UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

ESTEPHANIA SILVA JOVINO

AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE DOS CONSUMIDORES DA ÁGUA DISTRIBUÍDA NO MUNICÍPIO DE JUAZEIRINHO-PB

CAMPINA GRANDE
2019

ESTEPHANIA SILVA JOVINO

AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE DOS CONSUMIDORES DA ÁGUA DISTRIBUÍDA NO MUNICÍPIO DE JUAZEIRINHO-PB

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito obrigatório à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador (a): Profa. Dra. Ruth Silveira do Nascimento.

CAMPINA GRANDE
2019

É expressamente proibido 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 do trabalho.

J86a Jovino, Estephania Silva.
Avaliação de risco à saúde dos consumidores da água distribuída no município de Juazeirinho-PB [manuscrito] / Estephania Silva Jovino. - 2019.
47 p. : il. colorido.
Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia , 2019.
"Orientação : Profa. Dra. Ruth Silveira do Nascimento , Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental - CCT."
1. Qualidade da água. 2. Abastecimento de água. 3. Saúde Pública. I. Título
21. ed. CDD 628.1

Elaborada por Giulianne M. Pereira - CRB - 15/714 BC/UEPB

ESTEPHANIA SILVA JOVINO

AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE DOS CONSUMIDORES DA ÁGUA DISTRIBUÍDA NO MUNICÍPIO DE JUAZEIRINHO-PB

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito obrigatório à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Aprovada em: 11 / 02/ 2019.

BANCA EXAMINADORA

Ruth Silveira do Nascimento

Profa. Dra. Ruth Silveira do Nascimento (Orientadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Prof. Dr. Rui de Oliveira
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Prof. Mestre Cícero Fellipe Diniz de Santana
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

A Deus, fonte inesgotável de sabedoria, responsável por iluminar e conduzir a minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradecer sem mencionar o nome de Deus seria ingratidão, Ele é o único responsável por conduzir toda a caminhada que fiz ao longo desses anos, por ter colocado seres humanos iluminados e sábios no trajeto da minha vida pessoal e acadêmica.

Sou extremamente grata aos meus pais, Jonabia e Valmir, por todo amor depositado em minha vida, por me mostrarem a essência de viver e serem os meus maiores exemplos.

Agradeço aos meus avós, em especial minha avó Carmita, que esteve sempre em oração por mim, me apoiando e torcendo pelas vitórias as quais já enxergava.

Aos meus irmãos, Raiff, Raphael e Elizama, e aos meus sobrinhos, por estarem sempre ao meu lado, me ajudando e incentivando.

A todos os meus amigos que sempre estiveram alegrando os meus dias, dando forças e contribuindo para que eu pudesse concluir mais uma etapa da vida.

À professora Ruth Silveira do Nascimento, pela paciência, carinho e todo conhecimento repassado ao longo desse trabalho e trajeto acadêmico.

À professora Celeide Maria Belmont Sabino Meira e ao professor Rui de Oliveira pelos ensinamentos e incentivos ao longo do curso.

Aos meus amigos de curso, André Luíz, Andreia Freitas, Evelyne Morgana, Gabriely Dias, Larissa Macedo e Nayr Thays por terem partilhado de momentos únicos, somado conhecimentos e subtraído as dificuldades. Pessoas as quais sempre recordarei.

A todos os amigos que fiz no Laboratório de Eficiência Energética e na UEPB, por todas as ajudas, companheirismo e momentos vivenciados no dia a dia.

A todos os meus familiares que sempre me apoiaram e estiveram dispostos a me ajudar nos momentos que precisei.

"Não to mandei eu? Esforça-te, e tem bom ânimo; não pasmes, nem te espantes: porque o Senhor teu Deus é contigo, por onde quer que andares"

(JOSUÉ 1:9)

RESUMO

O trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade da água distribuída na cidade de Juazeirinho-PB, buscando caracterizar os perigos associando as possíveis causas a cada um dos eventos que colocam em risco os consumidores dessa água. Para isso, foram utilizadas duas metodologias de avaliação de risco, a Análise Preliminar de Perigos (APP) e a Análise de Árvore de Falhas (AAF). Foram avaliados quatro estabelecimentos, totalizando dez pontos de amostragem, escolhidos com base no Plano de Amostragem da Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano, sendo analisados os indicadores cloro residual livre (CRL), turbidez, pH, bactérias heterotróficas, coliformes totais e *Escherichia coli*, no período de março a dezembro de 2016. A cidade possui sistema de abastecimento de água por rede geral, sob a responsabilidade da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), porém, devido a um período de estiagem, o abastecimento era complementado por carros-pipas mantidos pela Prefeitura Municipal. O conjunto de dados coletados para cada indicador analisado foi submetido à análise estatística descritiva. A partir dos resultados obtidos, foi verificada a não conformidade com os valores permitidos pela Portaria de consolidação nº5 de setembro de 2017. Foram, então, aplicadas as metodologias de avaliação de risco. A partir da APP foram listados os perigos associados à qualidade da água analisada, os indicadores que causaram maior preocupação foram o CRL, bactérias heterotróficas, coliformes totais e *Escherichia coli*, sendo formulada uma classificação de risco crítico. Foi elaborada uma árvore de falhas, tendo como evento topo a não conformidade do ponto analisado, seguido dos eventos intermediários, sendo então consideradas as falhas básicas causadoras desses eventos. Aplicadas as metodologias, foi possível observar as principais causas que afetam a má qualidade da água e colocam a saúde dos consumidores em risco, as quais são a falta de manutenção do sistema e a falha na desinfecção, sendo esta última ocasionada provavelmente pela mistura de águas da rede geral e de carro-pipa e a péssima estrutura de instalação dos reservatórios e tubulação. Foi constatado, por fim, que a água distribuída representa risco à saúde da população, sendo necessário implementar medidas que busquem melhorar a qualidade da água e, consequentemente, a saúde pública.

Palavras-Chave: Análise de risco. Saúde pública. Qualidade da água.

ABSTRACT

The objective of this paper is to evaluate the quality of the water distributed in the town of Juazeirinho, Paraiba, aiming to characterize the hazards by associating the possible causes to each of the events that put the water supplies consumers in question at risk. For this, two risk assessment methodologies were used: the Preliminary Risk Analysis (PRA) and the Fault Tree Analysis (FTA). Four establishments, totaling ten sampling points, were selected based on the Environmental Health Surveillance Sampling Plan related to the quality of the water for human consumption. The following indicators were analyzed: free residual chlorine (FRC), turbidity, pH, heterotrophic bacteria, total coliforms and Escherichia coli, from March to December 2016. The town has a water supply system through a general network, under the responsibility of Companhia de Água e Esgotas da Paraíba (CAGEPA), but due to a drought period, the water supply was complemented by water tank trucks maintained by the municipal services. The set of data collected for each analyzed indicator was submitted to descriptive statistical analysis. From the results obtained, it was verified the non-compliance with the values allowed by the Consolidation Decree No. 5 of September, 2017. The risk assessment methodologies were then applied. From the PRA were listed the hazards associated with the water quality analyzed. The indicators that caused the greatest concern were FRC, heterotrophic bacteria, total coliforms, and Escherichia coli, so a critical risk classification was formulated. A fault tree was elaborated, having as top event the nonconformity of the analyzed point, followed by the intermediate events, being considered the basic faults that caused these events. After applying the methodologies, it was possible to observe the main causes that affect the poor water quality and put the health of the consumers at risk, which are the lack of system maintenance and the disinfection failure, the latter being probably caused by the mixing of water of the general network and of the water tank trucks, and the terrible structure of installation of the tanks and piping. Finally, it was verified that the distributed water poses a risk to the health of the population, and it is necessary to implement measures that seek to improve water quality and, consequently, public health.

Key-Words: Hazard analysis. Public health. Water quality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 3.1 – Sistema de Abastecimento de Água..... 15
Figura 3.2 – Quantidade de parâmetros contemplados ao longo dos avanço das Portarias... 18
Figura 4.1 – Localização do município de Juazeirinho, estado da Paraíba..... 25
Figura 4.2 – Bancada para análise de CRL..... 28
Figura 4.3 – Equipamento utilizado para analisar o pH das amostras de água (a) e Equipamento utilizado para analisar a turbidez das amostras de água (b)..... 28
Figura 4.4 – Matriz de Classificação de Risco – Frequência X Severidade..... 32
Figura 4.5 – Estrutura básica de construção de uma árvore de falhas..... 33
Figura 5.1 – Gráficos box-plot do pH para os diferentes pontos de amostragem..... 35
Figura 5.2 – Gráficos box-plot da turbidez para os diferentes pontos de amostragem..... 36
Figura 5.3 – Gráficos box-plot de CRL para os diferentes pontos de amostragem..... 37
Figura 5.4 – Detalhes dos pontos de coleta: cozinha da EMEF Frei Damião (A) e cisterna da creche Edvaldo Motta (B)..... 38
Figura 5.5 – Detalhes dos pontos de coleta: cisterna do Hospital Municipal (A) e interior da cisterna da creche Edvaldo Motta (B)..... 38
Figura 5.6 – Árvore de Falhas da água distribuída na cidade de Juazeirinho-PB..... 43

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Doenças relacionadas com a água..... 17
Tabela 4.1 – Estabelecimentos selecionados e seus respectivos pontos de coletas..... 26
Tabela 4.2 – Categorias de frequências de ocorrência dos cenários..... 31
Tabela 4.3 – Categorias de severidade..... 31
Tabela 4.4 – Legenda da matriz de classificação de risco – Frequência X Severidade..... 32
Tabela 4.5 – Elementos gráficos para construção da árvore de falhas..... 33
Tabela 5.1 – Resumo descritivo das medições para os parâmetros físico-químicos..... 34
Tabela 5.2 – Resumo estatístico dos valores de bactérias heterotróficas..... 39
Tabela 5.3 – Frequência de conformidade dos indicadores coliformes totais e *Escherichia coli*..... 39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APHA	American Public Health Association
APP	Análise Preliminar de Perigos
AAF	Análise de Árvore de Falhas
CAGEPA	Companhia de Água e Esgotos da Paraíba
CRL	Cloro Residual Livre
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
mg/L	Miligrama por Litro
MS	Ministério da Saúde
OMS	Organização Mundial da Saúde
pH	Potencial Hidrogeniônico
PSA	Plano de Segurança da Água
SISAGUA	Sistema de Informação de Vigilância e Controle da Qualidade da água
UFC/mL	Unidades Formadoras de Colônia por mililitro
UEPB	Universidade Estadual da Paraíba
VIGIAGUA	Programa Nacional de Vigilância da água para consumo humano
uT	Unidades Nefelométricas de Turbidez
VMP	Valor Máximo Permitido
°C	Graus Celsius

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO 13
2.0 OBJETIVOS 14
2.1 Objetivo Geral 14
2.2 Objetivos Específicos 14
3.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 15
3.1 Água e Saúde Pública 16
3.2 Portaria de Consolidação n°5, de 28 de setembro de 2017 17
3.3 Indicadores físico-químicos 18
3.3.1 Cloro residual livre 18
3.3.2 Turbidez 19
3.3.3 pH 19
3.4 Indicadores microbiológicos 20
3.4.1 Bactéria heterotróficas 20
3.4.2 Coliformes totais e *Escherichia coli* 21
3.5 Vigilância da qualidade da água para consumo humano 22
3.6 Plano de segurança da água 23
3.7 Análise de risco 24
4.0 METODOLOGIA 25
4.1 Área de estudo 25
4.2 Definição dos pontos de coleta de amostras 26
4.3 Procedimento de coleta e preservação das amostras 27
4.4 Metodologia dos procedimentos analíticos 27
4.4.1 Cloro residual livre 27
4.4.2 pH 28
4.4.3 Turbidez 28
4.4.4 Bactérias heterotróficas 29
4.4.5 Coliformes totais e *Escherichia coli* 29
4.5 Tratamento estatístico dos dados 29
4.6 Procedimento para análise de riscos 30
4.6.1 Análise preliminar de perigos (APP) 30
4.6.2 Análise de árvore de falhas (AAF) 32
5.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES 34

5.1 Análise dos dados da qualidade da água e estatística descritiva 34
5.1.1 pH 35
5.1.3 Turbidez 36
5.1.4 Cloro residual livre 37
5.1.5 Bactérias heterotróficas 38
5.1.4 Coliformes totais e *Escherichia coli* 39
5.2 Resultados da análise preliminar de perigos 39
5.3 Resultados da análise de árvore de falhas 42
6.0 CONCLUSÃO 44
REFERÊNCIAS 45

1.0 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico das sociedades culminou no aumento das aglomerações humanas, provocando a elevação do consumo de água e uma maior degradação dos recursos naturais. É impossível existir desenvolvimento econômico e social sem o acesso aos serviços de saneamento básico, que objetivam melhorar a qualidade de vida das pessoas, garantindo a construção de uma sociedade mais saudável e justa.

