

# Programa de Pós-Graduação em **Engenharia Civil e Ambiental**

Universidade Federal de Campina Grande  
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais  
Departamento de Engenharia Civil

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA CONSUMIDA  
EM UM HOSPITAL PÚBLICO DA CIDADE DE  
CAMPINA GRANDE – PB**

**FLÁVIA LIMA BARBOSA**

**Campina Grande**  
**Data: MARÇO / 2010**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL  
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA CONSUMIDA EM UM HOSPITAL  
PÚBLICO DA CIDADE DE CAMPINA GRANDE - PB**

**FLÁVIA LIMA BARBOSA**

**CAMPINA GRANDE – PB  
MARÇO – 2010**

**FLÁVIA LIMA BARBOSA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA CONSUMIDA EM UM HOSPITAL  
PÚBLICO DA CIDADE DE CAMPINA GRANDE - PB**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Mestre.

**Área de concentração:** Engenharia de Recursos Hídricos e Sanitária

**Orientadores:** Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Mônica de Amorim Coura  
Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Celeide Maria Belmont Sabino Meira

**CAMPINA GRANDE - PB  
MARÇO – 2010**



**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCC**

B238a

2010 Barbosa, Flávia Lima.

Avaliação da qualidade da água consumida em um hospital público da cidade de Campina Grande - PB / Flávia Lima Barbosa. — Campina Grande, 2010.

103 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) — Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Referências.

Orientadores: Profª. Drª. Mônica de Amorim Coura, Profª. Drª. Celeide Maria Belmont Sabino Meira.

1. Abastecimento de Água. 2. Qualidade da Água. 3. Indicadores Sentinelas. 4. Cloro Residual Combinado. 5. Portaria 518 (MS). I. Título.

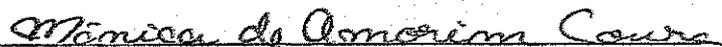
CDU – 628.1(043)

**FLÁVIA LIMA BARBOSA**

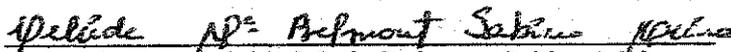
**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA CONSUMIDA EM UM  
HOSPITAL PÚBLICO DA CIDADE DE CAMPINA GRANDE - PB**

Data da aprovação: 31 de Março de 2010

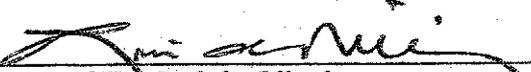
**COMISSÃO EXAMINADORA**



**Prof. Dr. Mônica de Amorim Coura**  
Orientadora



**Prof. Dr. Celeide Maria Belmont Sabino Meira**  
Orientadora



**Prof. Dr. Rui de Oliveira**  
Examinador Interno



**Prof. Dr. Valdeir Leite Duarte**  
Examinador Externo

**CAMPINA GRANDE - PB**  
**MARÇO - 2010**

*À Deus, aos meus amados pais,  
Maria do Carmo e Florisvaldo e aos  
meus queridos irmãos Adriana,  
Andréa, Daniel e Roberta, DEDICO.*

## AGRADECIMENTOS

*À Deus por estar ao meu lado, guiando e iluminando meu caminho, em todos os momentos da minha vida.*

*Aos diretores e funcionários do Hospital Universitário Alcides Carneiro, meu agradecimento ao espaço cedido para realização da pesquisa.*

*Aos professores Rui de Oliveira, Mônica de Amorim Coura e Celeide Maria Belmont Sabino Meira pela sábia orientação e disposição em me atender em todas as etapas desta pesquisa.*

*Ao meu pai, Florisvaldo, pelo generoso amor que me dedica, e a minha mãe, Maria do Carmo, pelo apoio incondicional em todas as horas.*

*Ao meu esposo Marcony, por todo amor, carinho e compreensão dedicados durante mais uma etapa da minha vida.*

*À minha irmã Andréa, pela grande ajuda em todas as fases deste trabalho, aos meus irmãos Adriana, Daniel e Roberta e aos meus sobrinhos Beatriz, Ana Luisa e Arthur pelo suporte afetivo e emocional.*

*Aos meus amigos Heloisa, Joseneto, Maria Cristina, Riveka e Rogério pelos momentos compartilhados durante o curso de mestrado.*

*A todos os amigos do grupo de pesquisa, em especial Emanuel, Thássio pelas horas de auxílio e valiosa colaboração, indispensáveis na realização desta pesquisa.*

*A todos os professores da Área de Engenharia Sanitária, pela experiência transmitida e pelos novos conhecimentos adquiridos.*

*Aos funcionários do Laboratório de Análise de Água/ UFCG em especial, à secretária Cristina e a laboratorista Walmária, sempre dispostas a ajudar.*

*Ao programa da Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo suporte financeiro durante o curso.*

*Por fim, meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para que a concretização desse trabalho fosse possível.*

## RESUMO

O presente trabalho tem como principal objetivo conhecer a qualidade da água que está sendo consumida pela população do Hospital Universitário Alcides Carneiro (HUAC) localizado na cidade de Campina Grande – PB, com o propósito de conhecer o sistema de distribuição de água predial daquele hospital, visando através da monitoração de indicadores sentinelas sugerir a elaboração e implantação de um plano de manutenção para qualidade da água, procurando desta forma, manter um sistema de distribuição com controle preventivo evitando conseqüentemente, possíveis disseminações de doenças relacionadas a água. O plano de manutenção deverá atender aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria Nº 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde e a Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano. Os resultados obtidos durante os sete meses de análise nos treze pontos de monitoração revelaram a vulnerabilidade do sistema de abastecimento do HUAC, em razão das baixas concentrações de cloro residual livre verificada na rede de distribuição e nos reservatórios de acumulação e predominância das espécies de cloro residual combinado. Outros fatores relacionados à manutenção do sistema predial como tempo de existência das tubulações e reservatórios, infiltrações, vazamentos e falta de limpeza adequada nos reservatórios também podem ter contribuído para a degradação da qualidade da água consumida pela população do hospital.

**Palavras-chave:** Abastecimento de água. Qualidade de água. Indicadores sentinelas. Cloro residual combinado. Portaria 518 (MS)

## ABSTRACT

The present work has as main objective to know the quality of water being consumed by the population of the University Hospital Alcides Carneiro (HUAC) in the city of Campina Grande - PB, in order to know the distribution system of water property that hospital, order by monitoring sentinel indicators suggest the development and implementation of a maintenance plan for water quality, thereby attempting to maintain a distribution system to control by avoiding therefore possible spread of diseases related to water. The maintenance plan must meet the standards of potability and established by Ordinance No. 518 of March 25, 2004 the Ministry of Health and National Planning Guidance Sampling Surveillance in Environmental Health-related quality of drinking water. The results obtained during the seven months of analysis in the thirteen monitoring points showed the vulnerability of the supply system of the HUAC, due to low concentrations of free residual chlorine found in the distribution network and reservoirs for the accumulation and the predominance of species of combined chlorine residual . Other factors related to the maintenance of the building as a time of existence of pipes and reservoirs, seepage, leakage and lack of proper cleaning the tanks may also have contributed to the degradation of the quality of water consumed by the population of the hospital.

**Key words:** Water supply. Water quality. Sentinel indicators. Combined residual chlorine. Ordinance 518 (MS)

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 3.1	Referência para o estabelecimento de segurança da qualidade da água.....	19
Figura 3.2	Processo de avaliação do funcionamento do PSA.....	20
Figura 3.3	Fluxograma para elaboração e aplicação do PSA.....	22
Figura 3.4:	Frações de cloro residual livre em função do pH da água.....	27
Figura 3.5	Fluxograma de referência para o estabelecimento da manutenção da qualidade da água.....	35
Figura 4.1	Localização de Campina Grande no estado da Paraíba.....	37
Figura 4.2	Distância em linha reta dos reservatórios (R-9 e R-5) em relação ao (HUAC).....	41
Figura 4.3	Pontos -Tomada 1 e Cisterna 1 do Sistema 1 (a) e Tomada 2 e Cisterna 2 do Sistema 2 (b).....	41
Figura 4.4	Reservatório elevado 1 (a) e Reservatório elevado 2 (b).....	42
Figura 4.5	Reservatório elevado 3 (a) e Reservatório elevado 4 (b).....	42
Figura 4.6	Cisterna 1 e Reservatório 1 do HUAC.....	43
Figura 4.7	Cisterna 2 e reservatório 2 do HUAC.....	44
Figura 4.8	Cisterna 3 e Reservatório 3 do HUAC.....	45
Figura 4.9	Reservatório 4 do HUAC.....	46
Figura 4.10	Laboratório montado <i>in loco</i> para as coletas e análises físico-químicas.....	48
Figura 4.11	Garrafas para coleta microbiológica.....	48
Figura 4.12	pH metro portátil.....	50
Figura 4.13	Meio de cultura em Banho Maria.....	52
Figura 4.14	Placas nomeadas e próximas ao bico de Bunsen.....	53
Figura 4.15	Placas na estufas e leituras das placas com auxílio do contador de colônias.....	53
Figura 5.1	Frações de cloro residual nos pontos de monitoração do Sistema 1.....	61
Figura 5.2	Frações de cloro residual nos pontos de monitoração do Sistema 2.....	61
Figura 5.3	Frações de cloro residual nos pontos de monitoração do Sistema 3.....	62
Figura 5.4	Frações de cloro residual nos pontos de monitoração do Sistema 4.....	62
Figura 5.5	Porcentagem das amostras abaixo do mínimo recomendado pela Portaria MS 518/2004 para concentração de cloro residual livre.....	63
Figura 5.6	Porcentagem das amostras acima do máximo aceitável pela Portaria 518 (MS) para concentração de cloro residual livre, no ponto Tomada 1.....	64
Figura 5.7	Concentração temporal de cloro residual livre no sistema 1.....	65
Figura 5.8	Concentração temporal de cloro residual livre no sistema 2.....	65
Figura 5.9	Concentração temporal de cloro residual livre no sistema 3.....	66

Figura 5.10	Concentração temporal de cloro residual livre no sistema 4.....	66
Figura 5.11	Concentração temporal de cloro residual combinado no ponto Tomada 1.....	68
Figura 5.12	Concentração temporal de cloro residual combinado no ponto Tomada 2.....	68
Figura 5.13	Concentração temporal de cloro residual combinado no ponto Cisterna 1.....	68
Figura 5.14	Concentração temporal de cloro residual combinado no ponto Cisterna 2.....	69
Figura 5.15	Concentração temporal de cloro residual combinado no ponto Cisterna 3.....	69
Figura 5.16	Concentração temporal de cloro residual combinado no ponto Reservatório 1.....	69
Figura 5.17	Concentração temporal de cloro residual combinado no ponto Reservatório 2.....	70
Figura 5.18	Concentração temporal de cloro residual combinado no ponto Reservatório 3.....	70
Figura 5.19	Concentração temporal de cloro residual combinado no ponto Reservatório 4.....	70
Figura 5.20	Concentração temporal de cloro residual combinado no ponto Quimioterapia.....	71
Figura 5.21	Concentração temporal de cloro residual combinado no ponto Emergência.....	71
Figura 5.22	Concentração temporal de cloro residual combinado no ponto Banco de Sangue.....	71
Figura 5.23	Concentração temporal de cloro residual combinado no ponto Cozinha.....	72
Figura 5.24	Frequência de não Conformidade do padrão de turbidez nos pontos de amostragem..	73
Figura 5.25	Variação temporal da turbidez no sistema 1.....	73
Figura 5.26	Variação temporal da turbidez no sistema 2.....	74
Figura 5.27	Variação temporal da turbidez no sistema 3.....	74
Figura 5.28	Variação temporal da turbidez no sistema 4.....	74
Figura 5.29	Variação temporal do pH no sistema 1.....	76
Figura 5.30	Variação temporal do pH no sistema 2.....	76
Figura 5.31	Variação temporal do pH no sistema 3.....	76
Figura 5.32	Variação temporal do pH no sistema 4.....	77
Figura 5.33	Contagem de bactérias heterotróficas presentes no sistema 1, sem diluição.....	78
Figura 5.34	Contagem de bactérias heterotróficas presentes no sistema 1, com diluição $10^{-1}$ .....	78
Figura 5.35	Contagem de bactérias heterotróficas presentes no sistema 2, sem diluição.....	78
Figura 5.36	Contagem de bactérias heterotróficas presentes no sistema 2, com diluição $10^{-1}$ .....	79
Figura 5.37	Contagem de bactérias heterotróficas presentes no sistema 3, sem diluição.....	79
Figura 5.38	Contagem de bactérias heterotróficas presentes no sistema 3, com diluição $10^{-1}$ .....	79
Figura 5.39	Contagem de bactérias heterotróficas presentes no sistema 4, sem diluição.....	80
Figura 5.40	Contagem de bactérias heterotróficas presentes no sistema 4, com diluição $10^{-1}$ .....	80
Figura 5.41	Médias e intervalos de comparação de 95% (Método GT-2) para CRL (a), monocloramina (b), dicloramina (c), tricloramina (d) e pH (e) entre os pontos do Sistema 1.....	84
Figura 5.42	Médias e intervalos de comparação de 95% (Método GT-2) para monocloramina (a), dicloramina (b), tricloramina (c) e turbidez (d) entre os pontos do Sistema 2.....	86

Figura 5.43	Médias e intervalos de comparação de 95% (Método GT-2) para monoclорamina (a), dicloramina (b) e temperatura (c) entre os pontos do Sistema 3.....	88
Figura 5.44	Médias e intervalos de comparação de 95% (Método GT-2) para monoclорamina entre os pontos do sistema 4.....	88
Figura 5.45	Médias e intervalos de comparação de 95% (Método GT-2) para as variáveis CRL (a), monoclорamina (b), dicloramina (c), tricloramina (d), temperatura (e), turbidez (f), pH (g) e bactérias heterotróficas 0,1 mL (h) entre os pontos dos Sistema 1, 2, 3 e 4.....	91

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1	Distribuição do número de leitos do HUAC.....	39
Tabela 4.2	Sistemas de abastecimento do HUAC .....	40
Tabela 4.3	Pontos de coleta.....	46
Tabela 5.1	Parâmetros descritivos dos indicadores analisados no Sistema 1.....	57
Tabela 5.2	Parâmetros descritivos dos indicadores analisados no Sistema 2.....	58
Tabela 5.3	Parâmetros descritivos dos indicadores analisados no Sistema 3.....	59
Tabela 5.4	Parâmetros descritivos dos indicadores analisados no Sistema 4.....	60
Tabela 5.5	Código dos pontos.....	82
Tabela 5.6	Análise de variância para comparação das médias dos indicadores nos pontos de amostragem do Sistema 1.....	83
Tabela 5.7	Análise de variância para comparação das médias dos indicadores nos pontos de amostragem do sistema 2.....	85
Tabela 5.8	Análise de variância para comparação das médias dos indicadores nos pontos de amostragem do Sistema 3.....	87
Tabela 5.9	Análise de variância para comparação das médias dos indicadores nos pontos de amostragem do Sistema 4.....	89
Tabela 5.10	Análise de variância para comparação das médias dos indicadores determinados em todos os pontos dos sistemas de abastecimento predial.....	90

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**ANOVA** – Análise de Variância

**APHA** – American Public Health Association

**AWWA** – American Water Works Association

**CAGEPA** – Companhia de Água e Esgoto da Paraíba

**CETESB** – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

**CRC** – Cloro Residual Combinado

**CRL** – Cloro Residual Livre

**FUNASA** – Fundação Nacional de Saúde

**HUAC** – Hospital Universitário Alcides Carneiro

**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística]

**INAMPS** - Instituto Nacional de Assistência Médica da Previdência Social

**IWA** - International Water Association

**MS** – Ministério da Saúde

**OMS** – Organização Mundial de Saúde

**OPAS** – Organização Pan-Americana da Saúde

**PSA** – Plano de Segurança da Água

**PMA** – Plano de Manutenção da Água

**SUS** – Sistema Único de Saúde

**SVS** – Secretaria de Vigilância em Saúde

**UFCG** – Universidade Federal de Campina Grande

**UFPB** – Universidade Federal da Paraíba

**USEPA** – United States Environmental Protection Agency

**VIGIAGUA** – Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano

**WHO** – World Health Organization

## SUMÁRIO

<b>1.0</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2.0</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>17</b>
	2.1 Objetivos gerais.....	17
	2.2 Objetivos específicos.....	17
<b>3.0</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>18</b>
	3.1 Plano de segurança da água.....	18
	3.2 Vigilância da qualidade da água.....	21
	3.3 Controle da qualidade da água.....	23
	3.4 Desinfecção da água com utilização de Cloro.....	24
	3.4.1 <i>Cloração</i> .....	26
	3.5 Indicadores Sentinelas.....	28
	3.5.1 <i>Cloro Residual Livre (CRL)</i> .....	29
	3.5.2 <i>Turbidez</i> .....	29
	3.6 Indicadores Auxiliares.....	30
	3.6.1 <i>pH</i> .....	30
	3.6.2 <i>Bactérias Heterotróficas</i> .....	31
	3.7 Análise de risco da água utilizada em hospitais .....	31
	3.8 Manutenção da qualidade da água .....	32
	3.9 Plano de manutenção para qualidade da água.....	34
<b>4.0</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>37</b>
	4.1 Descrição do Município.....	37
	4.2 Sistema de Abastecimento de Campina Grande.....	37
	4.3 Hospital Universitário Alcides Carneiro.....	38
	4.4 Sistemas de Abastecimento do HUAC.....	39
	4.5 Pontos de Coleta.....	46
	4.6 Variáveis analisadas.....	47
	4.7 Coleta e Preservação das amostras.....	47
	4.8 Métodos Analíticos.....	49
	4.8.1 <i>Cloro residual (CRL e CRC)</i> .....	49
	4.8.2 <i>Turbidez</i> .....	50

4.8.3	Potencial Hidrogeniônico (pH).....	50
4.8.4	Temperatura.....	50
4.8.5	Bactérias Heterotróficas.....	51
4.9	Análises Estatísticas.....	54
5.0	<b>APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS.....</b>	<b>55</b>
5.1	Indicadores Analisados.....	55
5.1.1	Cloro Residual Livre.....	55
5.1.2	Cloro Residual Combinado.....	66
5.1.3	Turbidez.....	72
5.1.4	pH.....	75
5.1.5	Bactérias Heterotróficas.....	77
5.1.6	Temperatura.....	81
5.2	Análise de variância.....	81
6.0	<b>DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>93</b>
6.1	Qualidade da água consumida no Hospital Alcides Carneiro.....	93
6.2	Plano de manutenção da qualidade da água.....	95
7.0	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>97</b>
8.0	<b>RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>98</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>99</b>

## 1.0 INTRODUÇÃO

A água constitui um elemento essencial à vida vegetal e animal. O homem necessita de água em qualidade adequada e quantidade suficiente para atender a suas necessidades e para proteção de sua saúde. A Portaria Nº 518/2004 do Ministério da Saúde do Brasil define água potável como sendo a água destinada para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendem ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde.

O monitoramento da qualidade da água é um dos instrumentos de verificação de sua potabilidade e avaliação do risco que o sistema de abastecimento representa para a saúde humana. O controle da qualidade da água para consumo humano é baseado em parâmetros microbiológicos, físicos e químicos, sendo exercido de forma contínua pelo(s) responsável(is) pela operação do sistema e destinado a verificar se a água fornecida à população é potável.

A importância dos parâmetros microbiológicos está diretamente relacionada à qualidade sanitária da água e, por isso, devem ser cuidadosamente estudados. Por outro lado, parâmetros físico-químicos como cloro residual livre e turbidez, também são considerados de fundamental importância na verificação da qualidade da água quando associados aos parâmetros auxiliares, pH, temperatura e cloro residual combinado, pois permitem fazer uma avaliação bastante considerável da qualidade da água de abastecimento possibilitando, desta forma, ações de controle preventivas e corretivas no sistema de abastecimento público.

A Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), responsável pelo abastecimento de água, da cidade de Campina Grande aplica o tratamento convencional composto pelas operações de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção com utilização de cloro, os quais são processos de purificação considerados suficientes para dar qualidade e segurança ao produto que chega aos consumidores. No entanto, mesmo passando por tratamento eficiente de desinfecção a água está sempre sujeita a contaminação quando armazenada em reservatórios contaminados por falta de manutenção. A falta de limpeza adequada dos reservatórios ou caxias d' água domiciliares e públicos podem acarretar sérios danos a saúde de seus usuários, uma vez que, não tendo a manutenção adequada, esses reservatórios ficam sujeitos à formação de biofilme bacteriano em suas paredes, aparecimento

de rachaduras e infiltrações que tendem a degradar a qualidade da água ali depositada, causando desta forma risco a saúde de seus usuários.

Hospitais e outras instituições prediais públicas comumente são servidas por reservatórios de acumulação de água com o objetivo de manter a continuidade de seu abastecimento. No entanto, nem sempre o sistema de gestão do estabelecimento é eficiente na prevenção da degradação da qualidade da água, especialmente em vista do não cumprimento das manutenções.

Diante disso o presente trabalho propõe a avaliação da qualidade da água consumida em um hospital públicos, na cidade de Campina Grande, estado da Paraíba, através dos indicadores sentinelas, cloro residual livre e turbidez e dos indicadores auxiliares bactérias heterotróficas, pH, temperatura e cloro residual combinado.

## **2.0 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivos gerais**

Monitorar a qualidade da água consumida no Hospital Universitário Alcides Carneiro da cidade de Campina Grande – PB, utilizando indicadores sentinelas e auxiliares.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar o sistema de abastecimento predial e a forma de manutenção dos mesmos;
- Avaliar a influência do acondicionamento na desinfecção da água armazenada;
- Comparar a qualidade da água fornecida pelo sistema público de distribuição com a água presente no reservatório predial.

### 3.0 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Plano de segurança da água

A melhor maneira de garantir a segurança da qualidade da água utilizada para consumo humano é através de uma avaliação de risco que abranja todas as etapas do sistema de abastecimento desde o manancial até o consumidor. Neste sentido, o Plano de Segurança da Água (PSA) aparece como uma ferramenta poderosa que serve para identificar e priorizar perigos e riscos, definir medidas de controle para reduzi-los ou eliminá-los e estabelecer planos de gestão para o sistema de abastecimento de água.

A criação de um diagrama de fluxo do sistema de abastecimento de água desde a captação à torneira do consumidor ajuda muito a identificação de possíveis riscos de contaminação no sistema de abastecimento, facilitando a manutenção e colaborando para que a água seja mantida dentro dos padrões de potabilidade.

Segundo Vieira (2005), o processo de estabelecimento dos objetivos da qualidade da água deve ser confiado às autoridades sanitárias, levando em consideração as especificidades de saúde locais. Este processo estrutura-se num ciclo interativo, compreendendo uma avaliação de estado da saúde pública e uma avaliação de riscos, tendo como base aspectos de exposição ambiental e de riscos aceitáveis. Nesta avaliação poderão ser usados procedimentos epidemiológicos ou de avaliação quantitativa de riscos, tanto para substâncias químicas como para microrganismos.

A aplicação do PSA tem como principal objetivo garantir a qualidade da água para consumo humano através da utilização de boas práticas no sistema de abastecimento de água, tais como: minimização da contaminação nas origens de água, redução ou remoção da contaminação durante o processo de tratamento e prevenção de pós-contaminação durante o armazenamento e distribuição (SOUZA, 2008).

WHO (2004) enfatiza que o fornecimento, em segurança, de água para consumo humano é conseguido de uma forma mais efetiva se for adotado um processo de gestão de riscos, através de um quadro de referência para o abastecimento público da água para consumo humano, que contemple cinco etapas fundamentais, Figura 3.1 o estabelecimento de

objetivos para a qualidade da água destinada ao consumo humano, baseados na proteção da saúde pública; avaliação do sistema como um todo (manancial, tratamento e distribuição); a monitoração operacional do sistema visando um fornecimento de água com qualidade de acordo os objetivos estabelecidos; planos de gestão que identifiquem medidas de controle, garantam o controle dos riscos detectados e que assegurem que sejam alcançados os objetivos de qualidade da água, na perspectiva de saúde pública e o funcionamento de um sistema de vigilância independente.

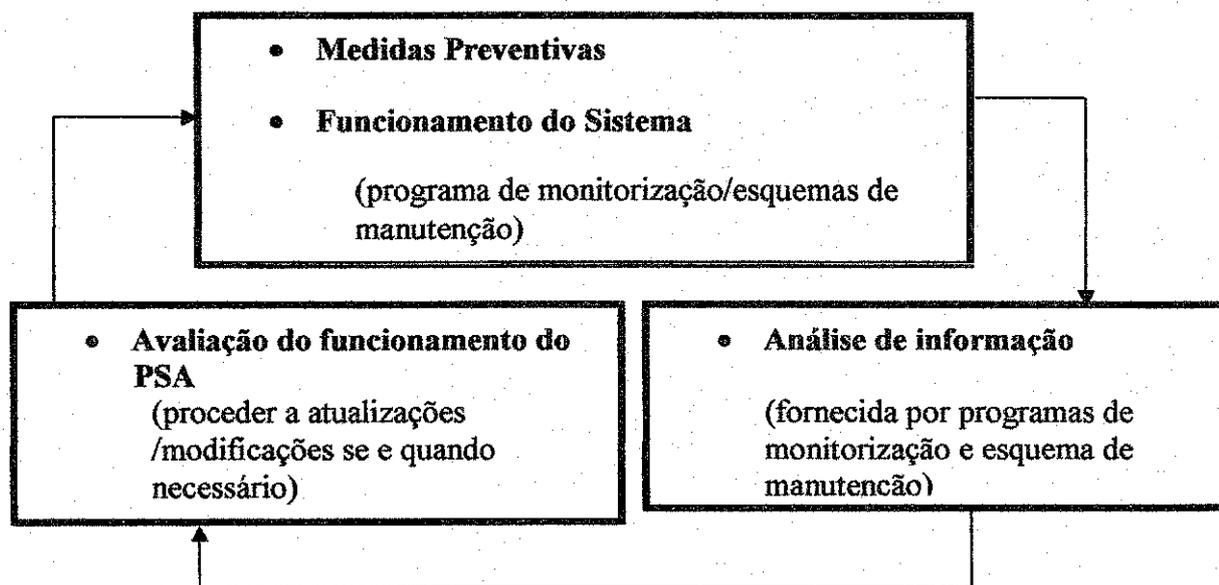


**Figura 3.1** – Referência para o estabelecimento de segurança da qualidade da água  
**Fonte:** (WHO, 2004)

Antes da elaboração do PSA propriamente dito, é necessário estabelecer etapas preliminares que envolvem a constituição da equipe responsável pela elaboração do PSA, a caracterização geral do sistema e a construção do diagrama de fluxo correspondente a todo o sistema em avaliação. Nestas etapas é feito o inventário técnico, organizacional e das condições específicas do sistema de abastecimento (VIEIRA, 2005).

Após a entrada em funcionamento do PSA, procede-se à sua validação e verificação. Com a validação assegura-se que o sistema em operação é eficaz e é composto por barreiras

que garantam o controle dos riscos detectados. Periodicamente deve ser realizada uma verificação para determinar se o PSA está corretamente aplicado e se é capaz de atingir os objetivos de qualidade previamente estabelecidos. Neste sentido deve-se proceder a uma avaliação dos respectivos fatores determinantes, tais como: qualidade da água, instalações, processos e organização, apresentando-se propostas de melhorias para o sistema. Todas essas etapas são apresentadas no fluxograma da Figura 3.2 (ibidem).



**Figura 3.2:** Processo de avaliação do funcionamento do PSA  
**Fonte:** Vieira (2005)

Para garantir o êxito na aplicação de um PSA deve ser assegurado que a entidade gestora do sistema de abastecimento de água disponha de condições operacionais e de recursos humanos adequados a uma efetiva gestão de controle, o que pressupõe a constituição de uma equipe multidisciplinar com conhecimento de todo o sistema e com competência para fazer uma avaliação inicial do mesmo, com relação à sua capacidade de atingir os objetivos de qualidade previstos, identificar os possíveis locais de contaminação e das medidas de controle que devem ser aplicadas para prevenir, reduzir ou eliminar essa contaminação; a validação dos métodos utilizados no controle de riscos; a aplicação de um sistema de monitorização que garanta a qualidade da água de todo o sistema de abastecimento, consistente com a legislação em vigor; ações corretivas para dar uma resposta imediata a desvios nos objetivos de qualidade previstos.

