representados os dados referentes às análises de pH nos períodos chuvoso e de estiagem, respectivamente, durante o ano de 2013. Foi quantificada utilizando o pHmetro modelo *QUIMIS Microprovetado*.

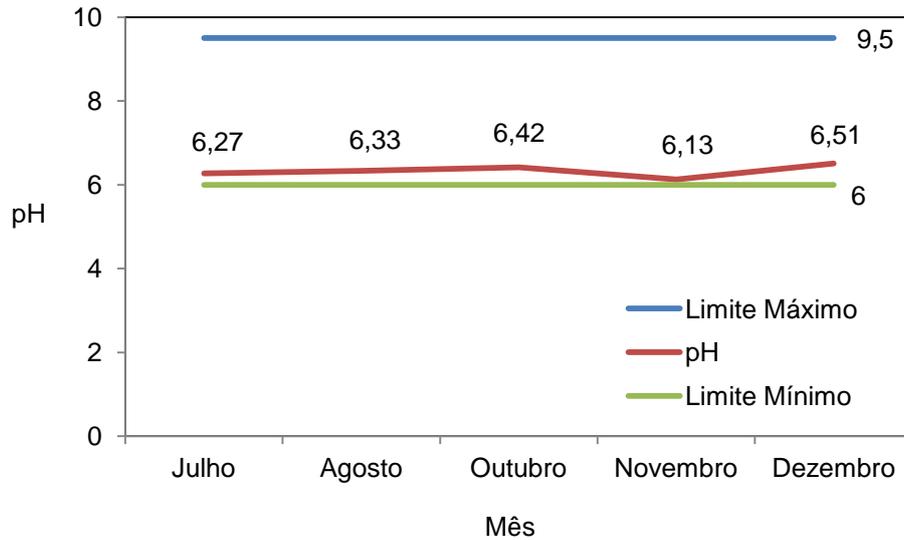
Figura 12 – Análises de pH, realizadas no período chuvoso do ano de 2013.



Diante dos resultados obtidos verificou-se que a água encontrava-se levemente ácida no período chuvoso nos meses de janeiro e junho, apresentando valores bem abaixo do que preconiza na legislação.

Isso pode estar relacionado com a característica do solo da região e características físico-químicas da água (CUNHA *et al.*, 2011).

Figura 13 – Análises de pH, realizadas no período de estiagem do ano de 2013.



Água com pH baixo compromete o gosto, a palatabilidade e aumenta a corrosão.

Sabe-se que o pH é muito influenciado pela quantidade de matéria orgânica a ser decomposta, isto é, quanto maior a quantidade de matéria orgânica disponível, menor o pH, uma vez que para haver decomposição de materiais são produzidos muitas substâncias ácidas como, por exemplo, o ácido húmico (FARIAS, 2006).

O pH pode ser considerado como uma das variáveis ambientais mais importantes, e é uma das mais difíceis de interpretar. Tal complexidade é resultante dos inúmeros fatores que podem influenciá-lo, podendo estar relacionado à fonte de onde a água é captada.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A qualidade de um produto deve ser o fator primordial para os envolvidos na comercialização de um bem ou um serviço, visto que, a preocupação com a satisfação e as melhores condições ao oferecer o mesmo, fará com que o produto seja bem aceito pelo consumidor.

Sabendo da importância da água tratada para o consumo e a sobrevivência da população, o presente estudo baseou-se no controle de qualidade, analisando os parâmetros físico-químicos a fim de avaliar se a água distribuída pela cidade de pequeno porte no Estado da Paraíba, durante o ano de 2013, encontrava-se dentro dos padrões exigidos pela legislação em vigor.

Com base na análise dos dados, observou-se que a cor aparente assim como o pH da água se mostraram fora dos padrões permitidos no período chuvoso nos meses de janeiro e junho e a turbidez se manteve dentro dos padrões.

Uma vez que o pH é um fator importante em cada fase do tratamento e o mesmo se mostrou com caráter ácido, cuidados durante o tratamento neste quesito devem ser adotados, tais como o controle na dosagem de cal (óxido de cálcio), uma vez que a introdução deste composto elevará e estabilizará a alcalinidade, fazendo com que o pH se mantenha dentro dos padrões exigidos.

A cor aparente, não apresenta riscos à saúde, estando apenas relacionada ao padrão de aceitação da água para o consumidor, intrinsecamente relacionada ao padrão estético, sendo assim, se faz necessário controlar de forma mais adequada a dosagem das substâncias que irão conferir a esta água a cor aparente desejada.

Por fim conclui-se que, o monitoramento físico-químico durante o ano de 2013, foi capaz de capturar as principais variáveis de qualidade da água de abastecimento da cidade em estudo, com o propósito de corrigir o que não se encontrava de acordo com o estabelecido pelos órgãos responsáveis pela vigilância da qualidade da água para o consumo humano.