Um recurso natural essencial à manutenção da vida na terra é a água. Desde os primórdios, existe uma preocupação do homem para obter água em quantidade suficiente e de boa qualidade. Apesar do Brasil ser um país farto quanto à disponibilidade de água, existe uma desigualdade regional na sua distribuição, resultando em limitações da quantidade, principalmente nas regiões áridas e semiáridas do Nordeste. Portanto, a busca do homem por fontes alternativas de água, para satisfazer as necessidades básicas do dia a dia, acaba tornando-se a única forma de suprir a falta desse recurso (BRITO e PORTO, 2007).

Um dos requisitos básicos para saúde humana é o acesso a água potável e esgotamento sanitário seguro. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) (2017), em todo o mundo, cerca de três em cada 10 pessoas carecem desses serviços. As unidades básicas de saúde, hospitais e escolas são ambientes frequentados por um grupo mais vulnerável aos riscos ocasionados por uma água distribuída fora dos padrões recomendados pela legislação vigente.

A busca da melhoria dos serviços de abastecimento de água e, consequentemente, da qualidade da água para consumo humano, levaram à criação e implementação de alguns programas integrando os setores de saúde, meio ambiente e saneamento, dentre eles, o Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para consumo humano (Vigiagua). O Programa tem como objetivo promover a saúde e prevenir agravos e doenças de transmissão hídrica, por meio de ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano (BRASIL, 2016).

A qualidade da água é fator determinante para a saúde da população, sendo necessário realizar a vigilância e o controle com base em parâmetros de qualidade da água, seguindo a Portaria de Consolidação nº5, de 28 de setembro de 2017, que, no seu Anexo XX, estabelece o padrão de potabilidade da água e outras providências. Nesse contexto, surge a importância da análise de risco que é uma metodologia que compreende a avaliação, o gerenciamento e a comunicação do risco.

Embora existam algumas incertezas e subjetividades relacionadas à análise de risco, esta é uma metodologia excelente para estabelecer critérios de aceitabilidade, tolerância e quantificação dos perigos. Essa metodologia se adapta à proposta do trabalho que busca analisar os riscos associados à saúde da população pelo consumo de água distribuída por fontes alternativas e de abastecimento por rede geral.

2.0 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar o risco sobre a saúde dos usuários que consomem a água distribuída na cidade de Juazeirinho, estado da Paraíba, caracterizando os possíveis riscos associados à qualidade da água.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a qualidade da água distribuída, com base em indicadores físico-químicos e microbiológicos.
- Utilizar a metodologia APP para identificar os perigos associados à qualidade da água distribuída para os usuários.
- Aplicar a metodologia de Árvore de Falhas para identificar as possíveis falhas referentes ao evento-topo em cada ponto analisado.

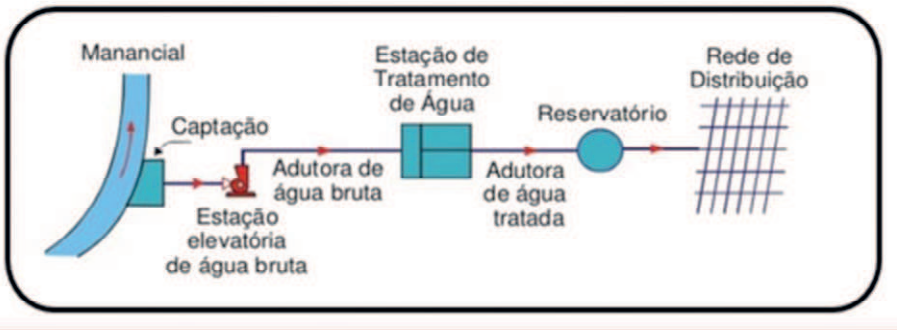
3.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

"Em termos globais, a água disponível é muito superior ao total consumido pela população" (MOTA, 2003, p. 143), alcançando algo em torno de 1.370 km³. Segundo Barros (2010), apesar dessa disponibilidade, a degradação dos mananciais, o aumento na demanda e má distribuição da água, acabam gerando uma desordem na quantidade e qualidade dos recursos hídricos disponíveis ao homem. Cerca de 2,1 bilhões de pessoas não têm acesso aos serviços de abastecimento de água potável e 4 bilhões não dispõem de esgotamento sanitário seguro (WHO, 2017).

O saneamento básico constitui um conjunto de ações que compreendem o abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e manejo de águas pluviais. São ações que têm por objetivo proteger e melhorar as condições de vida urbana e rural (BRASIL, 2004). Portanto, o grande entrave à melhoria de vida através do saneamento é alcançar a universalização desse sistema através de uma boa gestão dos recursos naturais, financeiros e humanos.

O serviço de abastecimento de água por rede geral caracteriza-se pela retirada de água bruta da natureza, adequação de sua qualidade, transporte e fornecimento à população através da rede geral de distribuição, como ilustrado na Figura 3.1. Nos municípios com abastecimento por rede geral, também pode ocorrer distribuição de água por outras formas, devido à inexistência, insuficiência ou ineficiência da rede em determinados locais do município (IBGE, 2010).

Figura 3.1 – Sistema de abastecimento de água



Fonte: EOS, 2018.

O Brasil apresenta uma grande variabilidade climática, distintos ecossistemas e outras diversas características que se estendem desde regiões semiáridas à Amazônia com seu farto potencial hídrico. Na Região Nordeste, as grandes porções territoriais caracterizadas por clima

semiárido possuem mananciais que não oferecem garantia de água para o abastecimento humano. Para enfrentar esse desafio, grandes obras hidráulicas como a construção de barragens e busca de soluções alternativas de abastecimento de água, como carro-pipa e cisternas, são elementos necessários para suprir a demanda e reduzir a desigualdade na distribuição de água (BRASIL, 2010).

Segundo o IBGE, em pesquisa datada no ano de 2010, o estado da Paraíba possui uma população de aproximadamente 3,8 milhões de habitantes, abrigada em 223 municípios. Os serviços de abastecimento de água são prestados em 79% dos municípios pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) (BRASIL, 2010).

De acordo com o IBGE (2010), com relação ao serviço de distribuição da água por rede de abastecimento, em 1296 municípios brasileiros ocorreu racionamento de água. As regiões com maior ocorrência desse tipo de problema foram a Nordeste. (40,5%) e a Norte (24,9%). As causas mais frequentes responsáveis pelo racionamento de água foram: problemas relacionados à seca/estiagem (50,5%); insuficiência de água no manancial (39,7%); deficiência na produção (34,5%); e deficiência na distribuição (29,2%).

A garantia de oferta de água para a população deve ser prioritária, pois se trata do atendimento às suas necessidades básicas. Dentre os principais usos da água, o abastecimento público é o mais nobre e exigente, devendo esta atender aos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos definidos pela legislação vigente e não oferecer riscos à saúde do consumidor (SPERLING, 2005).

3.1 Água e Saúde Pública

A OMS define saúde pública como a ciência que promove, protege e recupera a saúde por meio de medidas de alcance coletivo. Segundo o Relatório de Gestão dos Problemas da Poluição no Brasil, o principal agravo à saúde causado por problemas de poluição é a falta de abastecimento de água potável e a falta de coleta segura de esgotos (PHILIPPI, 2005).

As ações de saneamento básico necessitam de enfoque diferenciado conforme o local de desenvolvimento, pois são as populações de baixa renda que estão sujeitas às menores taxas de cobertura do sistema. A falta de abastecimento de água contínua por rede geral de distribuição impulsiona as populações a buscarem fontes alternativas de água para suprir suas atividades básicas, representando um risco à saúde.

A exposição humana à água contaminada por microrganismos pode provocar sérios agravos à saúde, a exemplo de doenças infecciosas intestinais e helmintíases, que afetam as

regiões mais pobres. Segundo a OMS (2017), cada real investido em saneamento economiza nove reais em saúde. Portanto, a disponibilização de água de boa qualidade está associada diretamente à melhoria da saúde pública.

Tabela 3.1 – Doenças relacionadas com a água.

DOENÇA	AGENTE PATOGÊNICO	MEDIDAS
Cólera	*Vibrio cholerae*	Implantar sistema de abastecimento de água Proteção dos mananciais Instalar reservatório adequado com limpeza sistemática Instalar melhorias sanitárias domiciliares e coletivas Eliminar o aparecimento de criadouros de água parada
Disenteria bacilar	*Shigella sp.*	
Febre tifoide	*Salmonella typhi*	
Hepatite infecciosa	Vírus da hepatite do tipo A	
Febre paratifoide	*Salmonella paratyphi* A, B e C	
Gastroenterite	Outros tipos de *Salmonella, Shigella, Proteus sp.*	
Diarreia infantil	Tipos enteropatogênicos de *Escherichia coli*	
Leptospirose	*Leptospira sp.*	
Dengue	*Grupo B dos arbovírus*	

Fonte: Adaptado de D'AGUILA et al., 2000

Na Tabela 3.1 estão listadas algumas doenças relacionadas com a água e seus respectivos agentes causadores, bem como algumas medidas importantes para combater o surgimento dessas enfermidades. Segundo o Censo do IBGE (2016), no município de Juazeirinho, localizado no estado da Paraíba, as internações devido à diarreia são de 0,7 para cada mil habitantes do município. O artigo publicado por Rufino (2016) corrobora com esses dados, enfatizando e relacionando a falta da distribuição de água com qualidade e quantidade suficiente com o surgimento de doenças intestinais.

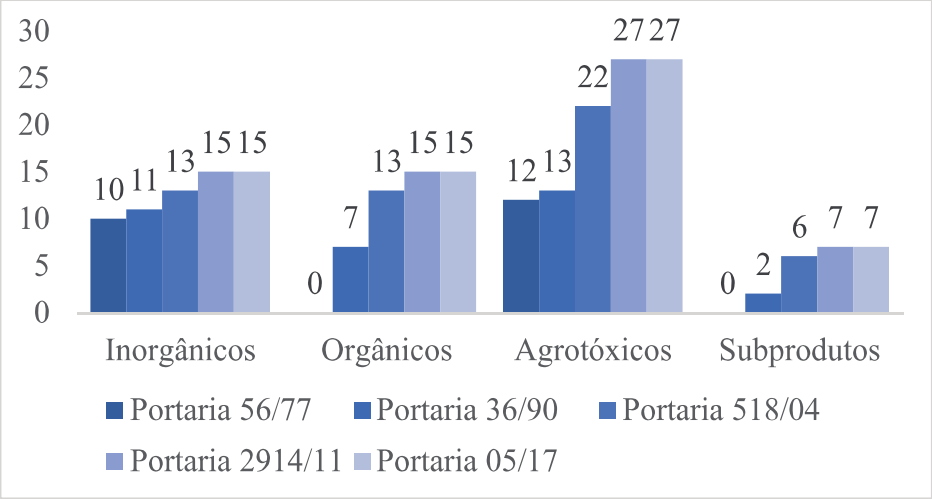
3.2 Portaria de Consolidação n°5, de 28 de setembro de 2017

O controle de potabilidade da água se dá com base em normas e através de procedimentos de controle e vigilância da água para consumo humano. Os padrões de potabilidade da água para consumo humano tiveram início, no Brasil, no ano de 1977, com a Portaria n° 56/1977 do Ministério da Saúde (MS), estabelecendo valores máximos permitidos dos indicadores químicos e microbiológicos, além das características físicas a serem seguidas.

Ao longo dos anos foram feitas várias revisões, incluindo mais parâmetros químicos e microbiológicos, estabelecendo-se definições e deveres dos responsáveis pela vigilância e

controle da água, obrigatoriedade de se proceder à desinfecção da água e a filtração de águas superficiais, substituição das bactérias termotolerantes por *Escherichia coli*, entre outros grandes avanços e exigências. Na Figura 3.2 está ilustrado o avanço nas portarias contempladas ao longo desses anos, caracterizando uma maior exigência e, consequentemente, melhor qualidade da água para consumo humano.

