



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

EDSON CÁSSIO ARAUJO GOMES

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES
NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE – PB**

Campina Grande - PB
Fevereiro 2014

EDSON CÁSSIO ARAUJO GOMES

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES
NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE – PB**

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

Área de concentração: Engenharia de Recursos Hídricos e Sanitária

Orientadores: Profa. Dra. Andréa Carla Lima Rodrigues

Profa. Dra. Celeide Maria Belmont Sabino Meira

Campina Grande - PB
Fevereiro 2014

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

G633a Gomes, Edson Cássio Araújo.
Avaliação da qualidade da água em edificações multifamiliares na cidade de Campina Grande / Edson Cássio Araújo Gomes. – Campina Grande, 2014.
79 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2014.

"Orientação: Prof.^a Dr.^a Andréa Carla Lima Rodrigues, Prof.^a Dr.^a Celeide Maria Belmont Sabino Meira".

Referências.

1. Qualidade da Água. 2. Reservação Predial da Água. 3. Edificações Multifamiliares. I. Rodrigues, Andréa Carla Lima. II. Meira, Celeide Maria Belmont Sabino. III. Título.

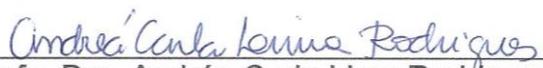
CDU 628.1(043)

EDSON CÁSSIO ARAUJO GOMES

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES
NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE – PB

Dissertação aprovada em. 26/02/2014

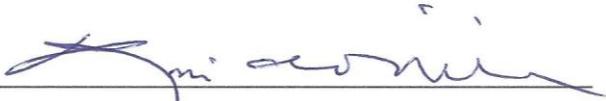
COMISSÃO EXAMINADORA



Profa. Dra. Andréa Carla Lima Rodrigues
Orientadora



Profa. Dra. Celeide Maria Belmont Sabino Meira
Orientadora



Prof. Dr. Rui de Oliveira
Examinador Interno



Profa. Dra. Weruska Brasileiro Ferreira
Examinadora Externa

Dedico esse trabalho a Deus que me concedeu a conclusão do meu mestrado, me capacitando para tal, e aos meus pais, Francisco Gomes de Souza e Maria Perpetua de Araujo Gomes, que sempre me incentivaram para que eu prosseguisse na realização dos meus sonhos, acreditando que eu seria capaz de alcançar mais esta vitória em minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por todas as bênçãos derramadas sobre mim, que me deram força, humildade e perseverança nesses anos de caminhada.

A Nossa Senhora, por todas as graças em mim derramadas por meio de sua intercessão.

As professoras Andréa Carla Lima Rodrigues e Celeide Maria Belmont Sabino Meira, pela disposição em me orientar na elaboração deste trabalho, pela oportunidade de trabalhar com o tema, pela consideração, confiança e cooperação durante todo o período de desenvolvimento do trabalho.

Aos professores Rui de Oliveira e Weruska Brasileiro Ferreira, por aceitarem o convite para participar da comissão examinadora deste trabalho, pela atenção, sugestões e críticas propostas com o intuito de aprimorar o mesmo.

Aos gestores e moradores das duas edificações estudadas, pois sem o consentimento dos mesmos, não teria sido possível realização da pesquisa.

Aos meus pais Francisco Gomes de Souza e Maria Perpetua de Araujo Gomes, pelo amor e confiança que foram essenciais nessa jornada.

Aos meus irmãos Francisco Fernando Araujo Gomes e Iris Bruna Araujo Gomes, pelo apoio, amor e compreensão que tanto me incentivaram na busca desse ideal.

A minha avó Mocinha e a minha tia Maria pela força, amor e confiança que tanto me incentivaram e por terem sempre me ajudado para essa conquista.

A toda minha família que sempre esteve comigo, me apoiando e me incentivando nessa caminhada.

A minha namorada Ana Cláudia, que com seu amor, me incentiva, me dá apoio, me compreende e se mostra feliz com cada uma dessas conquistas que estamos vivendo juntos.

A Edson e Jane que sempre foram muito acolhedores, incentivadores do meu trabalho e pessoas muito especiais durante a minha caminhada Cristã e pessoal.

Aos meus companheiros de pesquisa Giglioly, Danyllo, Igor, Alesca, Emanuel, Cayo, Lucas Santos, Andrezza, Isabella, Karla, Gustavo, Flávio e Arthur, pelas lutas, parcerias e brincadeiras ao longo da pesquisa.

Ao taxista Daniel pela sua contribuição, boa amizade e apoio durante a pesquisa.

A toda minha família EJC pelo carinho, conversas, brincadeiras e orações, onde cada um vem atuando em minha vida como verdadeiros anjos da guarda.

A presença, o carinho e a cooperação de cada um foram essenciais para esta conquista. Obrigado a todos.

RESUMO

A vigilância da qualidade da água contemplada na Portaria Nº 2.914/2011 é um dos instrumentos criados pelo Ministério da Saúde com o intuito de verificar a qualidade da água em todo o sistema de abastecimento público. Porém, é necessário que esta vigilância seja feita também para as redes de distribuição prediais a fim de se garantir que a qualidade chegue até o ponto final de consumo. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a qualidade da água em edificações multifamiliares na cidade de Campina Grande/PB. Para esta avaliação foram selecionadas duas edificações multifamiliares, obedecendo a critérios como, número de pavimentos, sistema predial de abastecimento indireto de dois reservatórios e localização de acordo com as zonas de pressão de Campina Grande/PB. O monitoramento da qualidade da água foi realizado por meio de pontos de amostragem estrategicamente distribuídos no interior do sistema predial com o intuito de avaliar a água que chega às edificações (rede pública), a qualidade da água nos reservatórios de acumulação e a qualidade da água após a reservação. Para a avaliação da qualidade da água foram monitorados os indicadores sentinelas e auxiliares de qualidade da água. Os resultados das análises das amostras da rede pública mostraram resultados satisfatórios atendendo aos limites do padrão de potabilidade da água estabelecido pela Portaria Nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, no entanto observou-se uma grande degradação da qualidade da água nos reservatórios de acumulação, o que impossibilitou ter uma verificação precisa a respeito do efeito da verticalização na qualidade da água. Portanto, conclui-se que a falta de preocupação dos gestores das edificações com a limpeza e manutenção periódicas do sistema de distribuição predial, especialmente dos reservatórios de acumulação, aumentam o risco de transmissão de doenças de veiculação hídrica para os usuários.

Palavras-chave: Qualidade da água, Reservação predial de água, Edificações Multifamiliares.

ABSTRACT

The monitoring of water quality in contemplated Ordinance No. 2.914/2011 is a tool created by the Ministry of Health in order to check the quality of water throughout the public system. However, it is necessary that this surveillance is also made to the building distribution networks in order to ensure that this quality reaches the final point of consumption. This research aimed to evaluate the water quality in multifamily buildings in the city of Campina Grande/PB. For this evaluation, two multifamily buildings were selected as obeying criteria, number of floors, building system and indirect abatement two reservoirs and location according to the pressure zones of Campina Grande/PB. The monitoring of water quality was conducted by sampling points strategically placed inside the building system in order to evaluate the water that comes to buildings (public network), the quality of water in storage reservoirs and water quality after the reservation. The results of the analyzes of samples from public view showed satisfactory results, in large part, to the limits of the standard for drinking water established by Ordinance No. 2.914/2011 of the Ministry of Health, however there was a large degradation of water quality in storage reservoirs, precluding the need to have a check on the effect of vertical integration on water quality. Therefore, it is concluded that the lack of concern for managers of buildings with periodic cleaning and maintenance of the land distribution, particularly of the reservoir accumulation system, increase the risk of transmission of waterborne diseases for users.

Keywords: Water quality, Piggybacking, reservation, Multidamiliare Buildings.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1	– Unidades de um sistema de abastecimento de água.....	20
Figura 2.2	– Bombas de recalque do sistema predial de abastecimento	25
Figura 2.3	– Medidores individualizados de consumo de água	26
Figura 2.4	– Evolução da quantidade de parâmetros das portarias brasileiras e sua tipologia.....	28
Figura 3.1	– Localização de Campina Grande no Estado da Paraíba.....	39
Figura 3.2	– Sistema de distribuição de água de Campina Grande/PB.....	41
Figura 3.3	– Zonas de pressão da cidade de Campina Grande/PB.....	42
Figura 3.4	– Edificação “A” localizada no bairro Prata em Campina Grande/PB.....	44
Figura 3.5	– Edificação “B” localizada no bairro Catolé em Campina Grande/PB.....	45
Figura 3.6	– Pontos de coletas das edificações estudadas: Reservatório inferior (A); Reservatório superior (B); Rede Pública (C); Apartamentos (D).....	46
Figura 3.7	– Coletas de amostras para as análises físico-químicas: Coleta em torneiras (A); coleta em caixas d’água (B).....	48
Figura 3.8	– Laboratório itinerante para as análises físico-químicas.....	48
Figura 3.9	– Colorímetro para medição de cloro.....	49
Figura 3.10	– Turbidímetro.....	50
Figura 3.11	– pHmetro.....	50
Figura 3.12	– Termômetro infravermelho.....	51
Figura 4.1	– Gráfico GT-2 aplicado aos dados de CRL para a edificação “A”.....	54
Figura 4.2	– Gráfico GT-2 aplicado aos dados de CRC para a edificação “A”.....	56
Figura 4.3	– Gráfico GT-2 aplicado aos dados de pH para a edificação “A”.....	59
Figura 4.4	– Gráfico GT-2 aplicado aos dados de CRL para a edificação “B”.....	61
Figura 4.5	– Gráfico GT-2 aplicado aos dados de CRC para a edificação “B”.....	63
Figura 4.6	– Gráfico GT-2 aplicado aos dados de Turbidez para a edificação “B”.....	64
Figura 4.7	– Gráfico GT-2 aplicado aos dados de pH para a edificação “B”.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Critérios a serem observados na definição dos pontos de amostragem do monitoramento de vigilância da qualidade da água.....	33
Tabela 3.1 – Pontos de coleta das edificações.....	46
Tabela 4.1 – Resumo dos dados de CRL nos pontos de amostragem da Edificação “A”.....	54
Tabela 4.2 – Resultado da análise de variância para CRL na edificação “A”.....	54
Tabela 4.3 – Resumo dos dados de CRC nos pontos de amostragem da Edificação “A”.....	55
Tabela 4.4 – Resultado da análise de variância para CRC na edificação “A”.....	54
Tabela 4.5 – Resumo dos dados de turbidez nos pontos de amostragem da Edificação “A”.....	57
Tabela 4.6 – Resultado da análise de variância para turbidez na edificação “A”..	57
Tabela 4.7 – Resumo dos dados de pH nos pontos de amostragem da Edificação “A”.....	58
Tabela 4.8 – Resultado da análise de variância para pH e turbidez na edificação “A”.....	59
Tabela 4.9 – Resumo dos dados de CRL nos pontos de amostragem da Edificação “B”.....	60
Tabela 4.10 – Resultado da análise de variância para CRL na edificação A.....	61
Tabela 4.11 – Resumo dos dados de CRC nos pontos de amostragem da Edificação “B”.....	62
Tabela 4.12 – Resultado da análise de variância para CRC na edificação B.....	62
Tabela 4.13 – Resumo dos dados de turbidez nos pontos de amostragem da edificação “B”.....	63
Tabela 4.14 – Resultado da análise de variância para turbidez na edificação “B”.....	64
Tabela 4.15 – Resumo dos dados de turbidez nos pontos de amostragem da edificação “B”.....	65
Tabela 4.16 – Resultado da análise de variância para pH na edificação “B”.....	65

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO.....	16
1.1 Objetivo geral.....	17
1.2 Objetivos específicos.....	18
2.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
2.1 Sistema de abastecimento de água.....	19
2.2 Sistemas prediais de distribuição.....	21
2.2.1 <i>Classificação dos sistemas de abastecimento prediais</i>	22
2.2.2 <i>Sistemas de automação predial voltadas para o abastecimento de água predial</i>	24
2.3 Qualidade da água para consumo humano.....	26
2.3.1 <i>Padrões de potabilidade</i>	27
2.4.2 <i>Fatores que influenciam a qualidade da água</i>	29
2.3.3 <i>Vigilância e controle da qualidade da água</i>	31
2.4 Indicadores da qualidade da água.....	34
2.4.1 <i>Indicadores sentinelas</i>	35
2.4.2 <i>Indicadores auxiliares</i>	36
3.0 MATERIAIS E MÉTODOS.....	39
3.1 Sistema de abastecimento de água de campina grande/pB.....	39
3.2 Escolha das edificações.....	43
3.3 Edificações estudadas.....	43
3.4 Identificação dos pontos de coleta.....	45
3.6 Indicadores analisados.....	47
3.7 Coleta e preservação das amostras.....	47
3.8 Métodos analíticos.....	49
3.8.1 <i>Cloro residual livre e cloro residual combinado</i>	49
3.8.2 <i>Turbidez</i>	49
3.8.3 <i>Potencial hidrogeniônico (pH)</i>	50
3.8.4 <i>Temperatura</i>	51
3.9 <i>Análises estatísticas</i>	51
4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
4.1 Caso 1: Edifício residencial localizado no bairro da prata.....	53
4.1 Caso 2: Edifício residencial localizado no bairro catolé.....	60
6.0 CONCLUSÕES.....	71
7.0 RECOMENDAÇÕES.....	73

REFERÊNCIAS.....	74
------------------	----

1.0 INTRODUÇÃO

O acelerado crescimento urbano e a falta de planejamento das cidades brasileiras têm feito com que o aumento da ocupação do espaço urbano ocorra de forma cada vez mais acentuada nas últimas décadas. Uma das consequências desse crescimento é a diminuição de áreas livres principalmente nas cidades de médio e grande porte, especialmente nos países em desenvolvimento. Com o intuito de otimizar a questão do espaço urbano, a construção de edifícios com vários pavimentos tem sido uma tendência crescente na construção civil e no setor imobiliário, sendo este fenômeno denominado pelos urbanistas de verticalização.