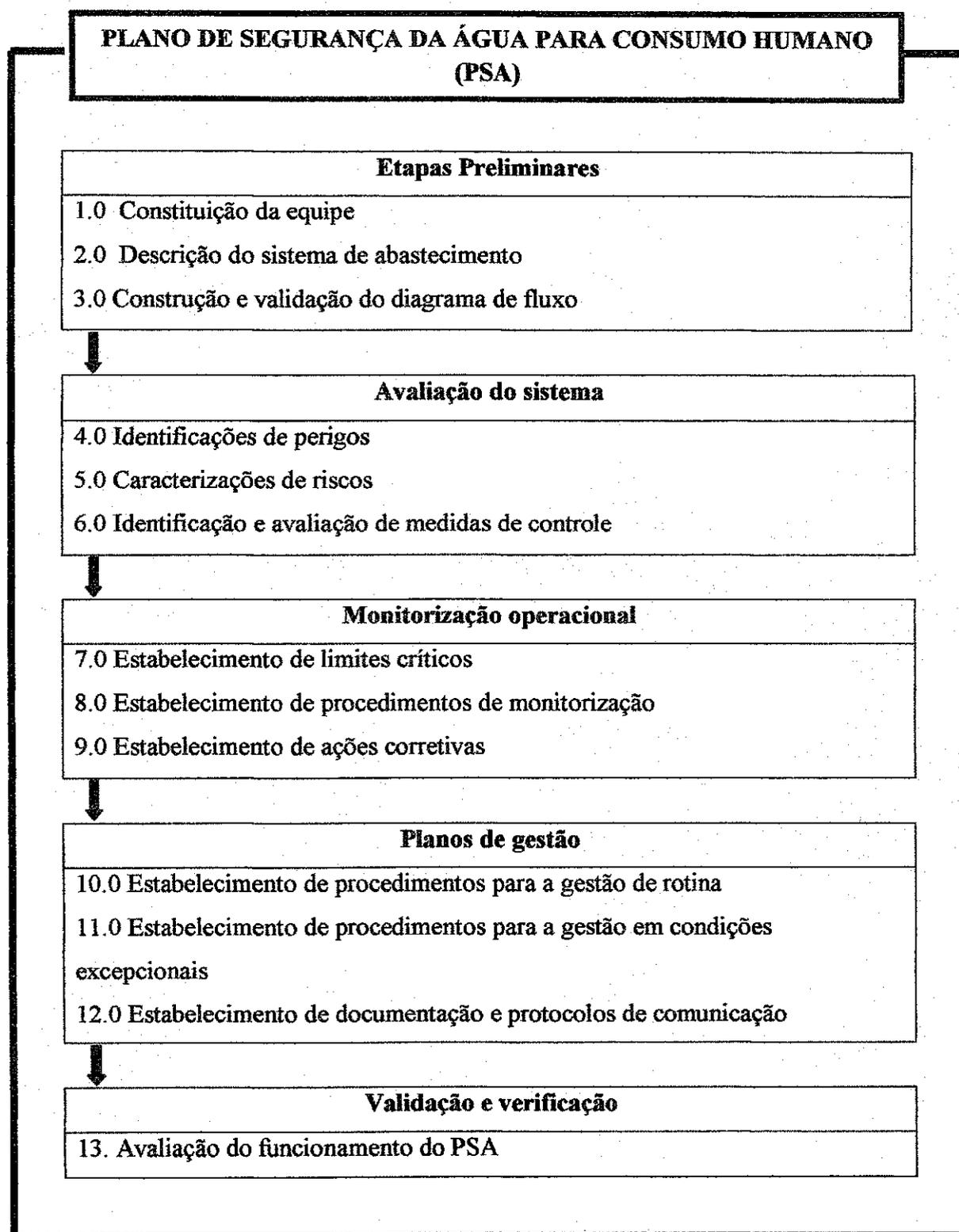
O processo de aplicação do PSA deve ser fiscalizado por uma entidade independente, o que constitui um elemento adicional de controle externo. Esta fiscalização pode ser exercida através de auditorias ao próprio plano, de validação das medidas de controle propostas e de verificação do produto final (IWA, 2004). O conjunto das etapas a considerar no desenvolvimento e aplicação de um PSA pode ser organizado de acordo com o apresentado na Figura 3.3.

### 3.2 Vigilância da qualidade da água

De acordo com a Portaria Nº518/2004 do Ministério da Saúde a vigilância da qualidade da água para consumo humano é o conjunto de ações adotadas continuamente pela autoridade de saúde pública para verificar se a água consumida pela população atende aos padrões de potabilidade e para avaliar os riscos que sistemas e soluções alternativas de abastecimento de água, respectivamente representam para a saúde humana.

A vigilância da qualidade da água deve ser implementada para a certificação da qualidade e adequação dos processos. Bastos *et al* (2003) afirma que para o efetivo exercício da vigilância da qualidade da água para consumo humano, é necessário que os prestadores de serviços de abastecimento de água forneçam aos órgãos de vigilância informações cadastrais sobre os respectivo sistema e/ou solução alternativa das características da qualidade da água de consumo humano. A autoridade de saúde pública responsável pela vigilância da qualidade da qualidade da água, a nível local, deve receber o diagnóstico das condições do abastecimento de água da população, tanto do meio urbano como do meio rural.

Segundo Pádua *et. al.* (2006), nos âmbitos Federal, Estadual e Municipal, nas suas respectivas áreas de competência, cabe à FUNASA (Fundação Nacional de Saúde) e às Secretarias de Saúde dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios promoverem e acompanharem a vigilância da qualidade da água, bem como estabelecerem referências laboratoriais de suporte às ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano.



**Figura 3.3** Fluxograma para elaboração e aplicação do PSA  
**Fonte:** Vieira (2005)

É papel da FUNASA, aprovar e registrar metodologias não contempladas nas referências citadas no artigo 16 da Portaria nº518/2004; definir diretrizes específicas para o estabelecimento de um plano de amostragem a ser implementado pelos Estados, Distrito Federal ou Municípios, no exercício das atividades de vigilância de qualidade da água, no âmbito do Sistema Único de Saúde – SUS; e executar ações de vigilância da qualidade da água, de forma complementar, em caráter excepcional, quando constatada, tecnicamente, insuficiência da ação estadual, nos termos de regulamentação do SUS (Pádua,*et.al.* 2006).

É papel das Secretárias de Saúde dos Estados e do Distrito Federal, garantir nas atividades de vigilância da qualidade da água, a implementação de um plano de amostragem pelos municípios, observadas as diretrizes específicas a serem abordadas pela FUNASA; e executar ações de vigilância da qualidade da água, de forma complementar, em caráter excepcional, quando constatada, tecnicamente, insuficiência da ação municipal, nos termos da regulamentação do SUS (*ibidem*).

### **3.3 Controle da qualidade da água**

De acordo com a Portaria nº 518/2004 (BRASIL, 2004), o controle da qualidade da água para consumo humano corresponde ao conjunto de atividades, exercidas de forma contínua pelo(s) responsável(is) da operação de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água, destinadas a verificar se água fornecida a população é potável, assegurando a manutenção desta condição.

Para o efetivo controle de qualidade da água faz-se necessário o monitoramento de todas as unidades do sistema distribuição desde a captação até o ramal predial. A legislação atualmente em vigor estabelecer que o(s) responsável(is) pela operação de sistema de abastecimento de água tem a incumbência de:

- Manter e controlar a qualidade da água produzida e distribuída, por meio de controle operacional das unidades de captação, adução, tratamento, reservação e distribuição;
- Realizar análises laboratoriais da água, em amostras provenientes das diversas partes que compõem o sistema de abastecimento;

- Manter avaliação sistemática do sistema de abastecimento de água, sob a perspectiva dos riscos à saúde, com base na ocupação da bacia contribuinte ao manancial, no histórico das características de suas águas, nas características físicas do sistema, nas práticas operacionais e na qualidade da água distribuída.

Segundo Pádua *et. al.* (2006) é importante que os laboratórios responsáveis pela análise das águas possuam um programa de controle de qualidade formalizado, que abranja: a qualificação na captação periódica dos recursos humanos; a manutenção preventiva e a calibração periódica de equipamentos, conforme recomendações legais ou dos fabricantes, verificação da qualidade dos reagentes utilizados nas análises; existência de documentação detalhada dos procedimentos de rotina do laboratório, tais como regras de segurança, protocolos descritivos dos procedimentos utilizados nas análises, instruções de coleta e armazenagem de amostras, calibração de instrumentos (incluindo as vidrarias e equipamentos como balanças), preparo e armazenamento de reagentes. Esse conjunto de ações visa garantir a produção de resultados com a máxima confiabilidade.

Portanto as ações de controle da qualidade da água para consumo humano consistem em descobrir, evitar ou eliminar causas reais ou potenciais, que possam comprometer direta ou indiretamente a manutenção da potabilidade da água, fornecida à população.

### **3.4 Desinfecção da água com utilização de Cloro**

O processo de desinfecção constitui a etapa do tratamento de água cujo principal objetivo é a destruição ou inativação de microrganismos patogênicos. De acordo com Daniel (2001) alguns fatores interferem na desinfecção e, conseqüentemente, no tipo de tratamento que deve ser empregado, como por exemplo: espécie e concentração do organismo a ser destruído; espécie e concentração do desinfetante; tempo de contato; características físicas e químicas da água; grau de dispersão do desinfetante na água.

Devido à multiplicidade de fatores que envolvem o processo de desinfecção, não há como avaliar pontualmente o desinfetante, ou o tratamento mais adequado. As agências de regulação internacionais admitem que em muitos casos, o que deve ocorrer é a avaliação de

uma estratégia de desinfecção que envolva as condições específicas de cada sistema de abastecimento. A escolha da estratégia de desinfecção apropriada se fundamenta no balanço, entre três aspectos principais: água isenta de patogênicos, controle da formação de subprodutos, e manutenção de residual desinfetante no sistema distribuidor (USEPA, 1999).

Os processos de desinfecção podem ocorrer através de dois tipos de tratamento: químico e físico. Os agentes físicos são menos difundidos que os químicos devido ao alto custo implementação e a não garantia de um subproduto desinfetante que confira credibilidade na água fornecida. Os agentes químicos são mais utilizados devido ao baixo custo de operação e manutenção, em relação aos físicos, e pelo fato de conseguirem gerar subprodutos da desinfecção que permitem uma certa confiabilidade da água a ser utilizada.

Daniel (2001), afirma que existem três mecanismos principais utilizados pelos agentes químicos na ativação de organismos patogênicos:

- Ataque aos principais constituintes celulares causando sua destruição ou desarranjo estrutural, por exemplo, destruindo a parede celular ou modificando as funções de semipermeabilidade da membrana;
- Interferência no metabolismo energético, tornando as enzimas não funcionais;
- Interferência na biossíntese e no crescimento, pelo prejuízo à síntese de proteínas, ácidos nucleicos, coenzimas ou parede celular.

Gomes (2009) aborda que, no tratamento de águas, os dois tipos preponderantes de mecanismos de desinfecção são a oxidação, com posterior ruptura da parede celular, e a difusão no interior das células, com conseqüente interferência na atividade celular.

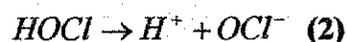
A ação dos desinfetantes químicos tem permitido melhora da qualidade de vida e diminuição da mortalidade infantil por doenças entéricas, com uma eficiência sem precedentes na história da humanidade. Por serem fortes oxidantes os agentes químicos podem ser usados em tratamento de águas com a finalidade de controlar odor, gosto, limpeza de filtros, remoção de ferro e manganês, oxidar sulfeto de hidrogênio, diminuir a cor, controlar o crescimento bacteriano nas redes de abastecimento, desinfetar as adutoras, aprimorar a floculação, oxidar amônia para maior proteção de membranas filtrantes e controlar algas no pré-tratamento (ROSSINI, 1987). Por outro lado, podem gerar subprodutos da desinfecção (SPD) que, apesar da pequena concentração, podem ser danosos aos usuários de águas tratadas e ao meio ambiente. Estes subprodutos são classificados em compostos

orgânicos halogenados, como trihalometanos, ácidos haloacéticos e outros resultantes, da cloração, outros compostos orgânicos, como aldeídos e cetonas e compostos inorgânicos, como cloritos e cloratos, associados ao dióxido de cloro, gerados quando o dióxido de cloro é exposto à luz solar, e o bromato, associado à ozonização.

No tratamento da água com fins de potabilidade o cloro ( $Cl_2$ ), líquido ou gasoso, é o desinfetante comumente utilizado. A grande aplicabilidade deste desinfetante se deve a sua fácil aplicação, seu baixo custo, e ao fato de fornecer uma quantidade remanescente que protege a água de posteriores contaminações.

### 3.4.1 Cloração

O cloro utilizado na desinfecção pode ser encontrado comercialmente sob as formas de cloro gasoso e soluções de hipoclorito de sódio ou hipoclorito de cálcio. O cloro gasoso é hidrolisado rapidamente em água para formar o ácido hipocloroso (Equação 1), que se dissocia, rapidamente em hidrogênio e íon hipoclorito (Equação 2).



A ação desinfetante e oxidante do cloro é controlada pelo ácido hipocloroso, que é considerado um ácido fraco. Em solução aquosa e de pH variando entre 6,5 a 8,5 a dissociação torna-se incompleta tanto para a espécie de HOCl como para os OCl<sup>-</sup>, e os mesmos estão presentes em pequena concentração. No entanto, para valores de pH abaixo de 6,5 ocorre a não dissociação do HOCl e acima de 8,5 todo ácido se dissocia em íon hipoclorito. A Figura 3.4 representa esta dissociação.

O cloro existente na água sob as formas de ácido hipocloroso e íon hipoclorito é definido como cloro residual livre (OPAS, 1987; ROSSIN, 1987; MEYER 1994).

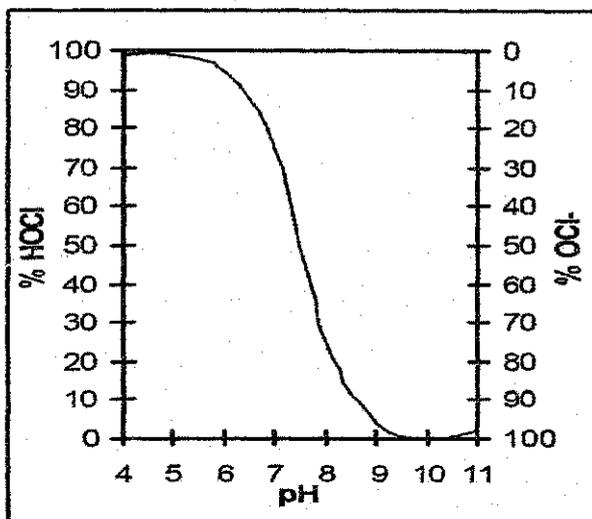
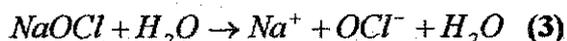
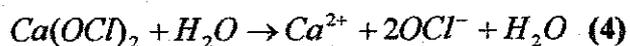


Figura 3.4: Frações de cloro residual livre em função do pH da água.  
Fonte: Galdino (2009).

A reação entre o hipoclorito de sódio e água é mostrada na (Equação 3). O hipoclorito de sódio é comercializado na forma líquida e o hipoclorito de cálcio tem sido comercializado na forma sólida. Estes derivados do cloro gasoso geralmente têm sido utilizados na desinfecção em pequenas comunidades, piscinas, poços, navios, barcos, hotéis, e etc.



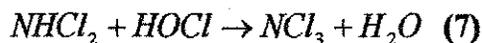
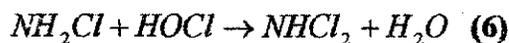
O hipoclorito de cálcio é formado por um precipitado resultante da dissolução de cloro gasoso em solução de cal e hidróxido de sódio. A reação do hipoclorito de cálcio e a água é apresentada na (Equação 4).



Cloradores de pastilhas de hipoclorito de cálcio, com 60% de cloro ativo, têm sido testados com grande eficiência na desinfecção, porém, a maior dificuldade no emprego desse tipo de clorador é manter, nas águas produzidas, a dosagem contínua de desinfetante. Esse problema fica resolvido quando a aplicação é feita em batelada.

Segundo Meyer (1994), quando existem na água amônia e compostos amoniacais, com a adição de cloro são formados compostos clorados ativos, denominados cloraminas. O cloro sob a forma de ácido hipocloroso combina-se com a amônia presente na água, formando a

monocloramina ( $\text{NH}_2\text{Cl}$ ), dicloramina ( $\text{NHCl}_2$ ) e tricloramina ou tricloreto de nitrogênio ( $\text{NCl}_3$ ), conforme as equações 5, 6 e 7 a seguir:



O cloro presente sob a forma de cloraminas é denominado de cloro residual combinado (OPAS, 1987; ROSSIN, 1987; MEYER 2004).

### 3.5 Indicadores Sentinelas

Segundo Meira (2009) o termo sentinela é utilizado em analogia às chamadas fontes sentinelas e aos sistemas de vigilância bastante empregados na Epidemiologia. Fontes sentinelas, quando bem selecionadas, são capazes de assegurar representatividade e qualidades às informações produzidas, conferindo aos indicadores condição de identificação precoce de situações de risco em relação à água consumida pela população.

A diretriz nacional do plano de amostragem da vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano (BRASIL, 2007), estabelece que todos os municípios brasileiros, independentemente do seu porte, devem implantar planos de monitoração de vigilância da qualidade da água.

Comumente, há uma imediata associação da vigilância da qualidade da água com a determinação de indicadores microbiológicos. Mas, variáveis físico-químicas revestem-se de grande valor em vista de serem determinadas através de métodos mais simples, rápidos e de menor custo, exigindo nível de especialização menor que os utilizados para as determinações microbiológicas, podendo ser usados como indicadores sentinelas. Empregados para os indicadores sanitários, o termo pretende conferir aos mesmos a condição de instrumentos de identificação precoce de situações de risco, em relação à água consumida pela população, as quais podem resultar em doenças de veiculação hídrica passíveis de prevenção e controle com medidas de saneamento básico (MEIRA, 2009). Os indicadores sentinelas referidos na

Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano são a turbidez e o cloro residual livre (CRL).

### **3.5.1 Cloro Residual Livre (CRL)**

As concentrações de cloro na água sob as formas de ácido hipocloroso e hipoclorito são dependentes do pH e da temperatura, sua soma é denominada cloro residual livre (CRL) e constitui a mais importante variável de controle de qualidade na prática da cloração de águas de abastecimento (SILVA; OLIVEIRA, 2001).

O cloro é uma espécie química altamente reativa, quando um derivado clorado é adicionado à água ocorre, em primeiro lugar, a reação de oxidação de espécies redutoras, que recebe o nome de “demanda de cloro”. Satisfeita a demanda, o derivado clorado reage com amônia, formando as cloraminas, denominadas de cloro residual combinado (CRC). Após a formação das cloraminas, tem-se a presença do chamado “cloro residual livre” (GOMES, 2009).

A Portaria Nº 518/2004 do Ministério da Saúde, em seu 13º artigo estabelece 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, a mesma recomenda ainda que a cloração deve ser realizada em pH inferior a 8,0 e tempo de contato mínimo de 30 minutos e que o teor máximo do cloro residual seja de 2,0 mg/L em qualquer ponto do sistema de abastecimento.

### **3.5.2 Turbidez**

A turbidez é definida como a redução da transparência da água devido à presença de material em suspensão. Nas águas superficiais a turbidez presente é devida, principalmente, à presença de partículas coloidais (argilas), em suspensão (silte), matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, plâncton e outros microrganismos. A medida da turbidez na água bruta é

de fundamental importância para seleção da tecnologia de tratamento e controle operacional dos processos de tratamento. Na água filtrada, a turbidez assume a função de indicador sanitário e não meramente estético, sendo também um parâmetro de controle da eficiência da desinfecção, no entendimento de que partículas em suspensão podem proteger os microrganismos da ação do desinfetante em água precedida ou não de filtração. (MEIRA, 2009)

De acordo com Pádua (2006) valores de turbidez em torno de 8 UT (unidades de turbidez), ou menos, geralmente são imperceptíveis visualmente.

O artigo 12º da Portaria Nº 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece no seu inciso 1º que: o limite máximo da turbidez para qualquer amostra pontual deve ser de 5,0 UT, assegurando, simultaneamente, o atendimento ao valor máximo permitido (VPM) de 5,0 UT em qualquer ponto da rede no sistema de distribuição.

No entanto, WHO (2003), recomenda que a turbidez seja tão baixa quanto possível, preferencialmente menor que 1 UT. Visto que valores elevados de turbidez protegem microorganismos do efeito da desinfecção deixando o sistema de distribuição susceptível ao crescimento bacteriano.

### **3.6 Indicadores Auxiliares**

#### ***3.6.1 Potencial hidrogeniônico - pH***

O pH (potencial hidrogeniônico) da água é a medida da atividade dos íons hidrogênio e expressa a intensidade de condições ácidas ( $\text{pH} < 7,0$ ) ou alcalinas ( $\text{pH} > 7,0$ ). O valor do pH influi na solubilidade de diversas substâncias, na forma em que estas se apresentam na água e em sua toxicidade. O condicionamento final da água após o tratamento pode exigir também a correção do pH, para evitar problemas de corrosão ou incrustação no sistemas de distribuição. O pH também de fundamental importância no controle da desinfecção da água, pois a cloração perde eficiência quando o pH é elevado (PÁDUA, 2006).

No Brasil a Portaria N º 518/2004 estabelece que o pH da água no sistema de distribuição seja mantido entre 6,0 e 9,5.

### **3.6.2 Bactérias Heterotróficas**

As bactérias heterotróficas são aquelas que requerem um composto orgânico como fonte de carbono para o crescimento. A determinação de sua densidade pode ser utilizada como avaliação do teor total de bactérias presentes na água (CETESB, 2004).

Segundo Bastos *et. al.* (2003) a contagem de bactérias heterotróficas ajuda na avaliação da eficiência do tratamento e, no sistema de distribuição, auxilia na integridade e na existência de pontos de estagnação.

As bactérias heterotróficas não são consideradas patogênicas mais a sua determinação é útil para avaliar as condições higiênicas nos sistemas de distribuição de água para consumo humano, uma vez que, são responsáveis pela formação de biofilmes nas redes de distribuição de água, e, 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.

A Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece que deve ser feita uma análise de bactérias heterotróficas em 20% das amostras mensais de água tratada, no sistema de distribuição, e a contagem não deve exceder 500 UFC/ml.

### **3.7 Análise de Risco da água utilizada em hospitais**

De acordo com Brasil (2006), risco é definido como uma característica de uma situação ou ação em que dois ou mais efeitos são possíveis, mas que o efeito particular que ocorrerá é incerto e pelo menos uma das possibilidades é indesejável. Devem ser enfatizados, na definição de risco, os termos incerto e indesejável. Nesse conceito, um abastecimento de água pode conduzir a diferentes e incertos efeitos sobre a saúde do usuário da água, alguns deles benéficos e outros nocivos, logo indesejáveis. Dessa forma, as boas práticas buscam exatamente minimizar a probabilidade de ocorrência dos efeitos indesejáveis, para a saúde humana, do abastecimento de água

É importante ainda distinguir o termo risco do termo perigo, muito utilizado em estudos de avaliação de risco. Enquanto risco está associado à probabilidade de ocorrência de

um efeito, perigo é uma característica intrínseca de uma substância ou de uma situação. Por exemplo, uma água para consumo humano que contenha agentes patogênicos seria um perigo, enquanto seu fornecimento à população traz um risco, que pode ser quantificado e expresso em termos de probabilidade (ibidem).

Segundo Fontanive (2005), análise de riscos é o estudo detalhado de um objeto, com a finalidade de identificar perigos e avaliar os riscos ou danos que possam causar ações indesejadas. Portanto, a análise de risco serve tanto como ferramenta para avaliar os riscos existentes, bem como ajudar na decisão de escolha entre diferentes alternativas para redução dos riscos.

Sistemas de água potável são vulneráveis e sujeitos a uma ampla gama de riscos. Para evitar a sub-otimização das opções de redução de riscos nos sistemas de água potável, as análises de risco, devem estar presentes em todas as etapas do sistema desde o manancial até o consumidor, incluindo desta forma, todo o sistema de água potável.

O risco mais comum e disseminado para a saúde humana, associado ao consumo de água origina-se da presença de microrganismos que podem causar inúmeras doenças. A dose infectante de cada patógeno varia relativamente ao tipo de organismos e à suscetibilidade do indivíduo exposto. No entanto, deve ser ressaltado que a população mais susceptível a contrair doenças de veiculação hídrica são crianças, pessoas que estão debilitadas ou vivendo sob condições de falta de saneamento, portadores de síndrome da imunodeficiência adquirida, os doentes e pessoas de idade avançada (PÁDUA, 2006). Conclui-se, portanto, que para a promoção da saúde pública é de fundamental importância o gerenciamento de medidas para análise de risco.

### **3.8 Manutenção da qualidade da água**

A água destinada ao consumo humano deve atender aos padrões de potabilidade, estabelecidos atualmente pela Portaria Nº 518/2004 (MS) onde são determinados padrões aceitáveis para os parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos que não ofereça riscos à saúde.

A preservação da qualidade das águas é uma necessidade universal que exige séria atenção por parte das autoridades sanitárias, sendo indispensável à realização de exames bacteriológicos rotineiros, para a avaliação da qualidade da água a ser consumida (PERGORARO 2006).

O tratamento da água, propriamente dito, não garante a manutenção da condição de potabilidade, uma vez que a qualidade da água pode se deteriorar entre o tratamento, a distribuição, a reservação e o consumo. Mesmo após um tratamento eficiente, a água está freqüentemente, sujeita a contaminações quando é armazenada em reservatórios domiciliares (cisternas e caixa de água), (BASTOS, 2003).

A intermitência do fornecimento de água em sistemas públicos de abastecimento do País, conduziu a população brasileira a criar o hábito de utilizar reservatórios domésticos para armazenar água e utilizá-la quando o fornecimento é interrompido. Por outro lado, em algumas soluções alternativas ou individuais de abastecimento de água, a reservação é imprescindível. Em todos os casos, os reservatórios precisam ser mantidos tampados e serem limpos periodicamente, pois, do contrário, eles serão pontos de contaminação da água (PÁDUA et. al., 2006).

É necessário ter a segurança de que a qualidade de água que passa pelo hidrômetro é a mesma que é consumida nos vários pontos da instalação predial. Quando armazenada em reservatórios domiciliares sem as devidas condições de higiene a água utilizada pela população passa a infringir os padrões de potabilidade. Para a devida manutenção da qualidade da água distribuída é necessário um sistema de operação eficiente com profissionais treinados e especializados, que garantam a potabilidade da água em toda a rede de distribuição, entretanto, a maioria das residências e prédios são desprovidos de programas de manutenção em seus sistemas de abastecimento comprometendo desta forma, a qualidade da utilizada pelo consumidor.

Embora em muitos locais haja o conhecimento da importância das ações de saneamento no sistema de armazenagem e distribuição de água, muitas vezes não se sabe como devem ser realizadas, nem a periodicidade de tais procedimentos. Essas deficiências encontradas são decorrentes, entre outras causas, pela falta de divulgação da importância do saneamento preventivo e de regulamento sobre o uso e manutenção de reservatórios de água com definições e responsabilidades, uma regulamentação poderia suprir a deficiência da ação da vigilância sanitária, que se justifica pelo baixo quadro de pessoal atuante e condições de

trabalho, em decorrência da demanda de irregularidades ainda hoje existente nas questões de saneamento em todas as localidades do país.

### **3.9 Plano de manutenção para qualidade da água**

A questão da potabilidade da água consumida pelos diferentes grupos populacionais é de importância fundamental para prevenção das doenças de veiculação hídrica. A concessionária de água é a responsável por manter a qualidade da água e sua potabilidade até o domicílio do consumidor. Neste trajeto, o produto pode ser afetado em suas características, seja física, química e biológica, devido à idade do sistema de distribuição, às atividades de manutenção nas redes, ramais prediais, além das condições físicas e sanitárias dos reservatórios.

A ausência de planejamento e manutenção periódica nas unidades de reservação coloca em risco a qualidade do produto fornecido à população, pois ocorre o acúmulo de material particulado nestas unidades e conseqüentemente, redução de cloro residual e aumento da possibilidade do desenvolvimento bacteriano.

Em edificações mais complexas, como é o caso de hospitais, a operação e manutenção dos sistemas prediais de água assumem grande importância, pois freqüentemente as instalações são de grande porte, com vários pontos de consumo e serviços que não podem ser interrompidos para a realização de reparos quando da ocorrência de problemas (SALERMO, 2005). Assim, torna-se necessário um eficiente sistema de gestão da manutenção no sistema através de medidas preventivas, procurando, desta forma, minimizar possíveis problemas de intermitência no abastecimento.

Uma solução interessante para a devida manutenção da qualidade da água para consumo humano seria a criação de um plano de manutenção e reservação, com objetivo de identificar e avaliar os riscos existentes no sistema de distribuição predial e minimizar a ação destes riscos para a população usuária da água. O plano de manutenção da água (PMA) seria uma escala reduzida do plano de segurança da água, pois o mesmo sugere o acompanhamento da qualidade da água no sistema de abastecimento predial.

Baseado nestes critérios o plano de manutenção da qualidade da água possui como principal objetivo a manutenção da qualidade da água dentro do sistema de instalação predial, através de medidas de ações preventivas e corretivas procurando minimizar possíveis falhas no sistema de abastecimento predial e garantindo desta forma a confiabilidade da água utilizada.

Assim, tanto no PSA como no PMA também seria interessante a criação de um quadro de referência para o estabelecimento da manutenção da qualidade da água. A Figura 3.5 ilustra esse quadro.

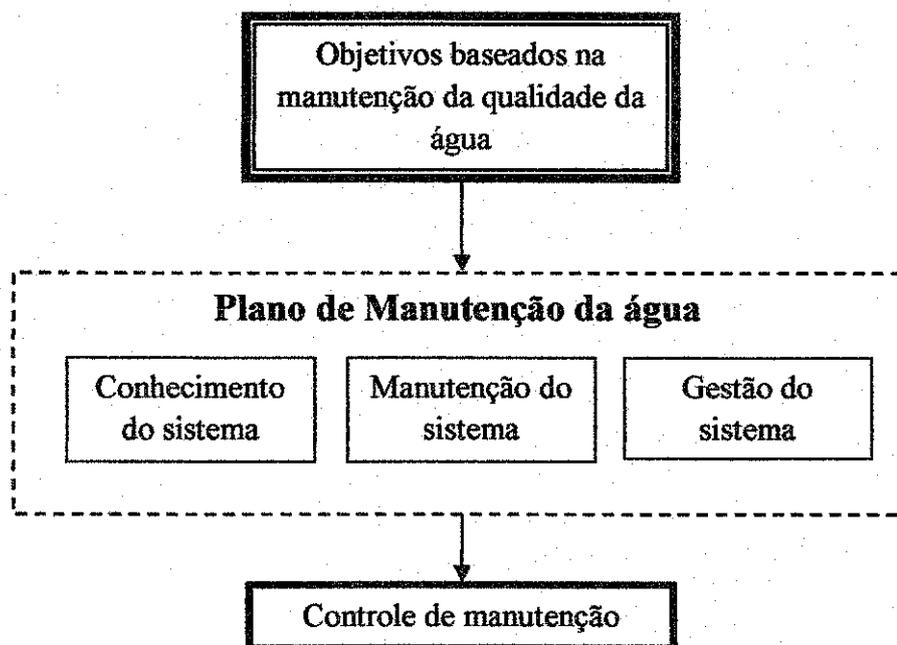


Figura 3.5 – Fluxograma de referência para o estabelecimento da manutenção da qualidade da água.