Figura 3.2 – Quantidade de parâmetros contemplados ao longo dos avanços das Portarias.



A Portaria MS n° 2914/2011 foi revogada pela Portaria de Consolidação n°5, de 28 de setembro de 2017, que define os valores em função do padrão de aceitação para consumo humano. Agora ela consta como o Anexo XX dessa mesma portaria, modificando apenas os prazos de adequação da antiga Portaria n° 2914/2011 que determinava 24 meses para adequação e até 4 anos para o atendimento do valor máximo permitido de 0,5 unidade de turbidez (uT) para filtração rápida.

3.3 Indicadores físico-químicos

3.3.1 Cloro residual livre

Uma das principais operações unitárias no tratamento de água é a cloração, responsável por inativar os microrganismos. O cloro residual livre (CRL) constitui o mais importante indicador de controle de qualidade na prática de cloração de águas de abastecimento, sendo considerado um indicador sentinela (SILVA e OLIVEIRA, 2001). Quando o cloro é adicionado à água ocorre a formação de ácido hipocloroso, em equilíbrio com os íons

hipoclorito e hidrogênio. À soma das concentrações de ácido hipocloroso e hipoclorito denomina-se CRL.

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. 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 portaria vigente estabelece o valor mínimo de 0,2 mg Cl_2/L em qualquer ponto da rede de distribuição e máximo de 5 mg Cl_2/L.

3.3.2 Turbidez

A turbidez é uma característica da água devida à presença de partículas em estado coloidal, em suspensão, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, plâncton e outros organismos microscópicos. Também considerada indicador sentinela, ela expressa a interferência à passagem de luz através do líquido, portanto, simplificadamente, a transparência da água (BRASIL, 2014).

Quando se tem uma turbidez elevada na água tratada, isso indica que alguma operação do processo de tratamento não está sendo eficiente, consequentemente, 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 causadoras de turbidez, particularmente biofilmes, dificultando o contato com o desinfetante. Nessa situação a turbidez assume função de indicador sanitário e não meramente estético (BRASIL, 2006).

A Portaria de Consolidação n° 5 de setembro de 2017 estabelece, para garantia da qualidade da água, o padrão de turbidez com um VMP de 5,0 uT, em qualquer ponto da rede de distribuição.

3.3.3 pH

O pH (potencial hidrogeniônico) está relacionado à concentração dos íons H^+ na água e expressa a intensidade das condições ácidas ou básicas de um determinado meio aquático (LIBÂNIO, 2008). A escala de pH varia entre 0 (acidez máxima) e 14 (basicidade máxima), sendo 7 considerado pH neutro. O pH influencia em várias etapas do tratamento de água, a exemplo dos processos de coagulação, desinfecção e abrandamento das águas e no controle da

corrosão de tubulações e incrustação (BRASIL, 2014). O pH ácido favorece o processo de desinfecção, por favorecer a maior formação de ácido hipocloroso.

Dessa forma, o pH da água precisa ser controlado, pois influi no grau de solubilidade de várias substâncias, na distribuição das formas livres e ionizadas de diversos produtos químicos, definindo o potencial de toxicidade de vários elementos químicos. Segundo a OMS o pH pode gerar efeitos negativos na saúde da população, quando as pessoas estão expostas a valores de pH inferiores a 4 ou superiores a 11, podendo apresentar irritação nos olhos, pele e nas mucosas. De acordo com o padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria de Consolidação n°5 de setembro de 2017, o pH da água utilizada para consumo humano deve estar entre 6,0 e 9,5.

3.4 Indicadores microbiológicos

3.4.1 Bactéria heterotróficas

As bactérias heterotróficas são indicadores auxiliares, pois não confirmam contaminação da água, sendo úteis na avaliação das condições higiênicas nos sistemas de distribuição de água para consumo humano, já que, são responsáveis pela formação de biofilmes nas redes de distribuição de água, que, por sua vez, fornecem proteção para microrganismos patogênicos contra a inativação por agentes desinfetantes, levando à contaminação das águas de abastecimento no sistema de distribuição (BARTRAM et al., 2003).

A utilização das bactérias heterotróficas como indicadoras de segurança microbiológica no processo de tratamento de água diminuiu com o melhor desempenho do indicador *Escherichia coli* (SANTOS, 2011). De acordo com Bartram et al. (2003) não se pode afirmar que as bactérias heterotróficas causem doenças nos consumidores de água, mas o controle de sua presença pode advertir uma possível contaminação fecal. Portanto, a vigilância da qualidade da água, deve priorizar os indivíduos mais susceptíveis, como pacientes de unidades de terapia intensiva, de clínicas de hemodiálise, crianças menores de dois anos e idosos, sujeitos a efeitos danosos advindos da ingestão de águas com elevadas concentrações de bactérias heterotróficas.

Segundo a Portaria de Consolidação n° 5 de setembro de 2017 a contagem de bactérias heterotróficas deve ser realizada em 20% das amostras mensais para análise de coliformes totais nos sistemas de distribuição (reservatórios e rede) e que não sejam extrapoladas 500 UFC/ml. No caso de alterações bruscas ou acima do usual na contagem de bactérias heterotróficas, essas

devem ser investigadas e providências adotadas para o restabelecimento da integridade do sistema de distribuição.

3.4.2 Coliformes totais e *Escherichia coli*

Os coliformes totais são um grupo de bactérias constituído por bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativa, capazes de crescerem na presença de sais biliares ou outros compostos ativos de superfície, com propriedades similares de inibição de crescimento, e que fermentam a lactose com produção de ácidos, aldeídos e gás a 35±0,5 ºC em 24 a 48 horas. Os coliformes totais são encontrados no solo e nos vegetais, possuindo a capacidade de se multiplicarem na água com relativa facilidade, estando constantemente presentes na flora intestinal humana e de animais homeotérmicos (ZULPO et al., 2006).

O grupo de coliformes totais incluem espécies dos gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*, sendo *Escherichia coli* a principal representante do subgrupo termotolerante. A *Escherichia coli*, é considerada o indicador mais específico de contaminação fecal e de possível presença de organismos patogênicos entéricos na água, tendo origem exclusivamente fecal (BRASIL, 2013).

De acordo com a publicação do Ministério da Saúde "Inspeção sanitária em abastecimento de água" (BRASIL, 2006), coliformes não são indicadores plenos da eficiência do tratamento de água e devem ser empregados com critérios e ressalvas, pois a simples ausência de coliformes não constitui garantia absoluta de potabilidade. A verificação da eficiência do tratamento depende de indicadores complementares, tais como a turbidez e o cloro residual livre.

Para o atendimento aos padrões estabelecidos pela Portaria de Consolidação n° 5 de setembro de 2017, deve haver ausência desse grupo em 100 mL das amostras na saída do tratamento e no sistema de distribuição (reservatório e rede); em sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem a partir de 20.000 mil habitantes, ausência em 100 ml de 95% das amostras analisadas no mês. Já em sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 mil habitantes apenas uma amostra, entre as examinadas no mês, poderá apresentar resultado positivo.

3.5 Vigilância da qualidade da água para consumo humano

Para garantir que a água consumida pela população esteja atendendo o padrão de potabilidade estabelecido na legislação vigente, faz-se necessário adotar medidas de avaliação e prevenção dos possíveis riscos que os sistemas por rede geral e soluções alternativas de abastecimento de água podem causar. Portanto, a vigilância da qualidade da água para consumo humano consiste nessas medidas, abrangendo todo o sistema de produção de água potável, desde a captação até o ponto de consumo (MS, 2014).

A vigilância da qualidade da água para consumo humano é uma atividade investigativa, preventiva e corretiva, realizada para identificar os fatores de riscos à saúde humana associados com a água, com o objetivo de assegurar confiabilidade e segurança da água, possibilitando, por fim, atuar na adoção de ações para que não ocorram problemas de saúde pública devido à má qualidade da água (BRASIL, 2005).

O Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Vigiagua) é coordenado pelo Ministério da Saúde, tendo como os principais instrumentos: a Portaria de Consolidação n°5 de setembro de 2017; as diretrizes nacionais do plano de amostragem do Vigiagua; o decreto n°5440/2005; e o sistema de informação de vigilância da qualidade da água para consumo humano (SISAGUA).

As diretrizes nacionais do plano de amostragem do Vigiagua têm como objetivo fornecer informações sobre a definição de parâmetros, número mínimo de análises, frequência de monitoramento, e os critérios para selecionar as áreas e os pontos prioritários para realizar a coleta de amostras de água (BRASIL, 2016). Dessa forma pode-se avaliar a qualidade da água consumida e identificar os pontos críticos ou vulneráveis no sistema de abastecimento de água, relacionando os agravos à saúde com os fatores de risco.

O Decreto n°5440/2005 é responsável por instituir os mecanismos e instrumentos para divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano, conforme os padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação vigente.

O SISAGUA foi criado pela Funasa no ano de 2000 para viabilizar o desenvolvimento das ações do Vigiagua, sendo o principal instrumento para o monitoramento e avaliação dos indicadores do Programa (BRASIL, 2005). Seu principal objetivo é fornecer informações sobre qualidade da água para consumo humano, correlacionando informações ambientais e epidemiológicas, para que se possa identificar os problemas, causas e medidas corretivas.

3.6 Plano de segurança da água

Para realizar o controle da qualidade da água para consumo humano é necessário o desenvolvimento de planos de gestão que tenham uma abordagem preventiva de risco, garantindo a segurança da água. Com isso, os planos devem fornecer base para proteção do sistema, garantindo uma água que seja aceitável pelos consumidores e que não represente risco à saúde pública (WHO, 2011 *apud* BRASIL, 2012).

O Plano de Segurança da Água (PSA) aborda a gestão de riscos com foco no consumidor da água, com objetivo de proteger sua saúde, sendo assim, é um instrumento importante para a identificação de possíveis falhas no sistema de abastecimento de água, além de estabelecer planos de contingência que podem responder a eventos imprevistos, como por exemplo, as severas secas (BRASIL, 2012).

Segundo Barros (2010), os objetivos do PSA são: minimizar as fontes de contaminação pontuais e difusas no manancial; eliminar a contaminação no processo de tratamento de água; e prevenir a contaminação ou recontaminação durante o armazenamento e sistema de distribuição. Tais objetivos são aplicáveis tanto a sistema de abastecimento de água de pequeno como de grande portes, além soluções alternativas coletivas de abastecimento de água.

Segundo Brasil (2012) o PSA deve ser desenvolvido pelos responsáveis pelo sistema de abastecimento, juntamente com o Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH) e representantes do setor saúde da esfera federativa. Alguns dos benefícios da implementação do PSA para os responsáveis pelo sistema de abastecimento de água, são:

- Identificar perigos e riscos;
- Reduzir custos de tratamento e otimizar investimentos;
- Garantir qualidade da água dentro dos padrões de potabilidade;
- Garantir maior segurança e confiabilidade, por parte dos consumidores, diminuindo reclamações; e
- Melhoria do desempenho e respostas mais rápidas para eventos imprevistos.

Com isso, o conhecimento das partes interessadas sobre toda a cadeia de abastecimento de água e suas vulnerabilidades irá possibilitar uma melhor gestão, contribuindo para alcançar melhores condições de saúde.

3.7 Análise de risco

O objetivo principal da análise de risco é hierarquizar e priorizar os riscos para facilitar a sua avaliação e o seu gerenciamento. Inclui as etapas de Avaliação, Gerenciamento e Comunicação de Risco. Dependendo do propósito da análise e das informações disponíveis, a análise de risco pode ser realizada em vários níveis de detalhes, podendo ser qualitativa, semi-quantitativa, quantitativa ou uma combinação destas (AS/NZS, 2004).

Atualmente, a noção de risco tem adquirido importância e visibilidade na sociedade e, de acordo com Solomon e Sibley (2002), nos últimos 60 anos tem se desenvolvido a aplicação da avaliação de riscos para proteger a saúde humana, mas somente nos últimos 25 anos é que tem sido mais profundamente utilizada.

Perigo e risco são dois conceitos importantes na análise de risco, sendo necessário diferenciar suas definições. O perigo está associado à característica de uma atividade ou substância que pode causar danos às pessoas, instalações ou ambiente, como por exemplo, a contaminação da água por organismos patogênicos, representa um perigo. Enquanto isso, o risco seria a probabilidade de danos ou perdas, como resultado da situação de perigo, ou seja, caso ocorresse o consumo da água contaminada.