Em várias cidades brasileiras, a verticalização tem ocorrido de forma contínua até mesmo em cidades de menor porte. Na cidade de Campina Grande/PB os investimentos no setor imobiliário ocasionou um aumento significativo no número de edifícios, com alguns deles possuindo mais de 30 pavimentos e chegando a atingir alturas superiores a 100 m.

Sendo as edificações multifamiliares uma tendência crescente, a preocupação com a qualidade ambiental dessas edificações deve ser levada em conta não apenas nos aspectos construtivos, mas também nos níveis de salubridade ambiental que as edificações irão proporcionar para a população. Um dos indicadores que garante a salubridade ambiental em edificações multifamiliares é a qualidade da água. A verticalização é um fenômeno que ainda não foi levado em consideração em como um fator limitante da qualidade da água nos sistemas de abastecimento prediais.

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 (BARBOSA, 2010). Além da vigilância realizada no sistema de abastecimento, faz-se necessário também ter um olhar crítico quanto à qualidade da água nas grandes edificações, em especial as edificações residenciais multifamiliares, já que as mesmas constituem ecossistemas bastante exigentes quanto ao consumo de água potável e por apresentarem características hidráulicas e hidrossanitárias distintas em relação a outras edificações.

Sendo a vigilância da qualidade da água nas redes de abastecimento um processo que visa manter a boa qualidade da mesma, é necessário que esta seja estendida também para o interior de prédios a fim de que esta boa qualidade se mantenha até o ponto final de consumo (COUTINHO, 2011). No Brasil, a etapa do consumo impõe elevados riscos à saúde, a ponto de todo o esforço desenvolvido nas diversas fases do sistema público ser inviabilizado por conta de um manuseio inadequado da água no nível intradomiciliar (BRASIL, 2006).

Com isso, é possível observar a importância de se implantar equipes de vigilância da qualidade da água nas edificações residenciais multifamiliares com o intuito de avaliar a influência da verticalização na qualidade da água desses edifícios. Além da verticalização, a água pode ser influenciada por diversas características presentes nos próprios sistemas prediais de distribuição, dentre eles pode-se destacar os reservatórios.

A falta de continuidade do abastecimento público tem obrigado os projetistas a desenvolverem soluções para o abastecimento predial com a utilização de reservatórios, a fim de suprir a necessidade dos usuários, principalmente nos horários de maior consumo. Os reservatórios também são necessários para garantir a pressão da rede em todos os apartamentos, visto que o recalque da água nessas edificações é realizado por meio de bombas, já que a pressão da rede de abastecimento não é suficiente para garantir a pressão nos pontos mais altos. O consumo de água nessas edificações é bastante elevado, isso pode ser explicado pelo fato dos edifícios oferecerem um alto padrão de vida o que implica em um maior consumo de água. O intuito desta pesquisa é realizar a vigilância da qualidade da água em edificações multifamiliares na cidade de Campina Grande/PB.

1.1 Objetivo Geral

Avaliar a qualidade da água de duas edificações multifamiliares com a utilização de indicadores sentinelas e auxiliares na cidade de Campina Grande/PB.

1.2 Objetivos Específicos

- Verificar a qualidade da água na rede pública de distribuição que abastece as edificações estudadas;
- Avaliar a influência da reservação na qualidade da água;
- Avaliar a influência da verticalização na qualidade da água.

2.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Sistema de abastecimento de água

A Portaria MS Nº 2.914, de 14 de dezembro de 2011, define sistema de abastecimento de água para o consumo humano como todas as instalações compostas por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos desde as zonas de captação até as ligações prediais, destinado à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição.

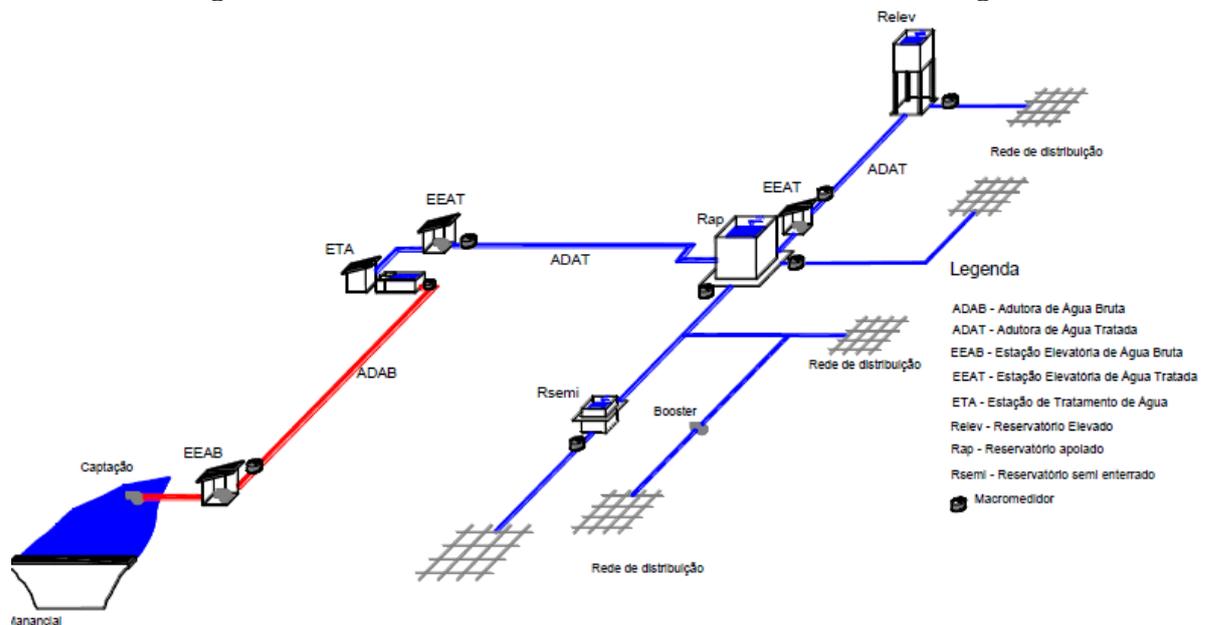
Em geral, os sistemas de abastecimento de água são compostos pelas unidades de captação, tratamento, reservação e distribuição até o ramal predial. Para a implantação do sistema de abastecimento faz-se necessário um estudo e elaboração do projeto com vistas à definição das obras a serem empreendidas. Essas obras deverão ter as suas capacidades determinadas não somente para as necessidades atuais, mas para atendimento futuro da comunidade, prevendo-se a construção por etapas e um plano, que varia normalmente entre 10 e 30 anos, (AZEVEDO NETTO, 1998).

Segundo a FUNASA (2007), um sistema de abastecimento de água (Figura 2.1) pode ser concebido para atender a pequenos povoados ou a grandes cidades, variando nas características e no porte das suas instalações. O sistema de abastecimento pode ocorrer tanto de forma individual como coletiva, sendo esta última a mais interessante pela facilidade de proteção do manancial; supervisão do sistema, controle da qualidade da água consumida e redução de recursos humanos e financeiros.

Um sistema de abastecimento de água deve ser preparado para suprir um conjunto amplo e diferenciado de demandas, tais como população residente, flutuante, temporária, abastecida, abastecível, consumidor singular (aquele que, ocupa parte de uma área específica que apresenta um consumo específico significativamente maior que o produto da vazão específica da área pela área por ele ocupada), alcance do plano e data prevista para o sistema planejado passar a operar com utilização plena de sua capacidade (SOUZA, 2010).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) propõe algumas Normas com embasamento técnico para a implantação de sistemas de abastecimento de água destacando-se a NBR 12.211/1989, que trata dos estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água, ou seja, trata dos estudos de arranjos, sob o ponto de vista qualitativo e quantitativo, das diferentes partes de um sistema, organizada de modo a formarem um todo integrado, para a escolha da melhor solução sob os pontos de vista técnico, econômico, financeiro e social. Além das Normas da ABNT, deve-se também seguir ao estabelecido pela Portaria N° 2914/2011, no que se refere aos padrões de qualidade da água para o consumo humano.

Figura 2.1 - Unidades de um sistema de abastecimento de água



FONTE: Meneses, 2011.

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB, 2008), 99,4% dos municípios brasileiros já possuem sistema de abastecimento por rede geral de distribuição, porém, o PNSB não abrange os aspectos de qualidade da água de abastecimento. Segundo Di Bernardo (2000), em muitas localidades brasileiras, tem sido comum a distribuição de água que não atende ao padrão de potabilidade vigente no país, devido a problemas operacionais acarretando sérios prejuízos à qualidade da água produzida. Diante dessa situação vê-se a importância

da implantação de equipes de vigilância e controle da qualidade da água nos municípios.

2.2 Sistemas prediais de distribuição

Paliari (2008) define os sistemas prediais como sistemas físicos, integrados a um edifício, e que têm por finalidade dar suporte às atividades dos usuários, suprindo-os com os insumos prediais necessários e propiciando os serviços requeridos de forma a contribuir com a sustentabilidade do habitat.

Segundo a NBR 5.626/1998 da ABNT, redes prediais de distribuição definem-se como o conjunto de tubulações constituído de barriletes, colunas de distribuição, ramais e sub-ramais, ou de alguns destes elementos, destinado a levar água aos pontos de utilização.

A referida norma também estabelece que as instalações prediais devem ser projetadas de modo que, durante a vida útil dos edifícios que as contêm, atendam, entre outros critérios a preservação da potabilidade da água e garantam o fornecimento de água de forma contínua, em quantidade adequada e com pressões e velocidades compatíveis com o perfeito funcionamento dos aparelhos sanitários, peças de utilização e demais componentes.

Salermo (2005), afirma que é função do sistema predial de água fornecer esse produto com qualidade, quantidade e temperatura adequadas nos pontos de consumo. Para garantir o acesso à água com qualidade e quantidade suficientes os sistemas prediais necessitam de intervenções, ao longo de sua vida útil, de forma a garantir o bom desempenho dos sistemas. A falta de manutenção nos sistemas prediais de abastecimento pode acarretar vários problemas, dentre os quais destacam-se: contaminação da água, falhas no abastecimento, perdas de grandes volumes de água na ocorrência de vazamentos, etc. Com isso, torna-se necessário uma rotina de manutenções, não somente corretivas, mas também preventivas de modo a evitar que os problemas ocorram, ou pelo menos, sejam minimizados. Tais

problemas ocorrem com maior ou menor intensidade de acordo com a classificação dos sistemas de abastecimento.

2.2.1 Classificação dos sistemas de abastecimento prediais

O sistema predial de água fria é classificado em função das pressões e vazões disponíveis do sistema de abastecimento (rede pública ou particular), e de acordo como a continuidade e confiabilidade do abastecimento (BARBOSA, 2010).

Com isso, identificam-se quatro modalidades de sistemas de abastecimento predial: sistema direto, sistema indireto, sistema misto e sistema hidropneumático.

No sistema de abastecimento direto os pontos de utilização (equipamentos sanitários) são ligados diretamente à rede pública de abastecimento, não havendo reservação intermediária da água.

Segundo Ilha e Gonçalves (2005), dentre as principais vantagens do sistema de abastecimento direto é que o mesmo garante uma melhor qualidade à água, tendo em vista que o reservatório, como citado anteriormente, pode se constituir numa fonte de contaminação devido à limpeza inadequada ou inexistente, possibilidade de entrada de elementos estranhos, entre outros fatores.

Já o sistema de abastecimento indireto caracteriza-se como o sistema em que a água provém de um ou mais reservatórios existentes no edifício (GHISI, 2004). O sistema de abastecimento indireto pode ocorrer com ou sem bombeamento. Quando a pressão for suficiente, mas houver descontinuidade no abastecimento, há necessidade de se prever um reservatório superior e a alimentação do prédio será descendente. Quando a pressão for insuficiente para levar água ao reservatório superior, deve-se ter dois reservatórios: um inferior e outro superior. Do reservatório inferior a água é lançada ao superior através do uso de bombas de recalque (moto-bombas). O sistema de distribuição indireto com bombeamento é mais utilizado em edifícios onde são necessários grandes reservatórios de acumulação.

Um terceiro tipo é o sistema de abastecimento misto caracterizado pelo uso conjugado dos sistemas direto e indireto. Segundo Matos (2011), os sistemas de

abastecimento mistos ocorrem com maior frequência em edificações horizontais, onde se utiliza o reservatório para a maioria dos pontos de utilização e o sistema direto para torneiras no jardim ou um tanque no pavimento térreo.

Por fim, tem-se o sistema hidropneumático, onde o escoamento da rede de distribuição é pressurizado através de um tanque de pressão contendo ar e água (SALGADO, 2011). Paliari (2008) acrescenta que este sistema pode ser sem bombeamento, com bombeamento ou ainda com bombeamento e reservatório inferior.

Dos quatro sistemas descritos o que apresenta maior preocupação em relação a qualidade da água é o sistema de abastecimento indireto devido a necessidade de reservação de água para uso posterior.

Além dos quatro sistemas descritos, existe também uma nova modalidade de sistema de abastecimento predial que vem sendo utilizado em novas edificações são os sistemas de reuso de água. Os sistemas de reuso de água em edificações que são apresentados na literatura são os sistemas de reuso de água de chuva, sistema de reuso de águas servidas e o sistema que contempla as duas formas de reuso citadas.