Para a efetiva garantia dos objetivos baseados na manutenção da água três etapas se tornam fundamentais. São elas:

- Conhecimento do sistema → é necessário para criação de um plano de manutenção da qualidade da água o devido conhecimento do sistema em estudo, através dos projetos de instalações prediais.
- Manutenção do sistema → tendo o devido conhecimento do sistema de abastecimento verificar quais são as prováveis fontes que poderão afetar a qualidade da água no sistema predial. Por exemplo: vazamentos e focos de contaminação na tubulação, formação de biofilme nos reservatórios de armazenamento.

- **Gestão do sistema** → visa em conjunto com as outras duas etapas uma minimização dos riscos de contaminação. Por exemplo: programar uma lavagem periódica dos reservatórios de armazenamento, fazer uma avaliação física, química e microbiológica de todos os parâmetros que assegurem a qualidade de potabilidade de acordo com a Portaria Nº 518/2004 (MS); verificar quando necessário a utilização de pré-cloradores nos reservatórios de armazenamento.

No entanto, para o devido funcionamento do plano de manutenção da qualidade da água tornar-se necessário a criação de uma comissão de controle que seja responsável pelo entrosamento entre todas as etapas do plano de manutenção da água, garantindo desta forma o sucesso de todo o processo.

## 4.0 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Descrição do Município

A pesquisa foi realizada na cidade de Campina Grande - PB, que possui coordenadas geográficas  $7^{\circ}13'50''$  Sul e  $35^{\circ}52'52''$  Oeste. A cidade está localizada, no estado da Paraíba, com uma área de aproximadamente  $621 \text{ km}^2$ , a uma altitude média de 552 m e a uma distância de 120 km da capital do estado, João Pessoa. De acordo com dados do IBGE (2008) possui uma população de aproximadamente 400.000 habitantes. A Figura 4.1 ilustra o mapa da cidade.

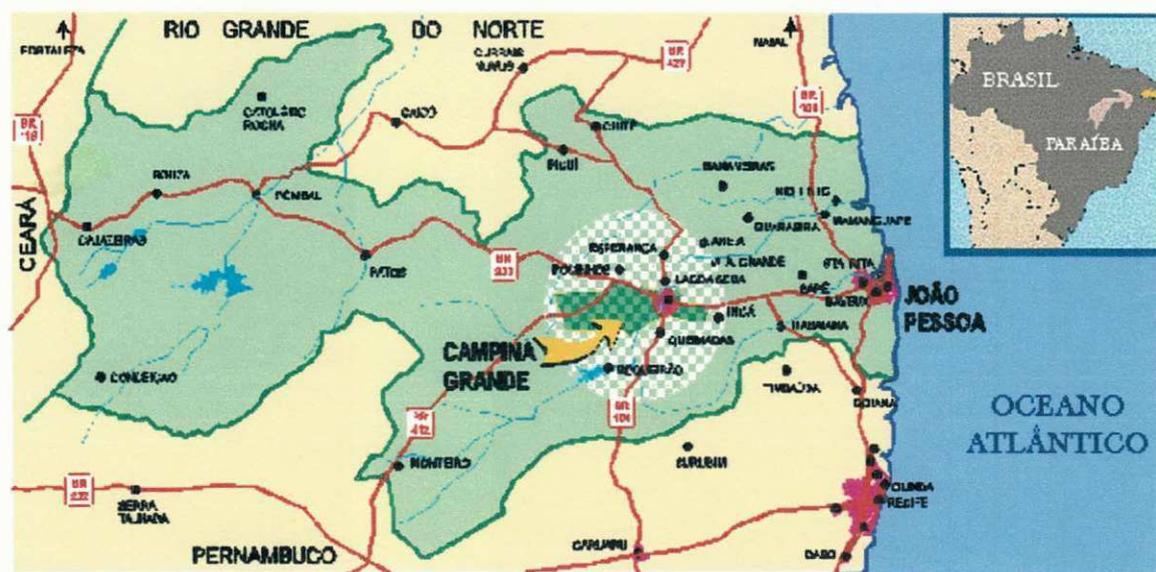


Figura 4.1 – Localização de Campina Grande no estado da Paraíba

Fonte: [www.helderarocha.com.br](http://www.helderarocha.com.br)

### 4.2 Sistema de Abastecimento da cidade de Campina Grande - PB

O manancial de água que abastece Campina Grande é o Açude Epitácio Pessoa, localizado no município de Boqueirão, distando 44 km de Campina Grande. Em seu projeto original a capacidade de acumulação do reservatório foi estimada em  $536.000.000 \text{ m}^3$ , mas,

atualmente, em virtude do assoreamento, a capacidade máxima está reduzida a 411.686.287 m<sup>3</sup>, sendo sua disponibilidade de captação máxima de 1.500 L/s. A CAGEPA (Companhia de Água e Esgotos da Paraíba), empresa prestadora do serviço de abastecimento público de água, faz a captação da água bruta no reservatório e, através de um sistema de adutoras, transporta a água até a Estação de Tratamento de Gravatá, situada a 30 km do Açude, onde a água recebe tratamento convencional para sua potabilização e posterior distribuição às populações consumidoras.

A água bruta, captada no reservatório Eptácio Pessoa, é recalçada até a Estação de Tratamento de Gravatá, através de duas adutoras de 900 e 800 mm de diâmetro. Da estação de tratamento, com capacidade de reservação de 41.420 m<sup>3</sup> de água tratada, a água é aduzida á cidade de Campina Grande através tubulações de aço de 500, 700 e 800 mm de diâmetro, sendo a rede de distribuição constituída por 540 km de canalizações com diâmetros variando de 50 a 1000 mm (PMCG, 2003 *apud* GUEDES, 2009).

Da ETA de Gravatá a água chega ao reservatório semi-enterrado R-9, com capacidade de acumulação de 26.000 m<sup>3</sup>, que corresponde a cerca de um terço do volume médio (78.000 m<sup>3</sup>) de água produzida diariamente pela ETA. A partir desse reservatório saem canalizações que abastecem outros 29 reservatórios espalhados por toda a área abastecida, em pontos estratégicos, para atender toda a cidade e distritos, garantindo ao sistema de abastecimento uma reserva de 60.000 m<sup>3</sup> de água.

Um dos destinos da água que sai dos reservatórios (R-9 e R-5) é o abastecimento do Hospital Universitário Alcides Carneiro, situado na cidade de Campina Grande-PB. Levando em consideração a sua importância para a sociedade e, conseqüentemente, para a cidade, devido o número de pessoas que procuram o hospital necessitando de uma melhor promoção da saúde pública, foi escolhido, o referido hospital, para o estudo da qualidade da água que está sendo consumida pelos pacientes e também por profissionais que ali trabalham.

### **4.3 Hospital Universitário Alcides Carneiro**

O Hospital Universitário Alcides Carneiro (HUAC) foi inaugurado em 20 de dezembro de 1950, como Hospital Regional Alcides Carneiro, para prestar assistência médica

a funcionários públicos federais do extinto Instituto de Previdência Social. A partir de 1998, com a extinção do INAMPS (Instituto Nacional de Assistência Médica da Previdência Social), o patrimônio físico e os recursos humanos do hospital foram cedidos à, então, Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Atualmente, ele faz parte da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

O Hospital possui atualmente um número mensal de aproximadamente 85 mil atendimentos nas mais diversas especialidades e 40 mil procedimentos ambulatoriais; conta com um número de 175 leitos para o atendimento e internamento de pacientes do Sistema Único de Saúde (SUS), e ainda fornece um número de cinco refeições diárias para pacientes, acompanhantes e funcionários totalizando uma média de 42 mil refeições por mês. A Tabela 4.1 apresenta a distribuição de leitos do Hospital Universitário Alcides Carneiro.

**Tabela 4.1 – Distribuição do número de leitos do HUAC.**

Setores gerais	Setores internos	Número de leitos
Clínica Cirúrgica	Ala – A	29
Clínica Médica	Ala – B – Pneumonia	10
Clínica Médica	Ala C e D – Clínica médica	42
Clínica Médica	Ala – E- Infectologia	13
Clínica Médica	Hospital - Dia	6
Clínica Pediátrica	Pediatria	43
Terapia Intensiva	UTI Adulto	10
Terapia Intensiva	UTI Infantil	5
Terapia Intensiva	UTI neonatal	4
Pronto Atendimento	Pronto atendimento adulto	8
Pronto Atendimento	Pronto atendimento infantil	5
Total de leitos		175

**Fonte:** Comissão de Controle de Infecção Hospitalar do Hospital Universitário Alcides Carneiro – CCIH.

#### 4.4 Sistemas de Abastecimento do HUAC

Para o abastecimento contínuo de água o hospital possui quatro sistemas de abastecimento, a Tabela 4.2, apresenta esses sistemas.

**Tabela 4.2 – Sistemas de abastecimento do HUAC**

<b>SISTEMA 1</b>	Composto por três pontos. O ponto Tomada 1, é o ponto do sistema de abastecimento público que, neste caso, vem do reservatório R-9 da companhia de abastecimento de água. O ponto Cisterna 1, corresponde a um reservatório enterrado do hospital, e o ponto Reservatório 1 é um reservatório elevado do hospital.	Tomada 1 Cisterna 1 Reservatório 1
<b>SISTEMA 2</b>	Composto por três pontos. O ponto Tomada 2, recebe água do reservatório R-5 da companhia de abastecimento de água. O ponto Cisterna 2, é um reservatório enterrado do hospital, e o ponto Reservatório 2, é um reservatório elevado do hospital.	Tomada 2 Cisterna 2 Reservatório 2
<b>SISTEMA 3</b>	Composto por três pontos. O ponto Tomada 2 que é mesmo do Sistema 2, o ponto Cisterna 3, reservatório apoiado existente no hospital, e o ponto Reservatório 3, reservatório elevado do hospital.	Tomada 2 Cisterna 3 Reservatório 3
<b>SISTEMA 4</b>	Composto por três pontos. O ponto Tomada 2, o ponto Cisterna 3, mesmo ponto utilizado no Sistema 3 e o ponto Reservatório 4, que é mais um reservatório elevado do hospital.	Tomada 2 Cisterna 3 Reservatório 4

O sistema de abastecimento 1 opera da seguinte forma: inicialmente a água fornecida pelo companhia de abastecimento público (Tomada 1) entra diretamente por um ramal nas cisternas (Cisterna 1); em seguida, ocorre o bombeamento da mesma para os reservatórios elevados (Reservatório 1), através do qual ocorre o abastecimento para uma parte do hospital. Tanto o reservatório quanto a cisterna possui sistema de bóias para o controle de entrada e saída de água de acordo com a demanda, garantindo, desta forma, o contínuo abastecimento do hospital.

Os sistemas de abastecimento 2, 3 e 4 operam da mesma forma que o sistemas 1, no entanto, esses sistemas são abastecidos pelo ponto (Tomada 2) da companhia de abastecimento público. O ponto cisterna 3 abastece os reservatórios 3 e 4.

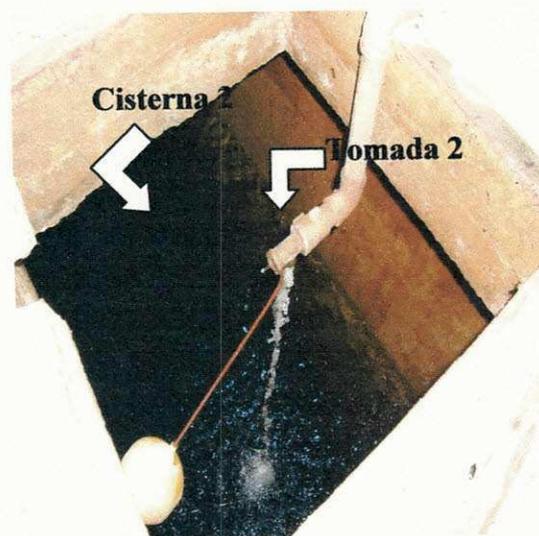
A Figura 4.2 mostra a distância em linha reta dos reservatórios (R-9 e R-5) em relação ao Hospital. A Figura 4.3, mostra os pontos de coleta Tomada 1 e 2, e Cisterna 1 e 2.



**Figura 4.2** – Distância em linha reta dos reservatórios (R-9 e R-5) em relação ao (HUAC).



(a)



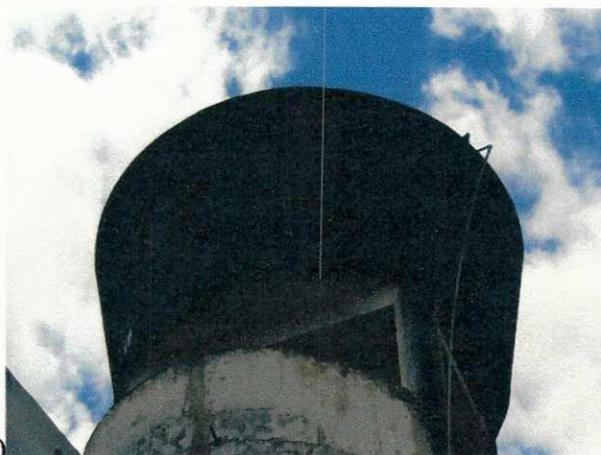
(b)

**Figura 4.3** – Pontos (a) -Tomada 1 e Cisterna 1 do Sistema 1 e (b) Tomada 2 e Cisterna 2 do Sistema 2.

As Figuras 4.4 e 4.5 ilustram os reservatórios elevados do HUAC.



(a)



(b)

**Figura 4.4** – Reservatório elevado 1 (a) e Reservatório elevado 2 (b).



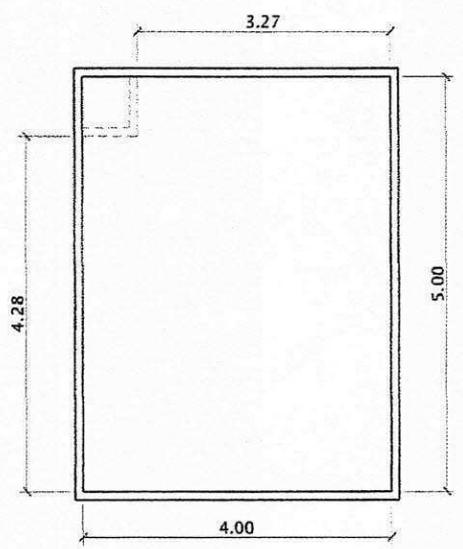
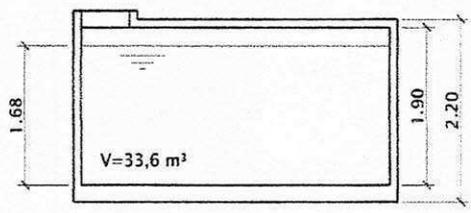
(a)



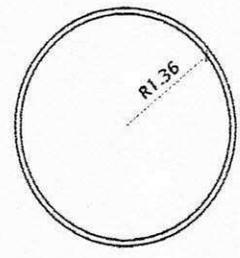
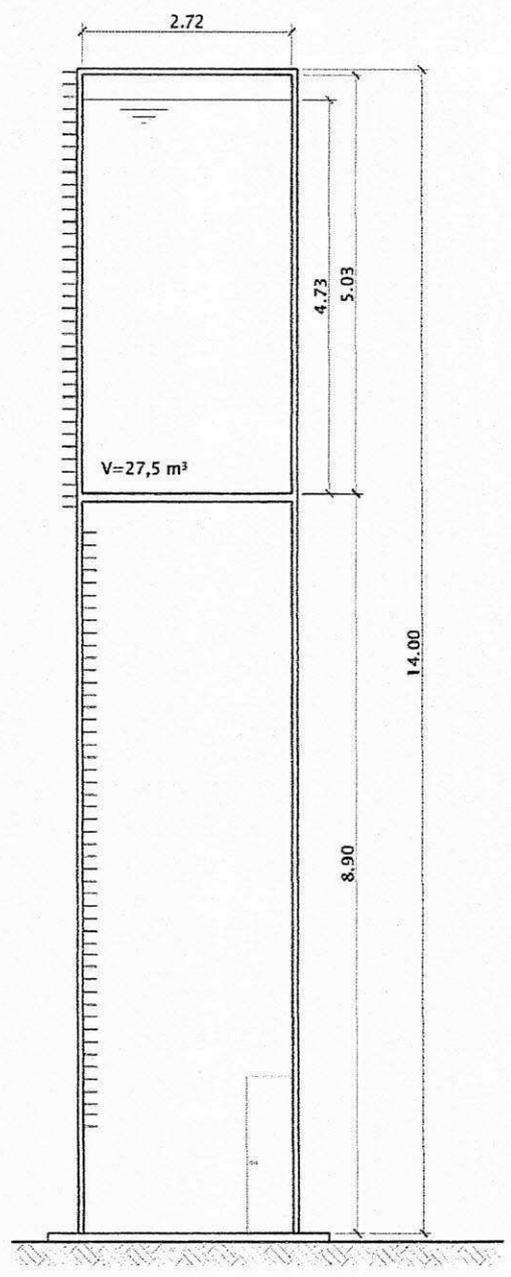
(b)

**Figura 4.5** – Reservatório elevado 3 (a) e Reservatório elevado 4 (b).

As dimensões e a capacidade de cada cisterna e reservatório foram obtidas através de medições com auxílio de uma trena eletrônica IMPAC modelo IP - 018. As Figuras 4.6 a 4.9 mostram as dimensões e a capacidade de cada reservatório.



**CISTERNA 01**  
ESCALA: 1/100



**CAIXA D'ÁGUA 01**  
ESCALA: 1/100

**Figura 4.6 – Cisterna 1 e Reservatório 01 do HUAC.**

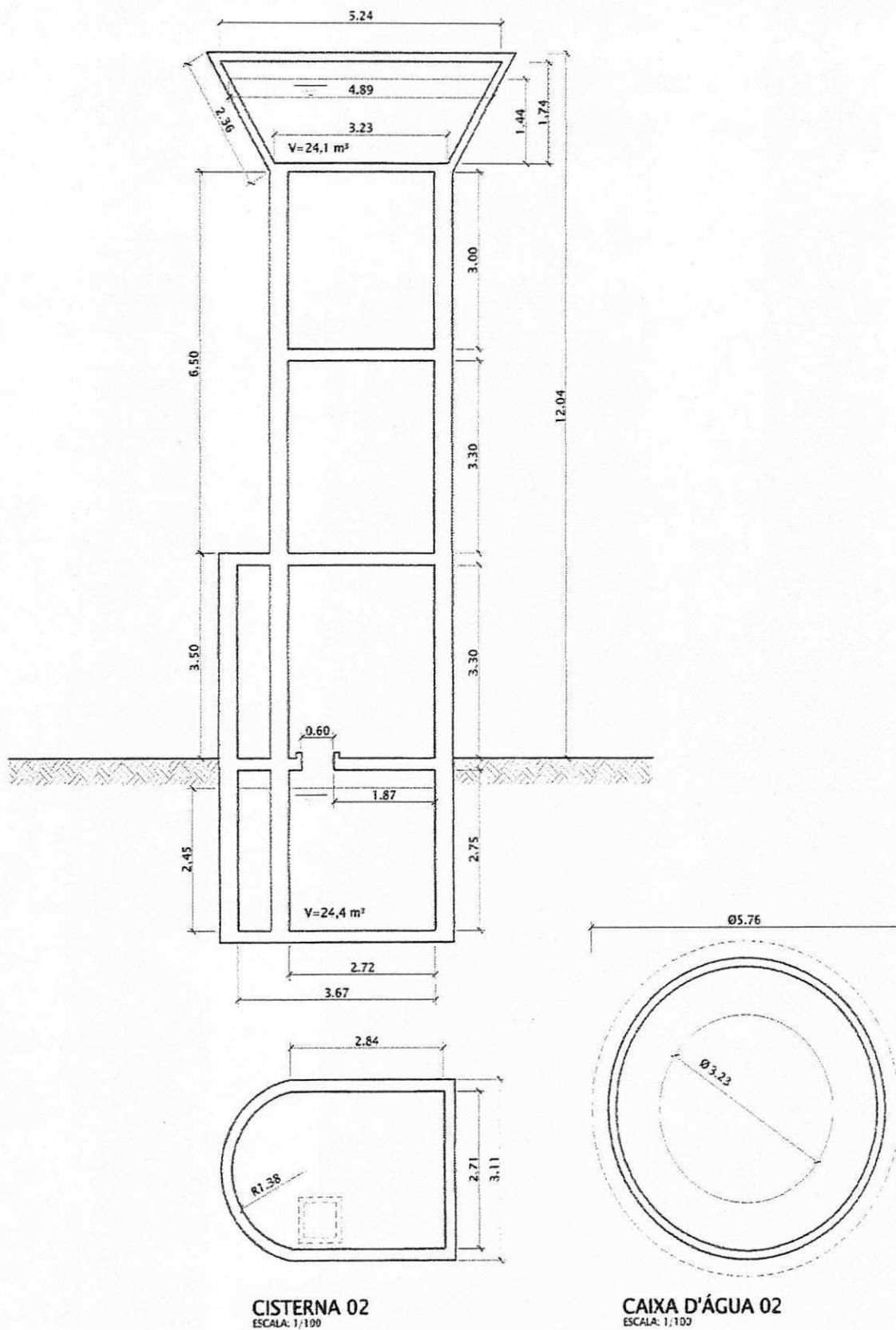
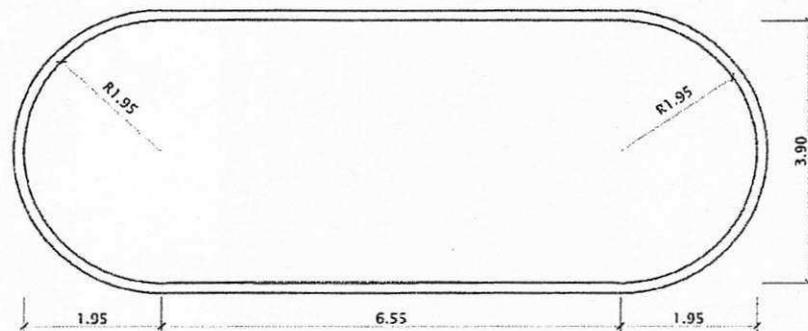
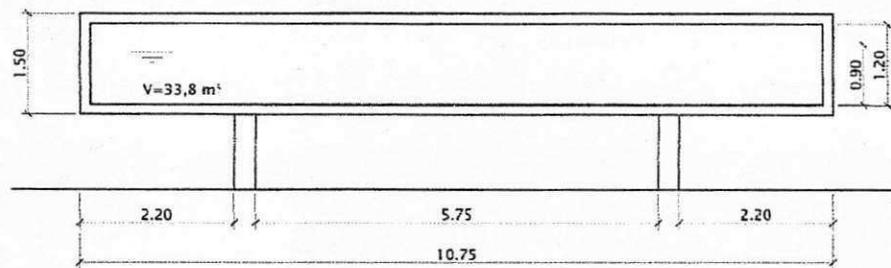
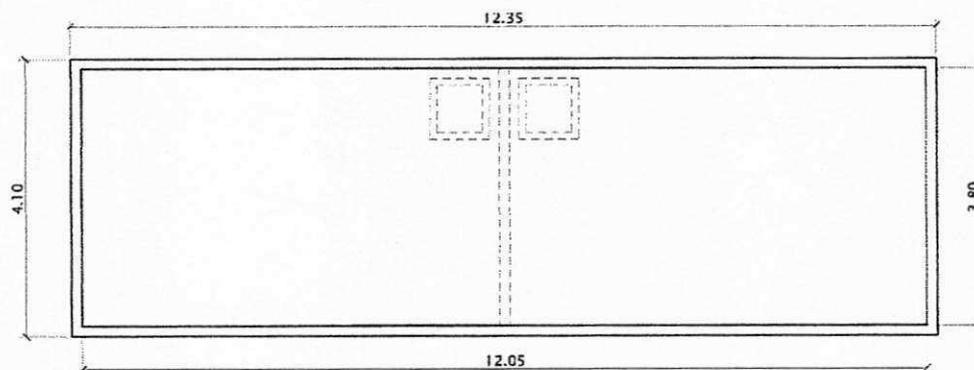
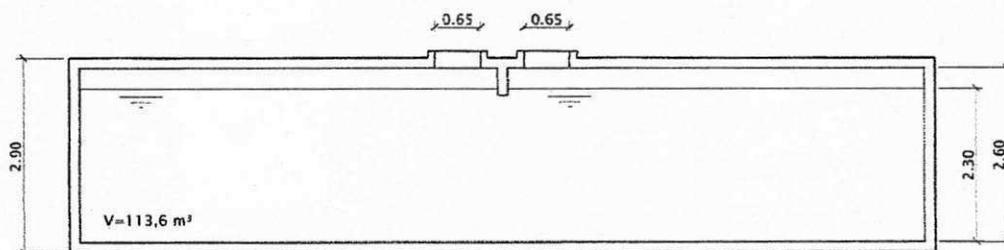


Figura 4.7 – Cisterna 2 e reservatório 2 do HUAC.

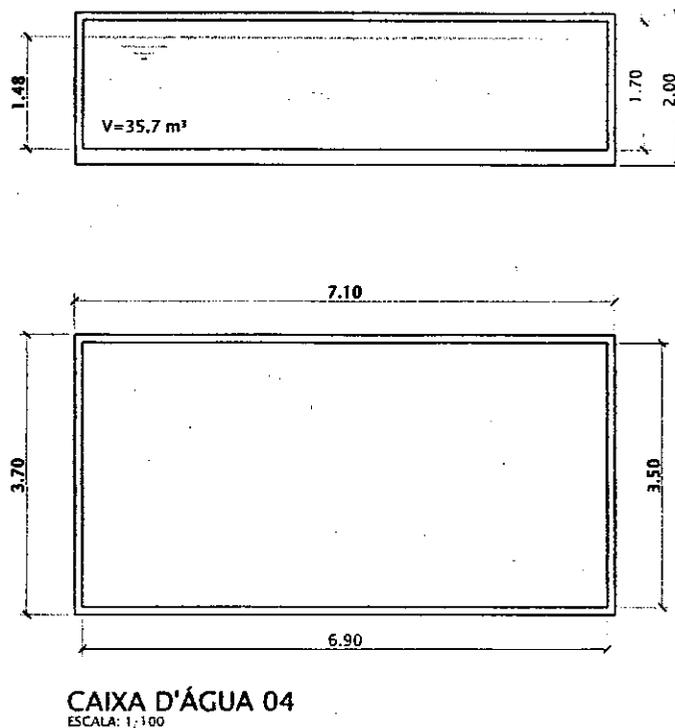


CAIXA D'ÁGUA 03  
ESCALA: 1/100



CISTERNA 03  
ESCALA: 1/100

Figura 4.8 – Cisterna 3 e Reservatório 3 do HUAC.



**Figura 4.9** – Reservatório 4 do HUAC.

#### 4.5 Pontos de Coleta

Para a realização das coletas foram determinados pontos que representassem o sistema de abastecimento de forma satisfatória e não interferissem a rotina do hospital. Os pontos de coleta estão descritos na Tabela 4.3.

**Tabela 4.3** – Pontos de coleta

<b>Abastecimento</b>	<b>Cisternas</b>	<b>Reservatórios</b>	<b>Pontos Internos</b>
<b>Tomada 1</b>	Cisterna 1	Reservatório 1	Quimioterapia
<b>Tomada 2</b>	Cisterna 2	Reservatório 2	Emergência
<b>Tomada 2</b>	Cisterna 3	Reservatório 3	Banco de Sangue
<b>Tomada 2</b>	Cisterna 3	Reservatório 4	Cozinha

#### 4.6 Variáveis analisadas

As variáveis analisadas neste trabalho foram temperatura (T), pH, turbidez, cloro residual livre (CRL), cloro residual combinado (CRC) e bactérias heterotróficas.

A monitoração da qualidade da água é um dos instrumentos da verificação de sua potabilidade e avaliação do risco que o sistema de abastecimento representa para a saúde humana. Neste sentido a vigilância da qualidade da água, que é exercida pela autoridade de saúde pública, vem complementar as ações de controle da qualidade da água para consumo humano que é baseado no atendimento a parâmetros microbiológicos, físicos e químicos, sendo exercido de forma contínua pelo(s) responsável(is) pela operação do sistema e destinado a verificar se a água fornecida à população é potável.

As amostras foram coletas semanalmente durante o período de 1º de Junho a 23 de Dezembro de 2009, com horário de início das coletas 7h 30 min da manhã, totalizando 30 amostras de cloro residual livre, cloro residual combinado, turbidez, temperatura e pH de cada ponto de monitoração. Para a variável bactérias heterotróficas foram coletas e analisadas 8 amostras de cada ponto, com exceção dos pontos (Cisterna 1 e Cisterna 2) que, devido a grande profundidade desses reservatórios, não foi possível fazer a coleta da amostra.

#### 4.7 Coleta e preservação das amostras

As análises físico-químicas (temperatura, pH, turbidez, CRL, CRC) foram realizadas *in loco*. Com o auxílio de uma garrafa plástica de 2L coberta com uma capa preta para evitar a incidência direta de luz solar sobre a água coletada, as amostras foram coletadas através de torneiras existentes nos pontos definidos, as quais eram abertas, deixando-se escoar a água inicialmente parada na tubulação, por aproximadamente 2 a 3 minutos, para, então, efetuar a coleta. A Figura 4.10 ilustra o laboratório, de fato uma bancada, montado para as análises físico-químicas realizadas *in loco*.