Segundo Pádua (2009), na etapa de avaliação de riscos é realizada a identificação dos perigos, conhecimento e descrição dos fatores, inclusive vários possíveis eventos que se deseja prevenir ou controlar, caracterizando assim o risco. Na etapa do gerenciamento de riscos estabelecem-se medidas e intervenções corretivas ou preventivas, como forma de minimizar ou evitar os eventos indesejáveis. Por último, na etapa de comunicação de risco, o objetivo é informar a população ou grupo exposto aos fatores, agentes ou situações, garantindo o direito à informação e ainda o estabelecimento de medidas de proteção individual, entre outras.

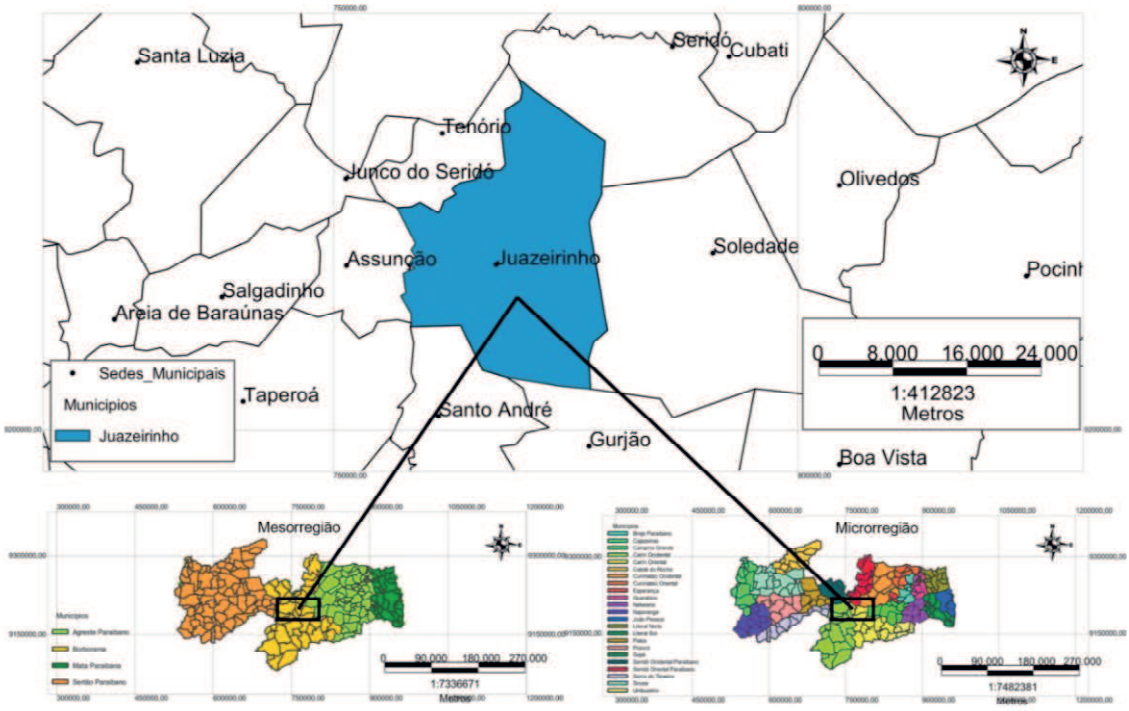
Portanto, a avaliação de risco é uma ferramenta importante para auxiliar e orientar o processo decisório para o controle e a prevenção da exposição de populações e indivíduos a diversos agentes ou situações perigosas à saúde, mesmo sendo considerada passível de incertezas. Quando se trata da área de abastecimento de água para consumo humano, o evento exposição é o consumo da água, sendo os microrganismos patogênicos e compostos químicos tóxicos os agentes mais estudados, pois representam sérios agravos à saúde associados ao consumo de água, tornando a aplicação da metodologia de análise de risco uma ferramenta bastante promissora para minimizar os eventos adversos (PÁDUA, 2009).

4.0 METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido na cidade de Juazeirinho (7º 4' 1" Sul e 36º 24' 42" Oeste), localizada no estado da Paraíba, ficando a 212 km da capital João Pessoa. A Figura 4.1 representa a localização do município homônimo, limitando-se ao norte com os municípios de São Vicente do Seridó e Tenório, a leste com os municípios de São Vicente do Seridó e Soledade, ao sul com Gurjão e Santo André, e a oeste com Assunção. Segundo dados do IBGE (2010) o município possui uma população de 16766 habitantes, com estimativa para 2018 de 18041 habitantes, ocupando uma área de 468 km^2, com um índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM) de 0,567.

Figura 4.1 – Localização do município de Juazeirinho, estado da Paraíba.



Fonte: MEIRA et al., 2017.

No município de Juazeirinho, o abastecimento ocorre por rede de distribuição operado pela CAGEPA, por solução alternativa coletiva e soluções alternativas individuais. As soluções alternativas de abastecimento que ocorrem são por carros-pipa, mananciais superficiais e subterrâneos com tratamento simplificado ou sem tratamento, por cisternas individuais e por meio de chafariz comunitário (PMSBJ, 2015).

4.2 Definição dos pontos de coleta de amostras

De acordo com BRASIL (2006), os pontos de amostragem devem ser escolhidos com base em pontos críticos e não críticos, de forma a obter uma representatividade em critérios de distribuição geográfica e identificação de situações de risco. Seguindo o Plano de Amostragem da Vigilância em Saúde Ambiental, foram definidos quatro pontos de amostragem, responsáveis por abastecer grande parte da população, sendo estabelecimentos frequentados por pessoas mais vulneráveis aos riscos de uma água de má qualidade, como crianças e idosos.

A partir dos estabelecimentos selecionados, foram escolhidos 10 pontos de coleta, como mostra a Tabela 4.1. Foram analisados indicadores físico-químicos e microbiológicos no período de março e dezembro de 2016.

Os pontos de coleta investigados são os mesmos que foram trabalhados na dissertação de Farias (2017), selecionados com base nos mesmos critérios e obtidos os mesmos resultados, já que as análises e tratamento dos dados foram realizadas pelo grupo de pesquisa em Saúde Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba.

Tabela 4.1 – Estabelecimentos selecionados e seus respectivos pontos de coleta

ESTABELECIMENTO	PONTO
Creche Edvaldo Motta	P_1 – Torneira do jardim (CAGEPA) P_2 – Torneira da cisterna P_3 – Torneira da cozinha
E. M. E. F. Frei Damião	P_4 – Cisterna P_5 – Torneira da cozinha
E. M. E. F. Severino Marinheiro	P_6 – Cisterna P_7 – Torneira da cozinha
Hospital Municipal	P_8 – Cisterna P_9 – Torneira da cozinha P_{10} – Água para beber

A Creche Edvaldo Motta é abastecida de forma mista, sendo os pontos P_1 e P_2 abastecidos diretamente da rede pública de abastecimento e a distribuição predial de água feita por uma caixa d'água elevada de 1000 litros. A Escola Municipal de Ensino Fundamental Frei Damião é abastecida de forma indireta, sendo a distribuição predial de água feita através de uma caixa d'água de 1000 litros que recebe água da cisterna. A Escola Municipal de Ensino Fundamental Severino Marinheiro tem seu abastecimento realizado de forma indireta, de modo que a água da rede pública abastece, por gravidade, a cisterna e, em seguida, a água é bombeada para 6 caixas de água superiores com capacidade de armazenamento de 1000 litros cada. O Hospital Municipal é abastecido exclusivamente por carros-pipa. Em períodos de falta de água

todos os estabelecimentos recebem água de carros-pipa, ocorrendo, muitas vezes, a mistura de água da rede geral com a distribuída por carros-pipa.

4.3 Procedimento de coleta e preservação das amostras

As coletas das amostras foram realizadas após uma descarga de dois minutos e armazenadas em garrafas PET de 2 litros envolvidas com fita isolante, posteriormente, foram levadas para análise *in loco* para determinação do pH, cloro residual livre e turbidez.

Para as amostras destinadas às análises microbiológicas, primeiramente foi realizada assepsia das torneiras, com álcool 70%, para evitar contaminações, e, posteriormente essas amostras eram colocadas em frascos de vidro âmbar estéreis, com capacidade de 100 mL, com boca larga, tampa rosqueável e protegida com papel laminado, sendo todas acondicionadas, em caixa térmica com gelo, até chegar ao Núcleo de Pesquisa e Extensão em Alimentos da Universidade Estadual da Paraíba.

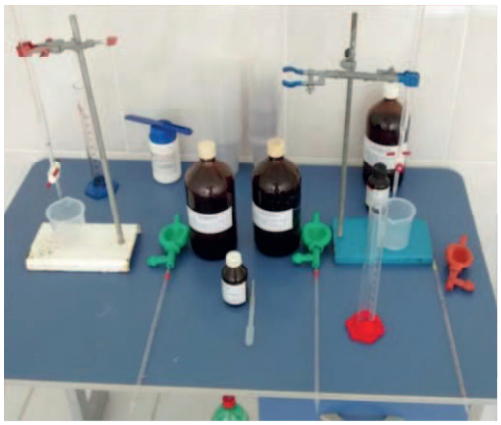
4.4 Metodologia dos procedimentos analíticos

Os procedimentos analíticos seguiram as recomendações do Standard methods for the examination of water and wastewater (APHA, 2012), sendo analisadas em triplicata. As análises de CRL, turbidez e pH, foram realizadas *in loco* montando-se um laboratório itinerante em cada estabelecimento analisado, escolhendo um local protegido da incidência direta de luz, para a colocação do aparato de análise das variáveis em estudo. As análises de bactérias heterotróficas, coliformes totais e *Escherichia coli* foram realizadas no Núcleo de Pesquisa e Extensão em Alimentos (NUPEA) da Universidade Estadual da Paraíba.

4.4.1 Cloro residual livre

Para determinação do cloro residual foi utilizado o método DPD-titulométrico. Nesse método as espécies de cloro residual são determinadas por titulação com sulfato ferroso amoniacal (SFA) utilizando-se o sulfato de N,N-dietil-p-fenilenediamina (DPD) como indicador que produz uma coloração róseo-avermelhada. O procedimento de execução da análise foi descrito por Silva e Oliveira (2001) e a bancada montada para realizar a análise está ilustrada na Figura 4.2.

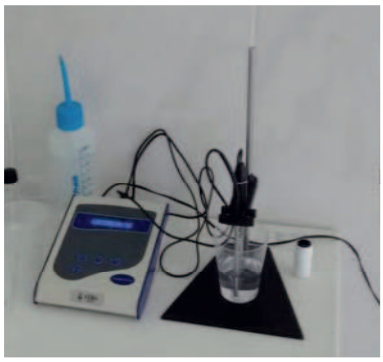
Figura 4.2 – Bancada para análise de CRL



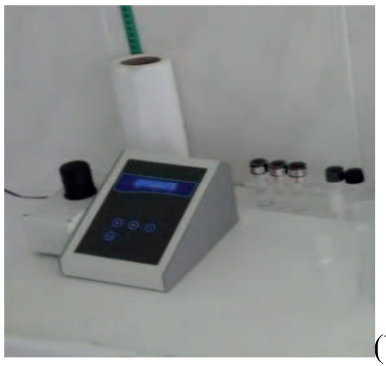
4.4.2 pH

O pH foi determinado pelo método potenciométrico, com o auxílio do pH-metro portátil TECNOPON modelo PA210 P (Figura 4.3 a), calibrado com soluções tampões de pH 4 e 7. As leituras de pH foram feitas de forma direta em alíquotas de amostras coletadas.

Figura 4.3 – Equipamento utilizado para analisar o pH (a) e Equipamento utilizado para analisar a turbidez das amostras de água (b)



(a)



(b)

4.4.3 Turbidez

A turbidez foi medida pelo método nefelométrico com a utilização de um turbidímetro portátil de bancada TECNOPON modelo TB-1000 (Figura 4.3 b), que se baseia na comparação da intensidade de luz desviada pela amostra, com a intensidade da luz desviada por uma suspensão padrão de referência. A quantificação da turbidez é diretamente relacionada à intensidade da luz desviada e o resultado é expresso em uT.