O aproveitamento da água pluvial consiste em utilizar essa água como fonte alternativa para fins não potáveis. A água da chuva também é uma fonte alternativa importante, principalmente nas regiões onde o regime pluviométrico é abundante e distribuído ao longo do ano. Afinal, por que deixar ir embora uma água da chuva, que, sem ter aproveitamento, ainda vai encher as ruas e provocar enchentes. A água da chuva tem várias diferenças qualitativas quando comparada à água cinza (FIORI, 2006).

A configuração básica de um sistema de reaproveitamento de água da chuva apresenta a área de captação (como telhado, laje ou piso), a condução de água (calhas, condutores verticais e horizontais), a unidade de tratamento e o reservatório de acumulação (SANTOS, 2002).

O aproveitamento das águas servidas consiste no aproveitamento das águas provenientes de pias, chuveiros e lavanderias (águas cinzas) a fim de serem utilizadas para fins não potáveis, como o acionamento das descargas das bacias sanitárias. Segundo Santos (2002), a configuração básica de um sistema de

utilização de água cinza seria o sistema de coleta de água servida, do subsistema de condução da água (ramais, tubos de queda e condutores), da unidade de tratamento da água (por exemplo, gradeamento, decantação, filtro e desinfecção) e do reservatório de acumulação. Pode ainda ser necessário um sistema de recalque, o reservatório superior e a rede de distribuição.

2.2.2 Sistemas de automação predial voltadas para o abastecimento de água predial

Os sistemas de automação predial proporcionam o controle automático de diversos sistemas existentes em uma edificação de modo a prover soluções às necessidades dos ocupantes. Quanto mais otimizados forem as funções operacionais, por meio de sensores e lógicas de decisão que promovam a integração das funcionalidades dos seus subsistemas. (Elétrico, hidráulico, iluminação, segurança, climatização, entretenimento, telefonia), mais a edificação se aproxima do conceito de Edifício Inteligente (BRAGA, 2007).

A importância da automação predial voltada as instalações prediais de abastecimento de água, segundo Marinelli e Camargo (2004), é possível monitorar o nível dos reservatórios, funcionamento de bombas de recalque, o consumo de água diário e o controle de sua qualidade.

Nos edifícios estudados na cidade de Campina Grande/PB, pode-se observar que, em seus projetos atuais, já contemplam alguns itens que são englobados pela automação predial, mas que ainda funcionam não de forma automática e sim com instrumentos hidráulicos e elétricos que tem que ser totalmente ou parcialmente controlados de forma manual. Dentre esses itens destacam-se o funcionamento de bombas de recalque (Figura 2.2), medidores individuais de consumo de água (Figura 2.3) e o controle do nível dos reservatórios, que é comumente realizado por meio de boias.

Um importante item que é contemplado pelos sistemas de automação predial é o controle da qualidade da água. Nas edificações estudadas na cidade de Campina Grande/PB, não é realizado nenhum tipo de controle da qualidade da

água, visto que nas edificações não são realizadas limpezas e manutenções periódicas no sistema predial, especialmente nos reservatórios.

A NBR 5.626/1998 estabelece que as instalações prediais de água fria preservem o padrão de potabilidade da água, porém, foi observado na literatura e em trabalhos científicos que a qualidade da água sofre degradações ao longo do de todo o sistema de abastecimento, especialmente nos reservatórios, esse fato mostra a importância de se adotar sistemas de automação predial para se garantir a qualidade da água.

Atualmente, existem metodologias de automação que são utilizados na indústria e em estações de tratamento de água que poderiam ser adaptados para serem utilizados no controle de qualidade da água em edificações, já que, segundo Pistolozzi (2009), equipamentos utilizados nos sistemas de automação atuais, antes utilizados em processos de automação industriais, estão migrando para a área de automação predial, como é o caso de sensores, PLC's, microcontroladores, dentre outros. A utilização de dosadores de produtos químicos nos reservatórios de água, comumente utilizados na indústria, poderiam ser adotados para a melhoria da qualidade da água no sistema predial de abastecimento.

Figura 2.2 – Bombas de recalque do sistema predial de abastecimento



Figura 2.3 – Medidores individualizados de consumo de água



2.3 Qualidade da água para consumo humano

Segundo a WHO (2011), a qualidade da água, seja ela usada para beber, para fins domésticos, para a produção de alimentos ou fins recreativos tem um impacto importante sobre a saúde.

O propósito primário para a exigência de qualidade da água é a proteção à saúde pública. Os critérios adotados para assegurar essa qualidade têm por objetivo fornecer uma base para o desenvolvimento de ações que, se propriamente implementadas junto à população, garantirão a segurança do fornecimento de água através da eliminação ou da redução à concentração mínima de constituintes na água conhecidos por serem perigosos à saúde (REGO, 2006).

A Portaria MS Nº 2.914/2011, define a água para consumo humano, ou seja, água potável como aquela que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido pela própria Portaria.

2.3.1 Padrões de potabilidade

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

A evolução do Padrão de Potabilidade no Brasil, segundo SOUZA (2010), advém do surgimento do Decreto 79.367/1977, atribuindo competência ao Ministério da Saúde (MS), para elaborar normas e o padrão de potabilidade de água para consumo humano a serem adotados em todo o território nacional, poder este que antes era de responsabilidade das Secretarias Estaduais de Saúde (UES). A partir do Decreto supracitado surgiu o primeiro padrão de potabilidade brasileiro através da Portaria Nº. 56 de 14 de março de 1977 do Ministério da Saúde (BRASIL, 1977), definindo os limites máximos para as diversas características químicas, físicas e biológicas referentes à qualidade da água para consumo humano.

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

A Portaria 518/2004 do MS foi editada revogando a Portaria Nº 1.469/2000, devido a mudanças na estrutura do Ministério da Saúde. Ela mantém todos os parâmetros da Portaria anterior, entre outros aspectos, apenas com algumas adaptações ao novo ordenamento do MS. Dentre essas inovações, encontra-se a obrigatoriedade da desinfecção para todas as águas, a filtração para águas superficiais, a valorização da *Escherichia coli* como indicador de contaminação fecal, obrigatoriedade da pressurização da rede e a caracterização do sistema coletivo e do sistema alternativo de abastecimento de água (OGATA, 2011).

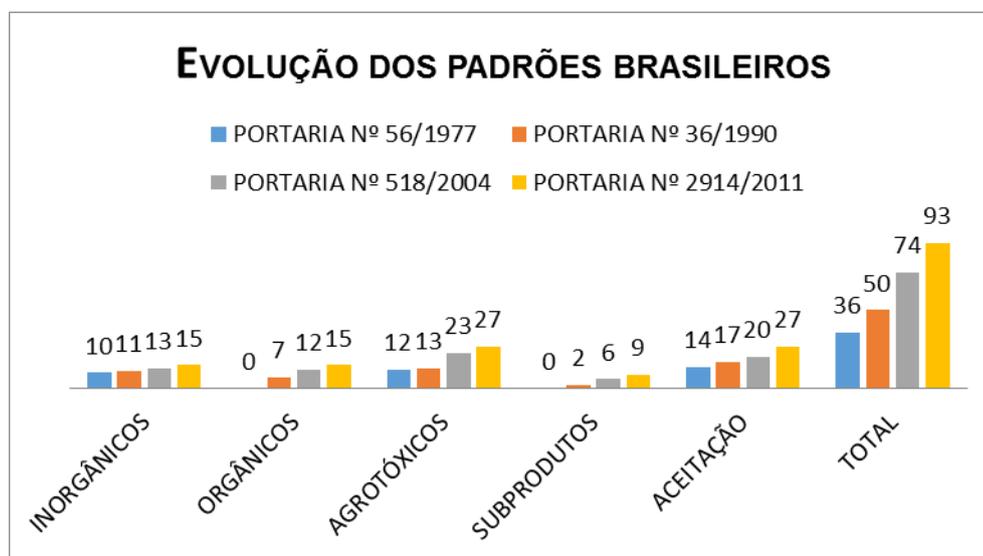
A Portaria 2914/2011 encontra-se em vigor atualmente. Segundo RIBEIRO (2012) esta última publicação é resultado de um amplo processo de discussão para

revisão da Portaria MS nº 518/2004, realizado no período de 2009 a 2011, sob a coordenação do Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador, da Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde.

Segundo Ribeiro (2012), a Portaria 2.914/2011, além dos avanços em relação aos parâmetros de qualidade também aborda sobre a necessidade da estruturação e habilitação de laboratórios, nos mais diversos níveis do governo e também na área privada; exige a informação sobre a qualidade de produtos químicos utilizados em tratamento de água para consumo humano e a comprovação do baixo risco à saúde; proíbe a existência de solução alternativa coletiva, onde houver rede de distribuição e de misturas com a água da rede; prevê competências específicas para a União, os Estados e Municípios; amplia a necessidade de capacitação e atualização técnica aos profissionais que atuam no fornecimento e controle de qualidade da água, dentre outros.

A Figura 2.4 ilustra a evolução dos padrões de potabilidade das portarias brasileiras estabelecidas pelo Ministério da Saúde (MS) com relação ao número de parâmetros contemplados e a sua tipologia.

Figura 2.4 – Evolução da quantidade de parâmetros das portarias brasileiras e sua tipologia



Fonte: Adaptado de Libânio (2012).

2.4.2 Fatores que influenciam a qualidade da água

Diversos fatores influenciam a qualidade da água em todo o seu trajeto, desde a sua captação, passando pelo sistema adutor, estação de tratamento, rede de distribuição e instalações prediais.

Para a garantia da qualidade da água tratada não basta a mera existência de uma Estação de Tratamento de Água (ETA), mas também e, principalmente, de um mínimo de controle operacional de todos os processos unitários de tratamento. Tal controle materializa-se na adequação do tratamento às variações sazonais da qualidade da água bruta, na observação das carreiras máximas de filtração, vinculadas à possibilidade de transpasse ou consumo de carga hidráulica disponível, na garantia de um tempo mínimo de contato para a desinfecção e na manutenção de teores de cloro residual na rede de distribuição.

Do tratamento ao consumo, uma série de interferências pode comprometer a qualidade da água tratada, por exemplo: as condições de segurança dos reservatórios de distribuição, a falta de manutenção na rede de distribuição (vazamento, limpeza e descarga periódica), a intermitência do abastecimento gerando subpressões e riscos de contaminação na rede e as condições de armazenamento domiciliar.

Segundo Pierezan (2009) a mudança da qualidade em sistemas de distribuição de água tratada pode estar associada com complexos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem durante seu trajeto.

Portanto, a garantia da potabilidade da água consumida depende, entre outras ações, de uma avaliação integrada da sua qualidade ao longo do abastecimento, do manancial ao consumidor (BRASIL, 2006).

Em relação aos sistemas prediais de abastecimento, a reservação ainda tem sido um dos principais fatores para degradação da qualidade da água que chega às torneiras e que, conseqüentemente, é consumida pela população. Segundo Brasil (2007), 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 frequentemente, sujeita a contaminações quando é armazenada em reservatórios domiciliares (cisternas e caixas d'água).

Segundo Heller e Pádua (2006), um importante motivo que tem levado a população brasileira a utilizar reservatórios para o armazenamento de água é a intermitência do fornecimento em sistemas públicos de abastecimento do país. Este fato levou a população brasileira a criar o hábito de armazenar a água em suas residências a fim de utilizá-las quando o fornecimento for interrompido.

Apesar dos riscos decorrentes da reservação, observa-se que essa tem sido uma solução frequentemente utilizada no Brasil. Miranda e Monteiro (1989), afirmam que o sistema que apresenta um menor risco potencial de contaminação na distribuição predial é o sistema direto de suprimento, que não utiliza reservatórios, sendo a água aduzida diretamente às peças de consumo. Este sistema não é adotado frequentemente também devido ao seu alto custo de implantação, pois as tubulações de distribuição possuem diâmetros e pressões superiores em comparação com os adotados nos sistemas com reservatórios prediais, onde o risco de contaminação é bastante superior e merecedor de maior controle de qualidade.

Barbosa (2010) em sua pesquisa a respeito da qualidade da água em um hospital público na cidade de Campina Grande/PB, concluiu que a água de abastecimento iniciava o seu processo de degradação ainda nos reservatórios públicos. Segundo a autora já no reservatório R-5 da rede de abastecimento e responsável pela distribuição de água ao hospital, a qualidade da água não atendeu em sua plenitude ao padrão de potabilidade, no entanto, as águas provenientes dos reservatórios do sistema público ainda foram consideradas de melhor qualidade quando comparadas com aquelas dos reservatórios prediais analisados, constatando que o acondicionamento da água em reservatórios interferiu na sua qualidade.

Santos (2011) investigou os níveis de salubridade ambiental em edificações multifamiliares de interesse social na cidade de Campina Grande/PB, e concluiu que, os indicadores sentinelas de qualidade da água (Cloro Residual Livre e Turbidez), mostraram a fragilidade da qualidade da água pós-reservação, já que o cloro residual livre apresentou baixas concentrações em todas as análises realizadas nos pontos avaliados. O autor ressalta também a importância da promoção de campanhas a serem desenvolvidas pelas autoridades em saúde que foquem os

aspectos de qualidade principalmente na reservação, com ações de limpeza para a manutenção de concentrações de cloro residual livre que garantam a qualidade sanitária da água de abastecimento.

A reservação de água também foi preocupação na pesquisa de Coutinho (2011), cujo objetivo foi identificar o efeito da reservação predial na degradação da qualidade da água de abastecimento humano, tendo sido concluído que houve deterioração na qualidade da água fornecida pelo sistema de abastecimento público após passar pela reservação predial.