Em virtude da profundidade das cisternas 1 e 2 foi necessária a construção de um suporte para a realização das coletas de amostra. O suporte, construído em alumínio, era constituído por uma haste de 1,50 m e braçadeiras com 11 cm de diâmetro.



**Figura 4.10** - Laboratório montado *in loco* para as coletas e análises físico-químicas.

Para realização das análises microbiológicas foi necessária a utilização de garrafas de plástico, com boca larga e capacidade de 250 ml, nas quais previamente eram adicionadas 4 gotas de tiosulfato de sódio a 10%, tendo como função inibir a ação do cloro; em seguida, com gargalo protegido com papel laminado, as mesmas eram esterilizadas na autoclave, à temperatura de 121°C e pressão de 1 kg/cm<sup>2</sup>, por um tempo de 15 minutos. A Figura 4.11 mostra as garrafas usadas nas coletas para análises microbiológicas.



**Figura 4.11** – Garrafas para coleta microbiológica.

Depois de todos os procedimentos de esterilização necessários para as garrafas, as mesmas eram levadas para o local da coleta onde ocorria a esterilização da torneira, com álcool a 70%, e, em seguida, era procedida a descarga da água parada na tubulação, por uns 2 a 3 minutos. Então as amostras coletadas eram conservadas num recipiente térmico, com gelo, e levadas para o Laboratório de Análise de Água da Universidade Federal de Campina Grande

(UFCG) onde eram realizados os procedimentos restantes e a conclusão da análise. Devido à profundidade e ao difícil acesso não foi possível realizar a coleta para análises microbiológicas nas cisternas 1 e 2.

#### **4.8 Métodos Analíticos**

As metodologias utilizadas na pesquisa seguiram o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, WPCF, 1999).

##### **4.8.1 Cloro residual (CRL e CRC)**

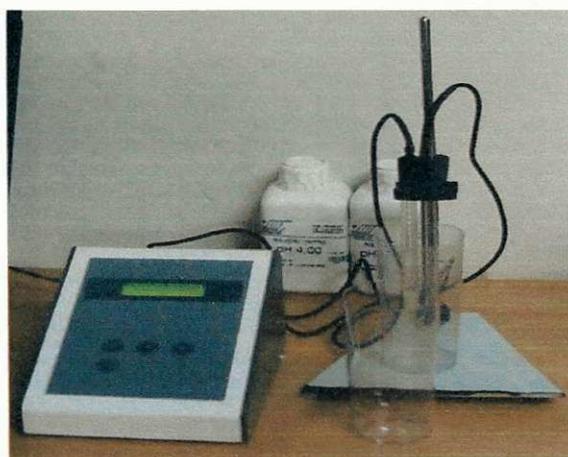
Para a determinação do cloro residual foi utilizado o método titulométrico DPD - SFA. Neste método as espécies de cloro residual são determinadas por titulação com sulfato ferroso amoniacal (SFA) usando oxalato ou sulfato de N, N - dietil - p - fenilenediamina (DPD) como indicador. O cloro livre reage instantaneamente com DPD, na ausência de íons iodeto, com produção de coloração vermelha. À mistura remanescente do teste de CRL é adicionada, primeiramente, uma pequena porção de cristais de iodeto de potássio (KI), seguida de titulação com solução padrão de sulfato ferroso amoniacal, para a determinação de monocloramina. Em seguida, é adicionada uma porção maior de cristais de KI e procedida a titulação com solução padrão de sulfato ferroso amoniacal para a determinação de dicloramina. Tricloramina é determinada por titulação com solução padrão de SFA na presença de DPD e KI, numa alíquota de amostra tomada à parte. A tricloramina ou tricloreto de nitrogênio ( $NCl_3$ ) é incluída parte como cloro livre e parte como dicloramina, sendo que a fração incluída como cloro livre pode ser estimada através de um procedimento suplementar que consiste na adição do íon iodeto antes do DPD. O cloro livre pode ser imobilizado com glicina (ácido aminoacético) permitindo a determinação de frações interferentes de bromo e iodo, sendo este valor usado para subtrair do resultado de uma prova na qual o cloro livre não tenha sido imobilizado.

#### **4.8.2 Turbidez**

A turbidez foi determinada pelo método nefelométrico com a utilização de um turbidímetro portátil, provido de lâmpada de tungstênio, calibrado com soluções padrões de turbidez.

#### **4.8.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)**

O pH foi determinado pelo método potenciométrico, com o auxílio de um pH-metro portátil (Figura 4.12), calibrado com soluções tampões padrões.



**Figura 4.12** – pH metro portátil.

#### **4.8.4 Temperatura**

A temperatura foi medida com o auxílio de um termômetro de filamento de mercúrio, escala de 0 a 50°C.

#### **4.8.5 Bactérias Heterotróficas**

Para determinação das bactérias heterotróficas foi utilizado o método de plaqueamento em profundidade ("Pour Plate"), utilizando meio PCA (Plate Count Agar) e os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônia por mililitro (UFC/mL). As análises foram realizadas em duplicata.

#### **Preparação do Meio de Cultura**

Pesar o meio de cultura e fazer a diluição com água dessalinizada no béquer de vidro, mexendo com bastão de vidro até a dispersão total do meio de cultura; em seguida colocar o meio diluído num frasco erlenmeyer devidamente tampado e levar ao fogo, agitando o frasco sempre que necessário. Quando o meio estiver totalmente dissolvido distribuir 10 ml em cada tubo de ensaio e levá-los para a autoclave por 15 minutos. Depois de frio conservar na geladeira.

#### **Água de diluição**

Para a preparação da água de diluição foi realizado o seguinte procedimento:

- *Preparação da solução 1:* dissolver 34 gramas de fosfato de potássio monobásico ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) em 500 ml de água dessalinizada e, em seguida, completar o volume para 1 litro com água dessalinizada. Verificar o pH da solução e, caso esteja ácido, neutralizá-lo com solução de hidróxido de sódio 1N.
- *Preparação da solução 2:* dissolver 81,1 gramas de cloreto de magnésio hexahidratado ( $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) e completar para 1 litro com água dessalinizada.
- *Preparação da água de diluição:* adicionar 1,25ml da solução 1 e 5 ml da solução 2 e completar o volume para um litro com água dessalinizada. Depois, colocar 9ml da água de diluição em cada tubo de ensaio leva-se para a autoclave por 15 minutos. Depois de frio conservar em geladeira. A Figura 4.10 apresenta os tubos de ensaio com o meio de cultura e água de diluição.

### Procedimentos da análise

Colocar os tubos de ensaio, contendo meio de cultura devidamente esterilizado, em banho-maria, no fogão, com o auxílio de uma tela de amianto e, quando o meio apresentar-se totalmente dissolvido, colocar os tubos no aparelho de banho-maria para estabilizar sua temperatura em 45° C. A Figura 4.13, apresenta os meios de cultura no aparelho de banho maria.

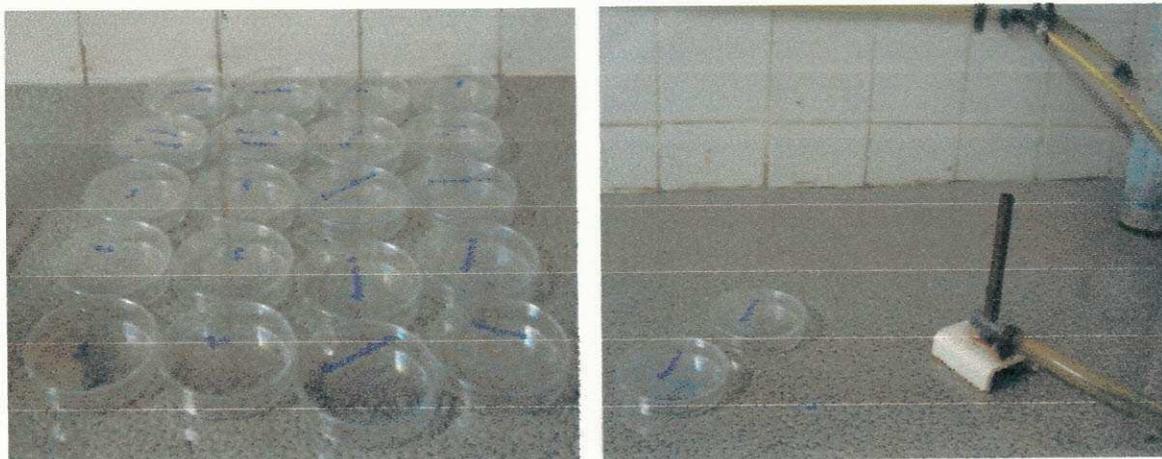


Figura 4.13 – Meio de cultura em Banho Maria.

A diluição das amostras ocorre com a colocação de 1 ml da amostra no tubo de 9ml da água de diluição. É importante que todo o procedimento ocorra próximo ao bico de Bunsen garantindo, dessa forma, o máximo possível de assepsia.

Com os tubos de diluição e as placas (Figura 4.14) devidamente marcados e nomeados, com o auxílio do bico de Bunsen para esterilização das pipetas colocar 1 ml da amostra diluída em cada placa abrindo a placa o mínimo possível e o mais próximo da chama oxidante e, em seguida, verter 10 ml do meio em cada placa, com homogeneização com movimentos uniformes em forma de  $\infty$ . Esperar esfriar e, então, inverter a placa, evitando, desta forma a condensação da umidade na parte superior da placa.

Levar as placas para a estufa incubadora a uma temperatura de aproximadamente  $35 \pm 0,5$  °C, onde permanecem por 48 horas. Efetuar, então, a leitura das placas com o auxílio do contador de colônias. A Figura 4.15 mostras as placas na estufa e a leitura das placas no contador de colônias.



**Figura 4.14** – Placas nomeadas e próximas ao bico de Bunsen.



**Figura 4.15** – Placas na estufas e leituras das placas com auxílio do contador de colônias

#### 4.9 Análises Estatísticas

Inicialmente o conjunto de dados amostrais foi submetido à análise estatística descritiva onde foram estimadas as medidas de tendência central, de dispersão e de forma. A medida de tendência central determinada foi a média, as medidas de dispersão foram amplitude (valor máximo e valor mínimo), desvio padrão e variância e as medidas de forma foram curtose e assimetria.

Para dar informação do todo, com base no conhecimento da amostra, foram aplicados métodos estatísticos de inferência. Em todos os testes empregados nas análises estatísticas, foi sempre considerado o nível de significância  $\alpha = 0,05$ . Como método estatístico de inferência foi aplicado a análise de variância (ANOVA) que permite testar se duas ou mais médias amostrais são ou não oriundas de populações com a mesma média paramétrica, com base na existência de diferença significativa entre elas. Este é um método paramétrico se baseia em uma população com parâmetros específicos, tais como a média  $\mu$ , o desvio padrão  $\sigma$  ou a probabilidade  $p$ . Para a aplicação da ANOVA foram observados os pressupostos básicos (aleatoriedade, independência, normalidade e homogeneidade).

O método não paramétrico de Kolmogorov-Smirnov (KS) foi empregado na verificação da normalidade dos dados, cuja estatística é baseada na maior diferença entre a distribuição de frequência observada (dos dados) e a distribuição de frequência normal num determinado nível de significância. No entanto, para as variáveis estudadas que não demonstraram normalidade foram aplicadas sucessivas transformações para atingir a normalidade. O uso da transformação se fez necessário para induzir a normalidade, a aditividade e a homogeneidade das variâncias (SOKAL; ROHLF, 1995) na variável que, após a aplicação preliminar do teste de Kolmogorov-Smirnov, demonstrou não possuí-la.

Satisfeita a condição de normalidade foi realizada a análise de variância e, uma vez detectada a existência de diferenças significativas, surgiu a necessidade de serem identificadas as médias que diferiam dentro do conjunto. Para tanto, foi empregado o método GT-2 (modificado por Gabriel, 1978), que ilustra graficamente onde essas diferenças ocorreram. Este método apresenta a média e intervalos de comparação de um grupo de dados

a um nível de significância pré-determinado e considera duas médias significativamente diferentes quando não ocorre interseção entre seus limites.

Nos procedimentos supracitados foram utilizados os fundamentos teóricos descritos por SOKAL e ROHLF (1995), o programa SPSS 13.0 e a planilha EXCEL 2007.

## **5.0 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS**

Neste capítulo são apresentados os resultados referentes à monitoração das variáveis de qualidade da água indicadas no capítulo anterior, durante o período de junho a dezembro de 2009. As Tabelas 5.1 a 5.4 apresentam os tamanhos amostrais e os parâmetros estatísticos descritivos da tendência central e da dispersão estimados para os respectivos conjuntos amostrais dos treze pontos do sistema de distribuição de água do Hospital Universitário Alcides Carneiro. No decorrer deste trabalho, no entanto, serão enfatizados a média como parâmetro descritivo da tendência central e o desvio padrão como parâmetro descritivo da dispersão dos dados amostrais.

### **5.1 Indicadores Analisados**

#### ***5.1.1 Cloro Residual Livre***

Com exceção do ponto Tomada 1, que é um ponto de tomada da água do sistema público de distribuição de água e que abastece uma parte do sistema interno denominado de sistema 1, todos os pontos monitorados apresentaram um valor médio de cloro residual livre zero ou aproximadamente zero, refletindo a degradação da qualidade da água e conseqüentemente o consumo do agente desinfetante. A manutenção deficiente do sistema de abastecimento predial, incluindo canalizações, peças e conexões acessórias e dos dispositivos de acumulação de água, desempenha importante papel nesse processo de degradação o qual representa risco para os usuários do sistema. O ponto Tomada 2, que é o ponto de tomada de água do sistema público que abastece os sistemas prediais denominados 2, 3 e 4, também apresentou concentração média nula de cloro residual livre indicadora do estado de degradação da água em parte do sistema público de abastecimento. A comparação dos pontos Tomada 1 e Tomada 2 suscita uma questão óbvia: sendo pontos do mesmo sistema quais são as possíveis causas da diferença de qualidade nas águas que distribuem? – o aspecto

fundamental da manutenção do sistema, nas suas várias partes parece querer mostrar-se. Tanto as diferenças nas redes de distribuição, incluindo-se aí os aspectos dos materiais e do estado de conservação das canalizações, como as diferenças entre os reservatórios que abastecem diferentes áreas do sistema, especialmente com relação à sua limpeza, estado de conservação e dinâmica de renovação da água armazenada, podem agir na degradação ou na conservação da qualidade da água. A rede que abastece o ponto Tomada 1, responsável por 25% do abastecimento do Hospital Universitário Alcides Carneiro, é alimentada pelo reservatório R-9, principal reservatório do sistema de abastecimento de Campina Grande responsável pelo armazenamento de cerca de um terço da água distribuída diariamente e pela alimentação de quase outros 30 reservatórios, o que, em si, já indica uma dinâmica mais intensa de renovação da água. A rede que abastece o ponto Tomada 2, responsável por 75% do abastecimento do Hospital Universitário Alcides Carneiro, é alimentada pelo reservatório R-5, mais antigo e de área de influência mais restrita.

A análise do conjunto de dados permite perceber que o cloro residual nos sistemas de abastecimento predial de água do Hospital Universitário Alcides Carneiro é constituído, em sua maioria, pelo cloro residual combinado que tem um poder desinfetante muito menor que o cloro residual livre. De acordo com a USEPA (1999) o poder de desinfecção do cloro residual combinado é cerca de 200 vezes menor que o cloro residual livre. Dentre as frações de cloro residual combinado, a maior concentração observada foi da dicloramina, que possui um maior efeito bactericida do que a monocloramina. A tricloramina, por sua vez, não apresenta nenhum efeito desinfetante. As Figuras 5.1 a 5.4 ilustram o percentual de cada fração de cloro residual nos treze pontos de monitoração do sistema.

Tabela 5.1 – Parâmetros descritivos dos indicadores analisados no Sistema 1.

PONTO	PARÂMETRO	VARIÁVEL								
		CRL	MON	DI	TRI	T	pH	Turbidez	CRT	CRC
SISTEMA1	Nº DE DADOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	MÉDIA	2,51	1,34	0,61	2,70	25,2	7,27	1,78	7,18	4,67
	MEDIANA	2,30	0,93	0,50	1,91	25,2	7,22	1,14	5,72	3,43
	MODA	1,75	0,89	0,39	1,75	25,5	7,22	1,83	4,90	Amodal
	DESVIO PADRÃO	1,45	0,91	0,35	1,88	0,64	0,31	1,06	3,95	3,02
	COEF.VARIAÇÃO	0,58	0,68	0,57	0,70	0,03	0,04	0,60	0,55	0,65
	Nº DE DADOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	MÉDIA	0,04	0,28	0,41	0,54	24,9	7,46	1,14	1,27	1,23
	MEDIANA	0,04	0,24	0,36	0,47	24,9	7,39	0,85	1,08	1,07
	MODA	0,00	0,18	0,32	0,52	24,7	7,37	0,77	0,82	0,78
	DESVIO PADRÃO	0,04	0,16	0,18	0,34	0,77	0,29	0,63	0,66	0,64
	COEF.VARIAÇÃO	0,94	0,59	0,43	0,63	0,03	0,04	0,55	0,52	0,52
	Nº DE DADOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	MÉDIA	0,00	0,08	0,26	0,20	24,9	7,55	1,50	0,54	0,53
	MEDIANA	0,00	0,07	0,25	0,17	25,1	7,50	1,11	0,45	0,45
	MODA	0,00	0,00	0,26	0,00	25,1	7,53	1,18	0,31	0,31
	DESVIO PADRÃO	0,00	0,06	0,14	0,18	0,96	0,24	1,48	0,28	0,28
	COEF.VARIAÇÃO	3,41	0,77	0,52	0,90	0,04	0,03	0,99	0,52	0,53
	Nº DE DADOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	MÉDIA	0,00	0,08	0,24	0,19	24,6	7,62	1,67	0,51	0,51
MEDIANA	0,00	0,07	0,23	0,13	24,5	7,56	1,07	0,52	0,51	
MODA	0,00	0,00	0,11	0,00	24,5	7,4	0,68	0,72	0,72	
DESVIO PADRÃO	0,00	0,08	0,12	0,17	1,01	0,24	1,97	0,24	0,24	
COEF.VARIAÇÃO	0,00	0,99	0,50	0,91	0,04	0,03	1,18	0,47	0,48	

Tabela 5.2 – Parâmetros descritivos dos indicadores analisados\* no Sistema 2.

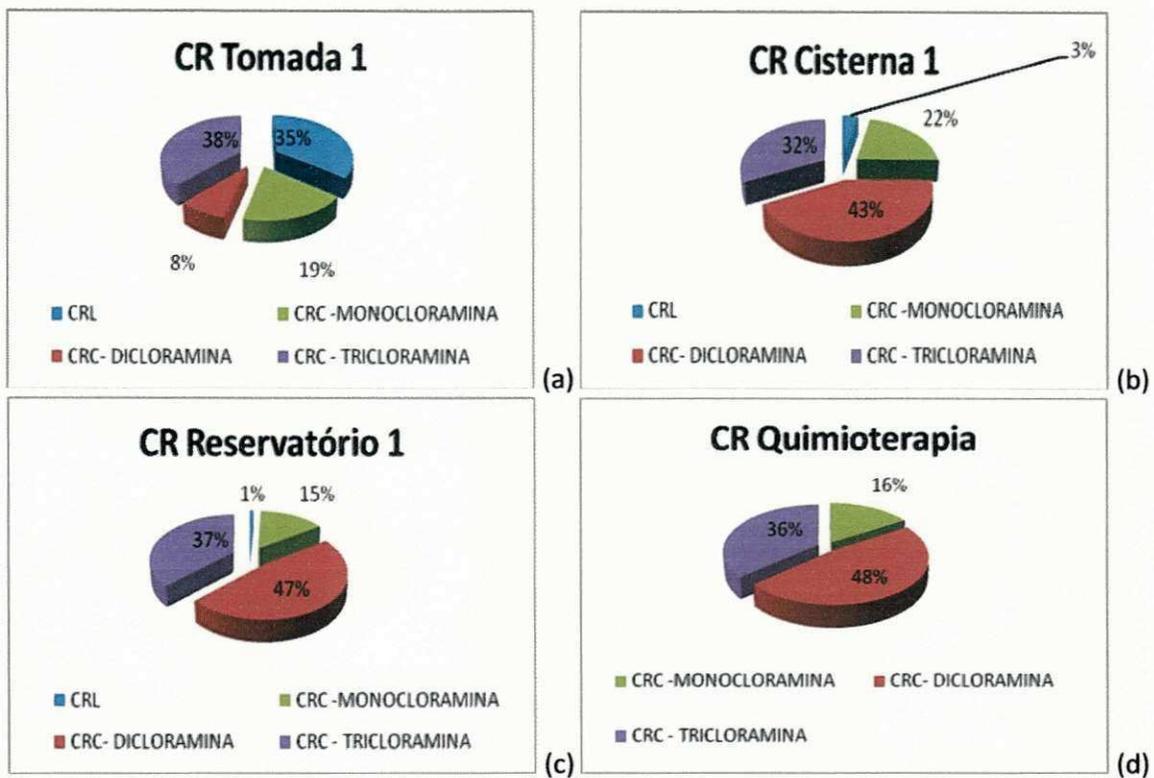
PUNTO	PARÂMETRO	VARIÁVEL									
		CRL	MON	DI	TRI	T	pH	Turbidez	CRT	CRC	
SISTEMA 2	TOMADA 2	Nº DE DADOS	55	55	55	55	55	55	55	55	55
		MÉDIA	0,00	0,02	0,25	0,04	25,1	7,79	1,38	0,31	0,31
		MEDIANA	0,00	0,00	0,22	0,00	25,1	7,79	1,00	0,26	0,26
		MODA	0,00	0,00	0,34	0,00	24,6	7,81	1,25	0,34	0,34
		DESVIO PADRÃO	0,00	0,05	0,13	0,10	1,27	0,20	1,12	0,19	0,19
		COEF. VARIAÇÃO	0,00	1,82	0,51	2,65	0,05	0,03	0,81	0,61	0,61
	CISTERNA 2	Nº DE DADOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		MÉDIA	0,00	0,00	0,21	0,00	24,9	7,87	0,95	0,21	0,21
		MEDIANA	0,00	0,00	0,20	0,00	24,8	7,83	0,78	0,20	0,20
		MODA	0,00	0,00	0,19	0,00	26,1	7,82	0,68	0,19	0,19
		DESVIO PADRÃO	0,00	0,02	0,07	0,00	1,05	0,17	0,46	0,08	0,08
		COEF. VARIAÇÃO	0,00	5,48	0,35	0,00	0,04	0,02	0,48	0,38	0,36
	RESERVATÓRIO 2	Nº DE DADOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		MÉDIA	0,00	0,01	0,23	0,02	25,2	7,79	2,41	0,26	0,26
		MEDIANA	0,00	0,00	0,22	0,00	25,1	7,75	1,50	0,24	0,24
		MODA	0,00	0,00	0,22	0,00	25,4	7,66	1,39	0,22	0,22
		DESVIO PADRÃO	0,00	0,03	0,08	0,06	1,12	0,17	2,41	0,12	0,12
		COEF. VARIAÇÃO	0,00	3,96	0,36	2,51	0,04	0,02	1,00	0,45	0,45
	EMERGÊNCIA	Nº DE DADOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		MÉDIA	0,00	0,01	0,18	0,00	25,5	7,91	1,64	0,18	0,18
		MEDIANA	0,00	0,00	0,18	0,00	25,2	7,90	1,43	0,18	0,18
MODA		0,00	0,00	0,15	0,00	25,1	7,83	Amodal	0,15	0,15	
DESVIO PADRÃO		0,00	0,027	0,063	0,00	1,48	0,20	1,10	0,07	0,08	
COEF. VARIAÇÃO		0,00	5,48	0,36	0,00	0,06	0,03	0,67	0,41	0,42	

Tabela 5.3 – Parâmetros descritivos dos indicadores analisados no Sistema 3.

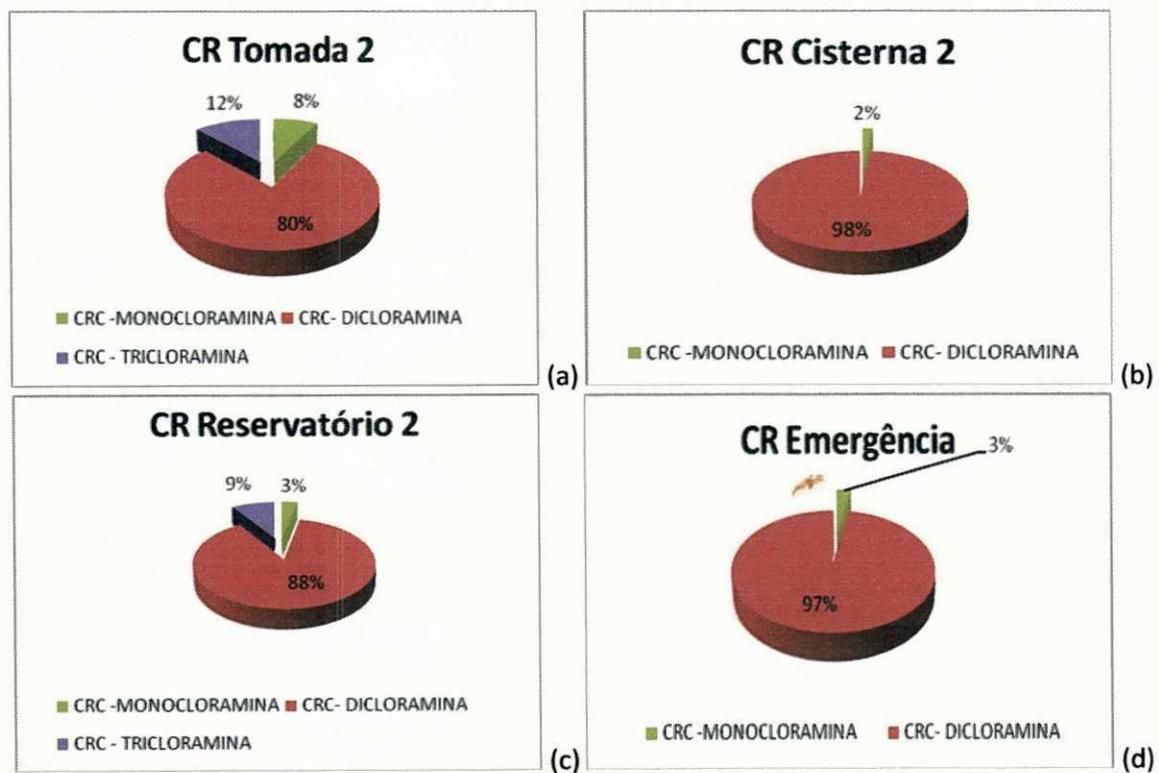
PONTO	PARÂMETRO	VARIÁVEL									
		CRL	MON	DI	TRI	T	pH	Turbidez	CRT	CRC	
SISTEMA 3	TOMADA 2	Nº DE DADOS	55	55	55	55	55	55	55	55	55
		MÉDIA	0,00	0,02	0,25	0,04	25,1	7,79	1,38	0,31	0,31
		MEDIANA	0,00	0,00	0,22	0,00	25,1	7,79	1,00	0,26	0,26
		MODA	0,00	0,00	0,34	0,00	24,6	7,81	1,25	0,34	0,34
		DESVIO PADRÃO	0,00	0,05	0,13	0,10	1,27	0,20	1,12	0,19	0,19
		COEF. VARIACÃO	0,00	1,82	0,51	2,65	0,05	0,03	0,81	0,61	0,61
	CISTERNA 3	Nº DE DADOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		MÉDIA	0,00	0,02	0,27	0,02	25,0	7,70	1,41	0,31	0,31
		MEDIANA	0,00	0,00	0,24	0,00	25,3	7,69	1,23	0,29	0,29
		MODA	0,00	0,00	0,20	0,00	26,3	7,69	1,09	0,28	0,40
		DESVIO PADRÃO	0,00	0,03	0,13	0,05	1,23	0,14	0,84	0,13	0,13
		COEF. VARIACÃO	0,00	1,75	0,48	2,07	0,05	0,02	0,59	0,42	0,42
	RESERVATÓRIO 3	Nº DE DADOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		MÉDIA	0,00	0,00	0,25	0,01	24,8	7,66	1,22	0,27	0,27
		MEDIANA	0,00	0,00	0,23	0,00	24,9	7,65	0,89	0,24	0,24
		MODA	0,00	0,00	0,19	0,00	25,4	7,65	0,60	0,19	0,19
		DESVIO PADRÃO	0,00	0,01	0,12	0,04	1,03	0,24	0,81	0,12	0,12
		COEF. VARIACÃO	0,00	3,17	0,47	3,58	0,04	0,03	0,67	0,45	0,45
BANCO DE SANGUE	Nº DE DADOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
	MÉDIA	0,00	0,00	0,15	0,00	23,5	7,70	1,11	0,15	0,14	
	MEDIANA	0,00	0,00	0,15	0,00	23,2	7,64	1,00	0,15	0,15	
	MODA	0,00	0,00	0,17	0,00	22,7	7,50	0,57	0,17	0,16	
	DESVIO PADRÃO	0,00	0,00	0,07	0,00	1,11	0,23	0,58	0,07	0,07	
	COEF. VARIACÃO	0,00	0,00	0,49	0,00	0,05	0,03	0,52	0,49	0,50	

Tabela 5.4 – Parâmetros descritivos dos indicadores analisados no Sistema 4.

