



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**AMANDA ALVES SORIANO**

**QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO DISTRIBUÍDA POR REDE  
CONFINADA: ESTUDO DE CASO**

Campina Grande – PB  
2016

## **QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO DISTRIBUÍDA POR REDE CONFINADA: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Celeide Maria Belmont Sabino Meira

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.

S714q Soriano, Amanda Alves.

Qualidade da água de abastecimento distribuída por rede confinada [manuscrito] : estudo de caso / Amanda Alves Soriano. - 2016.

29 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2016.

"Orientação: Profa. Dra. Celeide Maria Belmont Sabino Meira, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental".

1. Abastecimento de água. 2. Qualidade da água. 3. Cloro residual livre. 4. Turbidez. I. Título.

21. ed. CDD 628.1

**AMANDA ALVES SORIANO**

**QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO DISTRIBUÍDA POR REDE  
CONFINADA: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia  
Sanitária e Ambiental da Universidade  
Estadual da Paraíba, em cumprimento  
às exigências para obtenção do grau de  
Bacharel em Engenharia Sanitária e  
Ambiental.

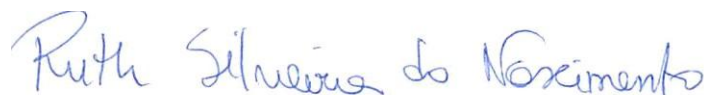
Aprovado em 09 de Junho \_\_\_\_\_ de 2016 \_\_\_\_\_



**Profa. Dra. Celeide Maria Belmont Sabino Meira / UEPB**  
Orientadora



**Prof. Dr. Rui de Oliveira / UEPB**  
Examinador



**Prof. MEng. Ruth Silveira do Nascimento / UEPB**  
Examinador

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço a Deus por iluminar meus caminhos, guiando meus passos; e nas horas mais difíceis me fazendo acertar a direção mais correta.

Aos meus pais o meu amor e gratidão eternos. A Leonice por ser mais que mãe, ser amiga, irmã, meu apoio de todas as horas; e o exemplo de mulher que eu almejo chegar a ser um dia. A Antônio Soriano por se fazer presente mesmo na distância, pelo incentivo e dedicação ao seu papel de pai.

Aos meus irmãos Ingrid, Marina e Hugo. A toda minha família que sempre foi o pilar que sustentou a minha vida.

À minha filha Beatriz por ser minha inspiração e minha força, meu motivo maior pra seguir sempre em busca de um futuro melhor.

Ao meu amor, companheiro e amigo, José Maciel Malheiros Neto por me incentivar e apoiar, sem medir esforços e sacrifícios, sempre contribuindo para o nosso crescimento futuro.

Às minhas amigas irmãs Amanda, Dayane, Délama, Elida, Eyre, Manu, Mayara, Rafaela, Rayssa e Tiana. Por todos os conselhos, segredos, risos e lágrimas compartilhados nesses anos.

À amiga de curso Karla pela paciência e contribuição indispensável para que esta etapa da minha vida fosse concluída.

Aos professores Celeide, Rui e Ruth cujas orientações e ensinamentos levarei por toda minha vida profissional. Pela compreensão, sabedoria e por serem grandes motivadores e exemplos de profissionalismo.

A todos meus sinceros agradecimentos.

## RESUMO

As demandas por água em quantidade e qualidade satisfatórias estão cada vez mais difíceis de serem atendidas às populações consumidoras. Devido às características da água nos mananciais existe a necessidade da sua potabilização, porém, muitas vezes a água tem sua qualidade comprometida em outras partes do sistema de abastecimento de água após as ETA's. Com o propósito de conhecer a qualidade da água de um setor confinado da rede de distribuição de água de Campina Grande, o presente trabalho tem o objetivo de analisar os dados de monitoração de indicadores sentinelas em pontos distribuídos na área. Foram amostrados 9 pontos (P1, P2, P3, P5, P6, P7, P8, P9 e P11), escolhidos baseados com base na Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância em Saúde Ambiental, tendo sido analisados os indicadores sentinelas cloro residual livre (CRL) e turbidez no período de março a dezembro de 2013. Os resultados das concentrações do CRL não atenderam à Portaria Nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, no entanto, foi constatado que em nenhum ponto o padrão estabelecido pela Portaria Nº 2914/2011 para o indicador turbidez foi violado. Concluiu-se que, para sanar o problema da qualidade da água do setor, seria necessária a operação de recloração nos reservatórios, particularmente o reservatório R2, para garantir as concentrações mínimas exigidas pela legislação.

Palavras-chave: Qualidade da Água. Cloro Residual Livre. Turbidez.

## **ABSTRACT**

The demand for water in both quantity and satisfactory quality is increasingly difficult to catered to consumer populations. Due to the bad characteristics of water in the springs, there is a need for its purification in water treatment plants, however, often, water quality is degraded in other parts of the water system network. This study aimed to analyze the sentinel indicators behavior in monitoring points distributed throughout a stagnant sector of Campina Grande water distribution network. Nine points (P1, P2, P3, P5, P6, P7, P8, P9 and P11), chosen based on the National guidelines of surveillance sampling plan on environmental health, were sampled from March to December 2013, being analyzed both sentinel indicators free residual chlorine (FRC) and turbidity. FRC concentrations did not attend the Ordinance 2914/2011 of Brazilian Ministry of Health, however, turbidity was found to comply with potability standard at any point. It was concluded that to remedy the problem of the sector's water quality would be needed to apply chlorination in distribution reservoirs in order to ensure the minimum concentration required by law.