Miranda e Monteiro (1989), avaliaram a qualidade da água em sistemas prediais na cidade do Rio de Janeiro/RJ. Em suas conclusões, os autores ressaltaram que o sistema de abastecimento predial da cidade possui reservatórios de acumulação fazendo com que o risco de contaminação da água seja relativamente alto, tornando necessário um controle mais rígido da qualidade da água no interior dos prédios. Os autores também ressaltam que a cloração na deve substituir um programa ativo de controle das interconexões e nem deve ser utilizada para mascarar outros defeitos como substitutivo para evitar a penetração da turbidez e matéria orgânica no sistema de distribuição.

No entanto, apesar das várias pesquisas sobre o tema, pouca atenção tem sido dispensada ao estudo da qualidade da água em edificações verticalizadas e multifamiliares que são cada vez mais frequentes nas cidades de médio e grande portes.

2.3.3 Vigilância e controle da qualidade da água

O controle da qualidade da água de consumo humano se tornou uma ação de saúde pública a partir da década de 1970, quando a Portaria Nº 56/1977 do Ministério da Saúde, instituiu a norma de potabilidade em todo o território nacional. Entretanto, a implementação de um programa de vigilância da qualidade da água só ocorreu a partir da criação do Sistema Nacional de Vigilância Ambiental em Saúde em 1999, e da publicação da Portaria Nº 1.469/2000 (FREITAS & FREITAS, 2005).

A Portaria 2914/2011, define a vigilância e o controle da qualidade da água da seguinte forma:

Controle da qualidade da água para consumo humano – conjunto de atividades exercidas de forma contínua pelos responsáveis pela operação de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água, destinadas a verificar se a água fornecida à população é potável, assegurando a manutenção desta condição.

Vigilância da qualidade da água para consumo humano – conjunto de ações adotadas continuamente pela autoridade de saúde pública, para verificar se a água consumida pela população atende à esta Norma e para avaliar os riscos que os sistemas e as soluções alternativas de abastecimento de água representam para a saúde humana.

Tais definições estabelecem as diferentes responsabilidades e mecanismos, os mais claros e objetivos possíveis, para o exercício eficaz e diferenciado, do controle e da vigilância, da qualidade da água para consumo humano. O primeiro é realizado pela concessionária responsável pela operação do serviço de abastecimento de água, companhia estadual de saneamento, autarquia municipal, prefeitura ou empresa privada. A realização da vigilância cabe ao Ministério da Saúde, por intermédio das secretarias estaduais, no sentido de verificar se a água distribuída atende às premissas estabelecidas pelo padrão de potabilidade, além de avaliar os riscos à saúde da população abastecida (GUIMARÃES, 2010).

A Diretriz Nacional do Plano de Saúde Ambiental Relacionado à Qualidade da Água (BRASIL, 2006), sugere alguns critérios a serem utilizados para a definição dos pontos de amostragem do monitoramento de vigilância da qualidade da água. A Tabela 2.1 exemplifica alguns desses pontos baseado nos critérios de local estratégico e distribuição geográfica.

Tabela 2.1 - Critérios a serem observados na definição dos pontos de amostragem do monitoramento de vigilância da qualidade da água

CRITÉRIO	PONTOS DE AMOSTRAGEM
Locais estratégicos	Saída do tratamento ou entrada no sistema de distribuição Saída dos reservatórios de distribuição Pontos na rede de distribuição (rede nova e antiga; zonas altas e zonas baixas; pontas de rede) Áreas mais densamente povoadas Pontos não monitorados pelo controle (soluções alternativas; fontes individuais no meio urbano; escolas na zona rural)
	Áreas com populações em situação sanitária precária Consumidores mais vulneráveis (hospitais, escolas, creches, etc) Áreas próximas a pontos de poluição (indústrias, lixões, pontos de lançamentos de esgoto, cemitérios, etc) Área sujeitas a pressões negativas na rede de distribuição Pontos em que os resultados de controle indiquem problemas recorrentes Soluções alternativas desprovidas de tratamento, de rede de distribuição, ou sem identificação responsável Veículo transportador Áreas que, do ponto de vista epidemiológico, justifiquem atenção especial (por exemplo, ocorrência de casos de doenças de transmissão hídrica)

Fonte: Brasil, 2006.

Com base na Tabela 2.1 pode-se observar que o controle e a vigilância da qualidade da água são pautados na preocupação com a qualidade na rede de distribuição, no entanto, são nas redes de distribuição predial onde se encontra o maior risco de degradação da qualidade da água.

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 água utilizada pelo consumidor (BARBOSA, 2010).

Com isso, é evidente a importância de se montar equipes de vigilância da qualidade da água nas edificações multifamiliares, sendo que a responsabilidade de zelar pela qualidade da água nas dependências físicas das edificações é de seus proprietários. O Código de Posturas do município de Campina Grande/PB,

estabelecido pela Lei Municipal 4.129/2003, estabelece critérios para garantir uma melhor qualidade da água dentro das edificações. O Art. 53 estabelece que todos os reservatórios de água potável deverão ser desinfetados e limpos, a cada seis meses, com a utilização de materiais apropriados, tais como cloro e derivados, permanecendo tampados permanentemente. Já o Art. 54 estabelece que a execução de serviços de instalação, reformas ou construção de reservatórios de água, deverá atender aos critérios seguintes: utilizar tampa do tipo removível; localizar-se de modo a facilitar o acesso para a sua higienização; dificultar a entrada de quaisquer materiais ou seres que provoquem poluição ou contaminação da água.

2.4 Indicadores da qualidade da água

Na água podem ser encontrados inúmeros constituintes de natureza física, química ou biológica, que podem servir como indicadores nos programas de monitoração da qualidade da água. A Portaria nº 2914/2011 indica os parâmetros ou indicadores que devem ser quantificados quando é realizada a monitoração da qualidade da água para consumo humano. Os indicadores de qualidade têm como papel principal a transformação de dados em informações relevantes para os tomadores de decisão e o público (CALIJURI *et al.*, 2009).

De acordo com Santos (2011) os indicadores devem ser selecionados de acordo com o tipo de monitoração que se pretende realizar, devendo-se escolher e quantificar os que sejam capazes de indicar o risco potencial à saúde do consumidor. Atualmente, com a implantação dos planos de amostragem para vigilância da qualidade da água nas cidades brasileiras, foram propostos os indicadores sentinelas. A legislação brasileira por meio da Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância Ambiental em Saúde relacionada à qualidade da água para consumo humano estabelece como indicadores sentinelas o cloro residual livre e a turbidez (que assume uma função de indicador sanitário e não meramente estético).

2.4.1 Indicadores sentinelas

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

De acordo com a Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância Ambiental em Saúde relacionada à qualidade da água para consumo humano, todos os municípios devem implantar os indicadores sentinelas (cloro residual livre e turbidez), para avaliação da qualidade da água de consumo, independentemente de seu porte.

Cloro Residual Livre

Quando o cloro é adicionado à água isenta de impurezas é hidrolisado e ocorre a formação de ácido hipocloroso e íons hidrogênio e cloreto. Dependendo do pH da água, o ácido hipocloroso se ioniza formando íons hidrogênio e o íon hipoclorito, conforme as Equações 3.1 e 3.2:



O cloro residual livre (CRL), que corresponde à soma do ácido hipocloroso com o íon hipoclorito, constitui o indicador mais importante de controle de qualidade na prática da cloração de águas de abastecimento (SILVA; OLIVEIRA, 2001). O CRL é considerado um indicador sentinela porque sua concentração vai sendo diminuída, devido à reação com várias substâncias orgânicas e inorgânicas encontradas nas tubulações; conseqüentemente, se houve uma queda brusca na concentração desse indicador a água pode ficar desprotegida e, com isso, sofrer uma nova contaminação, colocando em risco a saúde da população.

A Portaria Nº 2.914/2011 recomenda que, após a desinfecção, a água deve conter um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L, sendo obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatórios e rede).

Turbidez

A turbidez corresponde à principal característica física da água, sendo a expressão da propriedade ótica que causa dispersão e absorção da luz, ao invés de sua transmissão em linha reta através da água (SILVA & OLIVEIRA, 2001). As partículas causadoras de turbidez são provenientes do processo erosivo do solo principalmente quando a vegetação ciliar foi destruída, despejos de atividades industriais ou de esgoto doméstico que são lançados no manancial sem nenhum tipo de tratamento.

A turbidez corresponde ao outro indicador sentinela estabelecido pela legislação brasileira e, quando está elevada na água tratada, indica que alguma parte do sistema de abastecimento não está sendo eficiente; conseqüentemente, a população pode estar utilizando uma água contaminada, visto que o processo de desinfecção pode ser prejudicado, pois os microrganismos patogênicos podem ficar protegidos por partículas causadoras de turbidez dificultando o contato com o desinfetante. A Portaria Nº 2914/2011 estabelece que o valor máximo permitido para aceitação para consumo humano é 5,0 UT em qualquer ponto da rede.

2.4.2 Indicadores auxiliares

Os indicadores auxiliares têm a função de dar informações adicionais sobre a qualidade da água, somando-se aos indicadores sentinelas nesta função.

Potencial Hidrogeniônico

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 básicas ($\text{pH} > 7,0$). 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 sistema de distribuição. O pH também é de fundamental importância no controle da desinfecção da água, pois a cloração perde eficiência quando o pH é elevado (HELLER & PÁDUA, 2006).

No Brasil a Portaria Nº 2.914/2011 estabelece que o pH da água no sistema de distribuição seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5.

Cloro Residual Combinado

Quando os compostos nitrogenados estão presentes na água, a adição do cloro resulta na formação do cloro residual combinado (cloraminas). Segundo Borges *et al.* (2002), as reações que dão origem às cloraminas (monocloramina (NH_2Cl), dicloramina (NHCl_2) e tricloramina (NCl_3) são representadas nas Equações (3.3), (3.4) e (3.5):



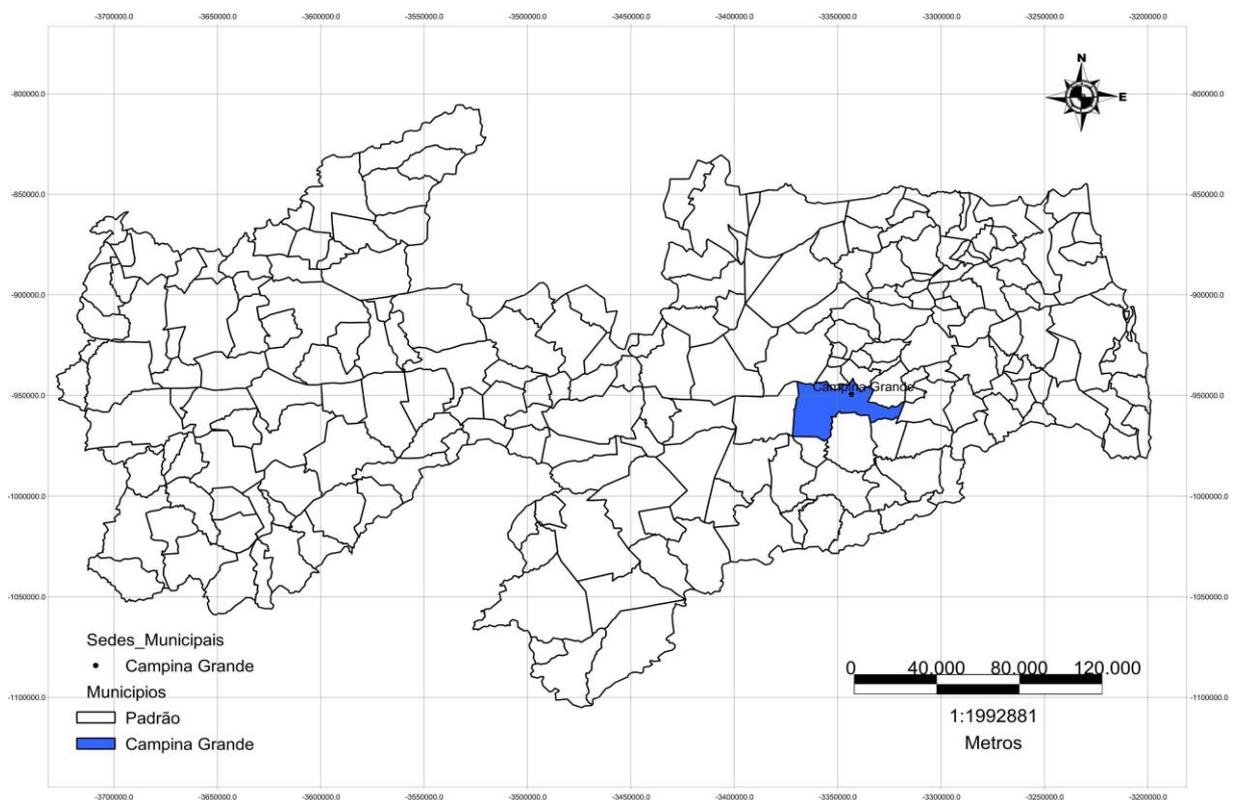
A distribuição da concentração das cloraminas depende de uma variedade de fatores, tais como, proporção cloro/amônia, a eficiência da mistura e pH (BORGES *et al.*, 2002), sendo que a diminuição do pH e o aumento da relação cloro/nitrogênio favorecem a formação de produtos mais clorados. A dicloramina tem maior efeito

bactericida, seguida da monocloramina; a tricloramina praticamente não possui efeito desinfetante (SANCHES *et al.*, 2003).

3.0 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na cidade de Campina Grande, localizada na Região Agreste do estado da Paraíba com coordenadas geográficas 7°13'50" Sul e 35°52'52" Oeste e uma altitude média de 552m em relação ao nível do mar. O mapa da localização da cidade de Campina Grande/PB no mapa do estado da Paraíba encontra-se ilustrado na Figura 3.1.