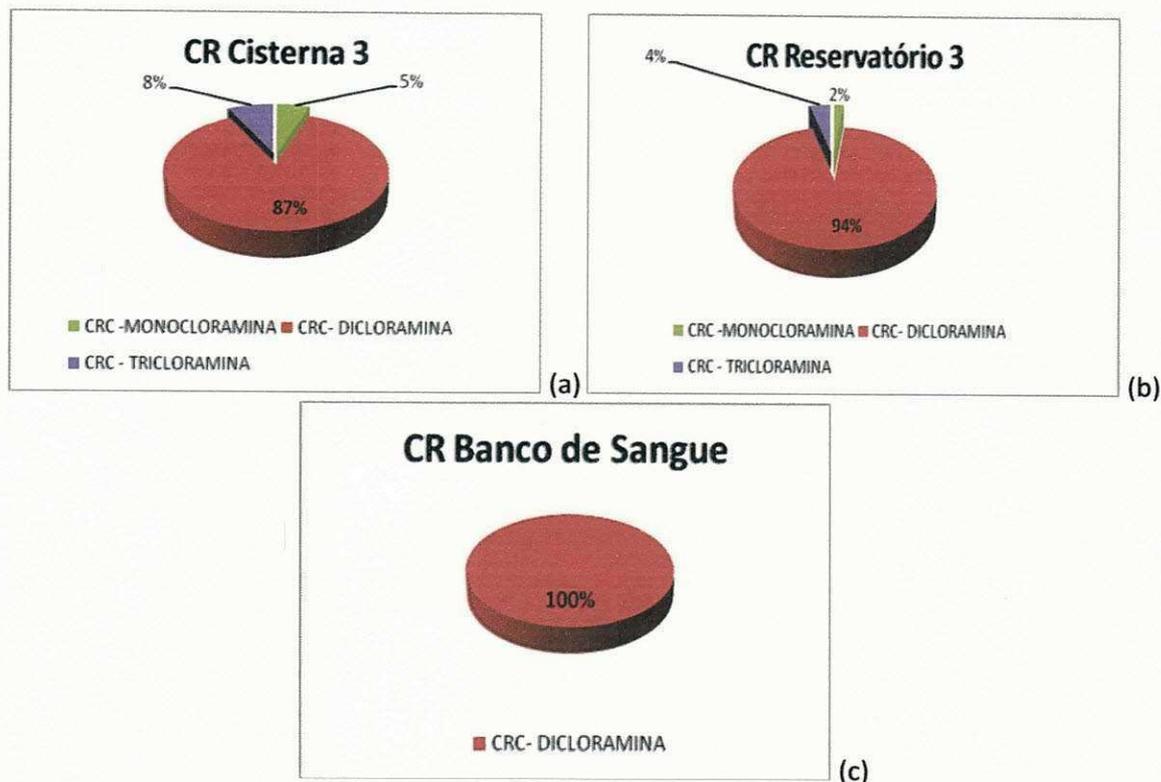
PONTO	PARÂMETRO	VARIÁVEL								
		CRL	MON	DI	TRI	T	pH	Turbidez	CRT	CRC
TOMADA 2	Nº DE DADOS	55	55	55	55	55	55	55	55	55
	MÉDIA	0,00	0,02	0,25	0,04	25,1	7,79	1,38	0,31	0,31
	MEDIANA	0,00	0,00	0,22	0,00	25,1	7,79	1,00	0,26	0,26
	MODA	0,00	0,00	0,34	0,00	24,6	7,81	1,25	0,34	0,34
	DESVIO PADRÃO	0,00	0,05	0,13	0,10	1,27	0,20	1,12	0,19	0,19
	COEF. VARIACÃO	0,00	1,82	0,51	2,65	0,05	0,03	0,81	0,61	0,61
CISTERNA 3	Nº DE DADOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	MÉDIA	0,00	0,02	0,27	0,02	25,0	7,70	1,41	0,31	0,31
	MEDIANA	0,00	0,00	0,24	0,00	25,3	7,69	1,23	0,29	0,29
	MODA	0,00	0,00	0,20	0,00	26,3	7,69	1,09	0,28	0,40
	DESVIO PADRÃO	0,00	0,03	0,13	0,05	1,23	0,14	0,84	0,13	0,13
	COEF. VARIACÃO	0,00	1,75	0,48	2,07	0,05	0,02	0,59	0,42	0,42
RESERVATÓRIO 4	Nº DE DADOS	29	29	29	29	30	30	29	29	29
	MÉDIA	0,00	0,01	0,23	0,01	25,6	7,66	1,29	0,24	0,24
	MEDIANA	0,00	0,00	0,21	0,00	25,3	7,64	1,21	0,21	0,21
	MODA	0,00	0,00	0,21	0,00	25,1	7,72	1,86	0,21	0,21
	DESVIO PADRÃO	0,00	0,02	0,11	0,02	1,27	0,19	0,75	0,11	0,11
	COEF. VARIACÃO	0,00	3,14	0,47	4,01	0,05	0,02	0,58	0,44	0,45
COZINHA	Nº DE DADOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	MÉDIA	0,00	0,00	0,25	0,01	25,5	7,74	1,20	0,26	0,26
	MEDIANA	0,00	0,00	0,23	0,00	25,6	7,73	0,96	0,23	0,23
	MODA	0,00	0,00	0,18	0	25,6	7,76	2,02	0,18	0,18
	DESVIO PADRÃO	0,00	0,01	0,13	0,03	0,90	0,16	0,63	0,12	0,12
	COEF. VARIACÃO	0,00	3,41	0,51	3,19	0,04	0,02	0,52	0,46	0,46



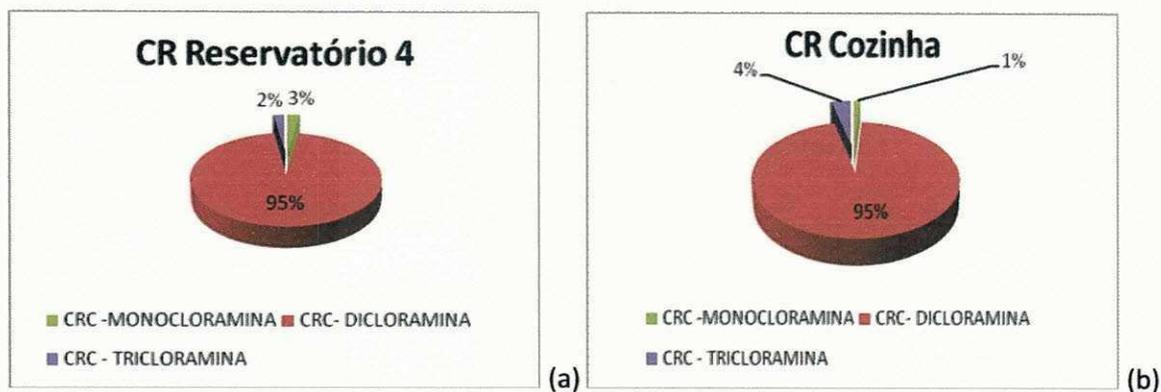
**Figura 5.1** – Frações de cloro residual nos pontos de monitoração do Sistema 1



**Figura 5.2** – Frações de cloro residual nos pontos de monitoração do Sistema 2



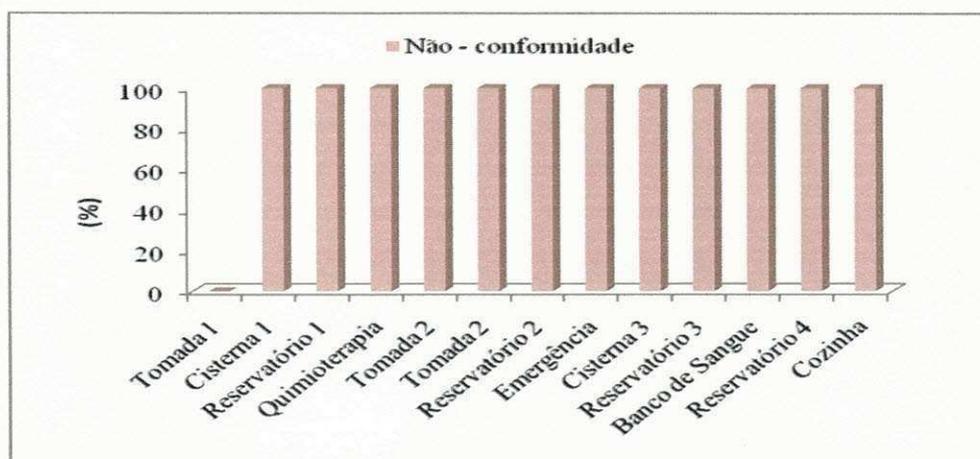
**Figura 5.3** - Frações de cloro residual nos pontos de monitoração do Sistema 3.



**Figura 5.4** - Frações de cloro residual nos pontos de monitoração do Sistema 4.

Durante o período analisado, foi verificado que em 12 dos 13 pontos de coletas analisados ocorreram violações em relação as concentrações de cloro residual livre preconizadas pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, que estabelece uma concentração mínima de  $0,2 \text{ mgCl}_2/\text{l}$  em qualquer ponto da rede de distribuição, caracterizando, desta forma, uma situação de potencial risco à saúde da população atendida no Hospital Universitário Alcides Carneiro, levando em consideração que o problema torna-se ainda mais grave, por se tratar, na maioria, de pessoas doentes e, portanto, com a imunidade

debilitada. A Figura 5.5 ilustra a porcentagem das amostras abaixo do mínimo permitido pela Portaria 518 (MS) para concentração de cloro residual livre em pontos do sistema de abastecimento do Hospital. Todos os pontos dos sistemas 2, 3 e 4 e alguns pontos do sistema 1, com exceção do ponto Tomada 1 apresentaram a maior frequência das análises em desacordo com a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde. Nestes pontos de monitoração, em 100% das amostras coletadas e analisadas, ocorreu a violação da legislação vigente, ratificando a hipótese de que a falta de manutenção dos reservatórios de distribuição e acumulação e no sistema de abastecimento predial causa degradação da qualidade da água utilizada pela população.

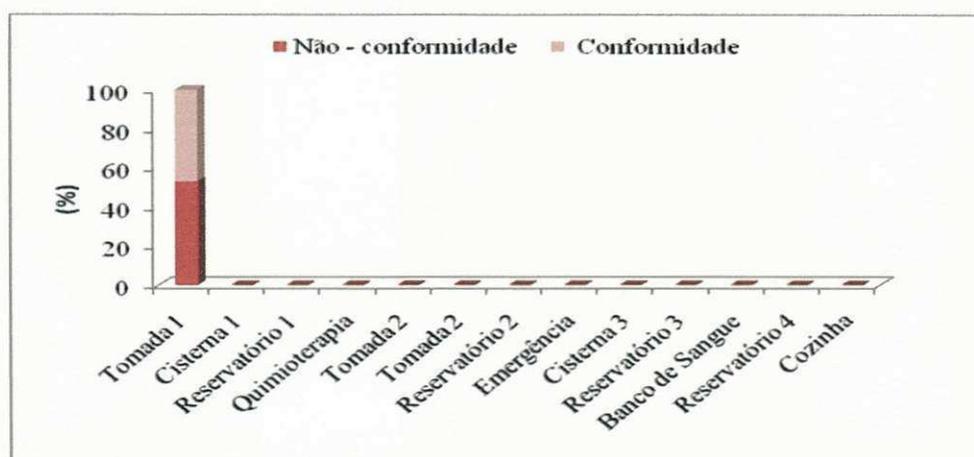


**Figura 5.5** – Porcentagem das amostras abaixo do mínimo recomendado pela Portaria MS 518/2004 para concentração de cloro residual livre.

De acordo com a Figura 5.6, no ponto de monitoração Tomada 1 foi observado que em 53,3% das amostras coletadas e analisadas as concentrações de cloro residual livre excederam 2,0 mgCl<sub>2</sub>/l que é o valor máximo recomendado pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde. Desta forma, conclui-se que, em algumas ocasiões, pode ter ocorrido uma supercloração na estação de tratamento de água do sistema de abastecimento de Campina Grande, com o objetivo de manter a concentração mínima de cloro residual livre recomendada pela legislação vigente para a rede de distribuição, no entanto, a supercloração também altera as características da água. O controle minucioso dos níveis mínimos de cloro nas estações de tratamento de água é de suma importância para que todos os agentes patogênicos sejam eliminados, mas a adição elevada pode torná-lo prejudicial à saúde humana.

A reação do cloro com alguns compostos orgânicos denominados precursores leva à formação de trihalometanos (THM), os quais têm sido associados ao câncer de estômago, intestino grosso, cólon, bexiga e reto. Algumas variáveis influenciam na reação dos THM como, por exemplo, a temperatura, o pH e a concentração de cloro. Esta última tem ligação direta com o cloro residual livre. Quanto maior for a concentração de cloro livre, maior será a probabilidade de formação de THM (MARMO et al., 2007; MEYER et al., 1994).

Em instalações prediais que não possuem manutenção eficiente, ou seja, lavagem de reservatórios a cada seis meses, manutenção preventiva e corretiva das tubulações, verificação de vazamentos e infiltrações em reservatórios, as altas concentrações de cloro residual tornam-se graves por conta da relação cloro/nitrogênio que favorecem a formação de CRC.

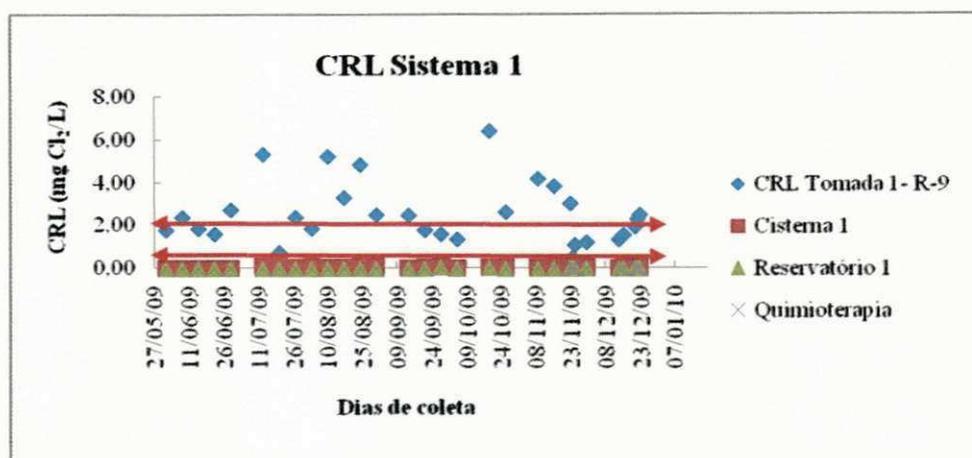


**Figura 5.6** – Porcentagem das amostras acima do máximo aceitável pela Portaria 518 (MS) para concentração de cloro residual livre, no ponto Tomada 1.

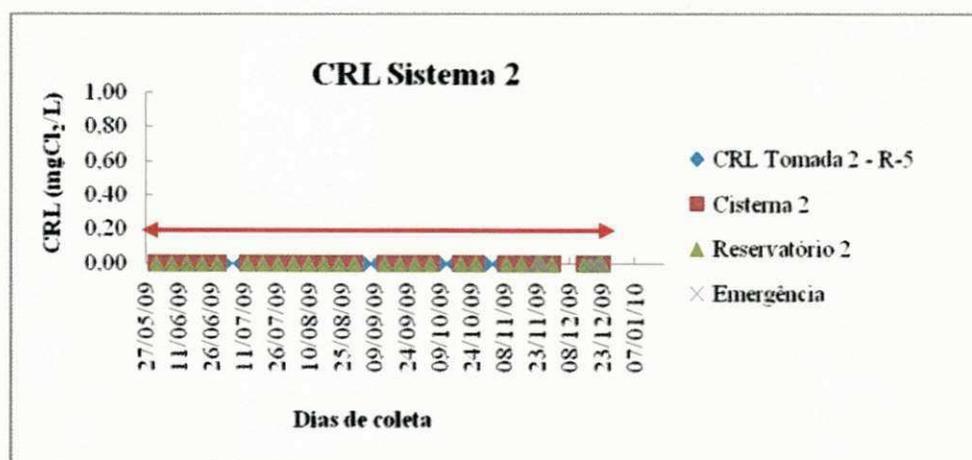
As concentrações de cloro residual livre abaixo do mínimo estabelecido pela Portaria 518/ 2004 do Ministério da Saúde possuem uma maior importância do que a ocorrência de concentrações acima dos valores estabelecidos na referida Portaria, visto que os riscos causados à saúde por substâncias químicas possuem efeito crônico, no entanto em longo prazo, já os riscos mais comuns e disseminados para a saúde humana, associados ao consumo de água, originam-se da presença de microrganismos que podem causar doenças, em curto prazo, mas com grandes impactos. A análise dos resultados revela que 92,3% dos pontos monitorados apresentam violações do padrão mínimo para CRL estabelecido pela Portaria 518 (MS) em todos os dias de monitoração. Este fato deve ser considerado alarmante, pois a

pesquisa foi realizada dentro de um hospital, onde as pessoas estão mais susceptíveis a contrair doenças infecciosas.

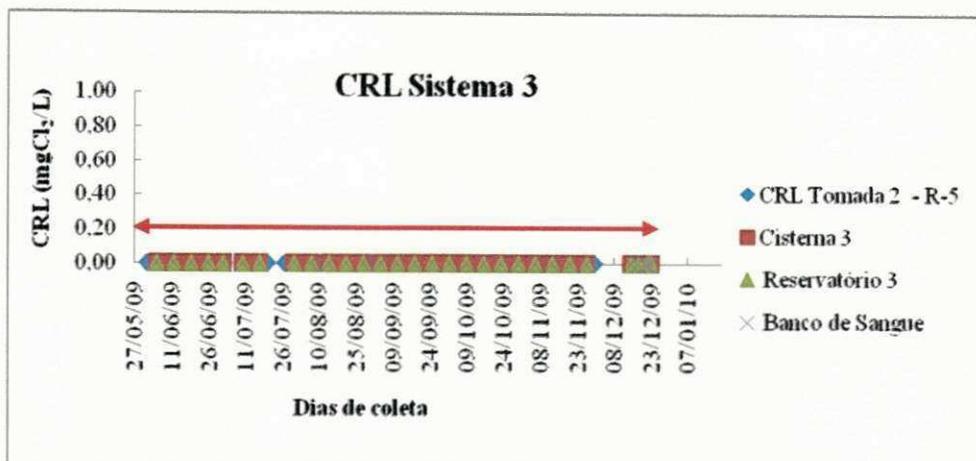
As Figuras 5.7 a 5.10 ilustram o comportamento do cloro residual livre em função dos dias de coleta nos treze pontos dos quatro sistemas de abastecimento do Hospital Universitário Alcides Carneiro.



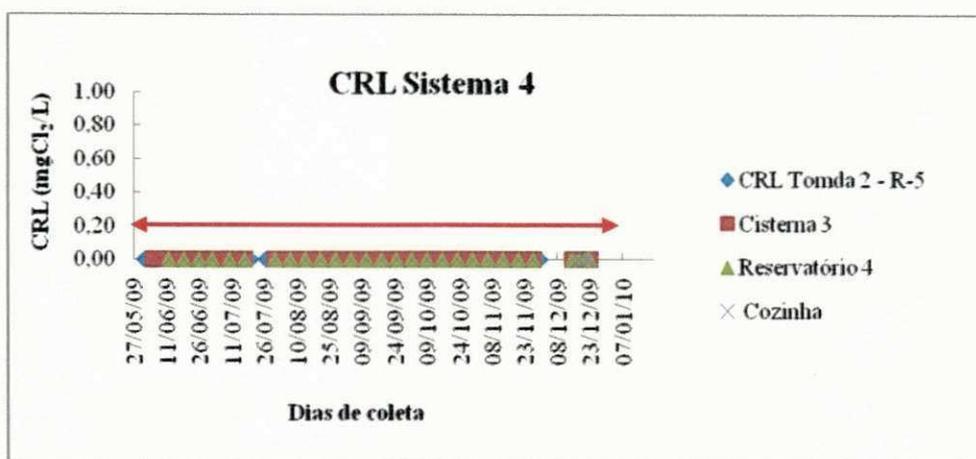
**Figura 5.7** -Variação temporal de cloro residual livre no sistema 1.



**Figura 5.8** –Variação temporal de cloro residual livre no sistema 2.



**Figura 5.9** - Variação temporal de cloro residual livre no sistema 3.



**Figura 5.10** - Variação temporal de cloro residual livre no sistema 4.

### 5.1.2 Cloro Residual Combinado

A adição de cloro em águas de abastecimento, associada à presença de nitrogênio amoniacal, acarretará na formação de compostos clorados com pequeno poder desinfetante, denominados cloraminas. O cloro presente sob a forma de cloraminas é denominado cloro residual combinado, cujas frações dependerão da relação entre a dosagem de cloro aplicado e a concentração de nitrogênio amoniacal, do pH, da temperatura e do tempo de reação (SILVA; OLIVEIRA, 2001).

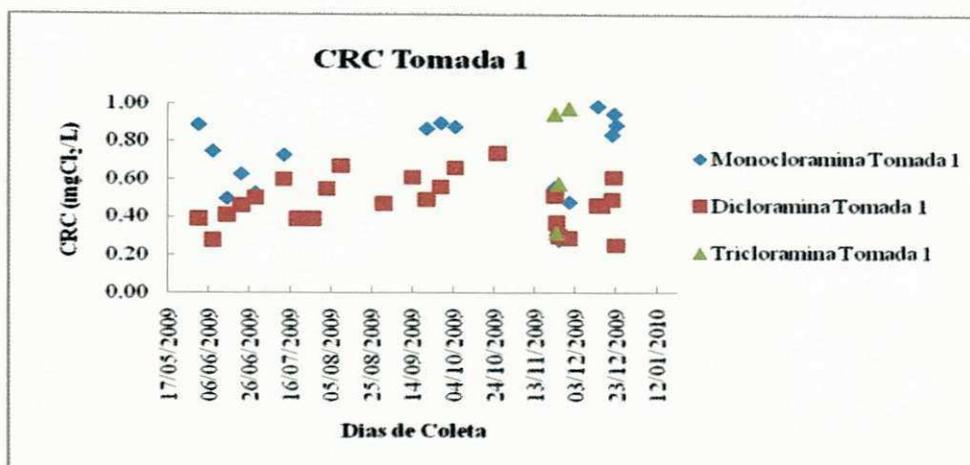
As Figuras 5.11, a 5.23 ilustram as concentrações de cloro residual combinado nos treze pontos dos quatro sistemas de abastecimento do Hospital Universitário Alcides Carneiro.

De acordo com os gráficos os comportamentos da monocloramina e tricloramina são muito parecidos. Galdino (2009), afirma que existe um comportamento semelhante entre monocloramina e tricloramina, indicando que essas duas espécies desenvolvem-se sob as mesmas condições no tocante às características físico-químicas da água. A espécie dicloramina não apresentou tal semelhança, indicando que seu desenvolvimento depende de condições distintas das demais espécies (Ibidem).

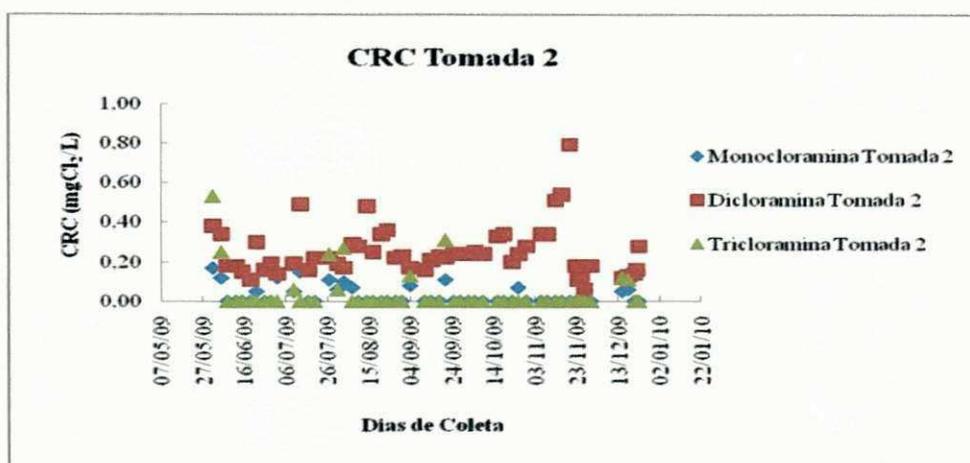
No ponto de monitoramento Tomada 1, que faz parte do sistema público de abastecimento, pode ser verificado que a maior fração de cloro residual combinado é de tricloramina, conforme indicado, em estudos anteriores, por (OLIVEIRA, et.al, 2009;GALDINO, 2009; GOMES, 2009).

Nos demais ponto dos sistemas de abastecimento do Hospital Alcides Carneiro, a principal fração de cloro residual combinado é dicloramina.

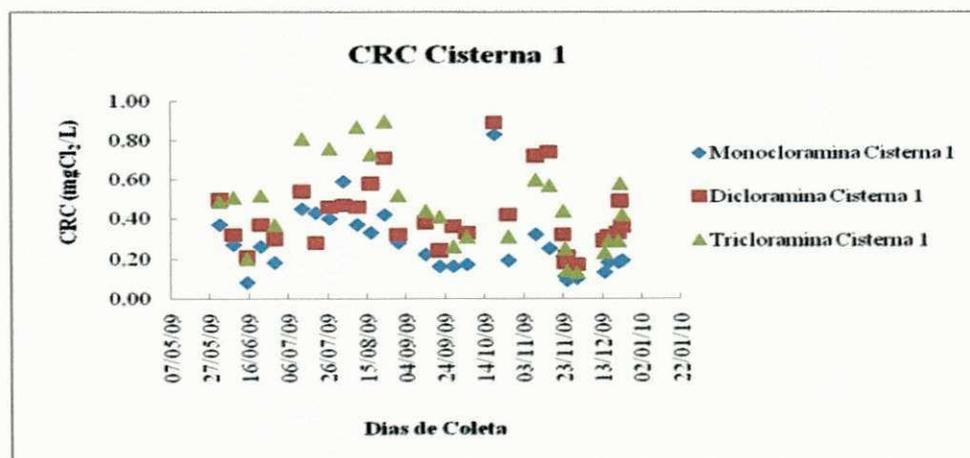
Das espécies de cloro combinado, as dicloraminas apresentam uma ação bactericida três vezes maior que a monocloramina. A maior ação bactericida é explicada pela baixa constante de hidrólise da monocloramina formando pequena quantidade de HClO (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1991; SANTOS FILHO, 1985; CARSWELL et al., 1977; GALDINO, 2009). Ainda com base nesses estudos pode ser concluído que essas concentrações expressivas de Cloro Residual Combinado, as quais não têm poder desinfetante significativo, podem ser atribuídas a um conjunto de fatores associados à degradação da qualidade da água, bem como a aspectos relacionados à operação e manutenção do sistema. Deve ser compreendido que o agente desinfetante com real poder de desinfecção é o cloro residual livre, que deve ser mantido em qualquer ponto da rede de distribuição. Em termos de cloro residual combinado é estabelecido, para o Brasil, um valor máximo permitido apenas para monocloramina que é de 3 mg/L(BRASIL,2004).



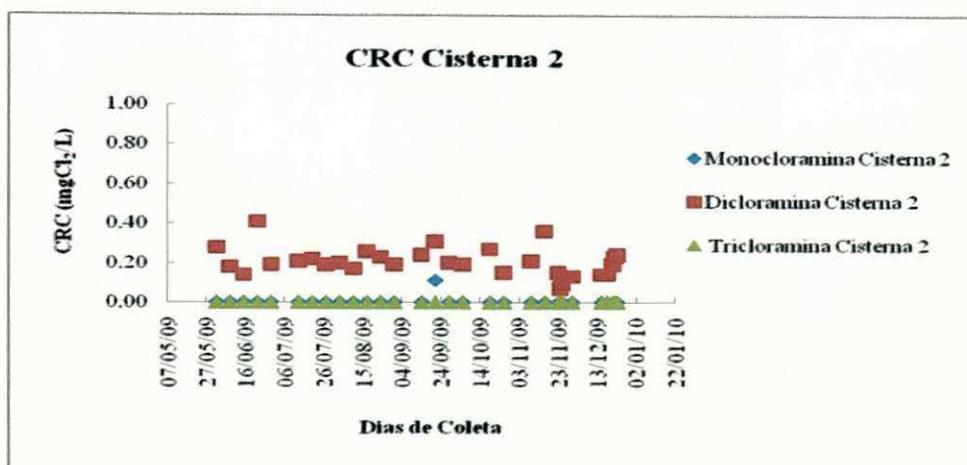
**Figura 5.11** – Variação temporal de cloro residual combinado no ponto Tomada 1.



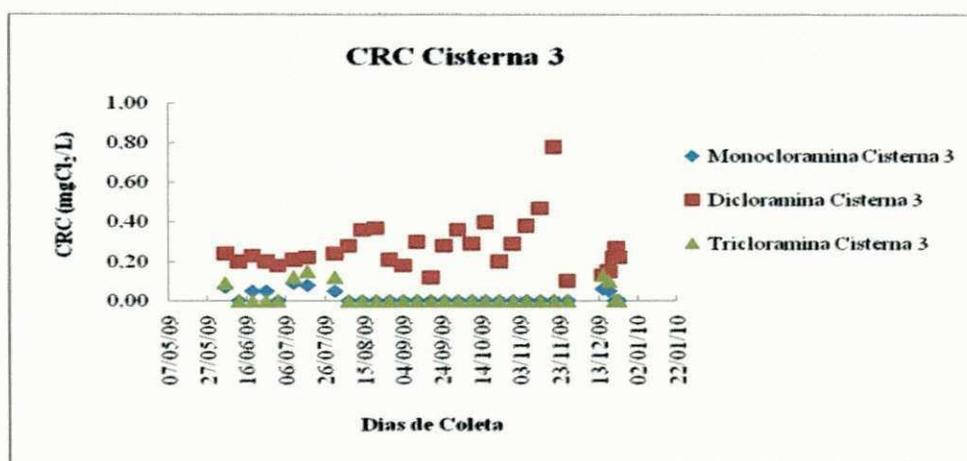
**Figura 5.12** – Variação temporal de cloro residual combinado no ponto Tomada 2.