Keywords: Water quality. Free residual chlorine. Turbidity.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1	Sistema de Abastecimento de Água.....	12
Figura 2.2	Evolução da quantidade de parâmetros das portarias brasileiras e sua tipologia.....	16
Figura 3.1	Bairro São José em Campina Grande/PB.....	19
Figura 3.2	Localização do reservatório R2 e a subadutora de 500 mm.....	20
Figura 3.3	Equipamento utilizado para medir o cloro residual livre.....	22
Figura 3.4	Equipamento utilizado para medir a turbidez.....	23



## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1	Materiais e extensões das tubulações.....	21
Tabela 3.2	Localização dos pontos de coleta das amostras de água de abastecimento.....	21
Tabela 4.1	Estatística descritiva e frequência de conformidade e não conformidades do indicador sentinela cloro residual livre nos pontos analisados.....	24
Tabela 4.2	Estatística descritiva e frequência de conformidade e não conformidades do indicador sentinela turbidez, nos pontos analisados.....	25

## SUMÁRIO

1.0	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	Objetivos.....	11
1.1.1	Objetivo geral.....	11
1.1.2	Objetivos específicos.....	11
2.0	REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	12
2.1	Sistemas de abastecimentos de água (SAA).....	12
2.2	Estação de tratamento de Campina Grande/PB.....	13
2.3	Controle e vigilância da qualidade da água.....	13
2.4	Evolução das portarias.....	15
2.5	Indicadores sentinelas.....	17
2.5.1	Cloro residual livre (CRL).....	17
2.5.2	Turbidez.....	18
3.0	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	19
3.1	Área de estudo.....	19
3.2	Pontos de coleta.....	21
3.3	Coleta e preservação das amostras.....	21
3.4	Métodos analíticos utilizados.....	22
3.5	Análise estatística dos dados.....	23
4.0	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
5.0	CONCLUSÃO.....	26
	REFERÊNCIAS	

## 1.0 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais existe grande demanda por água de boa qualidade em todo o mundo, no entanto, essa qualidade só pode ser conseguida através do processo de potabilização da água. No Brasil, a Portaria Nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. A referida portaria define água potável como aquela que “atenda ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde”.

Segundo Clark e Haught (2005), a água sofre degradação de sua qualidade no próprio sistema de abastecimento. Um dos aspectos mais sérios de saúde pública com relação à deterioração da qualidade da água na rede de distribuição é a perda de desinfetante residual, ocasionando, conseqüentemente, um enfraquecimento na barreira contra organismos patogênicos. Um fator importante que contribui para as perdas de desinfetante residual no sistema de distribuição relatado no mesmo estudo de Clark e Haught (2005) é referente à corrosão dos materiais dos condutos que passam a constituir substratos mais efetivos para biofilmes.

Os termos Controle e Vigilância relacionados à qualidade da água para consumo humano, adotados pela OMS, estão bem definidos na legislação brasileira (BRASIL, 2011). O controle da qualidade da água para consumo humano é definido como conjunto de atividades, exercidas de forma contínua pelo (s) responsável (is) pela operação do sistema de abastecimento de água, destinadas a verificar se a água fornecida à população é potável, assegurando a manutenção desta condição. A vigilância da qualidade da água para consumo humano é definido como o conjunto de ações adotadas continuamente pela autoridade de saúde pública para verificar se a água consumida pela população atende à norma e para avaliar os riscos que os sistemas e as soluções alternativas de abastecimento de água representam para a saúde humana, assumindo caráter preventivo e rotineiro.

Tais definições estabelecem as diferentes responsabilidades e mecanismos, os mais claros e objetivos possíveis, para o exercício eficaz e diferenciado, do controle e da vigilância, da qualidade da água para consumo humano. O primeiro é

realizado pela concessionária responsável pela operação do serviço de abastecimento de água, companhia estadual de saneamento, autarquia municipal, prefeitura ou empresa privada. A realização da vigilância cabe ao Ministério da Saúde, por intermédio das secretarias estaduais, no sentido de verificar se a água distribuída atende às premissas estabelecidas pelo padrão de potabilidade, além de avaliar os riscos à saúde da população abastecida, sendo a monitoração realizada ao mesmo tempo em que a água é captada, distribuída e consumida.

Nesse sentido a legislação brasileira, optou pela busca de um instrumento legal com caráter efetivo e simultâneo de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano: a Portaria Nº 2914/2011.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Avaliar a qualidade da água de abastecimento distribuída por um setor confinado de uma rede de distribuição antiga, de cimento amianto, com base em indicadores sentinelas.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Descrever o sistema físico do setor em estudo;
- Analisar a qualidade da água de abastecimento do setor;
- Estudar o grau de conformidade dos indicadores sentinelas da água analisada com o padrão de potabilidade.