4.4.4 Bactérias heterotróficas

O método *Pour Plate* foi empregado para a quantificação das bactérias heterotróficas, sendo utilizado o meio de cultura *Plate Count Agar*. Consiste em transferir 1 mL da amostra, bruta ou diluída, para a placa de petri vazia, colocando-se de 10 a 20 mL do meio de cultura, fundido e resfriado, para a faixa 45-50°C, sobre a amostra e homogeneizando-se suavemente com movimentos circulares. As placas foram incubadas a uma temperatura média de 36°C. Após 48 horas, as amostras são retiradas da estufa e efetua-se a contagem. O resultado é expresso em unidades formadoras de colônias por mL (UFC/mL) .

4.4.5 Coliformes totais e *Escherichia coli*

Para análise de presença e ausência de coliformes totais e E. coli foi utilizada a técnica do substrato cromogênico de acordo com o Standard methods of the examination of water and wastewater, (APHA, 2012). Para cada frasco foi adicionado um flaconete de Colilert®, contendo meio de cultura com nutrientes indicadores que, hidrolisados pelas enzimas específicas dos coliformes totais e *E. coli*, provocam mudança de cor no meio. Os frascos foram incubados em estufa bacteriológica regulada a 35 ± 5 °C por 24 horas. O resultado é qualitativo informando a presença ou ausência de coliformes totais e *Escherichia coli*.

4.5 Tratamento estatístico dos dados

Os conjuntos amostrais dos indicadores quantificados em cada ponto analisado foram verificados através do método de Grubbs, com nível de significância de 0,05, para testar a existência de outliers no universo amostral. Posteriormente, a fim de verificar se os conjuntos dos dados amostrais apresentavam distribuição normal, foi aplicado o teste não paramétrico de Kolmogorov-Smirnov, utilizando o programa Excel 2007.

Através das planilhas Excel, foram analisadas a frequência de não conformidade da qualidade da água, de acordo com o padrão de potabilidade vigente. O resumo da estatística descritiva de cada ponto, para todos os indicadores, abrangeram a média, desvio padrão, maior e menor valor.

4.6 Procedimento para análise de riscos

A análise de risco é composta por avaliação de risco, gerenciamento de risco e comunicação de risco. A avaliação de risco é a etapa efetuada nesse trabalho, consistindo num processo que busca identificar a existência de perigos, servindo de suporte para tomadas de decisões.

Foram aplicadas duas metodologias: Análise Preliminar de Perigos (APP) e Análise de Árvore de Falhas (AAF). Através dos indicadores físico-químicos e microbiológicos analisados realizou-se uma associação dos resultados obtidos com a Portaria de Consolidação n° 5m de setembro de 2017, aplicando assim as metodologias de avaliação de risco com caráter de avaliação qualitativo, determinando apenas os perigos e falhas básicas.

4.6.1 Análise preliminar de perigos (APP)

A APP é uma técnica que busca a identificação precoce de situações indesejadas, identificando os perigos, assim como suas possíveis causas, consequências e as categorias de severidade correspondentes, realizando observações e recomendações pertinentes.

Para aplicar a técnica é necessário ter informações sobre o sistema em geral, como dados sobre a região, descrição do sistema, propriedades químicas e físicas das substâncias, focalizando todos os eventos perigosos no sistema em análise. O uso dessa técnica contribui para identificação de áreas do sistema que necessitam da aplicação de outra técnica de análise de risco, sendo a APP precursora de outras técnicas.

A metodologia da APP é aplicada seguindo algumas etapas na sua execução. A primeira consiste na definição dos objetivos, escopo da análise e definição da instalação analisada. Posteriormente ocorre a coleta de informações sobre a região, a instalação e os perigos envolvidos. A partir disso, é realizada a subdivisão do processo em módulos de análise e o preenchimento da planilha de APP. A elaboração das estatísticas dos cenários identificados por categorias de risco (frequência e severidade) é realizada baseada nas Tabelas 4.2 e 4.3. É importante observar que cada classe de severidade e frequência deve ser adequada ao tipo do sistema e empreendimento analisado, para tornar a análise do risco mais precisa e menos subjetiva.

Tabela 4.2 – Categorias de frequências de ocorrência dos cenários

Categoria	Denominação	Faixa de frequência (anual)	Descrição
A	EXTREMAMENTE REMOTA	$f < 10^{-4}$	Conceitualmente possível, mas extremamente improvável de ocorrer durante a vida útil do processo/instalação
B	REMOTA	$10^{-4} < f < 10^{-3}$	Não esperado ocorrer durante a vida útil do processo/instalação
C	IMPROVÁVEL	$10^{-3} < f < 10^{-2}$	Pouco provável de ocorrer durante a vida útil do processo/instalação
D	PROVÁVEL	$10^{-2} < f < 10^{-1}$	Esperado ocorrer até uma vez durante a vida útil do processo/instalação
E	FREQUENTE	$f > 10^{-1}$	Esperado ocorrer várias vezes durante a vida útil do processo/instalação

Fonte: Nascimento e Oliveira (2017).

Tabela 4.3 – Categorias de severidade

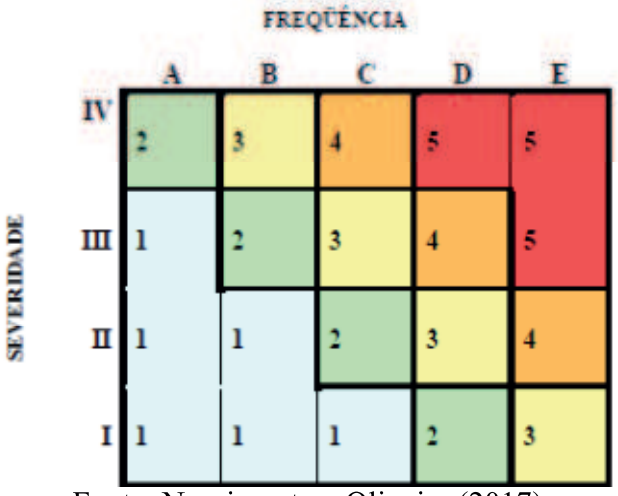
Categoria	Denominação	Descrição/Característica
I	Desprezível	- Sem danos ou danos insignificantes aos equipamentos, à propriedade e/ ou ao meio ambiente; - Não ocorrem lesões/ mortes de funcionários, de terceiros (não funcionários) e/ ou pessoas (indústrias e comunidade); o máximo que pode ocorrer são casos de primeiros socorros ou tratamento médico menor;
II	Marginal	-Danos leves aos equipamentos, à propriedade e/ou ao meio ambiente (os danos materiais são controláveis e/ ou de baixo custo de reparo); - Lesões leves em empregados, prestadores de serviço ou em membros da comunidade
III	Critica	- Danos severos aos equipamentos, à propriedade e/ou ao meio ambiente; - Lesões de gravidade moderada em empregados, prestadores de serviço ou em membros da comunidade (probabilidade remota de morte); - Exige ações corretivas imediatas para evitar seu desdobramento em catástrofe;
IV	Catastrófica	- Danos irreparáveis aos equipamentos, à propriedade e/ ou ao meio ambiente (reparação lenta ou impossível); - Provoca mortes ou lesões graves em várias pessoas (empregados, prestadores de serviços ou em membros da comunidade).

Fonte: Nascimento e Oliveira (2017).

Após identificar a frequência e severidade do perigo analisado, pode-se finalmente proceder à classificação do risco através da Figura 4.4. A Tabela 4.4, representa a forma como deve ser feita a interpretação da matriz de classificação de risco. O passo final é a análise dos resultados e preparação do relatório, para diminuir as probabilidades de ocorrência do evento

ou para minimizar suas consequências, listando as recomendações de medidas preventivas e/ ou mitigadoras pela equipe de APP.

Figura 4.4 – Matriz de Classificação de Risco – Frequência X Severidade



Fonte: Nascimento e Oliveira (2017).

Tabela 4.4 – Legenda da matriz de classificação de risco – Frequência X Severidade

Severidade	Frequência	Risco
I - Desprezível	A - Extremamente remota	1 - Desprezível
II - Marginal	B - Remota	2 - Menor
III - Crítica	C - Improvável	3 - Moderado
IV - Catastrófica	D - Provável	4 - Sério
	E - Frequente	5 - Crítico

Fonte: Nascimento e Oliveira (2017).

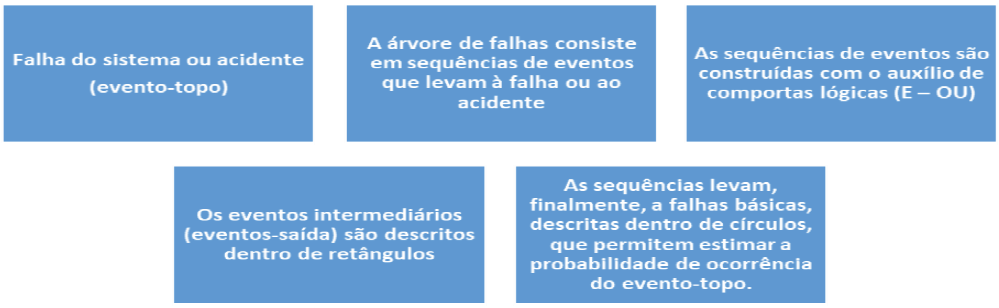
4.6.2 Análise de árvore de falhas (AAF)

A metodologia de AAF foi desenvolvida por H.A.Watson dos Laboratórios Bell Telephone, por volta de 1960, sendo aperfeiçoada pela Boeing Corporation. É um método que, a partir de um evento indesejado (evento topo), seguindo um processo lógico e dedutivo, busca os fatores que podem causar tal evento. Encontra sua melhor aplicação no estudo de situações complexas.

A AAF é uma técnica dedutiva, feita a partir de um fluxograma com sucessivas bifurcações, com a finalidade de propor quais possíveis combinações de falhas de um sistema poderiam determinar a ocorrência de um fenômeno indesejado. A Figura 4.5 representa a estrutura básica de uma árvore de falhas, requerendo-se um conhecimento amplo do sistema

em estudo, identificando causas, determinando a unicidade, a independência e a condicionalidade dos eventos envolvidos para ser estruturada.

Figura 4.5 – Estrutura básica de construção de uma árvore de falhas



Fonte: Nascimento e Oliveira (2017).

O método foi utilizado em uma análise qualitativa evidenciando os efeitos dos modos de falhas do sistema e as mudanças a serem implementadas, partindo de um evento perigoso (evento topo), estabelecendo-se combinações de falhas e condições que poderiam causar a ocorrência desse evento. Os eventos são organizados em uma estrutura lógica utilizando-se comportas lógicas para identificar a relação causal entre os eventos intermediários, levando finalmente as falhas básicas. A Tabela 4.5 representa os elementos mais utilizados na construção da árvore de falhas.

Tabela 4.5 - Elementos gráficos para construção da árvore de falhas

	Evento básico
	Evento intermediário
	Porta E - Uma operação mediante a qual todas as entradas ou eventos (falhas básicas) têm de coexistir em simultaneidade para que uma falha ocorra
	Porta OU - Uma operação pela qual qualquer uma das entradas ou eventos (falhas básicas) produz uma resposta
	Acontecimento inconsequente ou com dados insuficientes para desenvolvimento posterior

Fonte: Freitas, 2008.

5.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análise dos dados da qualidade da água e estatística descritiva

A Tabela 5.1 apresenta as médias, desvios padrões ($x \pm \sigma_{n-1}$) e amplitudes (mínimo-máximo) para cada indicador físico-químico em cada ponto de amostragem. Os pontos representam quatro estabelecimentos investigados em Juazeirinho.

Os dados analisados no período entre março e dezembro de 2016 foram submetidos à análise estatística descritiva, sendo, também, elaborados gráficos do tipo Box-Plot para os indicadores físico-químicos. Dessa forma, permite-se conhecer a qualidade da água a que população está exposta, relacionando os perigos associados a essa qualidade e os possíveis riscos aos consumidores.