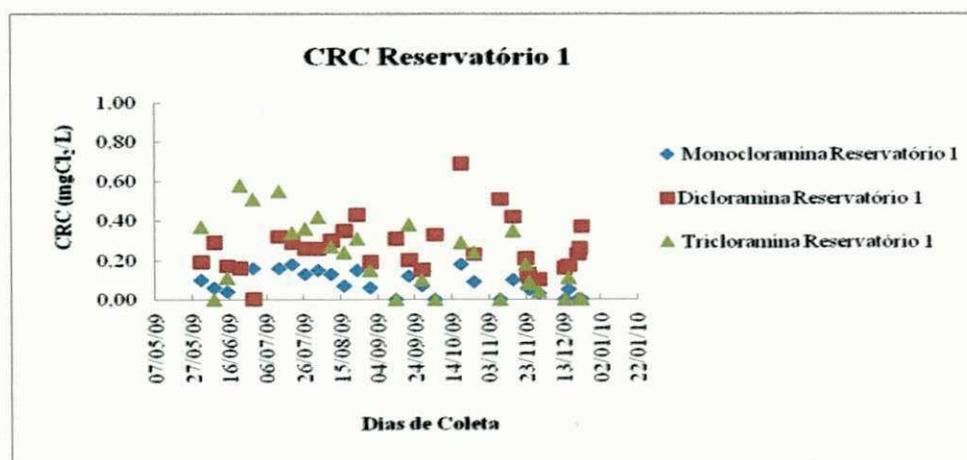
**Figura 5.13** – Variação temporal de cloro residual combinado no ponto Cisterna 1.



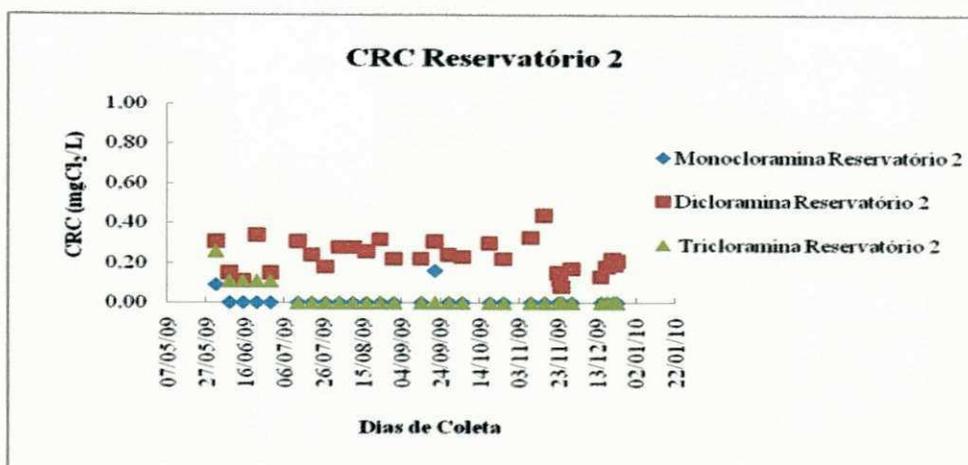
**Figura 5.14** – Variação temporal de cloro residual combinado no ponto Cisterna 2.



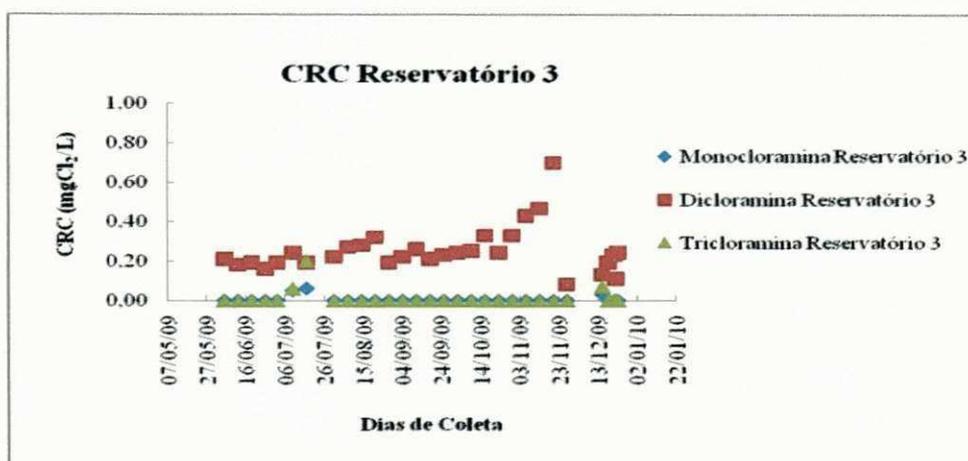
**Figura 5.15** – Variação temporal de cloro residual combinado no ponto Cisterna 3.



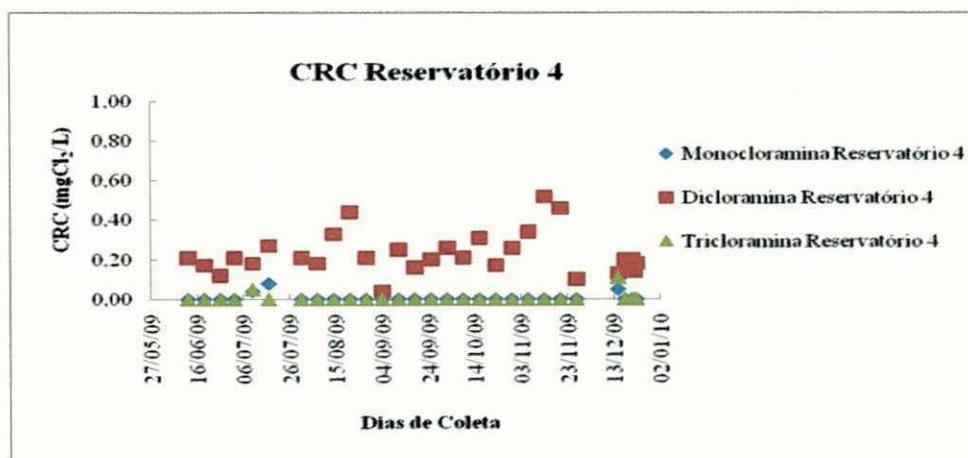
**Figura 5.16** – Variação temporal de cloro residual combinado no ponto Reservatório 1.



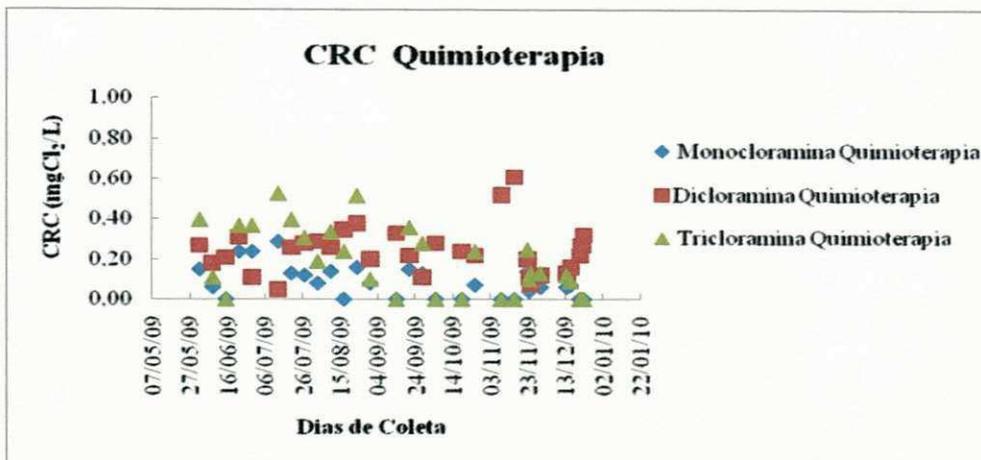
**Figura 5.17** – Variação temporal de cloro residual combinado no ponto Reservatório 2.



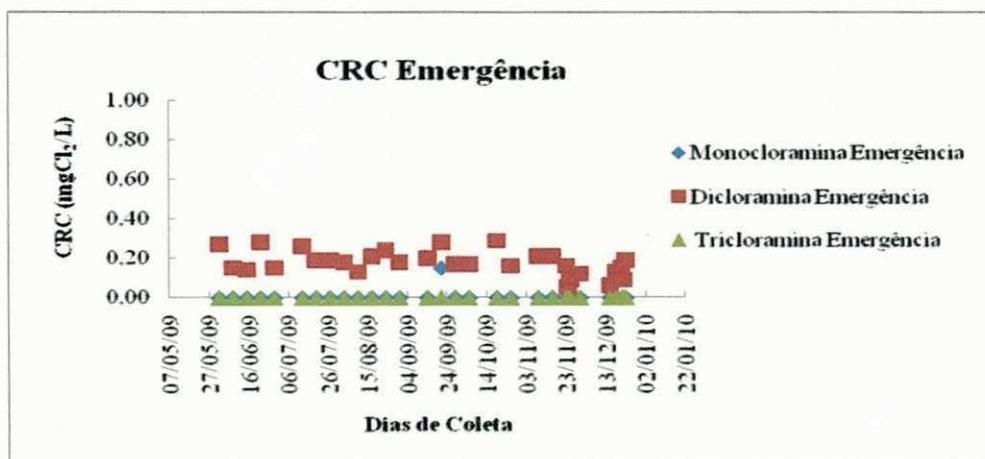
**Figura 5.18** – Variação temporal de cloro residual combinado no ponto Reservatório 3.



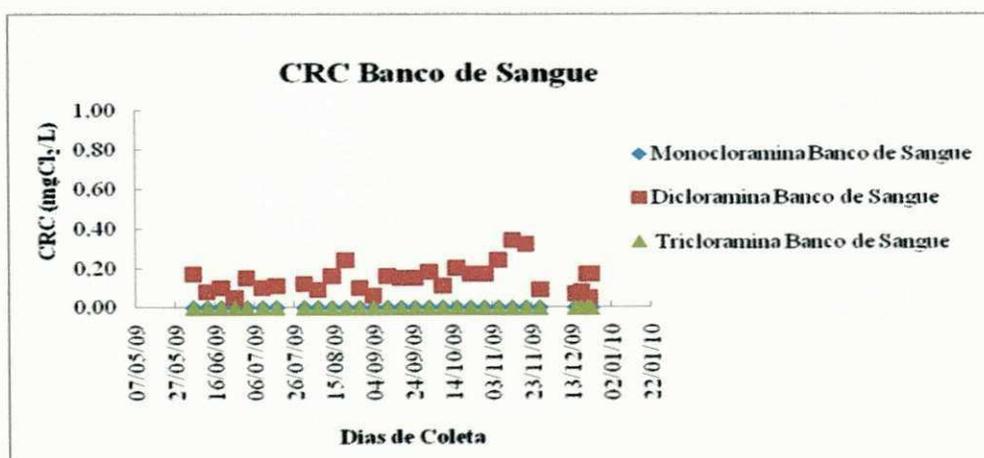
**Figura 5.19** – Variação temporal de cloro residual combinado no ponto Reservatório 4.



**Figura 5.20** – Variação temporal de cloro residual combinado no ponto Quimioterapia.



**Figura 5.21** – Variação temporal de cloro residual combinado no ponto Emergência.



**Figura 5.22** – Variação temporal de cloro residual combinado no ponto Banco de Sangue.

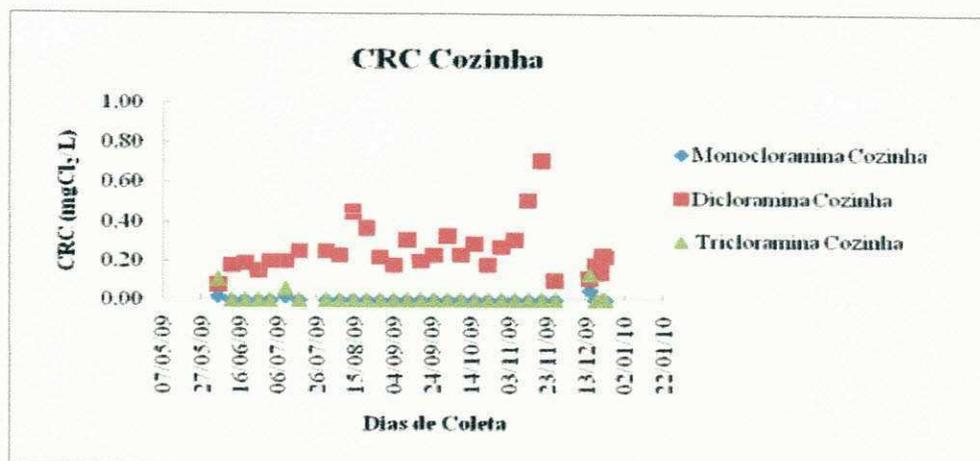


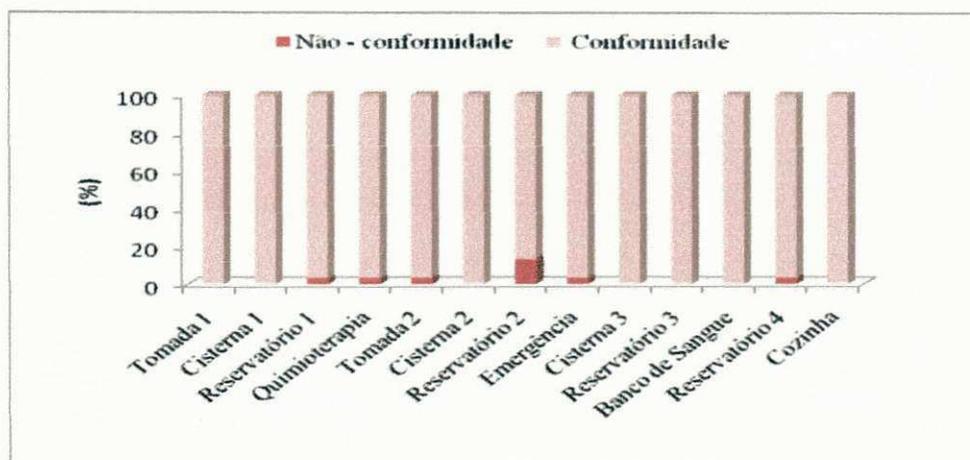
Figura 5.23 – Variação temporal de cloro residual combinado no ponto Cozinha.

### 5.1.3 Turbidez

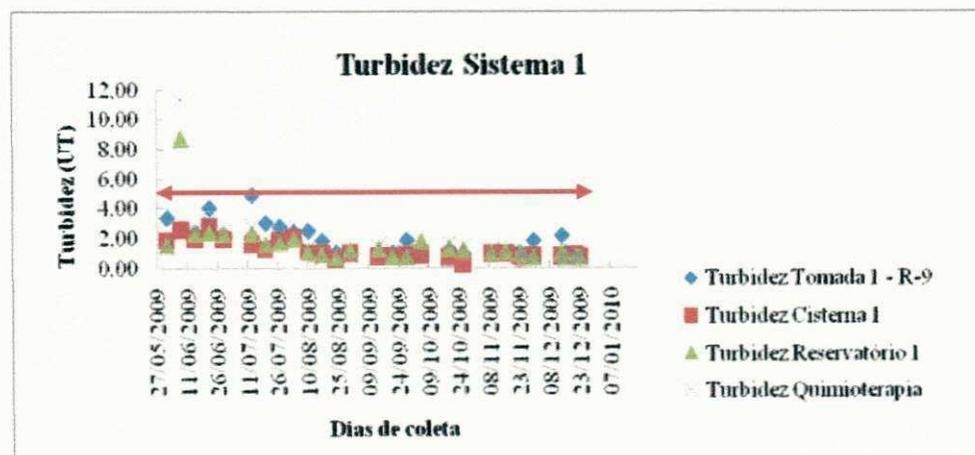
Foram coletadas 389 amostras para análise de turbidez nos 13 pontos de monitoração e destas apenas 2,31% violaram os padrões recomendados na Portaria 518 (MS), que preconiza em seu artigo 12 § 1º que o limite máximo para qualquer ponto do sistema de distribuição deve ser de 5,0 UT. A Figura 5.24 apresenta a frequência de violações do indicador turbidez nos pontos de monitoração, podendo ser percebido que o ponto de monitoração Reservatório 2 é o que apresenta as maiores frequências de violação à legislação quanto à turbidez da água, provavelmente por se tratar de um dos reservatórios mais antigos do hospital, com aproximadamente 60 anos de existência. Além disso, nas suas proximidades, existe um descarte de materiais de construção do próprio hospital, acarretando uma grande quantidade de entulho de construção civil nas proximidades do reservatório.

A maioria dos valores que infringiram a legislação ocorreram nos meses de junho e julho de 2009, período de intensa precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica na qual se situa o sistema de abastecimento, o que ocasiona uma maior erosão nas encostas próximas ao manancial abastecedor causando, assim, um maior aporte de material exógeno e, conseqüentemente um aumento na quantidade matéria orgânica e inorgânica dispersa na água. Além disso, a maioria dos reservatórios de acumulação estudados é antiga, com manutenção deficiente, apresentando várias rachaduras e infiltrações, contribuindo para o aumento da turbidez no reservatório através do carreamento de material particulado do próprio reservatório para o seu interior. Um outro fator agravante é que grande parte da tubulação

usada dentro do Hospital é de ferro fundido, material que, ao longo dos anos, vai sendo oxidado e induzindo a degradação da qualidade da água que chega nos reservatórios de acumulação. As Figuras 5.25 a 5.28 ilustram a variação temporal da turbidez nos quatro sistemas de abastecimento do Hospital Universitário Alcides Carneiro.



**Figura 5.24** – Frequência de não conformidade do padrão de turbidez nos pontos de amostragem.



**Figura 5.25** - Variação temporal da turbidez no sistema 1.

sistema 1 apresentarem os melhores resultados por se tratar de uma parte mais nova do sistema de abastecimento do hospital e da tubulação utilizada neste sistema ser toda em PVC. Esses altos valores de turbidez, foram atribuídos ao aumento dos índices pluviométricos na bacia hidrográfica e à falta de manutenção na instalação predial.

#### **5.1.4 pH**

O indicador pH pode ser considerado um dos mais importantes para as características físico-químicas da água, sobressaindo-se essa importância em praticamente todas as etapas do tratamento da água. Na desinfecção da água com utilização de cloro o pH assume um papel fundamental pois a ação desinfetante do cloro é devida ao ácido hipocloroso, considerado um ácido fraco, cuja concentração é dependente do pH. Em solução aquosa de pH ácido há uma predominância da concentração de ácido hipocloroso (HOCl) sobre a do íon hipoclorito (OCl<sup>-</sup>) e vice versa para pH básico.

No sistema de abastecimento e distribuição os valores de pH assumem importância no que diz respeito ao estado de conservação das tubulações, pois a combinação de valores de pH muito altos e águas duras causam incrustações nas canalizações e valores de pH muito baixos caracterizam águas agressivas e causam corrosão.

Foram coletadas e analisadas 390 amostras para a determinação do pH nos treze pontos dos quatro sistemas de abastecimento do Hospital Universitário Alcides Carneiro, sendo que todas as amostras apresentaram conformidade com os padrões de pH estabelecidos no artigo 16 § 1º da Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde que recomenda que o pH no sistema de distribuição seja mantido numa faixa de 6,0 a 9,5. Durante o período de monitoração a faixa de pH para todos os pontos variou de 6,92 a 8,68. As Figuras 5.29, 5.30, 5.31 e 5.32 ilustram a variação temporal do pH no período de junho a dezembro de 2009.

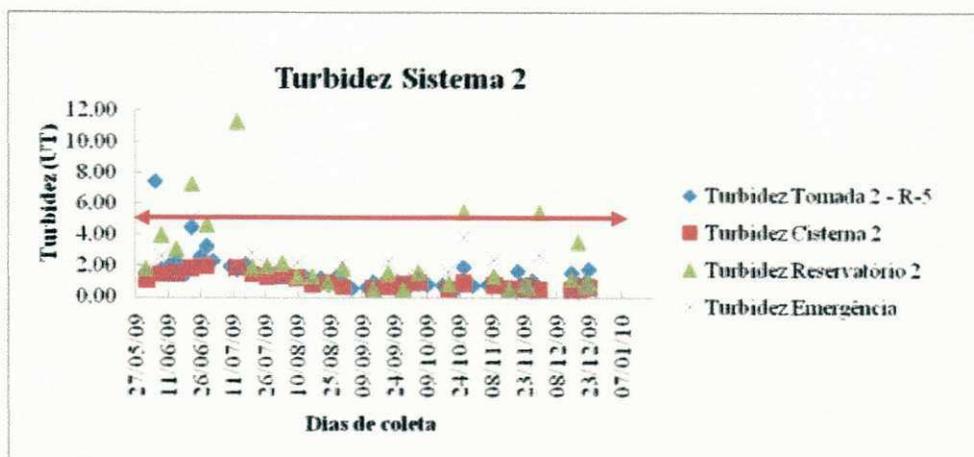


Figura 5.26 - Variação temporal da turbidez no sistema 2.

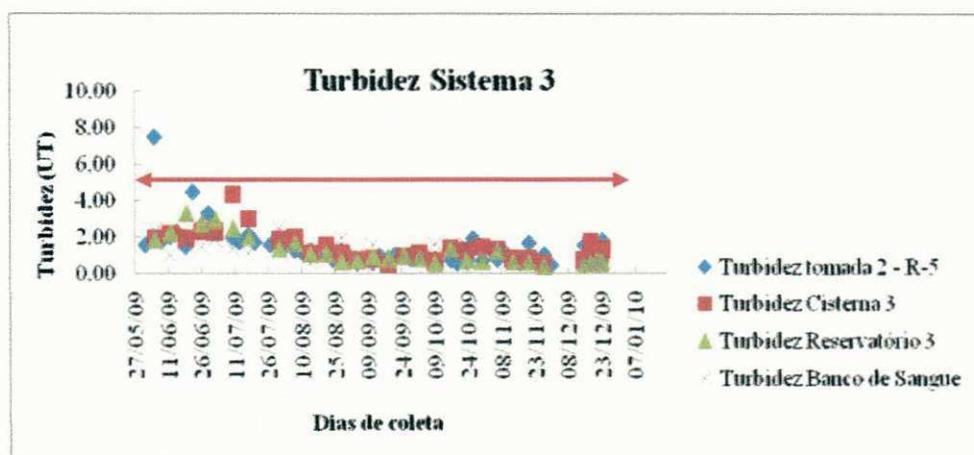


Figura 5.27 - Variação temporal da turbidez no sistema 3.

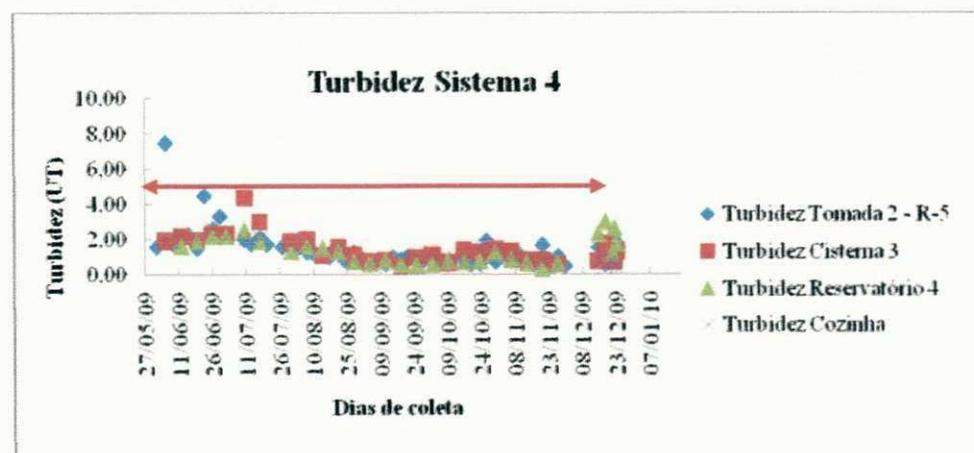


Figura 5.28 - Variação temporal da turbidez no sistema 4.

Nos ponto de monitoração Reservatório 1 e Quimioterapia, no dia 08/06/2009, os valores de turbidez chegaram, respectivamente, a 8,76 UT e 11,35 UT, apesar dos pontos do

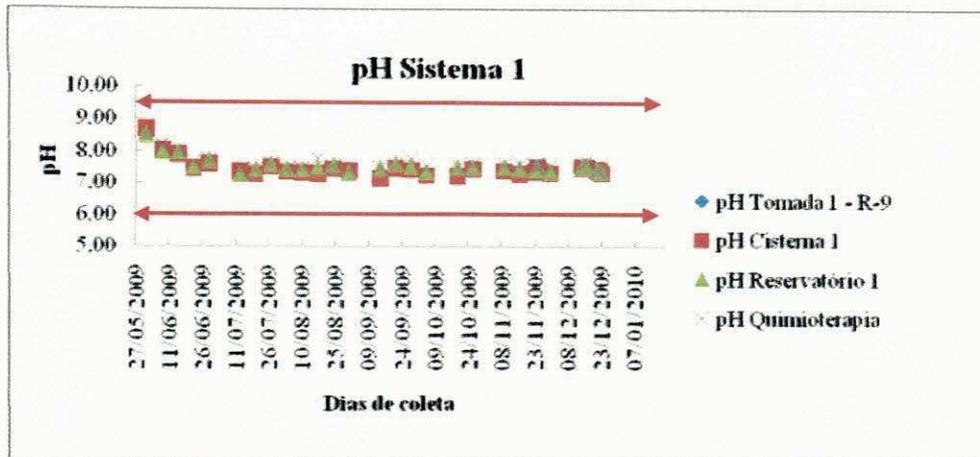


Figura 5.29 – Variação temporal do pH no sistema 1.

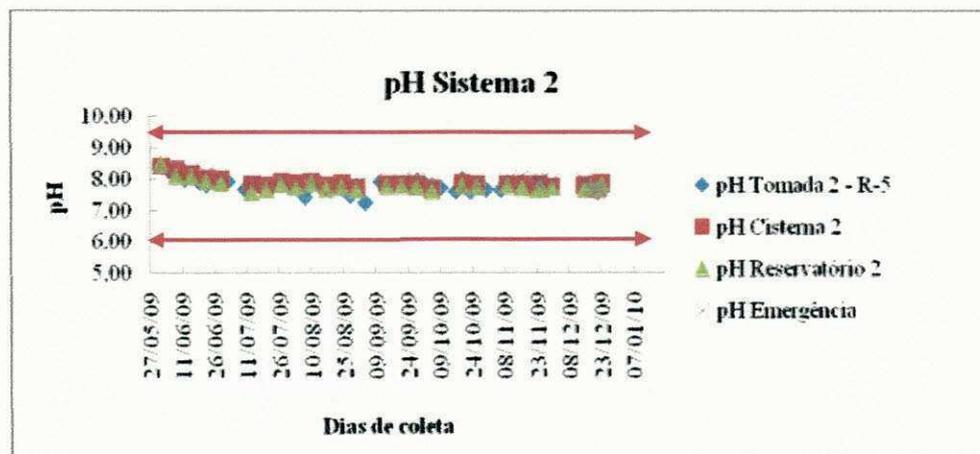


Figura 5.30 - Variação temporal do pH no sistema 2.

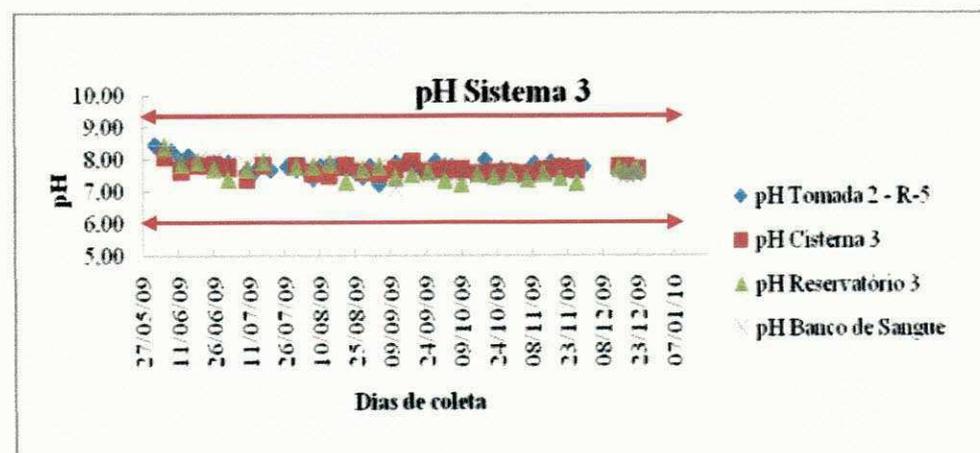


Figura 5.31 - Variação temporal do pH no sistema 3.

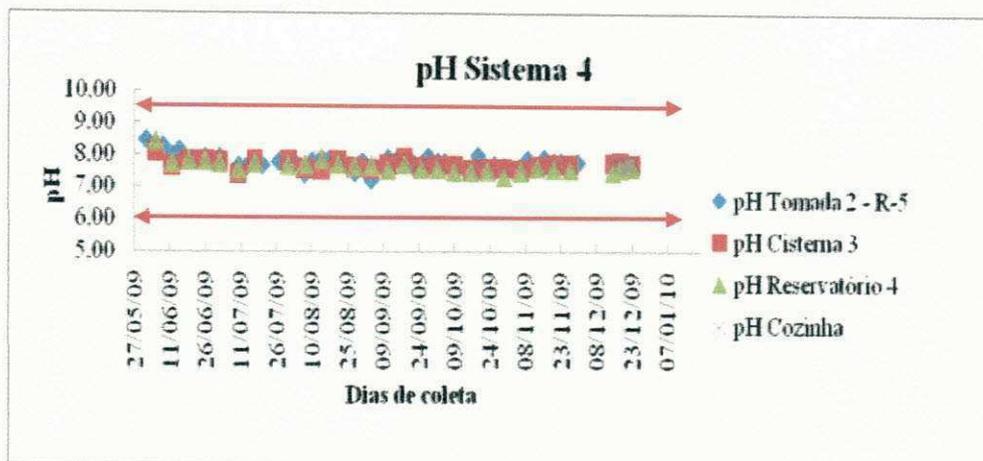


Figura 5.32 - Variação temporal do pH no sistema 4.