Figura 3.1 – Localização de Campina Grande no Estado da Paraíba



3.1 Sistema de abastecimento de água de Campina Grande/PB

Campina Grande/PB é abastecida por água do Açude Epitácio Pessoa, localizado no município de Boqueirão a uma distância de aproximadamente 44 km

de Campina Grande/PB com uma capacidade de 575.000.000 m³ e uma disponibilidade de captação de 1.500L/s (COUTINHO, 2011).

A Companhia Estadual de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) é a empresa responsável pela captação, tratamento e adução da água até Campina Grande/PB. Após a captação, a água bruta é conduzida por meio de duas adutoras, uma de 900mm e a outra de 800mm de diâmetro, até a Estação de Tratamento de Água (ETA), localizada no distrito de Gravatá, distando 22 km do Açude Epitácio Pessoa.

Na ETA de Gravatá a água bruta passa por um tratamento convencional (adição de coagulantes químicos, floculação, decantação, filtração rápida, e cloração) e, em seguida, é conduzida por três adutoras com diâmetros de 500mm, 700mm e 800mm, até a cidade de Campina Grande/PB distando 22 km da ETA de Gravatá. A Figura 3.2 ilustra o sistema de distribuição de água da cidade de Campina Grande/PB.

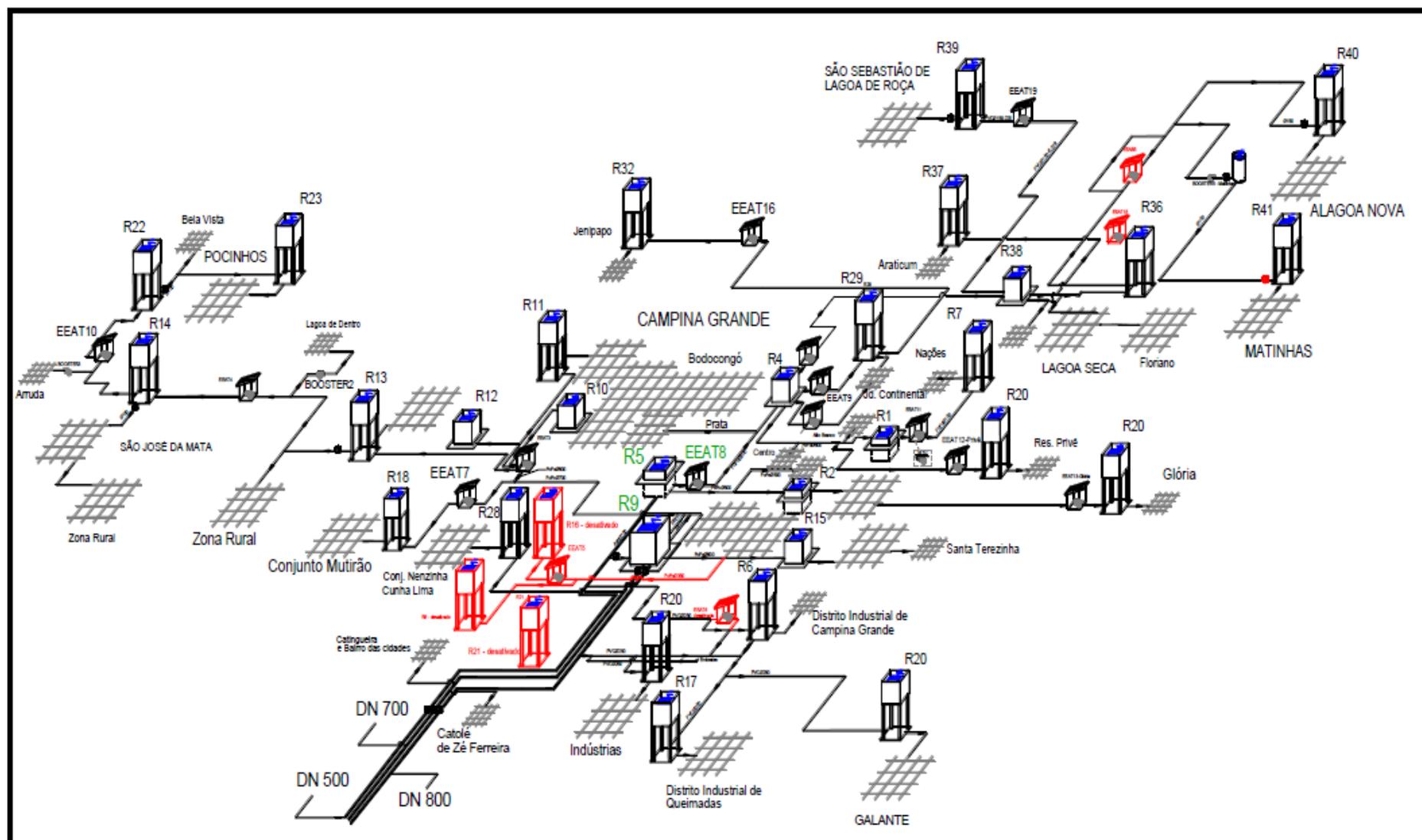
Pela Figura 3.2, percebe-se também que o Sistema Adutor do Açude Epitácio Pessoa abastece, além do perímetro urbano de Campina Grande/PB, os distritos de São José da Mata e Galante, as cidades de Barra de Santana, Curralinho, Caturité e Queimadas por meio de adutoras com derivações diretas e as cidades de Lagoa Seca, Matinhas e Alagoa Nova por meio de adutoras derivadas do sistema adutor principal.

Após a adução, a água segue para o Reservatório R-9 e, a partir dele, é distribuída para os demais reservatórios espalhados por toda a cidade de Campina Grande/PB, como também dos seus distritos e cidades circunvizinhas que são abastecidas por meio de adutoras derivadas do Sistema de Abastecimento de Campina Grande/PB.

Ao todo, o sistema de abastecimento de Campina Grande/PB conta com 29 reservatórios, estando três deles desativados (R-16, R-18 e R-21), de acordo com Menezes (2011).

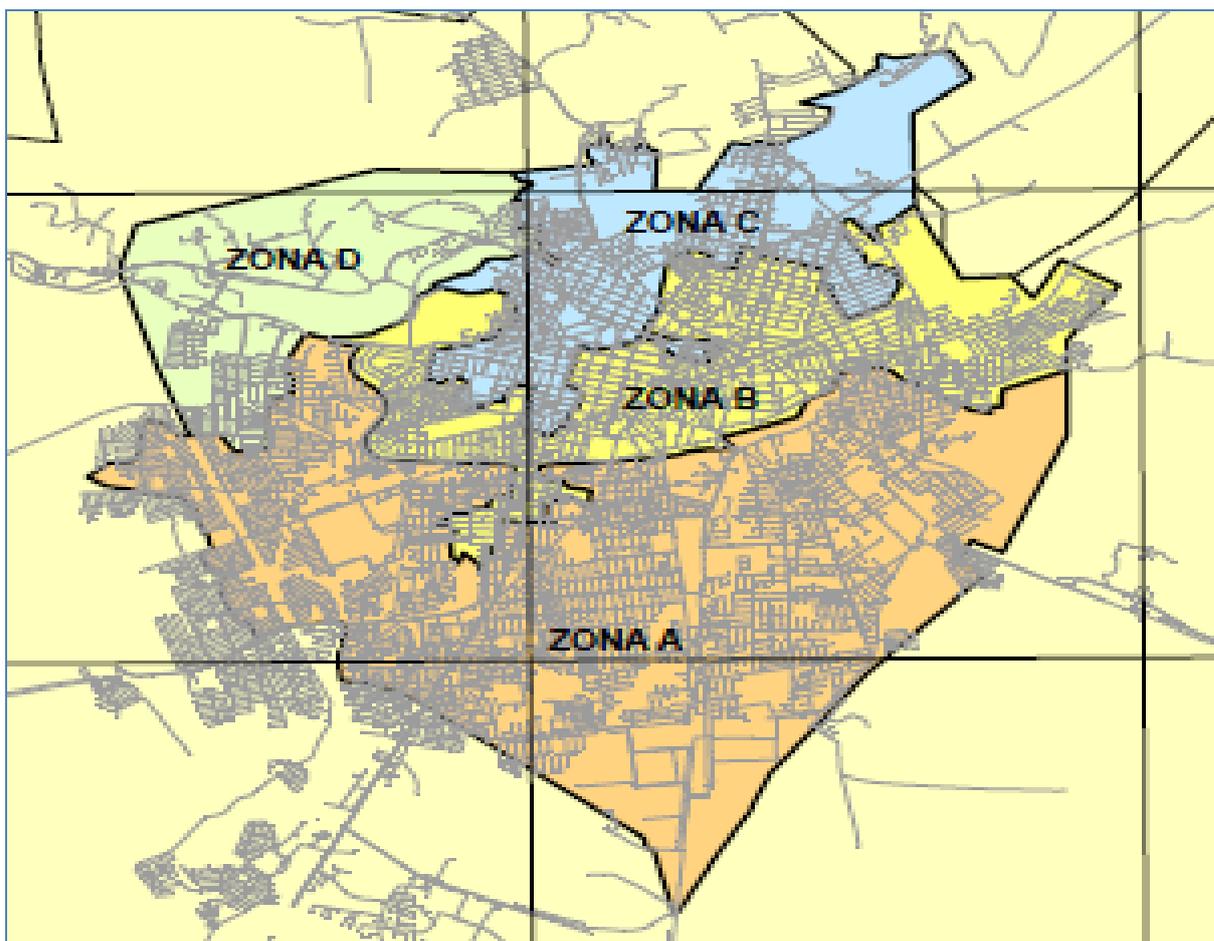
Todos os reservatórios que compõem o sistema de abastecimento da cidade de Campina Grande/PB estão distribuídos em 4 zonas de pressão: A, B, C e D. A Figura 3.3 mostra a divisão da cidade de Campina Grande em zonas de pressão.

Figura 3.2 – Sistema de distribuição de água de Campina Grande/PB



FONTE: Menezes, 2011

Figura 3.3 – Zonas de pressão da cidade de Campina Grande/PB



Fonte: Menezes, 2011.

A distribuição de água na zona de pressão A se faz por gravidade através do reservatório R-9 para os demais reservatórios: R-6, R-8, R-15, R-16, R-17, R-18 e R-19. Na zona de pressão B, os reservatórios responsáveis pelo abastecimento são: R-5, R-2 e R-1; na zona de pressão C, o abastecimento se faz através do R-4 e a zona de pressão D abastece, entre outros, os bairros da Ramadinha e Bodocongó, distrito de São José da Mata e o município de Pocinhos, a partir dos reservatórios R-10, R-11, R-13 e R-14 (COUTINHO, 2011).

3.2 Escolha das edificações

A escolha das edificações estudadas foi feita a partir de três critérios conforme descrito a seguir:

- **1º critério - Verticalização**

Um dos objetivos da pesquisa é a verificação da influência da verticalização na qualidade da água. Sendo, portanto, a verticalização um dos pontos a serem estudados foram escolhidos duas edificações, uma com 19 pavimentos e a outra com 9 pavimentos.

- **2º critério – Sistema de abastecimento do prédio classificado como indireto com bombeamento**

Um outro objetivo da pesquisa é a avaliação da qualidade da água após a reservação. Portanto, com base nesse objetivo, as edificações escolhidas possuíam reservatórios inferior e superior, onde a água chegava através de bombeamento.

- **3º critério – Localização de acordo com as zonas de pressão**

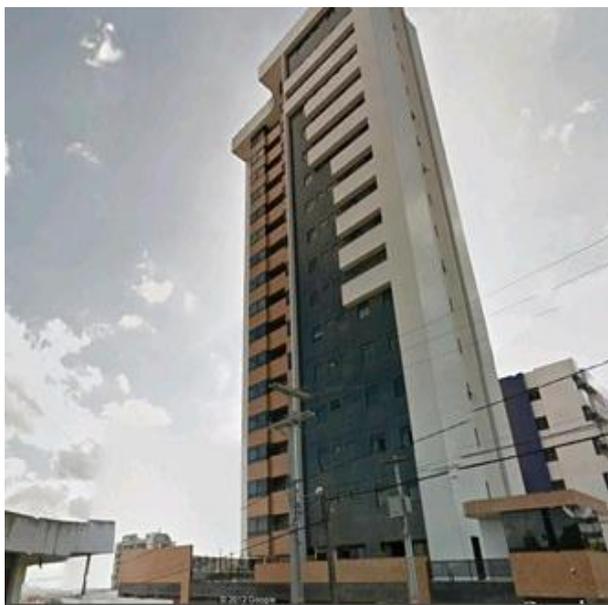
Com o intuito de se ter uma distribuição estratégica sobre o espaço geográfico da cidade de Campina Grande/PB, seria escolhido uma edificação em cada uma das zonas de pressão do sistema de abastecimento de água, porém, devido à dificuldade de acesso às edificações, foram escolhidas apenas duas edificações sendo a edificação A localizada na zona de pressão C e a edificação B localizada na zona de pressão A.

3.3 Edificações estudadas

Nesta pesquisa, para uma análise comparativa da qualidade da água em edificações residenciais no contexto da cidade de Campina Grande, foram escolhidas duas edificações, a primeira representativa das edificações acima de 10 (dez) pavimentos e a segunda representativa das edificações abaixo de 10 pavimentos. Para a escolha das tipologias foram considerados os critérios da verticalidade (número de pavimentos), existência de medidores de água individuais e abastecimento de água indireto com bombeamento.