Tabela 5.1 – Resumo descritivo das medições para os indicadores físico-químicos

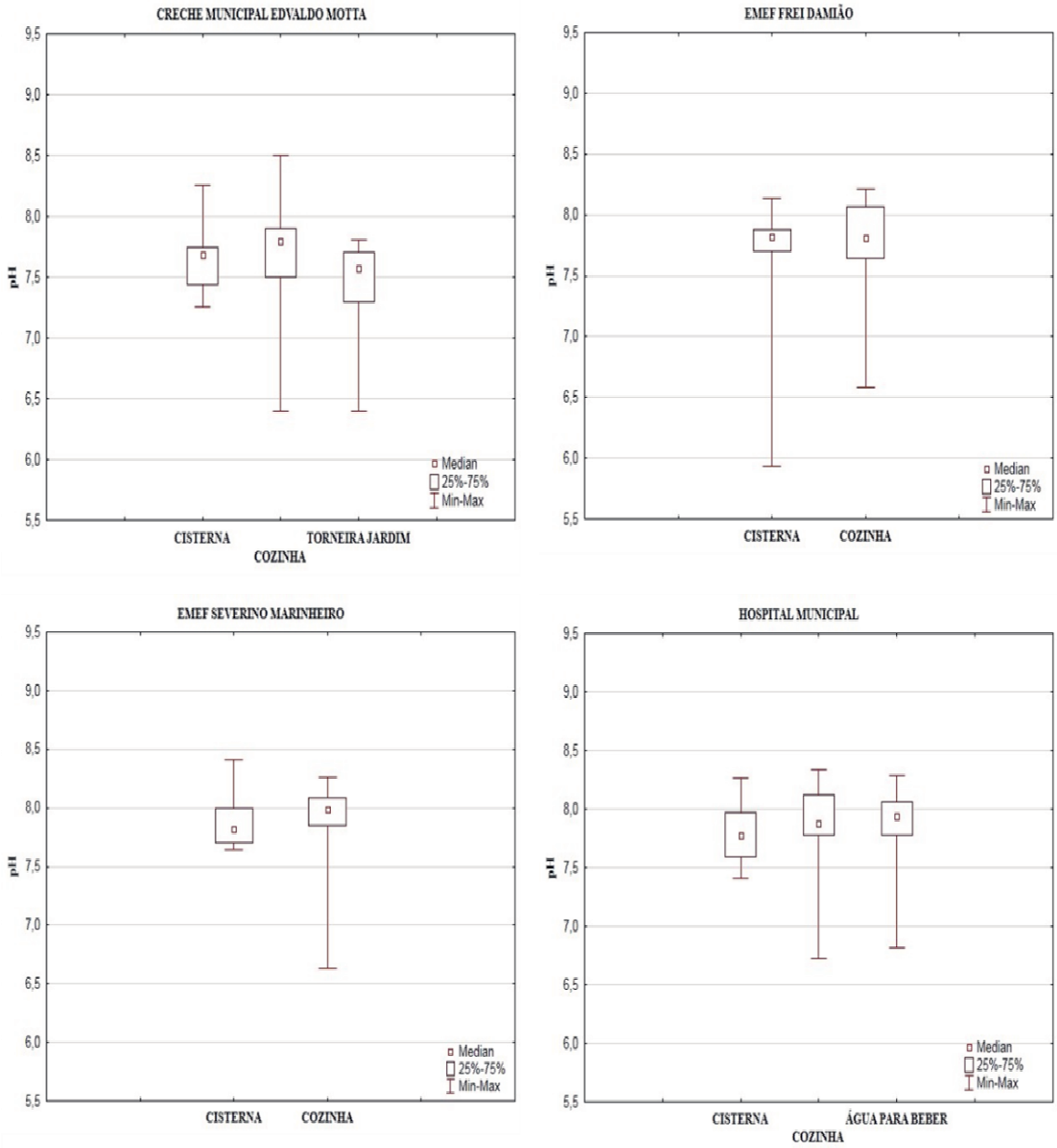
Indicador/Ponto	pH	Turbidez (uT)	CRL (mg/L)
	($x \pm \sigma_{n-1}$) mín - máx	($x \pm \sigma_{n-1}$) mín - máx	($x \pm \sigma_{n-1}$) mín - máx
P_1	7,40 ± 0,46 6,40 - 7,81	1,15 ± 1,76 0,23 - 5,44	0,14 ± 0,30 0,00 - 0,97
P_2	7,7 ± 0,3 7,3 - 8,3	0,38 ± 0,18 0,14 - 0,90	0,10 ± 0,23 0,00 - 0,87
P_3	7,7 ± 0,5 6,4 - 8,5	0,43 ± 0,27 0,15 - 1,07	0,08 ± 0,15 0,00 - 0,48
P_4	7,7 ± 0,5 5,9 - 8,1	0,25 ± 0,15 0,09 - 0,63	0,01 ± 0,03 0,00 - 0,10
P_5	7,8 ± 0,4 6,6 - 8,2	0,40 ± 0,51 0,11 - 1,99	0,00 ± 0,00 0,00 - 0,00
P_6	7,9 ± 0,2 7,6 - 8,4	1,20 ± 1,45 0,19 - 5,57	0,06 ± 0,23 0,00 - 0,97
P_7	7,9 ± 0,3 6,6 - 8,3	2,00 ± 2,24 0,28 - 7,37	0,01 ± 0,02 0,00 - 0,06
P_8	7,8 ± 0,3 7,4 - 8,3	0,70 ± 1,61 0,11 - 6,87	0,25 ± 0,43 0,00 - 1,36
P_9	7,9 ± 0,3 6,7 - 8,3	0,59 ± 0,77 0,11 - 3,53	0,28 ± 0,42 0,00 - 1,40
P_{10}	7,9 ± 0,3 6,8 - 8,3	0,16 ± 0,11 0,06 - 0,45	0,00 ± 0,00 0,00 - 0,02
Portaria de Consolidação n°5 de setembro de 2017	6,0 - 9,5	5 uT	0,2 - 2,0 mg/L

NOTA: x= média; σ_{n-1}= desvio padrão; mín= valor mínimo; máx= valor máximo.

5.1.1 pH

O pH analisado nas amostras de água dos estabelecimentos estudados esteve dentro do intervalo imposto pelo padrão de potabilidade vigente, não ocorrendo valores extremos. O pH pode afetar o gosto, provocar corrosividade e incrustações nas tubulações, além de influir fortemente na eficiência da cloração, principalmente na sua ação bactericida, como por exemplo, na EMEF Severino Marinheiro que apresentou valor mais elevado, influindo negativamente sobre a manutenção de concentrações mais elevadas de CRL, resultando em um nível menor de segurança da água.

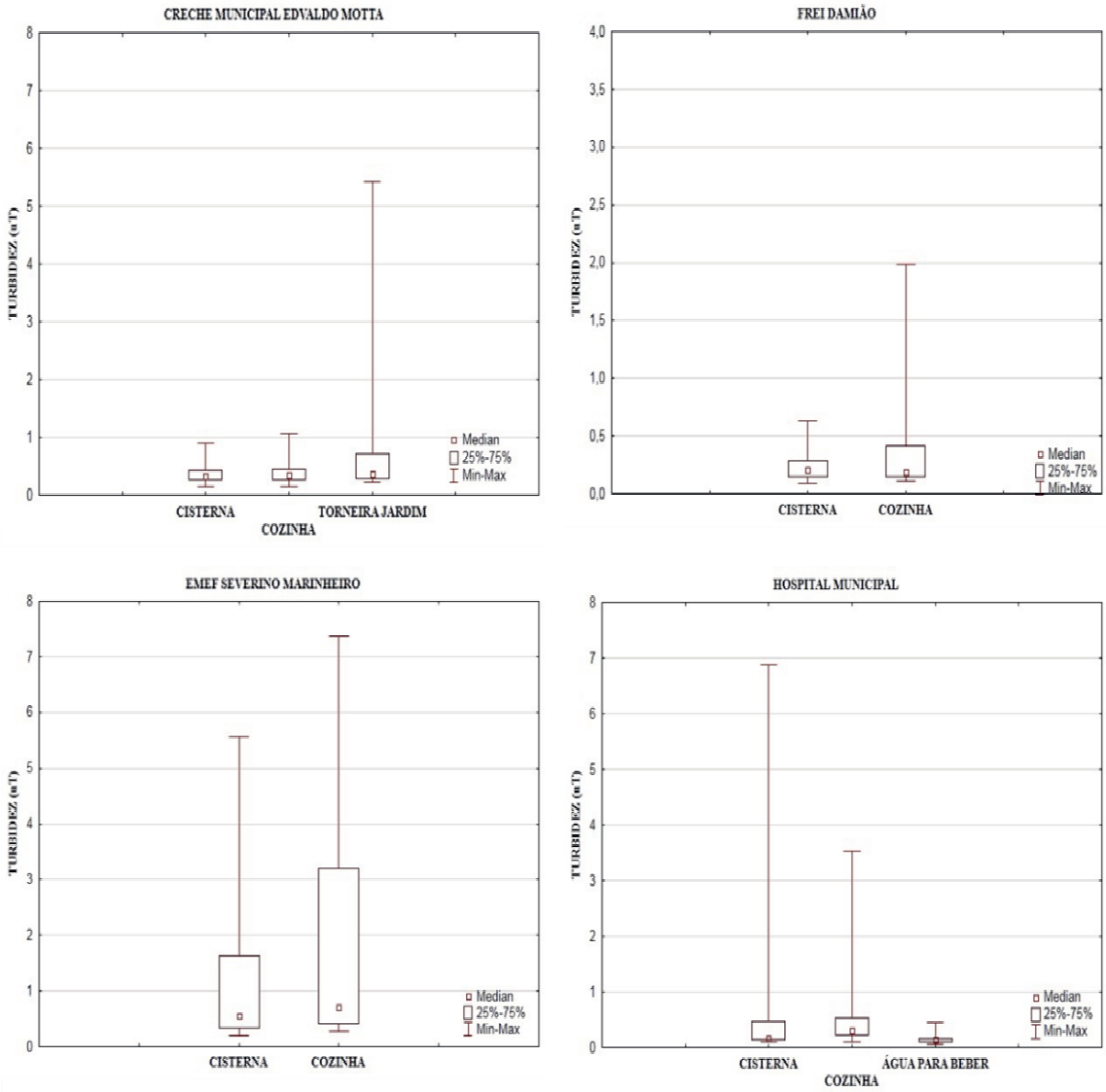
Figura 5.1 – Gráficos box-plot do pH para os diferentes pontos de amostragem



5.1.3 Turbidez

A Portaria de consolidação n°5, de setembro de 2017, estabelece 5uT como VMP (Valor Máximo Permitido) em toda a extensão do sistema de distribuição. Foi observado que em 40% das amostras nos estabelecimentos verificados, ocorreu não conformidade com o VMP do padrão de potabilidade. Na torneira da cozinha da EMEF Severino Marinheiro, ponto (P_7), foi verificado o valor máximo de 7,37 uT, apesar da cisterna apresentar um valor menor. No Hospital Municipal e na Creche Municipal Edvaldo Motta, também apresentaram pontos que ultrapassaram o VMP, indicando uma necessidade de cuidado com a manutenção da instalação predial (Figura 5.2).