## 2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Sistemas de abastecimento de água (SAA)

Cerca de 1,2 bilhões de pessoas não têm acesso à água potável no mundo (COUTINHO, 2011), necessitando de sistemas de abastecimento de água que distribuam em quantidade e qualidade adequada esse bem. O aumento exponencial da demanda e a má distribuição da água no planeta gera um importante descompasso na quantidade e qualidade do recurso hídrico ao homem.

Segundo a Portaria Nº 2914/2011, do Ministério da Saúde, o sistema de abastecimento de água para consumo humano é definido, como sendo o conjunto de obras civis, materiais e equipamentos com o intuito de produzir e distribuir água potável canalizada à população, sendo de responsabilidade do poder público, mesmo quando em regime de concessão ou permissão.

Um sistema de abastecimento de água é constituído, de forma geral, pelo manancial, captação, estação elevatória de água bruta, adutora de água bruta, estação de tratamento de água, adutora de água tratada, reservatório e rede de distribuição, como ilustrado na Figura 2.1. Os reservatórios são utilizados para regularização das vazões em períodos em que as demandas por água são maiores. A rede de distribuição é definida pela Portaria Nº 2914/2011 como a “parte do sistema de abastecimento formada por tubulações e seus acessórios, destinados a distribuir água potável, até as ligações prediais”.

Figura 2.1 – Sistema de Abastecimento de Água.



## **2.2 Estação de tratamento de Campina Grande/PB**

A unidade operacional responsável pela potabilização da água é a estação de tratamento de água, que funciona como barreira contra a passagem de partículas e principalmente de microrganismos patogênicos (LIBÂNIO, 2008).

Campina Grande/PB é abastecida por água captada no Açude Epitácio Pessoa, localizado no município de Boqueirão a uma distância de aproximadamente 44 km de Campina Grande/PB, com capacidade máxima de 575.000.000 m<sup>3</sup> e disponibilidade de captação de 1.500L/s (COUTINHO, 2011). A Companhia Estadual de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) é a empresa responsável pela administração, captação, tratamento, transporte e distribuição da água até Campina Grande/PB. Após a captação, a água bruta é conduzida por meio de duas adutoras, de, respectivamente, 900mm e 800mm de diâmetro, até a estação de tratamento de água, localizada no distrito de Gravatá, distando 22 km do Açude Epitácio Pessoa.

Na ETA, a água bruta recebe tratamento convencional (adição de coagulantes químicos, floculação, decantação, filtração rápida e cloração) e, em seguida, a água tratada é conduzida até a cidade de Campina Grande em três linhas de adução. Da primeira elevatória partem duas adutoras: a de DN500 mm, mais antiga em operação, desde 1957, abastece o R-9 e a de DN700 mm, implantada em 1972, também abastece o R-9 e possui uma derivação para o R-5. Da segunda elevatória parte a adutora de DN800 mm, construída em 1994.

## **2.3 Controle e vigilância da qualidade da água**

A Portaria Nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde define controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano da seguinte forma:

- Controle da qualidade da água para consumo humano: conjunto de atividades exercidas regularmente pelo responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água, destinado a verificar se a água fornecida à população é potável, de forma a assegurar a manutenção desta condição;
- Vigilância da qualidade da água para consumo humano: conjunto de ações adotadas regularmente pela autoridade de saúde pública para verificar o

atendimento a esta Portaria, considerados os aspectos socioambientais e a realidade local, para avaliar se a água consumida pela população apresenta risco à saúde humana;

Tais definições estabelecem as diferentes responsabilidades e mecanismos, clara e objetivamente, para o exercício eficaz e diferenciado, do controle e da vigilância, da qualidade da água para consumo humano. O controle da qualidade da água de consumo humano é exercido pelo órgão responsável pela operação do sistema e a vigilância por um órgão de saúde pública. Segundo Freitas e Freitas (2005) estas atividades fazem parte do SISAGUA (Sistema de Informações de Vigilância e Controle da Qualidade da Água de Consumo Humano), que tem como finalidade garantir o consumo de água de qualidade pela população diminuindo a incidência de doenças veiculadas pela água. O controle, muitas vezes, se limita à análise e exames com frequência proporcional à população atendida, sendo ainda muito encontrados relatos de doenças relacionadas à água de abastecimento. Para sanar isso, a OMS (Organização Mundial da Saúde) recomenda a aplicação do Plano de Segurança de Água (PSA), o qual lista os riscos potenciais de um sistema de abastecimento de água, para uma ação preventiva, devendo este conter as seguintes etapas: estabelecimento de objetivos; avaliação do Sistema de Abastecimento de Água; identificação de medidas de controle; preparação de planos de gestão e o funcionamento da vigilância de forma independente (GUIMARÃES, 2010).

Com o objetivo de assegurar a segurança e confiabilidade da água para consumo humano, a vigilância é uma atividade investigativa, assim como também é uma atividade tanto preventiva como corretiva, pois é capaz de identificar os fatores de risco à saúde humana associados à água. A vigilância é preventiva porque permite detectar precocemente os fatores de risco, de modo que resulte na tomada de ações antes mesmo que se apresente o problema à saúde pública e, é corretiva porque é capaz de identificar os focos de doenças relacionados com a água permitindo uma intervenção sobre os meios de transmissão, a fim de controlar a propagação da doença.