Representando as edificações acima de 10 (dez) pavimentos, foi selecionada a Edificação “A”, no bairro da Prata, localizada nas coordenadas geográficas 7° 13’ 10” W e 35° 54’ 2” S que possui um total de 19 (dezenove) pavimentos, sendo 2 (dois) pavimentos de garagens, 1 (um) pavimento térreo e 16 (dezesesseis) pavimentos-Tipo, perfazendo um total de 32 (trinta e duas) unidades habitacionais (Figura 3.4).

Figura 3.4 – Edificação “A” localizada no bairro da Prata em Campina Grande/PB



Nos pavimentos garagem (G1 e G2) estão os elevadores, escadas, garagens e depósitos. No pavimento térreo se localizam os elevadores, escada, salão de festa, WC e sala de estar. No pavimento tipo estão elevadores, escada, halls e 2 (duas) unidades habitacionais. Cada unidade habitacional possui 3 (três) suítes e 1 (um) quarto de empregada, com populações estimadas em 7 habitantes por unidade habitacional.

Para representar as edificações abaixo de 10 pavimentos, foi escolhida a edificação “B”, localizada nas coordenadas geográficas 7° 14’ 18” W e 35° 52’ 59” S, possuindo 9 (nove) pavimentos, sendo 1 (um) pavimento de garagens, 1 (um) térreo e 7 (sete) pavimentos-Tipo, totalizando 28 (vinte e oito) unidades habitacionais (Figura 3.5).

Figura 3.5– Edificação “B” localizada no bairro Catolé em Campina Grande/PB



O pavimento garagem consta de elevadores, escada e garagens. No pavimento térreo estão elevadores, escada, sala de recepção e garagens. No pavimento Tipo estão os elevadores, escada e 4 (quatro) unidades habitacionais, sendo 2 (duas) unidades habitacionais contendo 1 (uma) suíte e 1(um) quarto social e as outras duas com 1 (uma) suíte, 2 (dois) quartos sociais e 1 (um) quarto de empregada, com populações estimadas em 4 e 5 habitantes por unidade habitacional, respectivamente.

3.4 Identificação dos pontos de coleta

Foram escolhidos pontos de coleta estrategicamente espalhados nas dependências físicas das edificações, levando-se em consideração que os dois edifícios possuíam sistemas hidráulicos semelhantes, os locais dos pontos de coleta foram também semelhantes nas duas edificações. A acessibilidade aos pontos de coleta também foi um dos fatores que influenciou na escolha dos pontos.

Tanto na edificação A como na B os pontos de coleta selecionados foram: a rede pública (P0), o reservatório inferior (PRI), o reservatório superior (PRS) e os

pontos após a reservação no interior dos apartamentos em pavimentos variados (PPV). A descrição dos pontos por edificação e a nomenclatura atribuída a cada ponto estão apresentados na Tabela 3.2.

A Figura 3.6 ilustra os pontos de coleta nas edificações estudadas.

Tabela 3.1 – Pontos de coleta das edificações

EDIFICAÇÃO	A	B
Rede pública	P0A	P0B
Reservatório inferior	PRIA	PRIB
Reservatório superior	PRSA	PRSB
Pavimentos (após a reservação)	PPV2A	PPV1B
	PPV4A	PPV2B
	PPV6A	PPV3B
	PPV8A	PPV4B
	PPV10A	PPV5B
	PPV12A	PPV6B
	PPV14A	PPV7B
	PPV16A	-

Figura 3.6 – Pontos de coletas das edificações estudadas: Reservatório inferior (A); Reservatório superior (B); Rede Pública (C); Apartamentos (D).



3.6 Indicadores analisados

Os indicadores analisados nesta pesquisa foram: cloro residual livre, cloro residual combinado, turbidez, pH e temperatura.

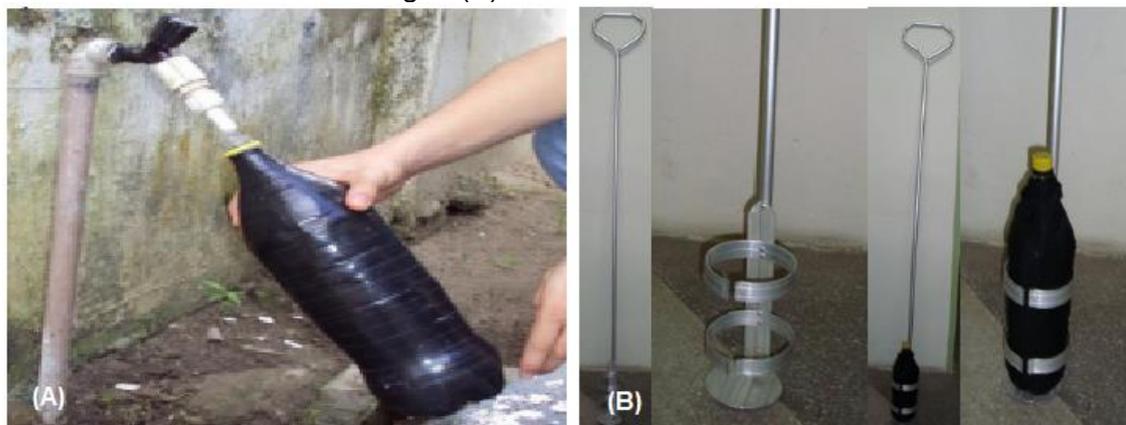
O monitoramento da qualidade da água é um dos instrumentos da verificação de sua potabilidade e avaliação do risco que o sistema de abastecimento representa para a saúde humana. Neste sentido a vigilância da qualidade da água vem complementar as ações de controle da qualidade da água para consumo humano 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 (BARBOSA, 2010).

3.7 Coleta e preservação das amostras

A coleta e a análise das amostras foram realizadas semanalmente no período de 10 de março a 31 de junho de 2013, sendo a Edificação A entre as 14h e às 17h e a Edificação B entre as 8h e às 11h, totalizando 30 análises de cloro residual livre, cloro residual combinado, turbidez, temperatura e pH de cada ponto de monitoração, sendo que cada uma dessas 30 análises foram realizadas com três repetições totalizando 90 dados coletados para cada ponto monitorado.

Todas as análises foram realizadas *in loco*. As amostras eram coletadas e mantidas em garrafas plásticas de 1L revestidas com uma capa preta (fita isolante) a fim de evitar a incidência direta da luz (Figura 3.7a). Para a coleta de amostras nos reservatórios superiores e inferiores de cada uma das edificações foi utilizada uma haste de alumínio, conforme a Figura 3.7b. Já na rede pública e em cada um dos pavimentos as coletas foram realizadas manualmente, sendo a rede pública por meio do registro de entrada do reservatório inferior e os pavimentos através de torneiras localizadas no interior dos apartamentos.

Figura 3.7 – Coletas de amostras para as análises físico-químicas: Coleta em torneiras (A); coleta em caixas d'água (B)



As análises físico-químicas foram realizadas no laboratório itinerante (Figura 3.8), constituído de medidor de cloro, turbidímetro, pHmetro e termômetro infravermelho.

Figura 3.8 – Laboratório itinerante para as análises físico-químicas



3.8 Métodos analíticos

Os métodos analíticos utilizados nesta pesquisa para a determinação dos indicadores foram os métodos padrões descritos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, AWWA, WPCF, 2012).

3.8.1 Cloro residual livre e cloro residual combinado

Para a determinação do cloro residual livre (CRL) e do cloro residual combinado (CRC) foi seguido o método DPD – colorimétrico. As análises foram realizadas utilizando-se o colorímetro microprocessado de leitura direta modelo Aquacolor Cloro, a Figura 3.9 mostra o colorimétrico utilizado nas análises.

Figura 3.9 – Colorímetro para medição de cloro



3.8.2 Turbidez

A turbidez foi determinada pelo método nefelométrico utilizando-se um turbidímetro de bancada TECNOPON modelo TB-1000 (Figura 3.10), provido de lâmpada de tungstênio. O referido instrumento era calibrado, antes de cada coleta, por meio de padrões primários de 0,1, 0,8, 8, 80, 1000 NTU.

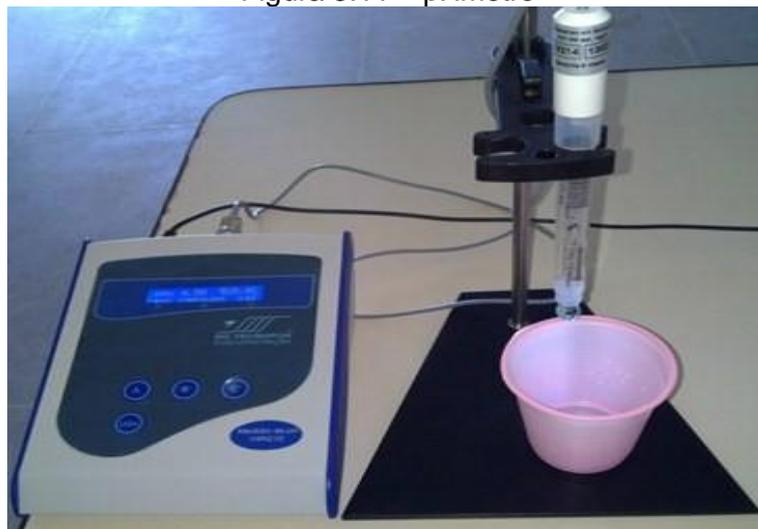
Figura 3.10 - Turbidímetro



3.8.3 Potencial hidrogeniônico (pH)

A determinação do pH foi realizada utilizando o método potenciométrico com o auxílio de um pHmetro portátil que determina a atividade iônica do hidrogênio. A Figura 3.11 ilustra o pHmetro utilizado na pesquisa.

Figura 3.11 – pHmetro



3.8.4 Temperatura

A temperatura da água foi medida por meio de um termômetro infravermelho. A figura 3.12 ilustra o termômetro infravermelho utilizado na pesquisa.

Figura 3.12 – Termômetro infravermelho



3.9 Análises estatísticas

Inicialmente, para resumir os dados coletados, foi procedida a análise descritiva dos dados coletados. Em seguida foi procedida a análise das frequências de amostras em conformidade e não conformidade com o que é estabelecido pela Portaria Nº 2914/2011, utilizada para verificar quais pontos de monitoração violaram a respectiva Portaria.

Para dar informação do todo, com base no conhecimento da amostra, foram aplicados métodos estatísticos de inferência, sendo aplicada a análise de variância (ANOVA) como método estatístico. A ANOVA 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. 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 $\alpha = 0,05$, para determinar a existência ($P < 0,05$), ou não ($P > 0,05$), de diferenças significativas entre eles.

Finalmente, para identificar onde ocorreram às diferenças estatisticamente significantes foi aplicado o método gráfico GT-2.

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados referentes à monitoração dos indicadores de qualidade da água apresentados no capítulo anterior, durante o período de março a agosto de 2013. Para a elaboração desta pesquisa foram realizadas, in loco, 30 coletas dos 5 (cinco) parâmetros (pH, temperatura, turbidez, CRL e CRC) indicadores da qualidade da água nas edificações estudadas. São apresentados neste trabalho a média como análise descritiva da tendência central e o desvio padrão, valores máximos e mínimos como medidas de dispersão.

4.1 Caso 1: Edifício residencial localizado no bairro da Prata

Como pode ser observado na Tabela 4.1, no ponto P0A (Rede pública) os valores de cloro residual livre estiveram 87% em conformidade com a faixa recomendada pela Portaria MS Nº 2914/2011, enquanto que nos demais pontos, 100% dos valores estiveram em não-conformidade e apresentando com grande frequência valores de CRL nulos, refletindo o grau de degradação da qualidade da água e o total consumo do agente desinfetante.

Na edificação A, foi possível constatar que, desde a sua construção, nunca foi realizado nenhum tipo de manutenção no sistema de abastecimento predial, destacando a ausência de limpezas nos reservatórios de acumulação, a falta dessas manutenções desempenha um importante papel no processo de degradação. A ausência do desinfetante na água eleva o risco de contaminação da água por agentes externos e, conseqüentemente, aumenta também o risco à saúde da população residente na edificação, a falta de manutenções e a boa qualidade da água, com relação ao CRL, da rede pública tornam ainda mais evidente a influência da reservação na qualidade da água.

O cloro molecular e seus derivados são considerados excelentes desinfetantes, pois a sua utilização em concentração suficiente, atua como um ótimo agente bactericida dando uma característica de confiabilidade no que tange ao aspecto sanitário (SANTOS, 2011).