### 5.1.5 Bactérias Heterotróficas

Para o indicador bactérias heterotróficas foram coletadas e analisadas 88 amostras, no período de agosto a novembro de 2009, em 11 pontos dos quatro sistemas de abastecimento do Hospital Universitário Alcides Carneiro. Nos pontos Cisterna 1 e Cisterna 2 não foi possível fazer a coleta devido à grande profundidade dos reservatórios. Em todos os pontos monitorados houve um crescimento significativo na contagem dessas bactérias, no entanto, apenas os pontos Emergência e Reservatório 4 ultrapassaram o limite máximo estabelecido pela Portaria 518 (MS) que é de 500 UFC/ml. O comportamento da contagem de bactérias heterotróficas é inversamente relacionado ao do cloro residual livre, cujo consumo determina uma forte degradação da qualidade da água embora resíduos de cloro residual combinado, particularmente dicloramina, que possui um poder desinfetante inferior ao do cloro residual livre, possam ainda agir no controle do crescimento da população desses indicadores. Os pontos Emergência e Reservatório 4 são pontos caracterizados por um grande desgaste nas instalações prediais de abastecimento, uma vez que, além do tempo de existência desses reservatórios e da manutenção deficiente dos mesmos, as tubulações que abastecem esses pontos são de ferro fundido, antigas, constituindo-se em substrato de fixação de bactérias heterotróficas. As Figuras 5.33 a 5.40 ilustram o crescimento das bactérias em função dos pontos analisados.

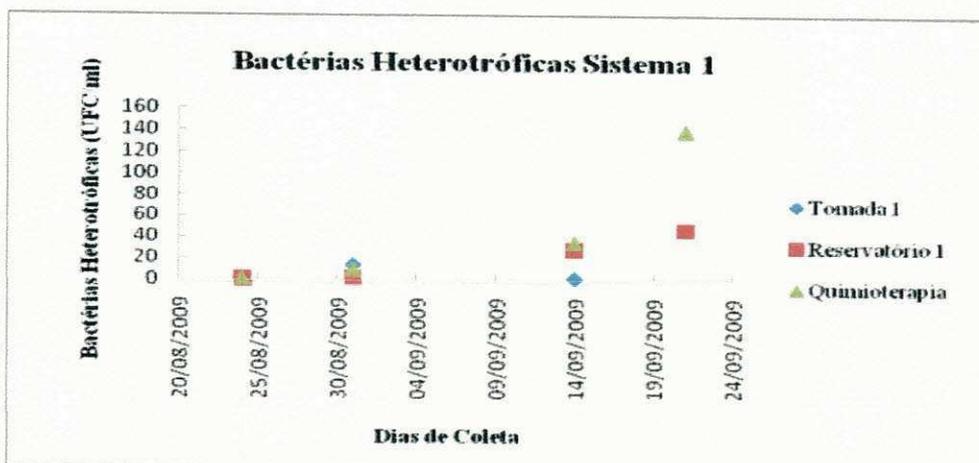


Figura 5.33 – Contagem de bactérias heterotróficas presentes no sistema 1, sem diluição.

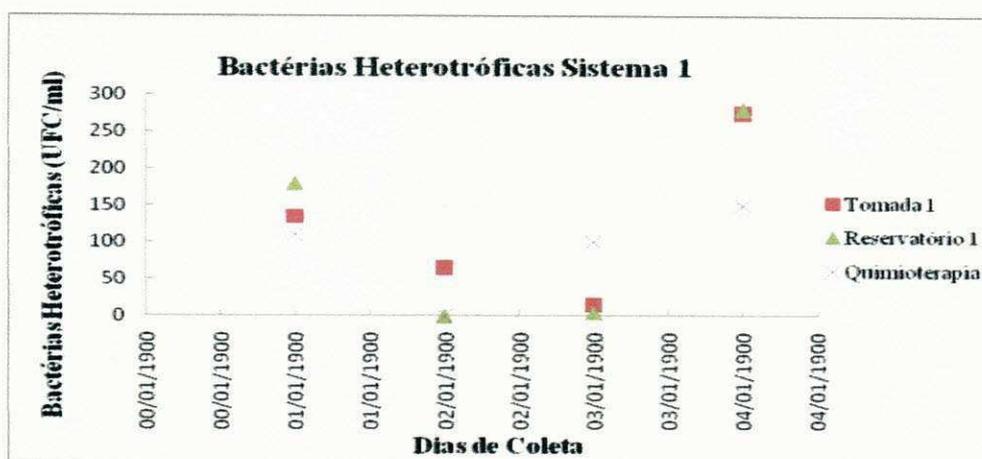


Figura 5.34 – Contagem de bactérias heterotróficas presentes no sistema 1, com diluição  $10^{-1}$ .

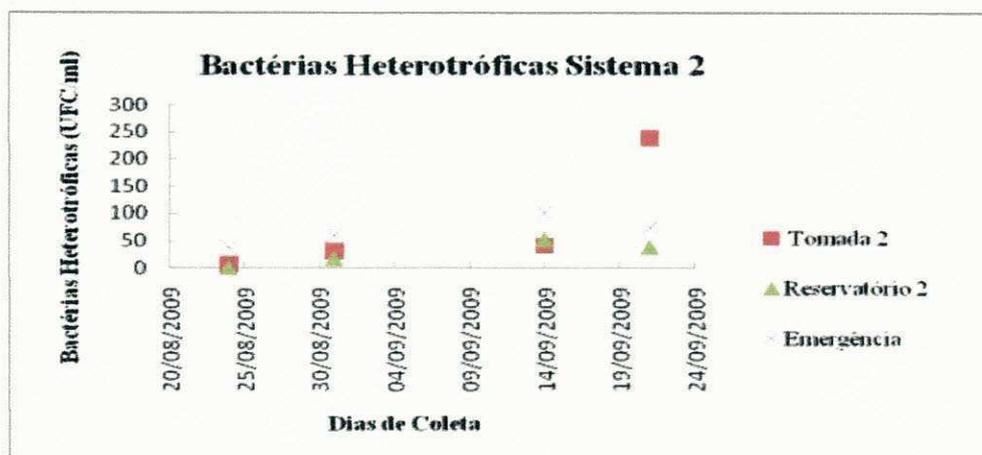


Figura 5.35 – Contagem de bactérias heterotróficas presentes no sistema 2, sem diluição.

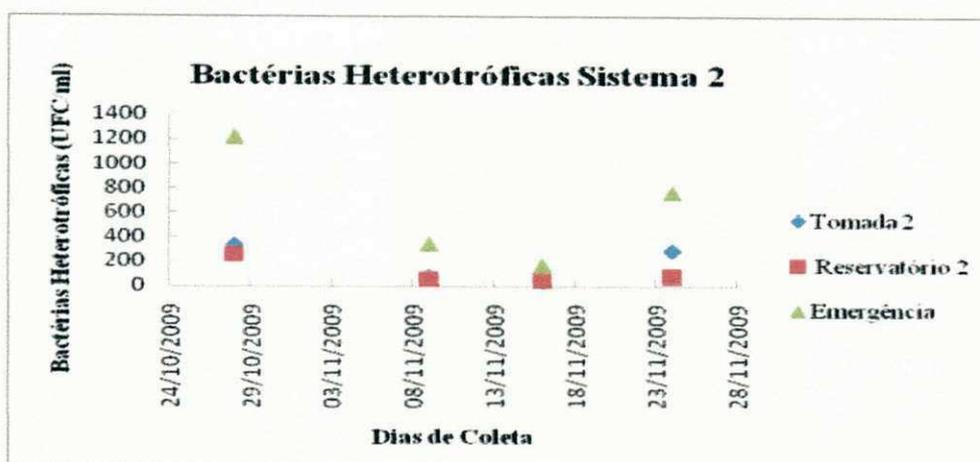


Figura 5.36 – Contagem de bactérias heterotróficas presentes no sistema 2, com diluição  $10^{-1}$ .

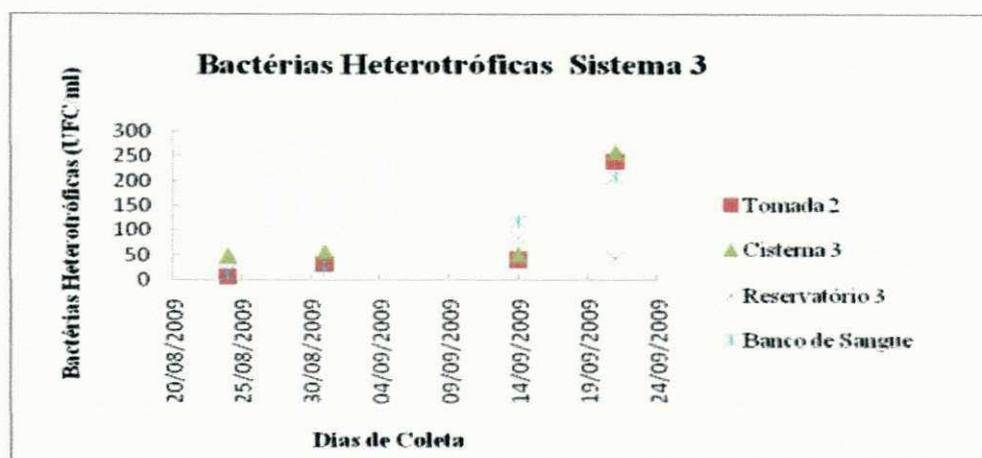


Figura 5.37 – Contagem de bactérias heterotróficas presentes no sistema 3, sem diluição.

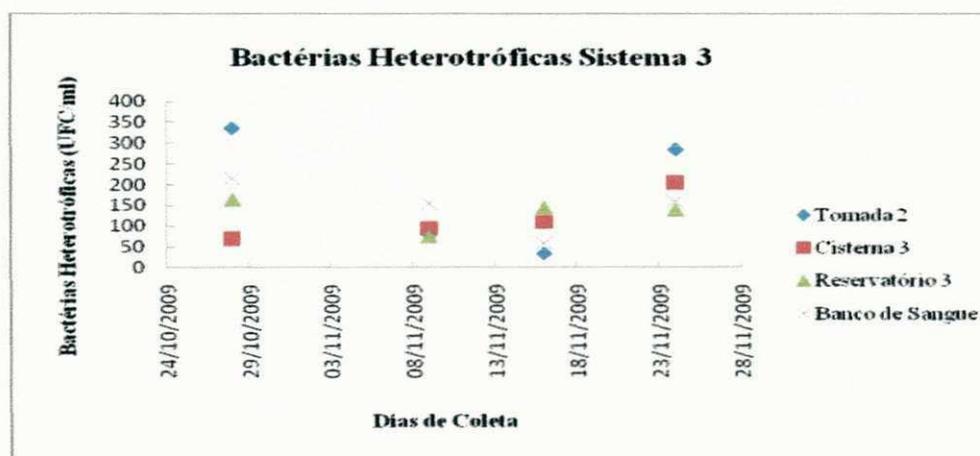


Figura 5.38 – Contagem de bactérias heterotróficas presentes no sistema 3, com diluição  $10^{-1}$ .

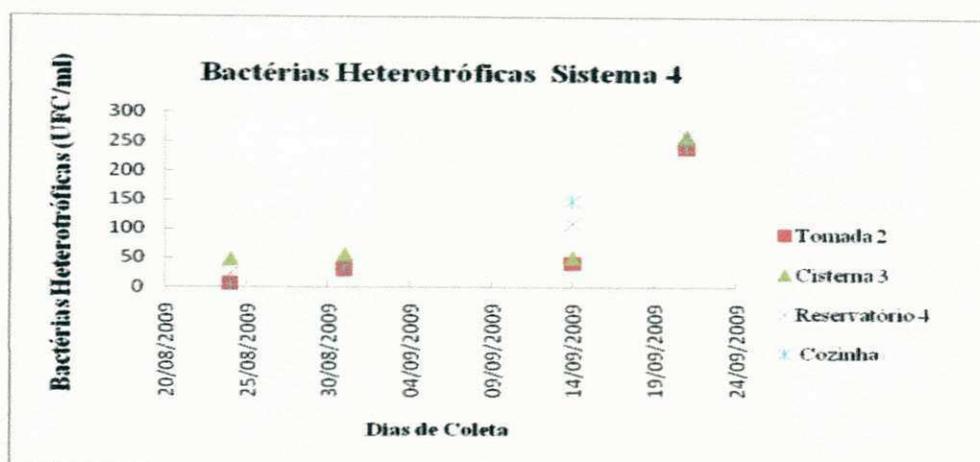


Figura 5.39 – Contagem de bactérias heterotróficas presentes no sistema 4, sem diluição.

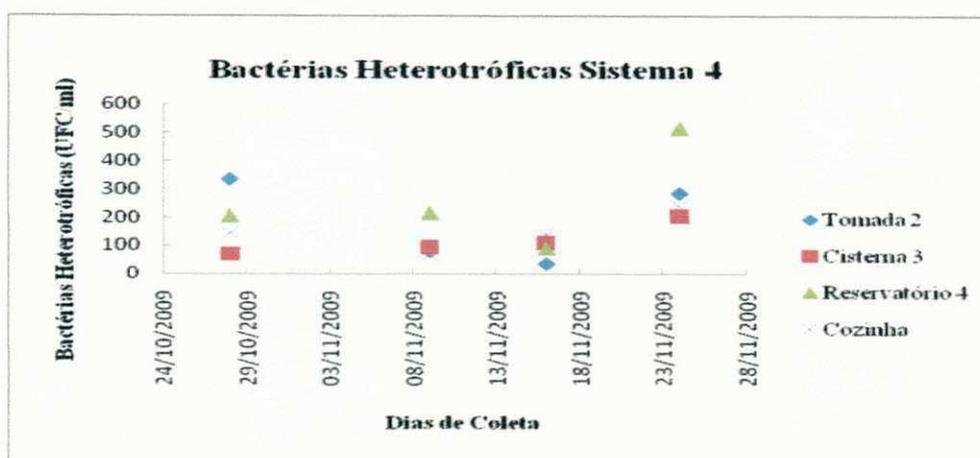


Figura 5.40 – Contagem de bactérias heterotróficas presentes no sistema 4, com diluição  $10^{-1}$ .

Durante a pesquisa foram utilizadas placas sem diluição, simplesmente com a amostra pura, e placas com diluição de  $10^{-1}$ , isto aconteceu quando as análises passaram a ser realizadas com até oito horas após as coletas, ocorrendo então um aumento significativo em relação ao número de colônias, sendo necessário se fazer a diluição das amostras, para as placas se tornarem representativas, ou seja, com um número de colônias entre 30 a 300 por ml.

A frequência elevada de concentrações nulas de cloro residual livre verificada na maioria dos pontos de monitoração e o limitado efeito desinfetante do cloro residual combinado, deixam o sistema de abastecimento do Hospital Alcides Carneiro vulnerável a formas diversas de contaminação, trazendo, assim, riscos para população usuária da água. No

entanto, as análises bacteriológicas realizadas indicaram que o sistema estudado não possui grandes contaminações, embora os dados tenham mostrado a necessidade da criação de um plano de manutenção corretiva e preventiva do sistema de abastecimento de água do Hospital, procurando, desta forma, evitar que as contaminações no sistema de abastecimento e suas prováveis conseqüências negativas tornem-se mais graves.

### **5.1.6 Temperatura**

Apesar do Portaria 518 (MS), não estabelecer limites ideais para a variável temperatura, o seu estudo torna-se importante pois a mesma influencia nas reações do cloro residual e no desenvolvimento de bactérias heterotróficas.

Os dados de temperatura avaliados durante todo o período de monitoração, variaram de 21,8 a 29,1 °C sendo que as temperatura mais baixas foram verificadas no período de Junho a Agosto, período caracterizado como chuvoso no âmbito da bacia hidrográfica.

### **5.2 Análise de variância**

A fim de verificar se os conjuntos dos dados amostrais apresentavam distribuição normal, foi aplicado o teste não paramétrico de Kolmogorov-Smirnov a todos esses conjuntos de dados, sendo utilizado para tanto, o Programa SPSS for Windows na versão 13.0. Para os dados que não apresentaram distribuição normal foi necessária a utilização de transformações matemáticas simples, com o objetivo de normalizá-los. Em seguida, a todos os conjuntos de dados amostrais, de uma mesma variável, foi aplicada a análise da variância (ANOVA) de fator único, ao nível de significância de 5%, para determinar a existência ( $P < 0,05$ ), ou não ( $P \geq 0,05$ ), de diferenças significativas entre eles. Foi verificado que os resultados mostraram a existência de diferenças significativas em algumas das variáveis estudadas. Foi aplicado, então, o método gráfico GT-2, no qual uma igualdade estatística entre um par de valores

médios é demonstrada pela intercessão dos respectivos intervalos de comparação e a diferença significativa fica evidenciada pela não intercessão desses intervalos.

A análise de variância dos dados foi dividida em duas etapas. A primeira para todos os pontos de um mesmo sistema e a segunda entre os pontos de todos os sistemas.

Para uma melhor apresentação dos pontos nos gráficos foram adotados códigos para substituir os nomes dos pontos. A Tabela 5.5 apresenta os códigos dos respectivos pontos.

**Tabela 5.5 – Código dos pontos**

Pontos	Códigos
Tomada 1	(P1)
Cisterna 1	(P2)
Reservatório 1	(P3)
Quimioterapia	(P4)
Tomada 2	(P5)
Cisterna 2	(P6)
Reservatório 2	(P7)
Emergência	(P8)
Cisterna 3	(P9)
Reservatório	(P10)
Banco de sangue	(P11)
Reservatório 4	(P12)
Cozinha	(P13)

Inicialmente foi feita a análise de variância para comparação das médias das variáveis analisadas com relação aos pontos do Sistema 1. A Tabela 5.6 apresenta esses resultados. De acordo com a ANOVA, para que exista diferença significativa é necessário que  $P < \alpha (0,05)$  e na Tabela 5.6 pode ser percebido que existe diferença significativa entre os pontos com relação às variáveis CRL, monocloramina, dicloramina, tricloramina e pH. Para uma melhor análise foi construído o gráfico GT-2 para demonstração das diferenças entre as variáveis. A Figura 5.41 representa os gráficos para as respectivas variáveis.

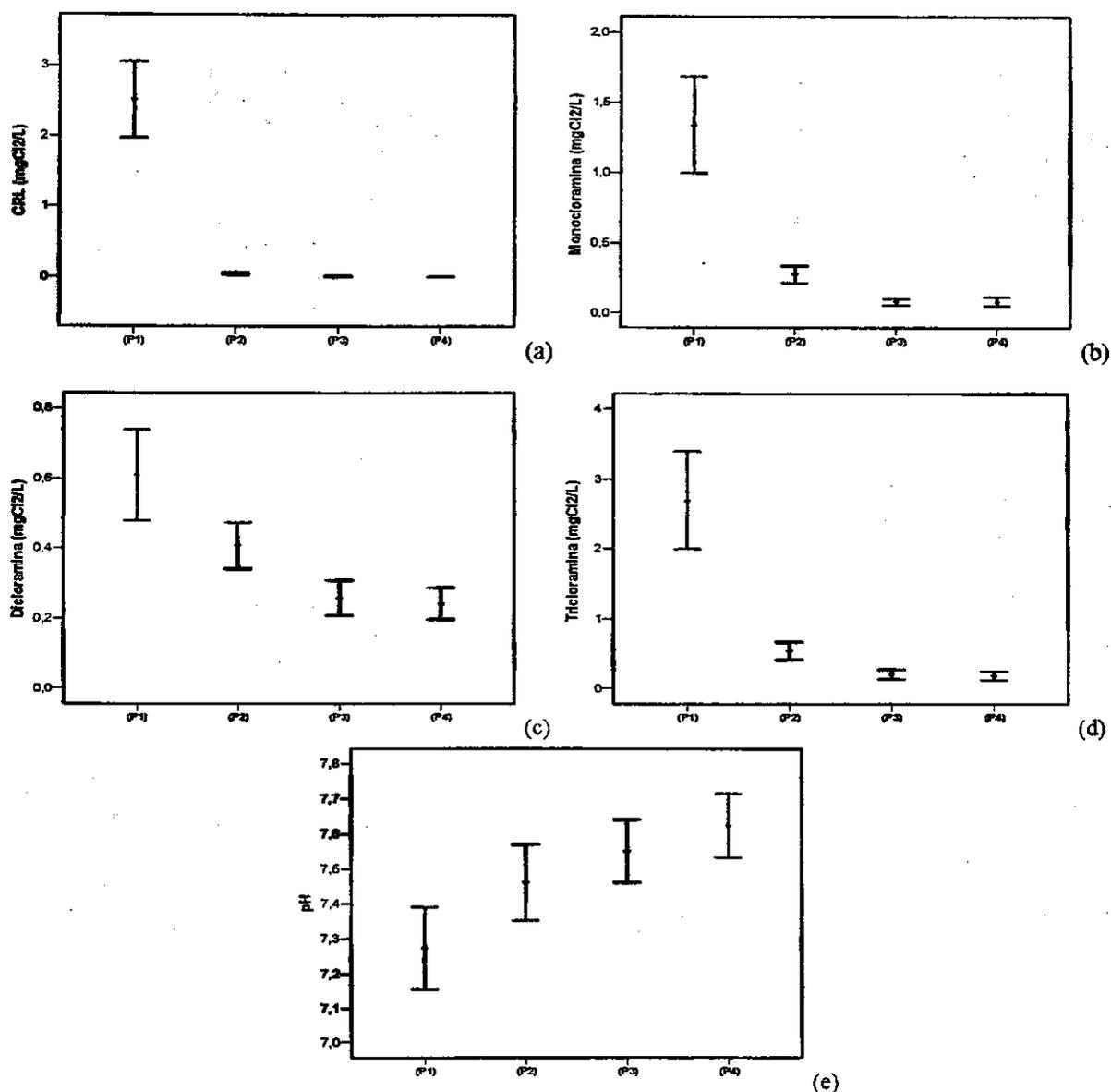
Analisando a Figura 5.41, pode ser verificado que o ponto (P1) apresenta concentrações médias significativamente superiores em relação aos demais pontos do Sistema 1 para as variáveis CRL, monocloramina, dicloramina e tricloramina, por este ponto pertencer ao sistema de abastecimento público e os outros se localizarem dentro do sistema de abastecimento predial de onde se torna mais difícil manter a concentração mínima de CRL

estabelecida na Portaria 518 (MS), visto que, locais como reservatórios de abastecimento, favorecem a acumulação de matéria orgânica nitrogenada, passível de amonificação.

**Tabela 5.6** – Análise de variância para comparação das médias dos indicadores nos pontos de amostragem do Sistema 1.

ANOVA		Soma dos quadrados	G.L.	Quadrado Médio	F	Sig.
Cloro Residual Livre	Entre Grupos	140,248	3	46,749	89,287	,000
	Dentro grupos	60,736	116	,524		
	Total	200,983	119			
Monocloramina	Entre Grupos	32,926	3	10,975	50,278	,000
	Dentro grupos	25,322	116	,218		
	Total	58,249	119			
Dicloramina	Entre Grupos	2,609	3	,870	18,822	,000
	Dentro grupos	5,360	116	,046		
	Total	7,969	119			
Tricloramina	Entre Grupos	130,705	3	43,568	46,921	,000
	Dentro grupos	107,712	116	,929		
	Total	238,418	119			
Temperatura	Entre Grupos	4,958	3	1,653	2,241	,087
	Dentro grupos	85,526	116	,737		
	Total	90,484	119			
pH	Entre Grupos	2,065	3	,688	9,146	,000
	Dentro grupos	8,731	116	,075		
	Total	10,797	119			
Turbidez	Entre Grupos	6,993	3	2,331	1,226	,303
	Dentro grupos	220,479	116	1,901		
	Total	227,472	119			
Bactérias Heterotróficas 1 mL	Entre Grupos	3116,311	2	1558,155	,909	,441
	Dentro grupos	13706,917	8	1713,365		
	Total	16823,227	10			
Bactérias Heterotróficas 0,1 mL	Entre Grupos	2379,167	2	1189,583	,100	,906
	Dentro grupos	107243,750	9	11915,972		
	Total	109622,917	11			

Pela mesma Figura (5.41) pode ser verificado que o ponto (P1) apresenta os menores valores médios de pH entre os pontos analisados, sendo os baixos valores mais favoráveis à ação do agente desinfetante, o cloro residual livre.

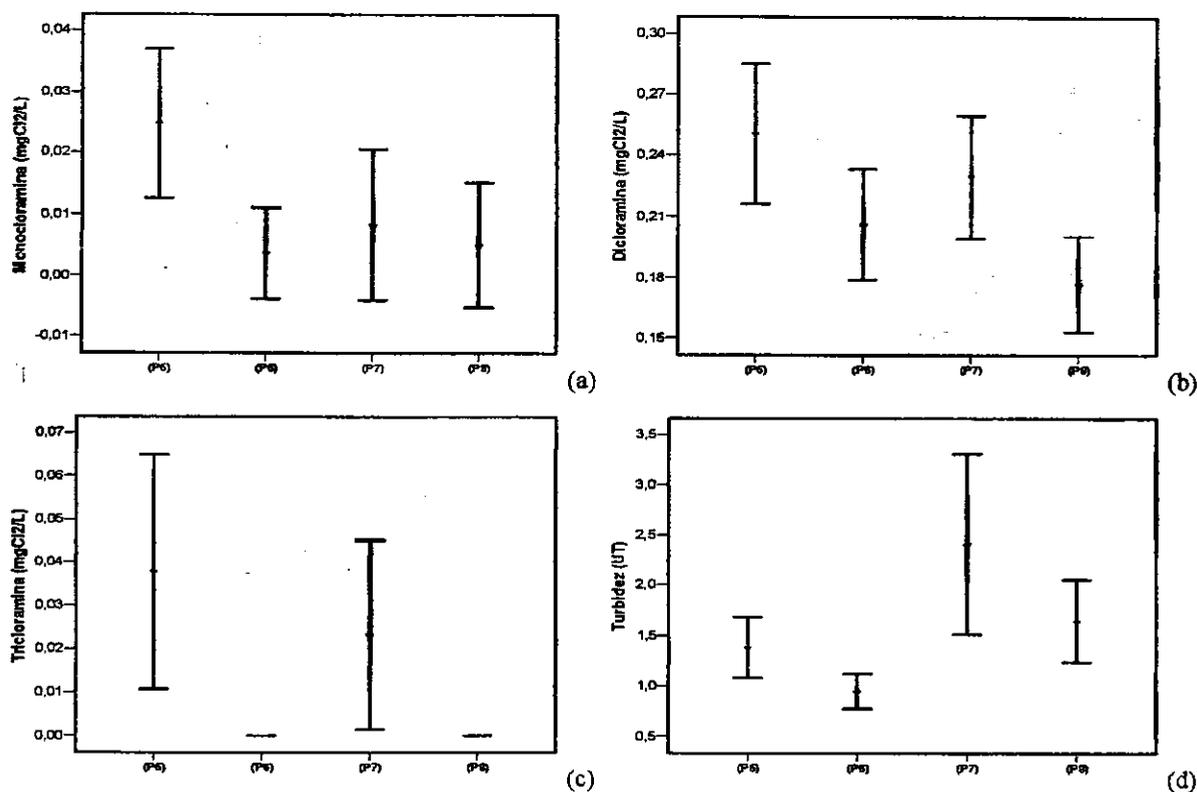


**Figura 5.41** – Médias e intervalos de comparação de 95% (Método GT-2) para CRL (a), monocloramina (b), dicloramina (c), tricloramina (d) e pH (e) entre os pontos do Sistema 1.

A variável CRL apresentou concentração média constante nula em todos os pontos dos Sistemas 2, 3 e 4 verificando assim que não houve variação entre os pontos para esta variável.

A Tabela 5.7 é referente à análise de variância para a comparação das médias de uma mesma variável analisada entre os pontos do Sistema 2.

Na Figura 5.42 o ponto (P5) apresentou maiores concentrações médias com relação às variáveis monocloramina, dicloramina e tricloramina. Apesar de ser um ponto do sistema de abastecimento público, a qualidade da água já chega degradada nos reservatórios do sistema



**Figura 5.42** – Médias e intervalos de comparação de 95% (Método GT-2) para monocloramina (a), dicloramina (b), tricloramina (c) e turbidez (d) entre os pontos do Sistema 2.

A Tabela 5.8 apresenta os dados da análise de variância para a comparação das médias de uma mesma variável medida nos pontos de amostragem do Sistema 3 tendo sido verificada a existência de diferenças significativas entre os pontos do Sistema 3, com relação às variáveis monocloramina, dicloramina e temperatura.