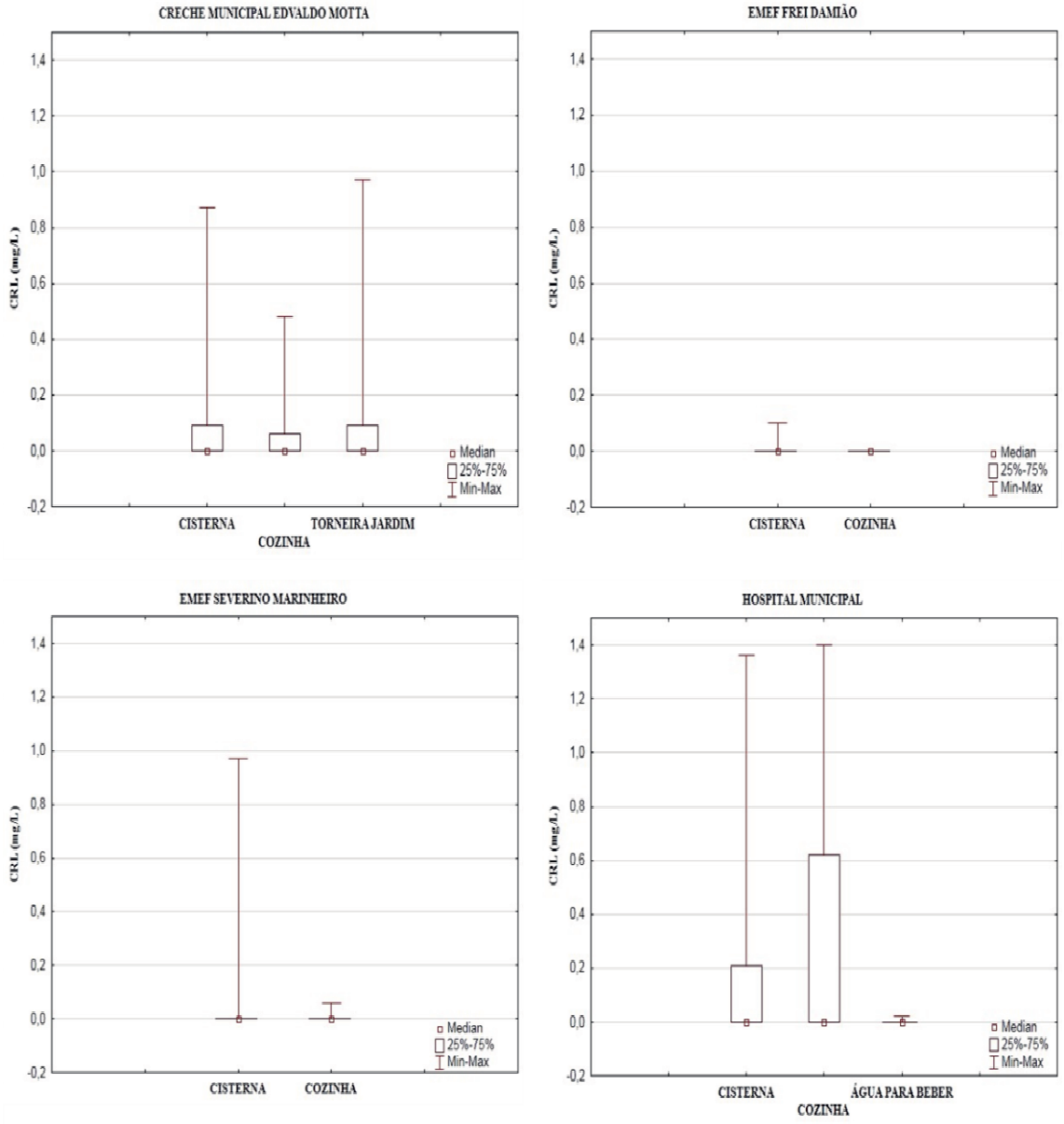
Figura 5.2 – Gráficos box-plot da turbidez para os diferentes pontos de amostragem



5.1.4 Cloro residual livre

De acordo com a Portaria de consolidação n°5 de setembro de 2017, as concentrações mínima e máxima de cloro residual livre devem ser 0,2 $mgCl_2/L$ e 2 $mgCl_2/L$, respectivamente, em toda a extensão do sistema de distribuição. Em todos os pontos analisados, ocorreram valores para CRL abaixo do mínimo recomendado pela portaria, sendo 4 dos 10 pontos amostrais com 100% de concentrações abaixo do mínimo recomendado. A Figura 5.3 ilustra a grave situação de não conformidade com o padrão mínimo de CRL, estando as medianas dos diversos conjuntos amostrais dessa variável muito próximas de zero.

Figura 5.3 – Gráficos box-plot de CRL para os diferentes pontos de amostragem



5.1.5 Bactérias heterotróficas

A portaria vigente estabelece que a contagem de bactérias heterotróficas não ultrapasse o limite de 500 UFC/mL. Conforme os dados apresentados na Tabela 5.2, em todos os pontos monitorados, o VMP foi violado, caracterizando a má qualidade da água.

Uma das causas relacionadas aos valores obtidos para o indicador bactérias heterotróficas, está associada às péssimas condições de manutenção e limpeza das estruturas que acondicionam a água, como ilustram as Figuras 5.4 e 5.5, favorecendo e possibilitando a presença e sobrevivência de microrganismos.

Figura 5.4 – Detalhes dos pontos de coleta: cozinha da EMEF Frei Damião (A) e cisterna da creche Edvaldo Motta (B).

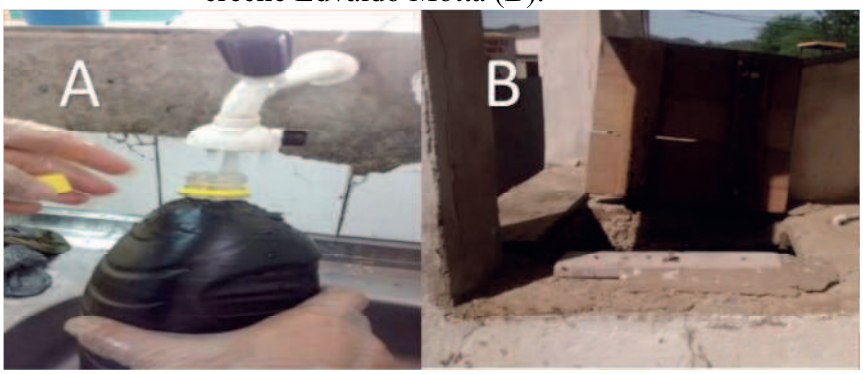


Figura 5.5 – Detalhes dos pontos de coleta: cisterna do Hospital Municipal (A) e interior da cisterna da creche Edvaldo Motta (B).

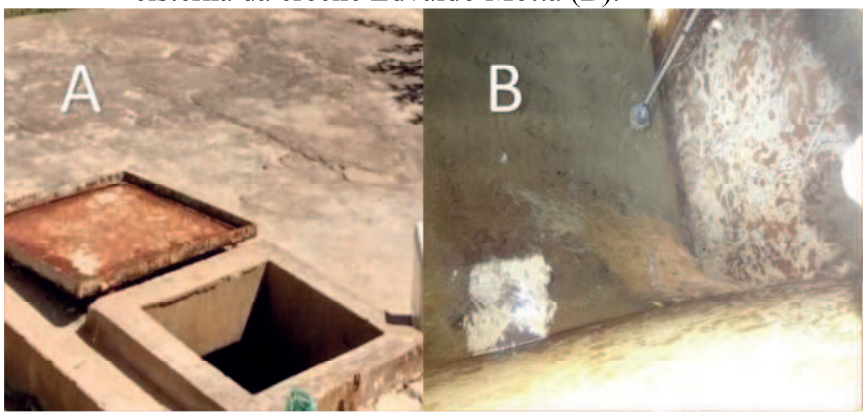


Tabela 5.2 – Resumo estatístico dos valores de bactérias heterotróficas

PONTO	Mínimo (UFC/mL)	Máximo (UFC/mL)	Nº de dados	FNC (%)
P_1	7	4140	8	50
P_2	0	2320	14	50
P_3	70	2280	15	67
P_4	20	2280	17	47
P_5	20	5200	15	40
P_6	10	5600	13	39
P_7	100	2840	17	41
P_8	0	2480	15	20
P_9	0	2060	17	18
P_{10}	2	4500	15	54

NOTA: FNC= frequência de não conformidade.

5.1.4 Coliformes totais e *Escherichia coli*

A Portaria de consolidação n°5/2017 estabelece a análise de presença/ausência de coliformes totais e *Escherichia coli* para água utilizada para consumo humano. Através dos resultados obtidos, como mostra a Tabela 5.3, apenas o ponto P10 esteve em conformidade com a portaria. Portanto, pode-se afirmar que a água utilizada está sujeita à contaminação de origem fecal, representando um risco à saúde dos consumidores.

Tabela 5.3 – Frequência de conformidade dos indicadores coliformes totais e *Escherichia coli*

PONTO	Coliformes Totais		*Escherichia Coli*	
	N°	C (%)	N°	C (%)
P1	4	45	7	78
P2	4	28	8	57
P3	5	32	8	50
P4	2	12	12	71
P5	0	0	10	67
P6	1	6	10	59
P7	1	8	11	85
P8	6	40	10	67
P9	7	41	10	59
P10	0	0	15	100

NOTA: Nº: número de amostras em conformidade; C: porcentagem em conformidade.

5.2 Resultados da análise preliminar de perigos

A APP foi realizada baseada em todas as informações obtidas do sistema em estudo e na análise de cada ponto escolhido para representar as características físico-químicas e microbiológicas da água distribuída. Os perigos listados representam as possíveis interferências

que a água distribuída nos estabelecimentos pode apresentar de acordo com o resultado obtido das análises de água em cada ponto estratégico do sistema.

A baixa concentração de CRL foi um perigo que representou um risco crítico em virtude de não existir um monitoramento da água distribuída para os estabelecimentos, já que grande parte recebe água de soluções alternativas, como o carro-pipa, devido ao período de estiagem que a região enfrentava. A falta de manutenção dos reservatórios e das instalações hidrossanitárias também foi uma das causas responsáveis pela baixa concentração de CRL, e pela alta concentração de bactérias heterotróficas, presença de coliformes totais e *Escherichia coli*, que também representou um risco crítico, colocando em risco a saúde dos consumidores dessa água.

A alta concentração de CRL apresentou um risco menor já que dificilmente tem a possibilidade de ocorrer, não sendo observado nas análises de água esse perigo, porém, caso ocorra pode afetar a saúde dos consumidores, causando intoxicação e irritação das mucosas.

O baixo pH apresentou um risco desprezível e o alto valor de pH um risco menor, sendo observado que as amostras estiveram, na maior parte das vezes, dentro do padrão de potabilidade estabelecido pela legislação vigente. A ocorrência de valores fora dos padrões pode afetar o gosto e interferir na concentração de ácido hipocloroso.

A alta turbidez representou um risco sério, sendo bem frequente nas amostras, podendo prejudicar a concentração de CRL na água por ocasionar o recrudescimento dos microrganismos, afetando negativamente a qualidade da água por facilitar a presença de organismos patogênicos e, consequentemente, prejudicando a saúde dos consumidores.

Os perigos listados no Quadro 1 colocam em risco a saúde dos consumidores dessa água, já que a presença de organismos patogênicos é uma das consequências dos perigos citados, responsável pela proliferação de diversas doenças. Os indivíduos que consomem essa água geralmente são crianças, idosos e pessoas debilitadas, as quais estão mais vulneráveis aos riscos, necessitando de uma atenção especial quanto à qualidade da água consumida.

A partir dos resultados obtidos na aplicação dessa metodologia observou-se que as principais causas da má qualidade da água, que colocam a saúde dos consumidores em risco, são a falta de manutenção periódica das tubulações, das instalações, de limpeza nos reservatórios e a falha na desinfecção, sendo esta última ocasionada provavelmente pela mistura de água da rede geral e carro-pipa e péssima estrutura das instalações.

Quadro 1 – Planilha da Análise Preliminar de Perigos da água distribuída em Juazeiri

Análise Preliminar de Perigos (APP)				
SISTEMA:	**Água distribuída para os estabelecimentos selecionados de Juazeirinho-PB**			
PERIGO	**CAUSA**	**CONSEQUÊNCIAS**	**FREQUÊNCIA**	**SEVERIDA**
Baixa concentração de CRL	Falha na desinfecção, mistura da água da rede geral com soluções alternativas ou/e ausência de manutenção dos reservatórios	Presença de microrganismos patogênicos	E	III
Alta concentração de CRL	Falha na desinfecção	Intoxicação e irritação das mucosas	A	II
Baixo pH	Falha no processo de tratamento da água	Afetar o gosto ou/e influir na eficiência da cloração	C	I
Alto pH	Falha no processo de tratamento da água	Afetar o gosto ou/e influir na eficiência da cloração	D	I
Alta turbidez	Falta de manutenção da instalação predial e fiscalização da água distribuídas por carros pipas	Recrudescimento dos microrganismos provocando a inativação da ação do desinfetante	E	II
Alta concentração de bactérias heterotróficas	Falha na desinfecção e/ou ausência de manutenção das cisternas	Presença de microrganismos patogênicos	E	III
Presença de Coliformes totais	Falta de conservação das cisternas, rachaduras e tampas inadequadas, falha na desinfecção, falta de fiscalização da água distribuídas por carros pipas	Presença de microrganismos patogênicos	E	III
Presença de *Escherichia coli*				

5.3 Resultados da análise de árvore de falhas

Para que cada ponto possa ser analisado individualmente, aplicou-se a AAF, objetivando obter uma visão mais clara da questão e das possibilidades imediatas de ação para corrigir e prevenir condições indesejadas no sistema. A árvore de falhas foi elaborada para uma avaliação qualitativa com objetivo de identificar os eventos que causam a falha em cada ponto analisado.