Através da coleta, análise e divulgação dos dados, a vigilância da qualidade da água busca a identificação e descrição dos fatores de risco provenientes do SAA, a fim de propor medidas preventivas e de controle de agravos à saúde humana

(BRASIL, 2006).

## 2.4 Evolução e padrões das Portarias

Os padrões de potabilidade correspondem aos valores limites de determinados indicadores de natureza física, química, microbiológica ou radioativa, que venham oferecer algum tipo de risco à saúde da população que utiliza determinada água para seu consumo (ARAUJO, 2010).

A evolução do Padrão de Potabilidade no Brasil, segundo Souza (2010), advém do Decreto Nº 79367/1977, atribuindo competência ao Ministério da Saúde (MS), para elaborar normas e o padrão de potabilidade de água para consumo humano a serem adotados em todo o território nacional, poder este que antes era de responsabilidade das Secretarias Estaduais de Saúde (UES). A partir desse Decreto surgiu o primeiro padrão de potabilidade brasileiro através da Portaria Nº 56 do Ministério da Saúde, de 14 de março de 1977 (BRASIL, 1977), definindo os limites máximos para as diversas características químicas, físicas e biológicas referentes à qualidade da água para consumo humano.

A Portaria Nº 56/1977 foi revogada em 19 de janeiro de 1990 pela Portaria Nº 36 (BRASIL, 1990) e, uma década depois, após um amplo processo de revisão da Portaria Nº 36, integrando diversos segmentos relacionados ao tema, foi publicada, em dezembro de 2000, a Portaria Nº 1.469 (BRASIL, 2001). Em junho do mesmo ano, foi instituída a Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS) do Ministério da Saúde que assumiu as atribuições do Centro de Epidemiologia (CENEPI), localizado na estrutura da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA).

A Portaria Nº 518/2004, do Ministério da Saúde, revogou a Portaria Nº 1469/2000. Ela manteve todos os parâmetros da Portaria anterior, apenas com algumas adaptações ao novo ordenamento do Ministério da Saúde. Dentre essas inovações, encontra-se a obrigatoriedade da desinfecção para todas as águas, a filtração para águas superficiais, a valorização da *Escherichia coli* como indicador de contaminação fecal, a obrigatoriedade da pressurização da rede e a caracterização do sistema coletivo e do sistema alternativo de abastecimento de água (OGATA, 2011).

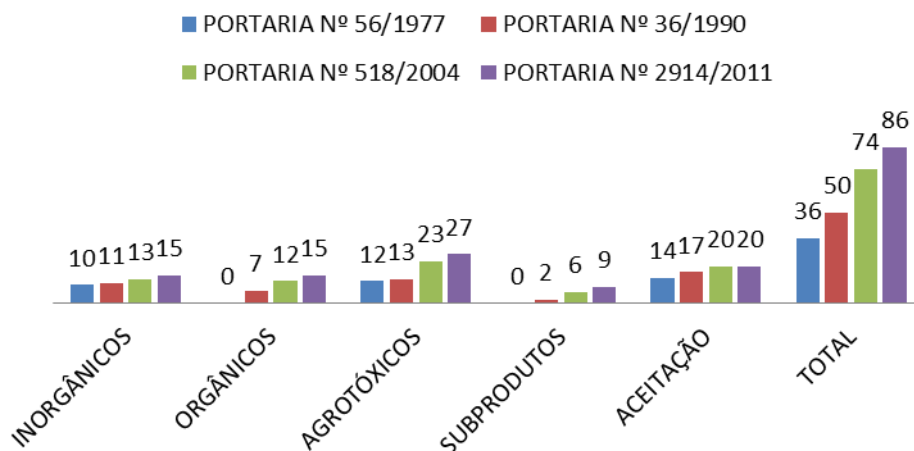


A Portaria Nº 2914/2011 encontra-se em vigor atualmente. Segundo Ribeiro (2012) esta última publicação é resultado de um amplo processo de discussão para a revisão da Portaria Nº 518/2004 do Ministério da Saúde, realizado no período de 2009 a 2011, sob a coordenação do Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador, da Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde.

Segundo Ribeiro (2012), a Portaria Nº 2914/2011, além dos avanços em relação aos parâmetros de qualidade, também aborda sobre a necessidade da estruturação e habilitação de laboratórios, nos mais diversos níveis de governo e também na área privada; exige a informação sobre a qualidade de produtos químicos utilizados em tratamento de água para consumo humano e a comprovação do baixo risco à saúde; proíbe a existência de solução alternativa coletiva, onde houver rede de distribuição e de misturas com a água da rede; prevê competências específicas para a União, os Estados e Municípios; amplia a necessidade de capacitação e atualização técnica dos profissionais que atuam no fornecimento e controle de qualidade da água, dentre outros.

A Figura 2.2 ilustra a evolução dos padrões de potabilidade das portarias brasileiras estabelecidas pelo Ministério da Saúde (MS) com relação ao número de parâmetros contemplados e a sua tipologia.