5 REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water wastewater**. 21, ed. Washington: APHA, 2005.

AZEVEDO, R. P. Usos de água subterrânea em sistema de abastecimento público de comunidades na várzea da Amazônia central. **Acta Amazônia**, v. 36, n. 3, p.313-320, 2006.

BARROS, R. T. V. **Saneamento**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, p. 221, 1995.

BONIFÁCIO, N.; **Apostila Operacional da Cagepa**; 2008.

BRAGA, B. **Introdução a Engenharia Ambiental**. 2ª Edição. São Paulo, Pearson, 2005.

BRASIL. Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Agenda 21**. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boas práticas no abastecimento de água: procedimentos para minimização de riscos à saúde**. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília: Ministério da Saúde. 252 p. (Série A. Normas e Manuais Técnicos), 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade de água**. Brasília: Ministério da Saúde, (Série A. Normas e Manuais Técnicos), 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, Seção 1, do dia 26 seguinte, 266 p., 2011.

BRASIL ESCOLA. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/geografia/agua.htm>> Acesso em: 21 de mai. de 2014.

CAGEPA, 2005. Disponível em:<http://www.cagepa.pb.gov.br/portal/?page_id=91>. Acesso em: 10 de jun. de 2014.

CETESB – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. **Análises microbiológicas da água**. São Paulo, 131 p., 2002.

CNPMA. Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br/down_hp/464.pdf>. Acesso em; 13 de jun. de 2014.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução n. 357, de 17 de mar. de 2005**. “Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões

de lançamento de efluentes, e dá outras providências.”. Publicada no DOU n. 053, de 18/03/2005, p. 58-63.

CUNHA, A. C. Simulação da Hidrodinâmica, Dispersão de Poluentes e Análise de Respostas de Estações Virtuais de Monitoramento no Rio Matapi - AP. **Revista de Estudos Ambientais** (Online), v. 13, n. 2, p. 18-32, 2012.

DE QUEIROZ, J. T. M. **Água de consumo humano distribuída à população e ocorrência de diarreia: um estudo ecológico no município de Vitória/ES**. Dissertação (Mestrado) Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

DOS SANTOS, S. R. **Tratamento da água: Monitoramento das características de qualidade da água potável**. Dissertação (Mestrado) Departamento de Construção Civil e Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

FARIAS, M. S. S. **Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Cabelo**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB, 2006.

FREITAS, V. P. S. Padrão físico-químico da água de abastecimento público da região de Campinas. **Revista Instituto Adolfo Lutz**. Campinas - SP, v. 61, n. 1, p. 51-58, 2002.

FUNASA, Ministério da Saúde Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. Brasília, 2006.

GASPAROTTO, F. A. **Avaliação ecotoxicológica e microbiológica da água de nascentes urbanas no Município de Piracicaba- SP**. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Universidade de São Paulo, Piracicaba - SP, 89 p., 2011.

HARTMAN, D, M. **Global Physical Climatology**. New York. Department of Atmosphere Sciences, University Washington. 408 p., 1996.

LARSEN, D. **Diagnóstico do saneamento rural através de metodologia participativa. Estudo de caso: bacia contribuinte ao reservatório do rio verde, região metropolitana de Curitiba, PR**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 182 p., 2010.

LUCAS, A. A. T. **Impacto na irrigação da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Marins**. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba - SP, 2007.

MINISTÉRIO DA SAÚDE - MS. **Manual de Saneamento**. 2ª ed., Fundação Serviços de Saúde Pública. Rio de Janeiro - RJ, 250 p., 1981.

MINISTÉRIO DA SAÚDE – Secretaria de Vigilância e Saúde. **Boas práticas no abastecimento de água: Procedimentos para minimizar riscos à saúde.** Brasília-DF, 252 p., 2006.

OLIVEIRA, W. E. V. **Técnica de Abastecimento e Tratamento de Água.** 2ª ed., São Paulo: Companhia Estadual de Tecnologia e Saneamento Básico, 1976.

OPAS – **ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE.** Representação do Brasil. Água e saúde. 2001. Disponível em: <<http://www.cepis.ops-oms.org>>. Acesso em: 24 de jun. de 2014.

REIFF, F. M.; WITT, V. M. **Guías para la selección y aplicación de tecnologías de desinfección de el agua para consumo humano em pueblos pequeños y comunidades rurales de América Latina y el Caribe.** División de Salud y Ambiente. Washington, EUA: Organización Panamericana de La Salud (OPAS)/Organización Mundial de Salud (OMS), 1995.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M. **Tratamento de água: tecnologia atualizada.** São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1995.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentado a escassez.** 2ª ed., São Carlos: RIMA, IIE, 248 p., 2005.

VON SPERLING, M. **Introdução a Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos.** Vol. 1, 3ª ed., Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.