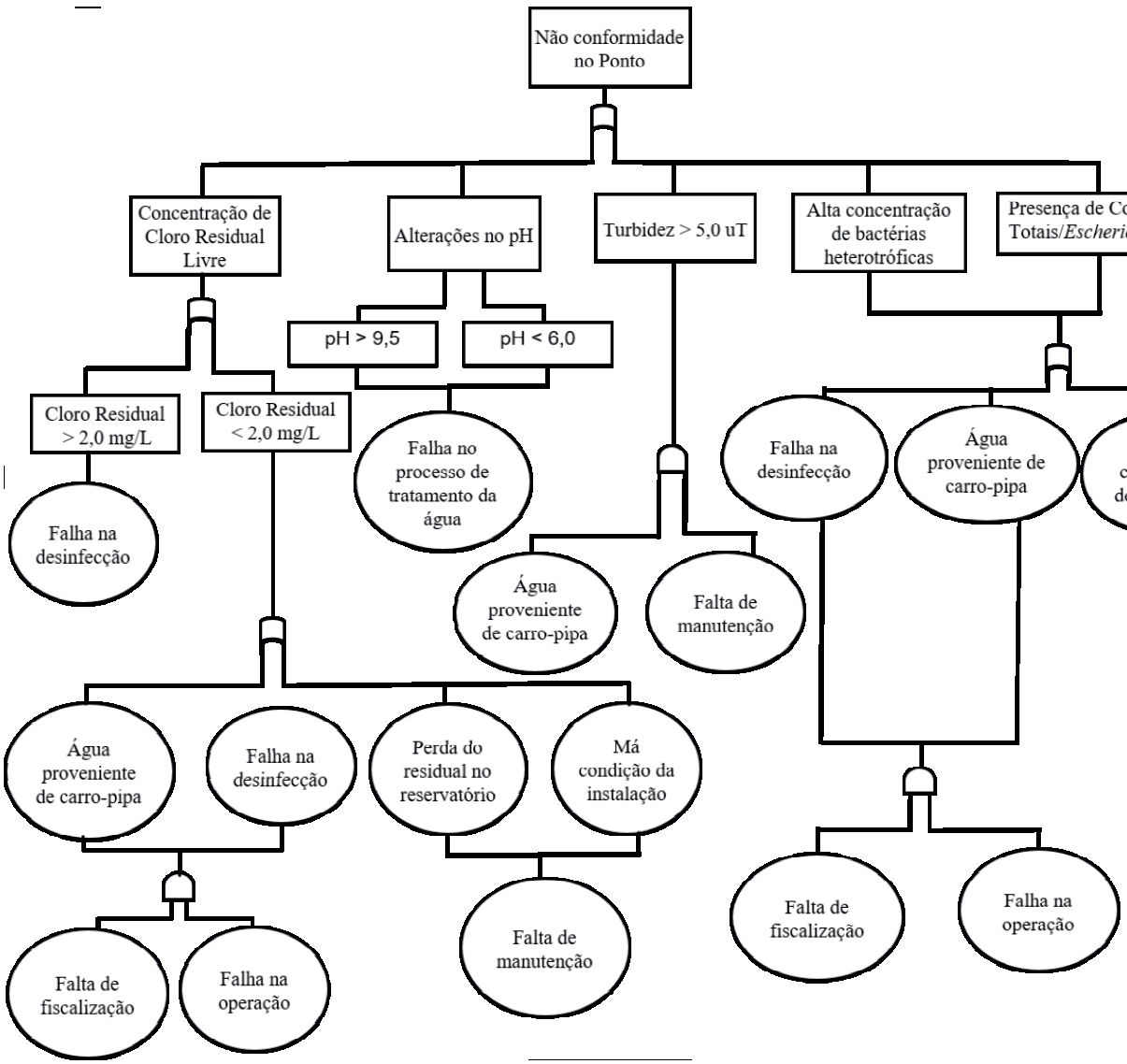
A árvore de falhas foi planejada com base na qualidade da água distribuída aos usuários, tendo como evento topo a não conformidade dos pontos analisados, visto que, o não cumprimento das exigências contidas no padrão de potabilidade da água acarreta em risco à saúde dos consumidores dessa água. Os eventos intermediários se referem à não conformidade com os indicadores analisados, CRL, pH, alta turbidez, altas concentrações de bactérias heterotróficas e presença de coliformes totais e *Escherichia coli*.

A partir dos eventos intermediários, foram consideradas as falhas básicas causadoras desses eventos, sendo agrupada a um conjunto de causas como a falta de manutenção dos reservatórios e tubulações, falha na desinfecção, água proveniente de carro-pipa, falta de fiscalização da água distribuída e possíveis falhas no processo de tratamento de água.

A baixa concentração de CRL, altas concentrações de bactérias heterotróficas e presença de coliformes totais e *Escherichia coli*, são os eventos intermediários que mais causam preocupação, por apresentar mais possíveis falhas básicas no sistema e ocasionar maiores prejuízos à saúde. Esses problemas demonstram falhas na fiscalização da água distribuída pelos carros-pipas, falhas na dosagem da desinfecção e falta de manutenção dos reservatórios. Essas falhas básicas contribuem para que a água esteja fora dos padrões de potabilidade, facilitando a presença de sedimentos e substâncias em seu interior, reduzindo a concentração do CRL, além de proporcionar possíveis locais para colonização microbiana, e formação de biofilme.

Os problemas de alteração no pH demonstram falha no processo de tratamento de água, que não envolve o sistema analisado, que já é a água distribuída, porém, durante as análises a maior parte esteve sempre dentro do valor exigido na legislação, sem representar riscos maiores aos usuários. A alta turbidez é um problema proveniente dos carros-pipas e a falta de manutenção do sistema, que contribui para a presença de resíduos da má higienização dos reservatórios. Na Figura 5.6 está representada a árvore de falhas elaborada para o sistema em análise.

Figura 5.6 – Árvore de Falhas da água distribuída na cidade de Juazeirinho-PE



6.0 CONCLUSÃO

Com base nos indicadores analisados, a água distribuída na cidade de Juazeirinho-PB está fora dos padrões estabelecidos pelo padrão de potabilidade de água, sendo constatada a não conformidade em todos os pontos analisados. Os resultados obtidos representam risco à saúde dos usuários dessa água, que incluem pessoas vulneráveis que podem desenvolver doenças relacionadas ao consumo de água de má qualidade.

As principais causas responsáveis pelos perigos listados foram a falta de manutenção dos reservatórios, péssimas condições da infraestrutura, falha na desinfecção e água proveniente de carros-pipa, contribuindo para a degradação da qualidade da água e dificultando a adoção de medidas imediatas para melhorar a qualidade da água.

Constatou-se, por fim, através da aplicação das metodologias de avaliação de risco, que a água distribuída representa risco à saúde da população que está utilizando, principalmente por não existir uma dosagem correta de cloro, proporcionando a presença de organismos patogênicos. Portanto, é necessário que medidas de proteção da qualidade da água sejam sempre implantadas nos planos de segurança da água, para que todos participem da gestão desse recurso com intuito de melhorar a saúde pública e contribuir para melhores condições de vida.

A avaliação de risco mostrou ser um método bastante eficaz na caracterização dos riscos relacionados à qualidade da água, informando as causas de cada um dos eventos e as suas respectivas consequências, facilitando a ação de medidas mitigadoras dos perigos expostos e proporcionando um direcionamento para aperfeiçoar o sistema, reduzindo tempo e gasto na solução do problema.

REFERÊNCIAS

AGUILA, P. S.; CRUZ ROQUE, O. C.; MIRANDA, C. A. S.; FERREIRA, A. P. **Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do município de Nova Iguaçu.** Cad. Saúde Pública. Rio de janeiro, v. 16, n. 3, p. 791-798, 2000.

ALMEIDA, Ítala Farias. **Avaliação Da Qualidade De Águas De Abastecimento Urbano De Juazeirinho-Pb: Águas Superficiais.** Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental. Universidade Estadual da Paraíba. 74 p. 2017.

APHA, AWWA, WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater**. 20th ed., Washington, D.C: American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, 2012. 1220p.

AS/NZS. **Risk Management** 4.360:2004. Sydney: Standards Australia, Wellington: Standards New Zealand, 30p, 2004

BARTRAM, J; COTRUVO, J.; EXNER, M.; FRICKER, C.; GLASMACHER, **A. Heterotrophic plate counts and drinking water safety: the significance of HPCs for water quality and human health.** Londres: WHO: IWA, 2003.

BARROS, J. G. de C. **Origem, Distribuição e Preservação da Água no Planeta Terra.** Revista GT Águas, ano 6, n°11, fev. 2010.

BRASIL, Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 3 ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004.

Brasil. Ministério da Saúde. **Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano.** Brasília, 2006.

BRASIL, Agência Nacional de Águas. **Atlas Brasil**: abastecimento urbano de água: resultados por estado / Agência Nacional de Águas; Engecorps/Cobrape. — Brasília: ANA: Engecorps/ Cobrape, 2010.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Plano de segurança da água**: garantindo a qualidade e promovendo a saúde: um olhar do SUS. Brasília, 2012.

BRASIL, Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. Brasília: Funasa, 2013.

BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Diretriz nacional do plano de amostragem da vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano.** Brasília: Ministério da Saúde, 2014.

BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Diretriz Nacional do Plano de**

Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano. Brasília, DF, 2016.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Portaria de Consolidação n°5, de 28 de setembro de 2017, Anexo XX.** Brasília, DF, 2017.

BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. de S.; PORTO, E. R. **Disponibilidade de Água e a Gestão dos Recursos Hídricos.** Embrapa Semiárido, 2007. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/159648/1/OPB1514.pdf. Acesso em: 20 de dezembro de 2018.

EOS, Organização e Sistemas Ltda. **Figura 3.1 – Sistema de Abastecimento de Água**. Disponível em: https://www.eosconsultores.com.br/sistema-de-abastecimento-de-agua-funcionamento/. Acesso em: 18 de dezembro de 2018.

FREITAS, L. **Manual de Segurança e Saúde do Trabalho**. Lisboa: Edições Sílabo, 2008.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Rio de Janeiro, 2010.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Juazeirinho-PB**. Censo 2016. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/juazeirinho/panorama. Acesso em: 5 de janeiro de 2019.

JR, Arlindo Philippi; MALHEIROS, Tadeu Fabrício. **Saneamento e saúde pública: integrando homem e ambiente**. In: JR. Arlindo Philippi (org). **Saneamento saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Manole, 2005.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento da Água**. 2. ed: Campinas: Átomo, 2008.

MEIRA, C. M. B. S.; OLIVEIRA, R.; NASCIMENTO, R. S. do; OGATA, I. S.; SANTANA, C. F. D. de. **Relatório de Projeto de Pesquisa Monitoração de Vigilância da Qualidade das Águas de Abastecimento do Município de Juazeirinho (PB).** Campina Grande: UEPB, 2017.

MS, Ministério da Saúde. **Diretriz Nacional Do Plano De Amostragem Da Vigilância Da Qualidade Da Água Para Consumo Humano**. Brasília, 2014.

MOTA, Suetônio. **Introdução a Engenharia Ambiental.** 3° ed. revisada. Rio de Janeiro: Abes, 2003.

NASCIMENTO, Ruth Silveira. OLIVEIRA, Rui de. **Avaliação de Risco**. Aula proferida na Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Campina Grande, 2017.

PÁDUA, Valter Lúcio de (Coordenador) **Remoção de microrganismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano**. 1ª Ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 392 p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRINHO**. Plano Municipal de Saneamento Básico de Juazeirinho**. Juazeirinho: Prefeitura Municipal de Juazeirinho, 2015.

RUFINO, Renata. et al. **Surtos de diarreia na região Nordeste do Brasil em 2013, segundo a mídia e sistemas de informação de saúde – Vigilância de situações climáticas de risco e emergências em saúde.** Revista Ciência Saúde Coletiva. v. 21. Rio de Janeiro, 2016.

SANTOS, S. G. **Distribuição espacial de bactérias heterotróficas na rede de distribuição de água de Campina Grande-PB.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande, 2011.

SILVA, Salomão Anselmo. OLIVEIRA, Rui de. **Manual de análise físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias**. Campina Grande, 2001.

SOLOMON, Keith R.; SIBLEY, Paul. **New concepts in ecological risk assessment:** where do we go from here? Marine Pollution Bulletin, v. 44, p. 279 – 285, 2002.

SPERLING, Marcos Von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 2005.

WHO. World Health Organization. **Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene.** update and SDG baselines, 2017.

ZULPO, D. L.; PERETTI, j.; ONO, L. M.; GARCIA, J. L. Avaliação microbiológica da água consumida nos bebedouros da Universidade Estadual do Centro-Oeste, Brasil. **C. Agrárias**, v. 27, n. 1, p.107-110, 2006.