Figura 2.2 – Evolução da quantidade de parâmetros das portarias brasileiras e sua tipologia



Fonte: Adaptado de Libânio (2012).

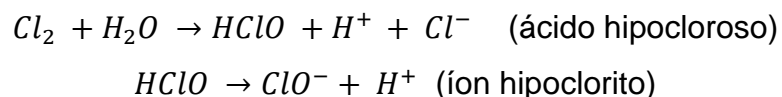
## 2.5 Indicadores sentinelas

O termo sentinela, utilizado para os indicadores sanitários, analogamente, pretende conferir a esses indicadores a condição de instrumentos de identificação precoce de situações de risco em relação à água consumida pela população que podem resultar em doenças de transmissão hídrica, passíveis de prevenção e controle com medidas de saneamento básico (BRASIL, 2006). Os indicadores sentinelas são, portanto, instrumentos de identificação precoce de situações de risco em relação à água consumida pela população que podem resultar em doenças de transmissão hídrica, passíveis de prevenção e controle com medidas de saneamento básico.

Os indicadores sentinelas são os parâmetros cloro residual livre e turbidez (que assume função de indicador sanitário e não meramente estético). De acordo com a Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância Ambiental em Saúde relacionada à qualidade da água para consumo humano, os indicadores sentinelas devem ser implantados em todos os municípios.

### 2.5.1 Cloro residual livre (CRL)

Em contato com a água, isenta de impurezas, o cloro é hidrolisado e ocorre a formação de ácido hipocloroso, íons hidrogênio e cloreto. Dependendo do pH da água, este ácido dissocia-se, liberando os íons hidrogênio e hipoclorito, conforme as reações:



O cloro residual livre é considerado um indicador sentinela porque sua concentração vai sendo diminuída, devido à reação com várias substâncias orgânicas e inorgânicas encontradas nas tubulações; conseqüentemente, se houver uma queda brusca na concentração desse indicador a água pode ficar desprotegida e, com isso, sofrer uma nova contaminação, colocando em risco a saúde da população. A manutenção de um residual de cloro adequado é um dos principais

instrumentos de controle da qualidade da água nos sistemas de transporte e distribuição de água.

A Portaria Nº 2.914/2011 recomenda que, após a desinfecção, a água deve conter um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L, sendo obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L em qualquer ponto da rede de distribuição, sendo o teor máximo recomendável de 2,0 mg/L, em qualquer ponto da rede de distribuição.

### **2.5.2 Turbidez**

A turbidez, definida como uma medida do grau de interferência à passagem da luz através do líquido, corresponde ao outro indicador sentinela estabelecido pela legislação brasileira e, quando está elevada na água tratada, indica que alguma parte do sistema de abastecimento não está sendo eficiente; conseqüentemente, a população pode estar utilizando uma água contaminada, visto que o processo de desinfecção pode ser prejudicado, pois os microrganismos patogênicos podem ficar protegidos por partículas (mais propriamente filmes biológicos) causadoras de turbidez dificultando o contato com o desinfetante. Nessa situação a turbidez assume função de indicador sanitário e não meramente estético.

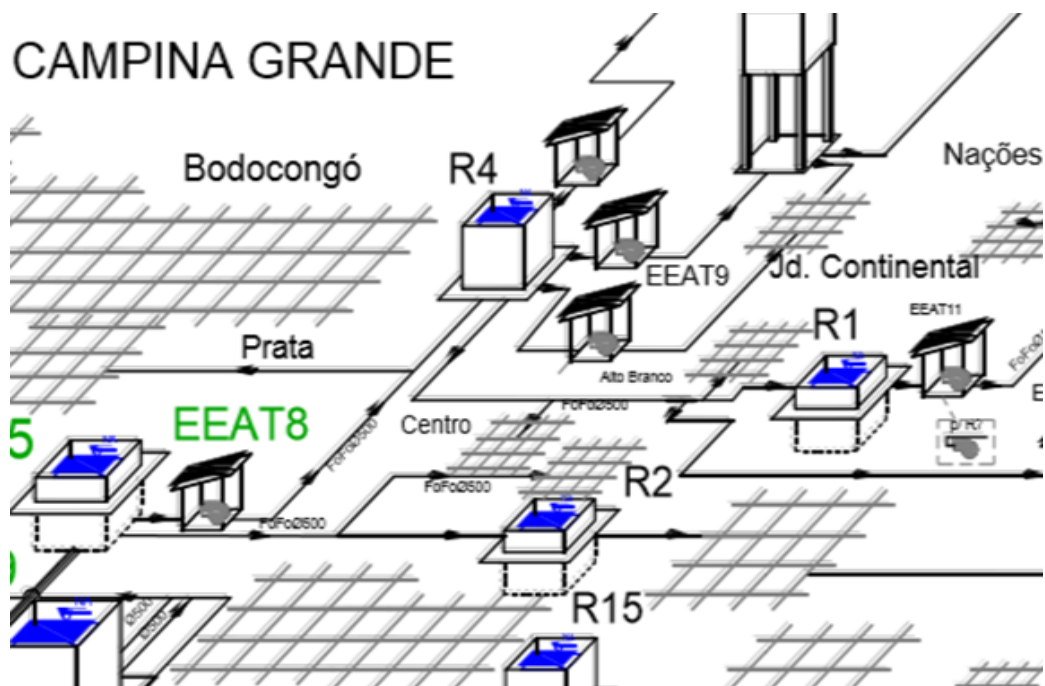
As partículas em suspensão causadoras de turbidez, expressa em unidades de turbidez (unidade Jackson ou nefelométrica), são provenientes do processo erosivo do solo principalmente quando a vegetação ciliar é destruída, despejos de atividades industriais ou de esgoto doméstico que são lançados no manancial sem o devido tratamento. A Portaria Nº 2914/2011, estabelece que o valor máximo permitido de aceitação para consumo humano seja 5,0 UT em qualquer ponto da rede de distribuição de água.