Tabela 4.1 – Resumo dos dados de CRL nos pontos de amostragem da Edificação “A”

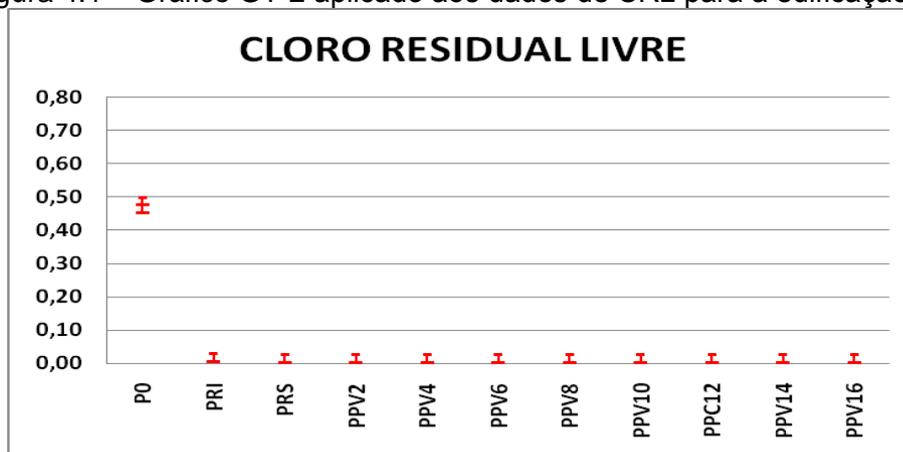
PONTO	CRL					
	Média	Desvio padrão	Mín	Máx	Não Conformidade	
					Mín	Máx
P0A	0,48	0,19	0,07	0,76	13%	0%
PRIA	0,01	0,02	0,00	0,07	100%	0%
PRSA	0,00	0,01	0,00	0,03	100%	0%
PV2A	0,00	0,00	0,00	0,01	100%	0%
PV4A	0,00	0,01	0,00	0,02	100%	0%
PV6A	0,01	0,01	0,00	0,07	100%	0%
PV8A	0,00	0,01	0,00	0,02	100%	0%
PV10A	0,00	0,01	0,00	0,02	100%	0%
PV12A	0,00	0,01	0,00	0,03	100%	0%
PV14A	0,00	0,01	0,00	0,03	100%	0%
PV16A	0,00	0,01	0,00	0,02	100%	0%

Aplicando a análise estatística inferencial, ANOVA, aos dados de CRL foi verificada a existência de diferença estatisticamente significativa entre os pontos de coleta da edificação “A” (Tabela 4.2) e aplicando o teste gráfico GT-2 foi verificado que o ponto P0A é estatisticamente diferente dos demais, evidenciando mais uma vez a degradação que ocorre principalmente nos reservatórios de acumulação.

Tabela 4.2 – Resultado da análise de variância para CRL na edificação A

	Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
CRL	Entre grupos	6,109234	10	0,610923	191,3986	2,5E-128	1,860438
	Dentro dos grupos	1,018213	319	0,003192			
	Total	7,127447	329				

Figura 4.1 – Gráfico GT-2 aplicado aos dados de CRL para a edificação “A”



Analisando os dados coletados, percebe-se que a maior parcela do cloro residual presente no sistema de abastecimento predial da edificação A, especialmente após a reservação, é constituído pelo cloro residual combinado (CRC) que tem um poder desinfetante, segundo a USEPA (1999), 200 vezes menor que o cloro residual livre (CRL).

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). Com base nisso e analisando os resultados obtidos, pode ser concluído que a presença do CRC no sistema de abastecimento predial pode ser atribuídas a fatores externos relacionados à degradação da qualidade da água, como também a aspectos relacionados a manutenção e a operação dos sistemas. Lembrando que o agente desinfetante usual no sistema de abastecimento da cidade de Campina Grande/PB e que possui um real poder desinfetante é o cloro residual livre (CRL) e que o mesmo deve ser mantido dentro da faixa estabelecida pelo padrão de potabilidade em todos os pontos do sistema de abastecimento público e predial. A Tabela 4.3 descreve o resumo dos dados de CRC nos pontos de amostragem da edificação A.

Tabela 4.3 – Resumo dos dados de CRC nos pontos de amostragem da Edificação “A”

PONTO	CRC					
	Média	Desvio padrão	Mín	Máx	Não Conformidade	
					Mín	Máx
P0A	0,15	0,08	0,04	0,30	100%	0%
PRIA	0,06	0,07	0,00	0,21	100%	0%
PRSA	0,01	0,02	0,00	0,05	100%	0%
PV2A	0,01	0,01	0,00	0,04	100%	0%
PV4A	0,01	0,01	0,00	0,03	100%	0%
PV6A	0,01	0,02	0,00	0,05	100%	0%
PV8A	0,01	0,02	0,00	0,04	100%	0%
PV10A	0,01	0,02	0,00	0,05	100%	0%
PV12A	0,01	0,01	0,00	0,03	100%	0%
PV14A	0,01	0,02	0,00	0,07	100%	0%
PV16A	0,01	0,01	0,00	0,04	100%	0%

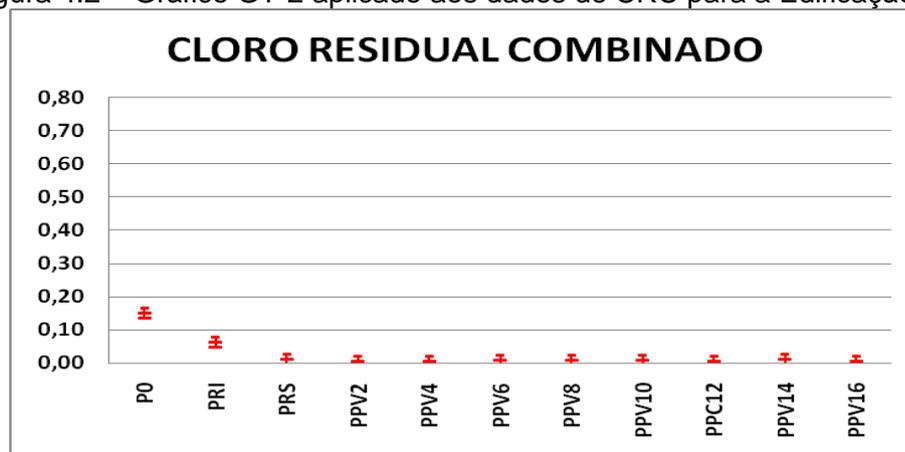
Aplicando-se a ANOVA (Tabela 4.4) aos dados de CRC verifica-se que existe diferença estatisticamente significativa entre os pontos de coleta, no gráfico GT-2 apresentado na Figura 4.2 pode-se observar claramente a degradação ocorrida já no reservatório inferior (PRIA).

Tabela 4.4 – Resultado da análise de variância para CRC na edificação “A”

	Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
CRC	Entre grupos	0,597747	10	0,059775	48,58331	3,04E-58	1,860438
	Dentro dos grupos	0,392483	319	0,00123			
	Total	0,990231	329				

É possível observar no gráfico da Figura 4.2 que os pontos amostrais formam três grupos estatisticamente diferentes. O primeiro grupo é formado pelo Ponto P0A, o segundo pelo ponto PRIA e o terceiro pelos demais pontos. Também é possível perceber pela análise do gráfico da Figura 4.2 que há uma diminuição gradativa do CRC do ponto da rede pública até os pontos após a reservação da edificação A, evidenciando a possível ausência de matéria orgânica nitrogenada no sistema de abastecimento predial.

Figura 4.2 – Gráfico GT-2 aplicado aos dados de CRC para a Edificação “A”



Conforme apresentado na Tabela 4.5, todas as amostras analisadas para a determinação da Turbidez nos pontos monitorados da edificação A apresentaram conformidade com o padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria MS Nº 2.914/2011 que preconiza o Valor Máximo Permissível (VMP) de 5,0 uT.

Tabela 4.5 – Resumo dos dados de turbidez nos pontos de amostragem da Edificação “A”

PONTO	Turbidez				Não Conformidade
	Média	Desvio padrão	Mín	Máx	
P0A	0,29	0,20	0,00	0,68	0%
PRIA	0,27	0,21	0,00	0,70	0%
PRSA	0,32	0,23	0,00	0,77	0%
PV2A	0,24	0,21	0,00	0,70	0%
PV4A	0,23	0,21	0,00	0,75	0%
PV6A	0,22	0,22	0,00	0,75	0%
PV8A	0,26	0,24	0,00	0,77	0%
PV10A	0,23	0,23	0,00	0,80	0%
PV12A	0,23	0,24	0,00	0,88	0%
PV14A	0,23	0,22	0,00	0,78	0%
PV16A	0,25	0,24	0,00	0,79	0%

Aplicando-se a ANOVA (Tabela 4.6) aos dados de turbidez verifica-se que não existiu diferença estatisticamente significativa para os resultados de turbidez entre os pontos da edificação A. A edificação A é uma construção nova, conseqüentemente, o seu sistema de abastecimento também apresenta pouca idade, não foi evidenciado no período de monitoramento falhas construtivas, como rachaduras ou vazamentos, nos reservatórios e nem falhas no sistema de distribuição, o que contribui para a diminuição dos valores de turbidez, mesmo com a falta de manutenção e limpezas nos reservatórios de acumulação.

Tabela 4.6 – Resultado da análise de variância para turbidez na edificação “A”

	Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Turbidez	Entre grupos	0,0548	10	0,00548	0,5733	0,83566	1,85763
	Dentro dos grupos	3,3668	352	0,00956			
	Total	3,4217	362				

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 devido 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-) 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 (BARBOSA, 2010).

Assim como na turbidez, o pH também apresentou conformidade com o padrão de potabilidade em todos os pontos de monitoramento da edificação A, sendo estabelecido pela Portaria que o pH deve estar entre a faixa de 6,0 à 9,5. No período de monitoramento, pode-se observar que o pH variou em todos os pontos monitorados de 8,1 a 7,2 (Tabela 4.7).

Tabela 4.7 – Resumo dos dados de pH nos pontos de amostragem da Edificação “A”

PONTO	pH				
	Média	Desvio padrão	Mín	Máx	Não Conformidade
					Mín Máx
P0A	7,5	0,15	7,2	7,8	0% 0%
PRIA	7,6	0,17	7,3	7,9	0% 0%
PRSA	7,6	0,16	7,3	7,9	0% 0%
PV2A	7,9	0,14	7,6	8,1	0% 0%
PV4A	7,9	0,14	7,6	8,1	0% 0%
PV6A	7,9	0,13	7,6	8,1	0% 0%
PV8A	7,9	0,17	7,5	8,1	0% 0%
PV10A	7,9	0,17	7,4	8,1	0% 0%
PV12A	7,9	0,19	7,4	8,1	0% 0%
PV14A	7,9	0,17	7,5	8,1	0% 0%
PV16A	7,9	0,19	7,4	8,1	0% 0%

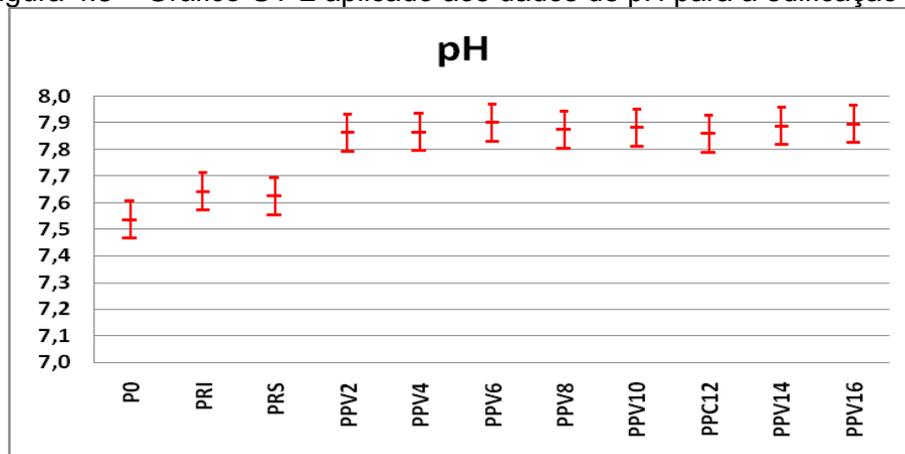
Devido a dinâmica da água e a aspectos hidráulicos, pode-se observar que os resultados obtidos na análise das amostras da rede pública e dos reservatórios de acumulação formaram um grupo amostral, enquanto que os resultados das amostras dos pontos após a reservação formaram outro grupo amostral. Aplicando a ANOVA (Tabela 4.8), pode-se verificar que houve diferença estatisticamente significativa

entre os dois grupos, já o gráfico GT-2 ilustrado na Figura 4.3 evidencia a formação dos dois grupos da análise de variância.

Tabela 4.8 – Resultado da análise de variância para pH e turbidez na edificação "A"

	Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
pH	Entre grupos	5,292187	10	0,529219	19,76899	2,52E-28	1,860438
	Dentro dos grupos	8,539677	319	0,02677			
	Total	13,83186	329				

Figura 4.3 – Gráfico GT-2 aplicado aos dados de pH para a edificação "A"



4.1 Caso 2: Edifício residencial localizado no bairro Catolé

Como pode ser observado na Tabela 4.9, no ponto P0A (Rede pública) todos os valores de CRL estiveram dentro do limite recomendado pela Portaria Nº 2914/2011, já nos reservatórios inferior e superior (PRIB e PRSB) 16,7% e 10%, respectivamente, estiveram em conformidade e nos demais pontos 100% estiveram em não conformidade.

Assim como na edificação A, a edificação B também apresentou uma grande frequência de amostras com concentrações nulas de CRL, evidenciando a falta de manutenção e a total degradação do desinfetante no sistema de abastecimento predial, podendo comprometer a qualidade da água abastecida e a saúde da população residente na edificação.

Na edificação B também foi possível obter a informação que desde a construção da edificação nunca foram realizadas limpezas periódicas nos reservatórios de acumulação, porém, no decorrer da pesquisa, e em resultados de CRL obtidos, foi possível perceber a presença de uma concentração de CRL superior (PRSB) a encontrada no reservatório inferior (PRIB), esse aumento na concentração do CRL coincidiu com a visita de agentes sanitários à edificação.