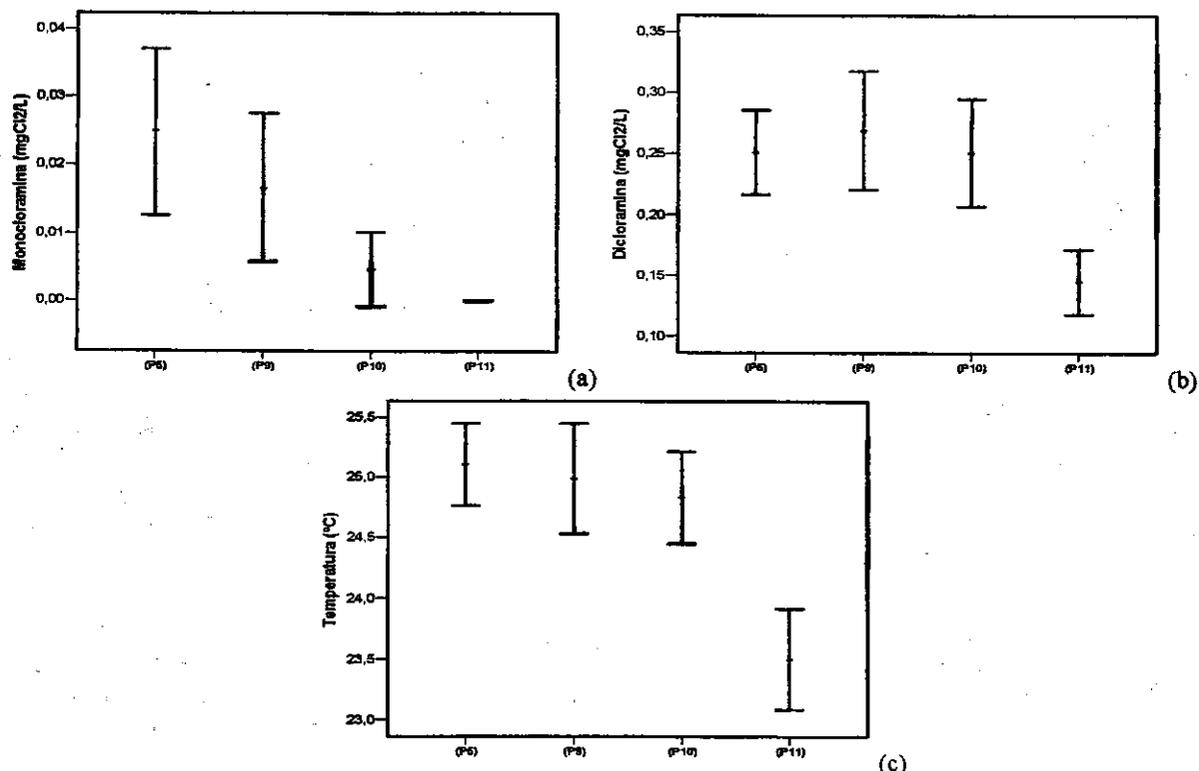
De acordo Figura 5.43, é possível perceber que o ponto (P11) apresenta concentrações médias significativamente menores em relação às variáveis monocloramina e dicloramina. Este fato é explicado por se tratar de um ponto cuja distância em relação ao ponto de abastecimento é grande e, conseqüentemente, a água precisa percorrer um caminho maior no interior das tubulações, local de fácil acumulação de matéria orgânica nitrogenada, ocorrendo assim a combinação do CRL para formação das cloraminas na água.

A Figura 5.43 apresenta a diferença com relação à variável temperatura entre os pontos do Sistema 3.

**Tabela 5.8** – Análise de variância para comparação das médias dos indicadores nos pontos de amostragem do Sistema 3.

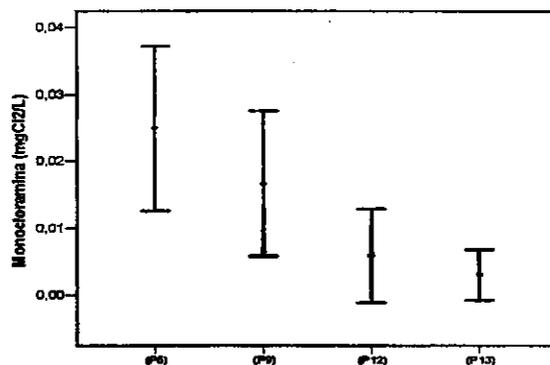
ANOVA		Soma dos quadrados	G.L.	Quadrado Médio	F	Sig.
Monocloramina	Entre Grupos	,015	3	,005	5,041	,002
	Dentro grupos	,142	141	,001		
	Total	,157	144			
Dicloramina	Entre Grupos	,299	3	,100	7,308	,000
	Dentro grupos	1,925	141	,014		
	Total	2,224	144			
Tricloramina	Entre Grupos	,032	3	,011	2,289	,081
	Dentro grupos	,656	141	,005		
	Total	,688	144			
Temperatura	Entre Grupos	55,374	3	18,458	13,167	,000
	Dentro grupos	197,651	141	1,402		
	Total	253,024	144			
pH	Entre Grupos	,376	3	1,25	2,945	,050
	Dentro grupos	6,003	141	,043		
	Total	6,379	144			
Turbidez	Entre Grupos	2,062	3	,687	,834	,477
	Dentro grupos	116,148	141	,824		
	Total	118,210	144			
Bactérias Heterotróficas 1mL	Entre Grupos	7745,875	3	2581,958	,327	,806
	Dentro grupos	94682,125	12	7890,177		
	Total	102428,000	15			
Bactérias Heterotrófica 0,1mL	Entre Grupos	9281,250	3	3093,750	,397	,757
	Dentro grupos	93462,500	12	7788,542		
	Total	102743,750	15			

A Tabela 5.9 apresenta os dados da análise de variância para comparação das médias das variáveis medidas nos pontos do Sistema 4 sendo verificada diferença significativa entre os pontos do sistema com relação à variável monocloramina.



**Figura 5.43** – Médias e intervalos de comparação de 95% (Método GT-2) para monoclорamina (a), dicloramina (b) e temperatura (c) entre os pontos do Sistema 3.

A análise da Figura 5.44 possibilita verificar que o ponto (P5), um ponto do sistema de abastecimento público, apresentou a maior média de monoclорamina o que determinou a ocorrência de diferenças significativas envolvendo essa média e demonstrando que a qualidade da água na sua chegada aos reservatórios do sistema de abastecimento predial já é degradada.



**Figura 5.44** – Médias e intervalos de comparação de 95% (Método GT-2) para monoclорamina entre os pontos do sistema 4.

**Tabela 5.9** – Análise de variância para comparação das médias dos indicadores nos pontos de amostragem do Sistema 4.

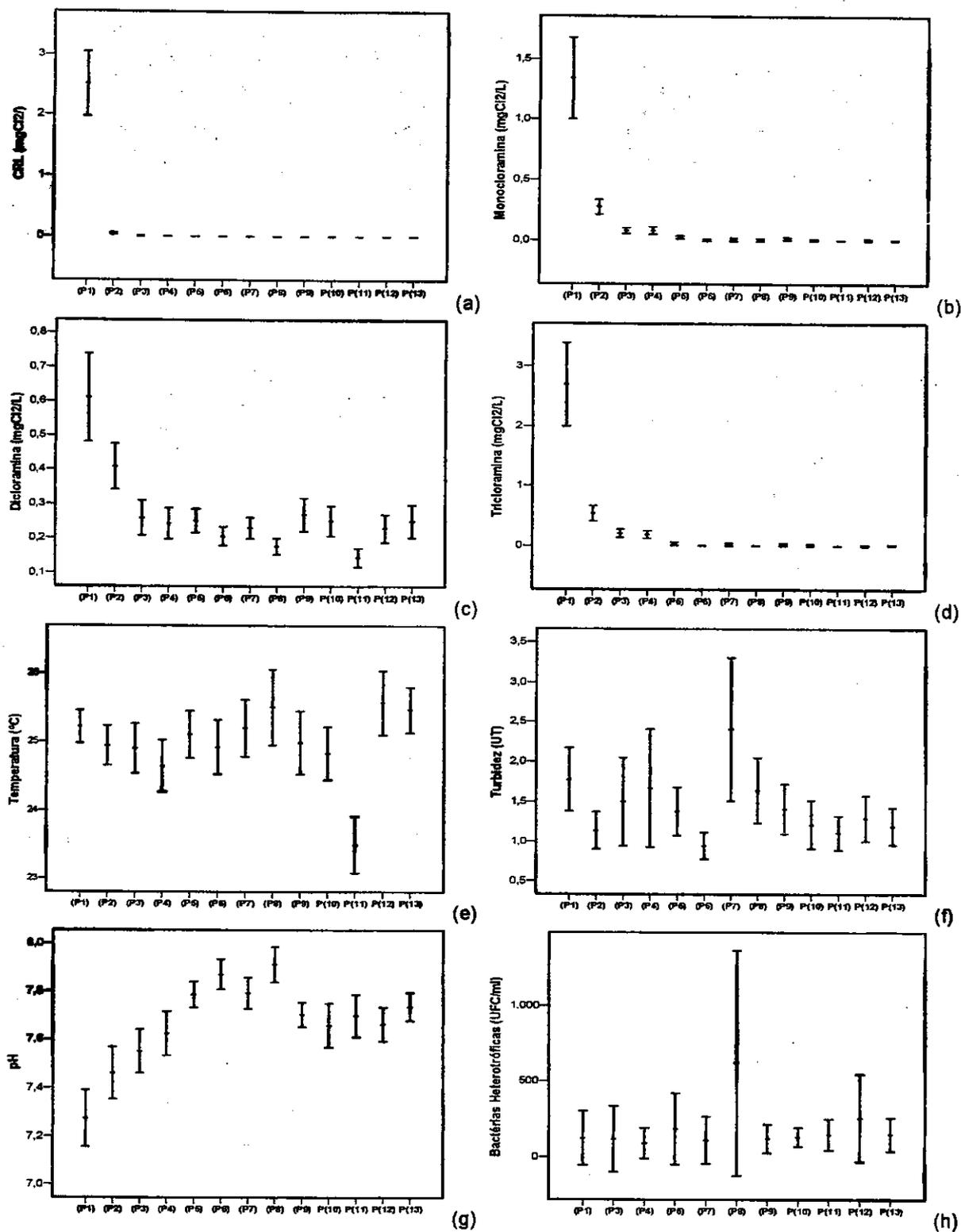
ANOVA		Soma dos quadrados	G.L.	Quadrado Médio	F	Sig.
Monocloramina	Entre Grupos	,012	3	,004	3,843	,011
	Dentro grupos	,148	140	,001		
	Total	,161	143			
Dicloramina	Entre Grupos	,023	3	,008	,500	,683
	Dentro grupos	2,170	140	,016		
	Total	2,194	143			
Tricloramina	Entre Grupos	,026	3	,009	1,853	,140
	Dentro grupos	,655	140	,005		
	Total	,681	143			
Temperatura	Entre Grupos	7,734	3	2,578	1,807	,149
	Dentro grupos	201,146	140	1,427		
	Total	208,880	143			
pH	Entre Grupos	,330	3	,110	3,537	,056
	Dentro grupos	4,389	140	,031		
	Total	4,719	143			
Turbidez	Entre Grupos	,920	3	,307	,375	,771
	Dentro grupos	114,581	140	,818		
	Total	115,501	143			
Bactérias Heterotróficas 1mL	Entre Grupos	1974,750	3	658,250	,057	,981
	Dentro grupos	139227,750	12	11602,313		
	Total	141202,500	15			
Bactérias Heterotrófica 0,1mL	Entre Grupos	41492,188	3	13830,729	,873	,482
	Dentro grupos	190006,250	12	15833,854		
	Total	2314998,438	15			

A Tabela 5.10 apresenta os resultados relacionados à segunda etapa da análise de variância, ou seja, a análise entre os pontos de todos os sistemas para a comparação das médias das variáveis analisadas. Os dados da tabela demonstram que existe diferença significativa entre praticamente todas as variáveis analisadas, mostrando que as condições dos locais, onde se inserem os pontos de monitoração da qualidade da água, influenciam significativamente no comportamento de tais variáveis, seja por motivos operacionais, ambientais, de natureza humana ou por causa de uma manutenção deficiente.

**Tabela 5.10** – Análise de variância para comparação das médias dos indicadores determinados em todos os pontos dos sistemas de abastecimento predial.

ANOVA		Soma dos quadrados	G.L.	Quadrado Médio	F	Sig.
Cloro Residual Livre	Entre Grupos	175,162	12	14,597	96,373	,000
	Dentro grupos	60,736	401	,151		
	Total	235,898	413			
Monocloramina	Entre Grupos	49,101	12	4,092	64,239	,000
	Dentro grupos	25,542	401	,064		
	Total	74,643	413			
Dicloramina	Entre Grupos	5,062	12	,422	19,800	,000
	Dentro grupos	8,543	401	,021		
	Total	13,605	413			
Tricloramina	Entre Grupos	198,596	12	16,550	61,158	,000
	Dentro grupos	108,512	401	,271		
	Total	307,108	413			
Temperatura	Entre Grupos	100,132	12	8,344	6,913	,000
	Dentro grupos	485,240	401	1,207		
	Total	585,372	413			
pH	Entre Grupos	10,826	12	,902	18,824	,000
	Dentro grupos	19,267	401	,048		
	Total	30,093	413			
Turbidez	Entre Grupos	51,878	12	4,323	3,026	,000
	Dentro grupos	572,954	401	1,429		
	Total	624,832	413			
Bactérias Heterotróficas 1mL	Entre Grupos	43844,057	10	4384,406	,678	,736
	Dentro grupos	206884,688	32	6465,146		
	Total	250728,744	42			
Bactérias Heterotrófica 0,1mL	Entre Grupos	914747,727	10	91474,773	2,994	,008
	Dentro grupos	1008131,250	32	30549,432		
	Total	1922878,977	42			

Para a manutenção do residual de cloro livre no sistema de abastecimento, deve ser feita manutenção nos reservatórios e nas tubulações, procurando desta forma eliminar as substâncias que promovam a demanda de cloro, com, por exemplo, compostos amoniacais resultantes da decomposição da matéria orgânica. A Figura 5.45 demonstra que o ponto (P1) apresentou concentrações significativamente maiores com relação aos outros pontos para as variáveis CRL, monocloramina, dicloramina e tricloramina. Este fato pode ter ocorrido por este ponto pertencer ao sistema de abastecimento público e os outros se localizarem em pontos do sistema de distribuição predial, estando desta forma mais favoráveis a ação dos compostos amoniacais.



**Figura 5.45** - Médias e intervalos de comparação de 95% (Método GT-2) para as variáveis CRL (a), monocloramina (b), dicloramina (c), tricloramina (d), temperatura (e), turbidez (f), pH (g) e bactérias heterotróficas 0,1 mL (h) entre os pontos dos Sistema 1, 2, 3 e 4.

Com relação à variável turbidez o ponto que apresentou os maiores valores levando a diferenças significativas foi o (P7), como ilustra a Figura 5.45, pelas mesmas razões que já foram justificadas anteriormente com relação à Figura 5.42.

A Figura 5.45 apresentou as diferenças significativas entre todos os pontos analisados com relação à variável temperatura.

Em relação à variável bactérias heterotróficas o ponto que apresentou a maior média e o maior intervalo de comparação foi o (P8), como mostra a Figura 5.45, o que pode ser atribuído a uma série de fatores, como por exemplo, o fato das tubulações de abastecimento desse ponto serem de ferro fundido, acarretando um aumento de material em suspensão na água e conseqüentemente, um aumento nos valores de turbidez, que proporcionam um ambiente mais propício ao crescimento bacteriano, uma vez a turbidez protege esses microorganismos dos efeitos da desinfecção.

## 6.0 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 6.1 Qualidade da água consumida no Hospital Alcides Carneiro

Os resultados apresentados no capítulo anterior dizem respeito à monitoração dos indicadores sentinelas, visando um plano de manutenção da qualidade da água consumida no Hospital Universitário Alcides Carneiro (HUAC). Através da monitoração de indicadores sentinelas nos quatro sistemas de abastecimento prediais existentes no HUAC, pode ser verificado que as variáveis, cloro residual livre e turbidez apresentaram valores em não-conformidade com os padrões estabelecidos pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, ensejando, dessa forma, uma possível ocorrência de situações de risco na população da área estudada, sobretudo por se tratar de um hospital onde os consumidores da água já estão em condições debilitadas por enfermidades, com baixa imunidade, tornando o problema ainda mais grave.

Em apenas um dos treze pontos de monitoração analisados as concentrações de cloro residual livre apresentaram-se dentro dos padrões mínimos estabelecidos pela Portaria 518 (MS), significando que 92,3% dos pontos analisados apresentaram valores para variável cloro residual livre em não conformes com a legislação em vigor. Esta situação pode ser relacionada à falta de manutenção nos reservatórios e tubulações dos sistemas de distribuição do hospital, ocorrência de vazamentos e infiltrações ou mesmo a idade das instalações, o que pode causar o surgimento de matéria orgânica e nitrogênio amoniacal no sistema de distribuição predial, reduzindo, desta forma, o teor de cloro livre. Esses fatores também podem ensejar contaminação pela presença de microrganismos patogênicos e substâncias tóxicas, que comprometem a qualidade da água consumida pela população do hospital.

O cloro é considerado um excelente desinfetante, pois a sua utilização em concentração suficiente, atua como um ótimo agente bactericida. Desta forma, a baixa concentração de cloro residual livre verificada nos sistemas de distribuição do HUAC deve ser considerada relevante, uma vez que a cloração da água reduz a veiculação de doenças de veiculação hídrica, principalmente aquelas causadas por bactérias.

As menores concentrações de cloro residual livre, foram verificadas nos sistemas de alimentação 2, 3 e 4 do HUAC, por serem sistemas localizados numa parte mais antiga do

hospital e que possuem as instalações mais desgastadas. Pelo fato do cloro ser um forte oxidante alguns fatores contribuem para que ocorra um decaimento na concentração do residual de cloro no sistema de abastecimento predial, como por exemplo, a presença de compostos redutores e amoniacais, o tipo de material das canalizações e a idade do sistema o que, afinal, influencia na deterioração da qualidade da água durante o seu percurso no sistema de distribuição.

Em todos os pontos de monitoração a espécie de cloro residual combinado que apresentou as maiores frações foi a dicloramina revelando, desta forma, que existe a presença de nitrogênio amoniacal na água consumida pela população do HUAC. No entanto, dos três tipos de cloraminas determinados a que possui maior poder bactericida é a espécie dicloramina. Porém, o agente realmente desinfetante é o cloro residual livre, sendo verificado, desta forma, que o sistema de abastecimento do HUAC fica vulnerável a prováveis situações de risco, sem oferecer a proteção sanitária adequada para os consumidores dessa água.

Com relação à variável turbidez, apenas 2,31% dos pontos monitorados apresentaram valores de turbidez superiores ao estabelecido na Portaria 518 (MS). Inicialmente pode-se considerar este resultado como satisfatório, no entanto deve-se salientar que presença turbidez na água ajuda a mascarar a possível existência de microrganismos, comprometendo o processo de desinfecção da água, além disso, elevados valores de turbidez comprometem as características organolépticas da água.

Depois de analisados, os resultados mostraram que a turbidez sofre aumentos significativos em períodos de intensa precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica, causando, provavelmente, um maior aporte de material exógeno para o manancial abastecedor. Também possíveis vazamentos e infiltrações no sistema de distribuição predial estudado podem contribuir para o aumento da turbidez. Segundo Galdino (2009), a remoção de turbidez, nas estações de tratamento, por meio da clarificação, indica a remoção de partículas em suspensão, incluindo enterovírus, cistos de *Giardia* spp e oocistos de *Cryptosporidium* sp. Neste sentido a turbidez é considerado indicador potencial de doenças de veiculação hídrica, revelando assim a importância do seu monitoramento em pesquisas de vigilância da qualidade da água.

A variável pH possui importância no controle da água de abastecimento, por ser utilizada para avaliar a qualidade do tratamento da água realizado, além de ser responsável por parte das reações químicas do cloro com a água. Valores muito baixos de pH podem

contribuir para a corrosão das tubulações do sistema de abastecimento, no entanto, valores muito altos podem contribuir para a formação de incrustações nas tubulações dificultando o abastecimento contínuo. Por isso, percebe-se a importância do monitoramento da variável pH em todos os pontos do sistema de abastecimento do HUAC, verificando assim falha no sistema quando os valores encontram-se em desacordo com a legislação vigente, causando desta forma prejuízo à qualidade da água consumida pela população.

Com relação à variável bactérias heterotróficas, apenas 3,40% das amostras analisadas apresentaram valores em não conformidade com a Portaria 518/2004 (MS). Apesar de poucas amostras terem apresentado resultados superiores aos estabelecidos na legislação, só o fato de haver a ocorrência de bactérias na água de abastecimento, já é um fato digno de atenção, uma vez que o risco mais comum e disseminado para a saúde humana está frequentemente associado ao consumo de água com presença de microorganismos que podem ocasionar danos irreparáveis à saúde da população.

Diante do exposto observa-se a importância da elaboração e implantação de um plano de manutenção da qualidade da água consumida no HUAC, visando assim o bem-estar da população usuária do hospital, garantindo que a qualidade da água consumida por ela encontra-se dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos na Portaria 518 (MS).

## **6.2 Plano de manutenção da qualidade da água**

A criação de programas para o devido controle da qualidade da água é uma ação essencial em qualquer sistema de abastecimento, desde a estação de tratamento até a torneira do consumidor, por se tratar de uma medida de necessidade para a garantia da saúde da população. O controle da qualidade da água é uma atividade que deve ser exercida tanto nos sistema de abastecimento público, como em sistemas de abastecimento prediais, especialmente lugares com intenso fluxo de pessoas, como hospitais, escolas, etc. No entanto, o controle da qualidade da água deve analisar o sistema como um todo desde aspectos ligados ao projeto, construção, operação e manutenção do sistema, até as características físico-químicas e bacteriológicas da água consumida pela população verificando se estas se encontram em conformidade com a legislação vigente.

Para que se tenha um sistema de abastecimento que atenda às suas finalidades e atue dentro dos padrões de conformidade estabelecidos pela Portaria 518 (MS), deve-se levar consideração aspectos como o tempo de existência dos sistemas e o seu estado de conservação, e com base nesses aspectos surge então a idéia da formalização do plano de manutenção do sistema de abastecimento, com o intuito de preservar a qualidade da água consumida pela população.

Através de um plano de manutenção preventiva, a qualidade da água utilizada nos sistema de abastecimento público e predial, torna-se mais confiável do ponto de vista da potabilidade. Uma vez que este tipo de manutenção visa prevenir possíveis contaminações nos sistemas de distribuição, como vazamentos, infiltrações e formação de biofilme em tubulações e reservatórios.

Nesse sentido, analisado o contexto do local estudado percebe-se necessária a criação de uma gestão eficiente dentro do HUAC, que busque a formação de uma equipe de manutenção com profissionais preparados para atuar na vigilância da qualidade da água consumida no hospital, através de medidas de controle corretivas e preventivas no sistema de distribuição predial.

## 7.0 CONCLUSÕES

A análise dos dados da monitoração da qualidade da água de abastecimento do Hospital Universitário Alcides Carneiro da cidade de Campina Grande – PB, com base em indicadores sentinelas e auxiliares permitiu a obtenção das seguintes conclusões:

Em todos os pontos monitorados a qualidade da água no sistema de abastecimento do HUAC apresentou uma grande deficiência com relação à desinfecção, uma vez que foi constatada uma alta frequência de concentrações nulas e mais de 90% das medições se situaram abaixo do mínimo recomendado pela legislação em vigor. O cloro residual predominou como cloro combinado cujo poder desinfetante é significativamente menor que o do cloro livre. Isso determina uma situação de risco de contaminação da água sendo atribuído a fatores relacionados à inexistência de manutenção preventiva periódica nos reservatórios e na rede de distribuição prediais.

A água de abastecimento sofreu alterações de turbidez, principalmente nos meses de junho e julho, período de intensa precipitação pluviométrica na região, afetando desta forma o manancial abastecedor e degradando a água dos reservatórios através de infiltrações e vazamentos nas tubulações.

A qualidade da água fornecida pelo sistema público de distribuição proveniente do reservatório R-9 foi superior à do reservatório R-5. Foi verificado que as variáveis analisadas na água proveniente do R-9 atenderam aos padrões estabelecidos pela Portaria Nº 518/2004 do Ministério da Saúde contrastando com as águas do reservatório R-5 que não atenderam aos referidos padrões. No entanto, as águas provenientes de ambos os reservatórios do sistema público foram de qualidade superior àquelas dos sistemas prediais analisados. Isto é, o acondicionamento da água em reservatórios prediais interferiu nas suas características físico-químicas e bacteriológicas.

Os dados dos reservatórios 2, 3 e 4 apresentam diferenças estatisticamente significantes, em relação aos dados do reservatório 1, em termos da qualidade das águas armazenadas, provavelmente, por este se tratar de um reservatório mais conservado, causando, assim, uma menor degradação na qualidade da água.

A manutenção da qualidade da água requer a implementação de um plano baseado em medidas que minimizem a degradação da qualidade da água desde a chegada do ramal predial dos reservatórios abastecedores (R-9 e R-5) até as instalações internas do hospital.

## **8.0 RECOMENDAÇÕES**

Diante das análises realizadas, recomenda-se que o Hospital Universitário Alcides Carneiro, elabore um plano para a manutenção preventiva e corretiva do sistema de distribuição predial, buscando, desta forma, uma melhor qualidade da água consumida pelos usuários do hospital. Neste sentido, sugere-se um treinamento de recursos humanos para efetivar a vigilância da qualidade da água dentro do HUAC.

Por fim recomenda-se a continuidade dessa pesquisa como forma de um melhor conhecimento das características do sistema de abastecimento do hospital, e da qualidade da água lá consumida.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

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

BASTOS, R. K.; HELLER, L.; PRINCE, A. A.; BRANDÃO, C. C. S.; COSTA, S. *Manual de boas práticas no abastecimento de água: procedimentos para a minimização de riscos à saúde* (versão preliminar). FUNASA/OPAS, 2003. No prelo.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. *Boas práticas no abastecimento de água : procedimentos para a minimização de riscos à saúde* / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília. Ministério da Saúde, 2006. 252 p

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, 2006. 60p.

BRASIL. Ministério da Saúde, Portaria 518. *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*. Ministério da Saúde. 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. *Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano* / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212 p.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e estatística (IBGE). *Censos Demográficos*. Brasília: 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso: 10 de novembro de 2009.

CARSWELL, J. K., CLARK, M. R., DORSEY, P. et al. Ozone, chlorine dioxide and chloramines as alternatives to chlorine for disinfection of drinking water. In: CONFERENCE ON WATER CHLORINATION: Environmental Impact and Health Effects, 2, 1977, Gatlinburg. Anais. Gatlinburg: Office of Research and Development U. S. Environmental Protection Agency - EPA, 1977. p 1-84.

CETESB, Manual de análises microbiológicas da água, São Paulo, 2004. 126p.

DANIEL, L. A. *Processos de Desinfecção e Desinfetantes Alternativos na Produção de Água Potável*. Prosab: São Carlos, 2001.149p.

FONTANIVE . S, Estudo de análise de risco do cloro em estações de tratamento de água. Curitiba, PR. Curitiba, 2005. UFPR, 2005. 144f. Dissertação (Engenharia de Processos Térmicos e Químicos). Universidade Federal do Paraná

GALDINO, F.A.G. Indicadores sentinelas para a formulação de um plano de amostragem de vigilância da qualidade da água de abastecimento de Campina Grande (PB). Campina Grande - PB: UFCG, 2009. 110p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande, 2009

GOMES, T. N, Monitoração de indicadores sentinelas para a vigilância da qualidade da água de abastecimento de Campina Grande (PB), UFCG 2009.41p. (Monografia).

HELLER, L.; PÁDUA, V.L. *Abastecimento de água para consumo humano*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.859p.

IWA. The Bonn Charter for safe drinking water. International Water Association, September 2004, London.

MARMO, C.R., SANTOS.B.V.A.P.,JÚNIOR, R.B., Formação de Trihalometanos em águas de abastecimento tratadas na pré-oxidação com cloro livre, 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte (MG), 2007.

MEIRA, C. M. B. S., OLIVEIRA, R.D.,COURA.M.D.A,GALDINO. F. A.G, GOMES. T.N. Monitoração de indicadores sentinelas para a vigilância da qualidade da água de abastecimento de Campina Grande (PB), 2009.

MEYER, S.T. Chlorine Use in Water Disinfection, Trihalomethane Formation, and Potencial Risks to Public Helath. Caderno de Saúde Pública. Rio de Janeiro, 1994.

OPAS (Organización Panamericana de la Salud). *Guias para la Calidad del Agua Potable*. Volumes I, II e III. Genebra: Opas, 1987.

PERGORARO, S. R, Qualidade da água utilizada em sistema de alimentação. Cascavel – PR, (Monografia), Faculdade Assis Gurgacz, 2006.50p.

RICHTER, C. A., AZEVEDO NETTO, J. M. *Tratamento de água*. São Paulo: Edgard Blucher, 1991. 332p

ROSSIN, A. C. Desinfecção. In: *Técnica de Abastecimento e Tratamento de Água (Tratamento de Água)*, São Paulo: CETESB/ASCETESB, Vol. 2, 1987.

SALERMO, L.S, Aplicação de ferramentas da mentalidade enxuta e da manutenção autônoma aos serviços de manutenção dos sistemas prediais de água. Estudo de Caso: Hospital Das Clínicas da UNICAMP, 2005

SILVA; S. A.; OLIVEIRA, R, *Manual de análise físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias*. Campina Grande, PB: O Autor, 2001. 266p.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. *Biometry*. 4. ed. New York: W. H. Freeman and Company, 1995. 850 p.

SOUSA, R. M. G. L, Princípios e métodos utilizados em segurança da água para consumo humano, São Paulo, 2008. 54p.

USEPA – U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY EPA-815/R-99-014 – *Guidance manual alternative disinfectants and oxidants*. Washington, 1999.

VIEIRA, J. M. P et al. *Planos de Segurança em Sistemas Públicos de Abastecimento de Água para Consumo Humano – Série Guias Técnicos*, Portugal - Universidade do Minho, 2005.

WHO (World Health Organization). *Guidelines for drinking-water quality*, vol. 2. WHO, Geneva, 2003.

WHO (World Health Organization). *Guidelines for drinking-water quality*, vol 1, WHO, Geneva (3º edição), 2004.