reservatório continua fazendo parte do sistema de distribuição da cidade (MENESES, 2011).

O reservatório R-2 (Figura 3.2) é do tipo semienterrado, alimentado por gravidade pelo reservatório R-5, e possui capacidade de 2.290 m<sup>3</sup>, sendo os níveis (cotas) d'água máximo de 554,8 m e mínimo de 552 m. A subadutora que interliga o R-5 ao R-2 tem 500 mm de diâmetro e 1.890 m de comprimento e capacidade de adução da ordem de 190 L/s (ACQUAPLAN, 1979).

Figura 3.2 – Localização do reservatório R2 e subadutora de 500 mm.



Fonte: Adaptado de Meneses (2011).

As tubulações de distribuição que derivam do R2 são de ferro fundido, com diâmetros que variam de 200 a 400 mm, de PVC com diâmetros variando de 60 a 100 mm e, predominantemente, de cimento amianto, material que caiu em desuso pela sua natureza carcinogênica, com diâmetros variando de 50 a 150 mm.

**Tabela 3.1** – Materiais e extensões das tubulações.

Material das Tubulações	Extensão (m)
Ferro fundido	1.527
PVC	611
Cimento amianto	6.663

Fonte: Alves (2014).

### 3.2 Pontos de coleta

As coletas das amostras de água para as análises foram realizadas em 9 pontos, cujos endereços e coordenadas estão descritos na Tabela 3.2.

**Tabela 1.2:** Localização dos pontos de coleta das amostras de água de abastecimento.

	<b>Ponto</b>	<b>Endereço</b>	<b>Coordenadas</b>
<b>P1</b>	Reservatório R2	Rua Félix Araújo, s/n, Centro.	S 07° 13,473' W 035° 53,498'
<b>P2</b>	Residencial Aluízio G. Meira	Rua Desembargador Trindade, 722, Centro.	S 07° 13,411' W 035° 53,151'
<b>P3</b>	Secretaria Municipal de Educação	Rua Paulino Raposo, 347, São José.	S 07° 13,493' W 035° 53,188'
<b>P5</b>	Casa da Criança Dr. João Moura	Rua Dr. João Moura, 487, São José.	S 07° 13,503' W 035° 53,324'
<b>P6</b>	Centro de Educação Superior Reinaldo Ramos	Av. Prof. Almeida Barreto, 242, Centro.	S 07° 13,649' W 035° 53,183'
<b>P7</b>	2º Batalhão de Bombeiro Militar	Av. Prof. Almeida Barreto, 428, Centro.	S 07° 13,684' W 035° 53,321'
<b>P8</b>	E. E. E. F. M. Clementino Procópio	Rua Felipe Camarão, s/n, São José.	S 07° 13,512' W 035° 53,425'
<b>P9</b>	Ponta de rede	Rua Major. Belmiro, 358, São José.	S 07° 13,499' W 035° 53,257'
<b>P11</b>	Hospital Universitário Alcides Carneiro	Rua Carlos Chagas, s/n, São José.	S 07° 13,673' W 035° 53,491'

Fonte: Alves (2014).

### 3.3 Coleta e preservação das amostras

As amostras para as análises foram coletadas diretamente do sistema público de distribuição de água. As torneiras eram abertas por um tempo de 2 a 3 minutos para deixar escoar a água estagnada nas canalizações e as amostras eram coletadas em garrafas de 500 mL cobertas com material escuro para evitar incidência de luz sobre a água. Em seguida eram realizadas as análises em triplicata, in loco, de cloro residual livre e turbidez.

### 3.4 Métodos analíticos utilizados

Os métodos analíticos utilizados na pesquisa seguiram as recomendações do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012).

#### a) Cloro residual livre (CRL)

Para determinação do cloro residual foi utilizado o método DPD – colorimétrico. O DPD (N, N-dietil-p-fenileno-diamina) é adicionado à amostra pré-tamponada com fosfato, em pH na faixa de 6,2 a 6,5. Na ausência de íons iodeto o DPD é oxidado pelo cloro livre, produzindo uma coloração róseo-avermelhada. As cloraminas (cloro residual combinado) oxidam o iodeto de potássio adicionado, para iodo, o qual oxida o DPD, tornando possível a determinação do cloro total. Nesta reação, a intensidade da cor varia proporcionalmente à concentração do cloro presente, respeitando a Lei de Beer. O quantitativo correspondente ao cloro residual combinado é determinado pela diferença numérica entre o cloro residual total e o livre. O equipamento utilizado foi um colorímetro microprocessador de leitura direta modelo Aquacolor Cloro (Figura 3.3).

**Figura 3.3** – Equipamento utilizado para medir o cloro residual livre,



Fonte: Santos (2012).

#### b) Turbidez

A turbidez foi determinada pelo método instrumental nefelométrico com a utilização de um turbidímetro portátil, TECNOPON modelo TB-1000, como ilustrado na Figura 3.4

**Figura 3.4** – Equipamento utilizado para medir a turbidez.



Fonte: Santos (2012).

### 3.5 Análise estatística dos dados

Para cada conjunto de dados obtidos foi feito um estudo para detecção e posterior remoção de *outliers* (valores atípicos que não são representativos do universo amostral). Para isso foi aplicado o método de Grubbs, com um nível de significância de 0,05 e universo amostral de 30 dados. O método de Grubbs testa a existência de *outliers* num universo amostral baseado na comparação do *outlier* suspeito com o valor estimado no método.

Posteriormente, a todos os conjuntos de dados, de uma mesma variável, foi aplicada a estatística descritiva e, em seguida, verificada a ocorrência de conformidade e não conformidade com a Portaria Nº 2914/11 do Ministério da Saúde, para os 9 (nove) pontos de coleta.

### 4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 4.1 e 4.2 apresentam os parâmetros estatísticos descritivos do comportamento de cloro residual livre e turbidez, respectivamente, para os pontos amostrais do setor confinado que abastece o bairro do São José, da cidade de Campina Grande. Em todos os pontos, o valor mínimo da concentração de cloro residual livre foi de 0,0 mgCl<sub>2</sub>/L e o valor máximo foi de 0,08 mgCl<sub>2</sub>/L. Deste modo, pode-se constatar que, durante todo o período analisado, foram verificadas violações em relação às



concentrações de cloro residual livre preconizadas pela Portaria Nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, que estabelece uma concentração mínima de 0,2 mgCl<sub>2</sub>/L em qualquer ponto da rede de distribuição. Desta forma, fica caracterizada situação de potencial risco à saúde da população.

O setor estudado possui características de confinamento, em que toda a água fica estagnada nas tubulações e tem que ser consumida pela população, associado ao fato das canalizações serem antigas, e, em sua grande maioria, constituídas de cimento amianto, resultando na degradação da qualidade da água. Porém, é importante registrar que a água já chega ao reservatório R-2 (Ponto1) com sua qualidade comprometida em relação ao CRL, que é o principal agente (desinfetante) para inativação de possíveis agentes patogênicos na água.

Tabela 4.1 – Estatística descritiva e frequência de conformidade e não conformidades do indicador sentinela cloro residual livre nos pontos analisados.

Ponto	N	Mediana mgCl <sub>2</sub> /L	Valor (mgCl <sub>2</sub> /L)		Desvio padrão	Conformidade		Não conformidade	
			Mínimo	Máximo		N <sup>o</sup>	%	N <sup>o</sup>	%
<b>P1</b>	25	0,00	0,00	0,07	0,02	0	0,0	25	100,0
<b>P2</b>	28	0,00	0,00	0,06	0,02	0	0,0	28	100,0
<b>P3</b>	30	0,00	0,00	0,07	0,02	0	0,0	30	100,0
<b>P5</b>	30	0,01	0,00	0,07	0,02	0	0,0	30	100,0
<b>P6</b>	29	0,00	0,00	0,04	0,01	0	0,0	29	100,0
<b>P7</b>	30	0,00	0,00	0,03	0,01	0	0,0	30	100,0
<b>P8</b>	28	0,00	0,00	0,07	0,02	0	0,0	28	100,0
<b>P9</b>	30	0,00	0,00	0,08	0,20	0	0,0	30	100,0
<b>P11</b>	30	0,00	0,00	0,03	0,01	0	0,0	30	100,0

O padrão estabelecido pela Portaria Nº 2914/2011 estabelece o limite máximo para o indicador turbidez de 5,0 UT para qualquer ponto do sistema de distribuição. Nesta pesquisa foi constatado que em nenhum ponto analisado este valor foi ultrapassado, portanto a turbidez está em padrões aceitáveis para o consumo humano (Tabela 4.2). Porém, o fato da turbidez se encontrar em conformidade com o padrão de potabilidade não garante que a água esteja livre de contaminação e em condição de segurança para o consumo humano.

Tabela 4.2 – Estatística descritiva e frequência de conformidade e não conformidades do indicador sentinela turbidez, nos pontos analisados.

Ponto	N	Mediana	Valor		Desvio padrão	Conformidade		Não conformidade	
			Mínimo	Máximo		N <sup>o</sup>	%	N <sup>o</sup>	%
<b>P1</b>	25	0,00	0,00	0,10	0,03	25	100,0	0	0,0
<b>P2</b>	28	0,40	0,00	0,80	0,25	28	100,0	0	0,0
<b>P3</b>	30	0,40	0,00	1,30	0,42	30	100,0	0	0,0
<b>P5</b>	30	0,45	0,00	1,60	0,45	30	100,0	0	0,0
<b>P6</b>	29	0,40	0,00	1,10	0,31	29	100,0	0	0,0
<b>P7</b>	30	0,25	0,00	0,80	0,22	30	100,0	0	0,0
<b>P8</b>	28	0,40	0,00	1,20	0,37	28	100,0	0	0,0
<b>P9</b>	30	0,40	0,00	1,20	0,35	30	100,0	0	0,0
<b>P11</b>	30	0,30	0,00	0,80	0,23	30	100,0	0	0,0

## 5.0 CONCLUSÕES

Em todos os pontos analisados, foram verificadas concentrações nulas de cloro residual livre, em 100% das amostras analisadas, situando-se muito abaixo da concentração mínima exigida pela Portaria Nº 2914/2011. Isso implica numa situação de risco para a saúde da população residente no setor.

Com relação à turbidez em nenhuma das medições o padrão máximo de 5,0 UT estabelecido para toda a extensão do sistema de distribuição foi ultrapassado, ficando, pelo contrário, bem abaixo do limite máximo admitido, apresentando conformidade dos valores medidos para esse indicador, segundo a Portaria Nº 2914/2011.

O setor estudado, que possui características de confinamento, associadas ao fato das canalizações serem antigas, sendo maior parte constituída de cimento amianto, que pode resultar na degradação da qualidade da água. Porém, a água já chega ao reservatório R-2 com sua qualidade comprometida em relação ao cloro residual livre. O decaimento da concentração de CRL ocorre no percurso através da subadutora do R-5 ao R-2.

Por fim, como medida imediata, para sanar o problema da qualidade da água do setor, seria necessária operação de recloração periódica no reservatório R-2 para garantir as concentrações mínimas exigidas pela legislação. Além disso, faz-se necessária a aplicação de plano de manutenção incluindo limpezas regulares de reservatório, descargas de rede e, como medida posterior, a substituição das canalizações antigas de cimento amianto por tubulações de PVC que são menos suscetíveis à fadiga, à corrosão e são mais fáceis e rápidas de serem implantadas.

## REFERÊNCIAS

ACQUAPLAN. **Sistema de abastecimento de água**. Cidade de Campina Grande. Volume III – Tomo I, concepção do sistema de distribuição de Campina Grande. Recife, 1979.

APHA, AWWA, WPCF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22<sup>th</sup> ed., Washington, D.C: American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, 2012. 1600p.

ARAUJO, M. C. S. P. de. **Indicadores de vigilância da qualidade da água de abastecimento da cidade de Areia (PB)**. Campina Grande – PB: UFCG, 2010. 110p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande. 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n.º 36, de 19 de janeiro de 1990. **Dispõe sobre as normas e padrões de potabilidade de água para consumo humano**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 jan. 1990.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria N.º 56, de 14 de março de 1977. **Aprova as normas e o padrão de potabilidade da água a serem observados em todo território nacional**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 15 jun. 1977.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria Nº 1.469, de 29 de dezembro de 2000. **Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, DF. 22 fev. 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria 2.914, 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**. Brasília: Ministério da Saúde,

2011. 32 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n.º 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. Brasília (DF), 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e Controle da Qualidade da Água Para Consumo Humano.** Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212 p.

CLARK, R. M.; HAUGHT, R. C. Charactering Pipe Wall Demand: Implications for Water Quality Modeling. **Journal Of Water Resources Planning And Management.** Cincinnati, p. 208-217. 1 de maio 2005.

COUTINHO, K. C. O. **Efeito da Reservação Predial na Deterioração da Qualidade de Água de Abastecimento Humano.** Campina Grande – PB: UFCG, 2011. 88p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande. 2011.

FREITAS, M. B. & FREITAS, C. M. **A Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano – Desafios e Perspectivas para o Sistema Único de Saúde.** Rio de Janeiro: Revista Ciência & Saúde Coletiva, 2005. 12 p.

GUIMARÃES, R. M. **Ocorrência de cloro residual combinado no sistema de distribuição de água de campina grande (PB).** Campina Grande – PB: UFCG. 2011. 87f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande. 2010.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** 2ed. Campinas: Átomo, 2008.

MENESES, R. A. **Diagnóstico Operacional de Sistemas de Abastecimento de Água: O Caso de Campina Grande.** 2011. 161 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande, Campina

Grande, Paraíba, 2011.

**OGATA, I. S. Avaliação de risco da qualidade da água potável do sistema de abastecimento da cidade de Campina Grande (PB).** Campina Grande – PB: UEPB. 2011. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Campina Grande, 2011.

**RIBEIRO, M. C. M. Nova portaria de potabilidade de água: busca de consenso para viabilizar a melhoria da qualidade de água potável distribuída no Brasil.** Revista DAE, Ed. 189, 8 – 15p.

**SOUZA, J. Conformidade da água de abastecimento de Campina Grande (PB) com o padrão de aceitação para o consumo humano.** 2010. 91f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Campina Grande, 2010.