Tabela 4.9 – Resumo dos dados de CRL nos pontos de amostragem da Edificação “B”

PONTO	CRL				Não Conformidade	
	Média	Desvio padrão	Mín	Máx	Mín	Máx
P0B	0,65	0,20	0,26	1,1	0%	0%
PRIB	0,07	0,08	0,00	0,25	83,3%	0%
PRSB	0,06	0,17	0,00	0,63	90%	0%
PPV1B	0,00	0,01	0,00	0,03	100%	0%
PPV2B	0,00	0,00	0,00	0,01	100%	0%
PPV3B	0,00	0,01	0,00	0,02	100%	0%
PPV4B	0,00	0,01	0,00	0,06	100%	0%
PPV5B	0,00	0,01	0,00	0,04	100%	0%
PPV6B	0,00	0,01	0,00	0,04	100%	0%
PPV7B	0,00	0,01	0,00	0,05	100%	0%

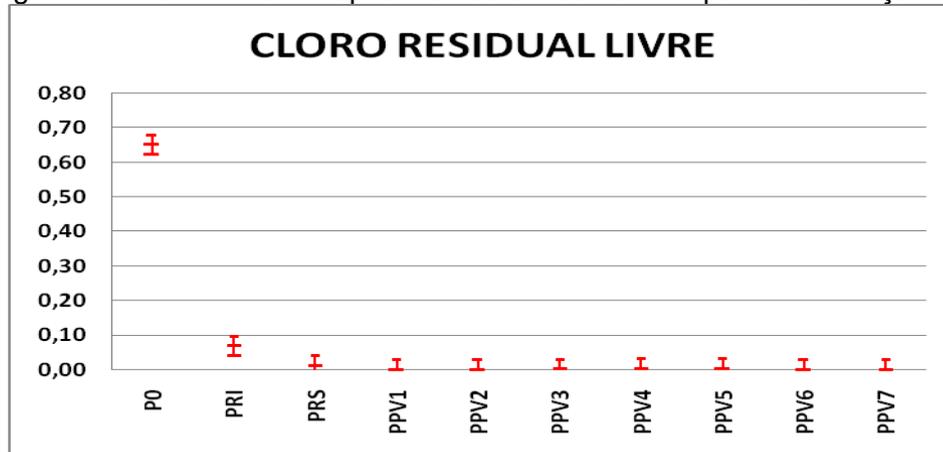
Aplicando a análise estatística inferencial, ANOVA, aos dados de CRL foi verificada a existência de diferença estatisticamente significativa entre os pontos de

coleta da edificação “B” (Tabela 4.10) e aplicando o teste gráfico GT-2 (Figura 4.4) foi verificado que o ponto P0B é estatisticamente diferente dos demais, evidenciando a degradação da concentração de CRL nos reservatórios de acumulação..

Tabela 4.10 – Resultado da análise de variância para CRL na edificação A

	Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
CRL	Entre grupos	11,18031	9	1,24225	268,6889	4,6E-135	1,912236
	Dentro dos grupos	1,340787	290	0,00462			
	Total	12,5211	299				

Figura 4.4 – Gráfico GT-2 aplicado aos dados de CRL para a edificação “B”



Em relação ao cloro residual combinado, a rede pública na zona de pressão onde se localiza a edificação B, também apresentou degradação referente a matéria orgânica nitrogenada, mas em quantidade um pouco inferior em relação a edificação A. Pode-se observar também que há um pequeno aumento na concentração de CRC no reservatório inferior (PRIB) em relação à rede pública (P0B), este fato indica a presença de matéria orgânica nitrogenada no reservatório, o que pode ter ocorrido por fatores externos. No reservatório superior (PRSB) e nos pontos após a reservação (PPV) pode ser observado que houve degradação na quantidade de CRC, não chegando a ter concentração nula. Os dados da análise descritiva do CRC na edificação B pode ser observado na Tabela 4.11.

Tabela 4.11 – Resumo dos dados de CRC nos pontos de amostragem da Edificação “B”

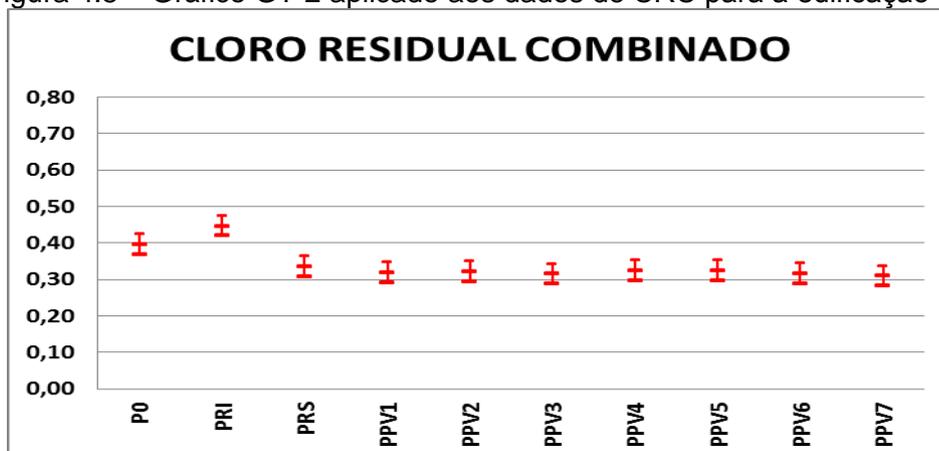
PONTO	CRC					
	Média	Desvio padrão	Mín	Máx	Não Conformidade	
					Mín	Máx
P0B	0,09	0,07	0,00	0,21	100%	0,00%
PRIB	0,14	0,09	0,01	0,30	100%	0,00%
PRSB	0,04	0,04	0,00	0,14	100%	0,00%
PPV1B	0,03	0,04	0,00	0,12	100%	0,00%
PPV2B	0,03	0,04	0,00	0,13	100%	0,00%
PPV3B	0,03	0,03	0,00	0,08	100%	0,00%
PPV4B	0,03	0,04	0,00	0,14	100%	0,00%
PPV5B	0,03	0,04	0,00	0,13	100%	0,00%
PPV6B	0,03	0,04	0,00	0,11	100%	0,00%
PPV7B	0,02	0,03	0,00	0,11	100%	0,00%

Aplicando-se a ANOVA (Tabela 4.12) verifica-se que houve a formação de dois grupos amostrais, um deles formados pelos pontos da rede pública (P0B) e do reservatório inferior (PRIB), e o outro grupo amostral é formado pelos demais pontos de amostragem da edificação B. Mesmo com o aumento na concentração do CRC no reservatório inferior, não houve uma diferença significativa entre o resultado da concentração do CRC no reservatório em relação a rede pública (Figura 4.5), quanto aos demais pontos, os mesmos mantiveram um padrão com uma concentração média de 0,03 mgCl₂/L.

Tabela 4.12 – Resultado da análise de variância para CRC na edificação B

	Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
CRC	Entre grupos	0,537808	9	0,059756	14,56602	1,93E-19	1,912236
	Dentro dos grupos	1,189713	290	0,004102			
		1,727520837	299	329			

Figura 4.5 – Gráfico GT-2 aplicado aos dados de CRC para a edificação "B"



Conforme o apresentado na Tabela 4.13 os dados de turbidez estiveram em conformidade com o padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria MS Nº 2.914/2011, com exceção de 23,3% das amostras analisadas no ponto do reservatório superior (PRSB). Pode ser observado as amostras coletadas que estiveram em não-conformidade com o padrão de potabilidade foram coletadas em dias os quais não ocorreu o recalque por meio de bombas do reservatório inferior para o reservatório superior, o que pode ter contribuído para o aumento das concentrações de turbidez no reservatório.

Tabela 4.13 – Resumo dos dados de turbidez nos pontos de amostragem da edificação "B"

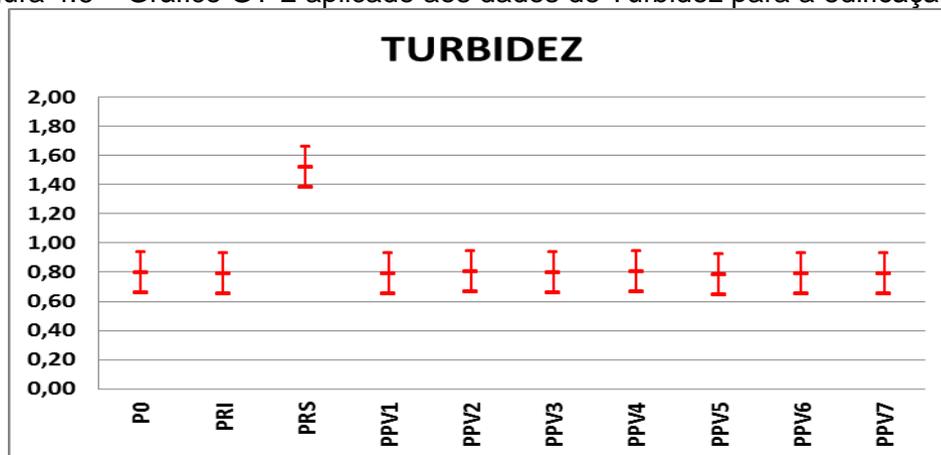
PONTO	Turbidez				Não Conformidade
	Média	Desvio padrão	Mín	Máx	
P0B	0,28	0,25	0,00	0,89	0%
PRIB	0,27	0,24	0,00	0,80	0%
PRSB	2,76	3,68	0,00	12,10	23,3%
PPV1B	0,27	0,26	0,00	0,89	0%
PPV2B	0,29	0,27	0,00	0,87	0%
PPV3B	0,29	0,24	0,00	0,87	0%
PPV4B	0,29	0,26	0,00	0,89	0%
PPV5B	0,25	0,26	0,00	0,91	0%
PPV6B	0,27	0,26	0,00	0,92	0%
PPV7B	0,27	0,26	0,00	0,87	0%

Os dados que apresentaram não conformidade com o padrão de potabilidade no reservatório superior da edificação B (PRSB), fizeram com que o ponto apresentasse diferença estatisticamente significativa em relação aos demais, diferentemente ao que ocorreu na edificação A, onde não ocorreu diferença estatisticamente significativa entre os pontos de coleta para a turbidez. Esta evidência foi constatada após a aplicação da ANOVA (Tabela 4.14) nos pontos para os resultados de turbidez na edificação B e é evidenciada no gráfico GT-2 ilustrado na Figura 4.6.

Tabela 4.14 – Resultado da análise de variância para turbidez na edificação “B”

	<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Turbidez	Entre grupos	14,171	9	1,57459	14,6889	1,34E-	1,91223
	Dentro dos grupos	31,086	29	0,10719			
	Total	45,258	29				

Figura 4.6 – Gráfico GT-2 aplicado aos dados de Turbidez para a edificação “B”



Os resultados do pH nos pontos monitorados da edificação B apresentaram conformidade com o padrão de potabilidade em 100% das amostras analisadas, variando em todos os pontos de 8,18 à 7,11 (Tabela 4.15).

Tabela 4.15 – Resumo dos dados de turbidez nos pontos de amostragem da edificação “B”

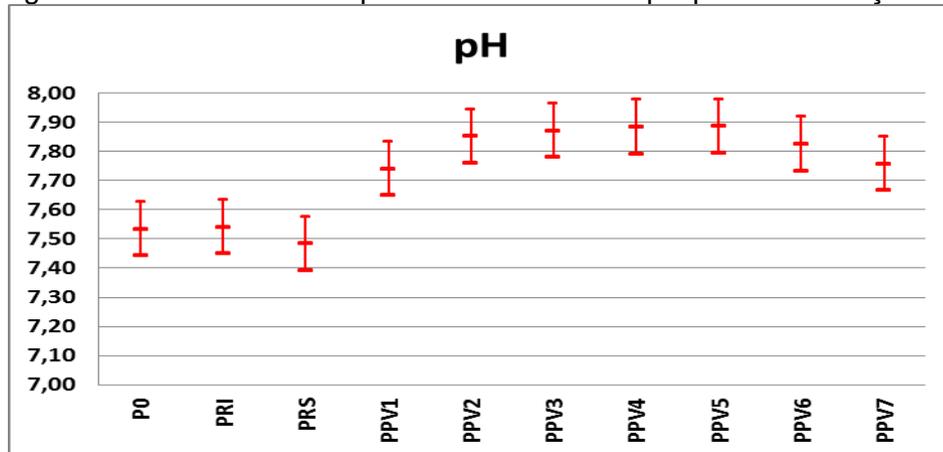
PONTO	pH					
	Média	Desvio Padrão	Mín	Máx	Não Conformidade	
					Mín	Máx
P0B	7,53	0,18	7,11	7,83	0%	0%
PRIB	7,54	0,22	7,12	7,83	0%	0%
PRSB	7,48	0,26	6,92	7,93	0%	0%
PPV1B	7,74	0,26	7,20	8,08	0%	0%
PPV2B	7,85	0,22	7,40	8,18	0%	0%
PPV3B	7,87	0,21	7,42	8,13	0%	0%
PPV4B	7,88	0,20	7,49	8,17	0%	0%
PPV5B	7,88	0,20	7,45	8,10	0%	0%
PPV6B	7,82	0,20	7,35	8,11	0%	0%
PPV7B	7,75	0,21	7,32	8,07	0%	0%

Aplicando a ANOVA aos dados de pH (Tabela 4.16), pode-se observar que as concentrações das amostras analisadas na edificação B tiveram um comportamento semelhante aos da edificação A, apresentando dois grupos amostrais, um deles formado pelos pontos da rede pública (P0B), reservatório inferior (PRIB) e reservatório superior (PRSB) e o segundo formado por todos os pontos coletados após a reservação (PPV). O comportamento do pH na edificação B também pode estar ocorrendo devido, possivelmente, a dinâmica da água e a aspectos hidráulicos na edificação. A Figura 4.7 apresenta o gráfico GT-2 para os dados de pH da edificação B.

Tabela 4.16 – Resultado da análise de variância para pH na edificação “B”

Fonte da variação		SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
pH	Entre grupos	6,800315	9	0,755591	15,85843	4,52E-21	1,912236
	Dentro dos grupos	13,81733	290	0,047646			
	Total	20,61765	299				

Figura 4.7 – Gráfico GT-2 aplicado aos dados de pH para a edificação "B"



5.0 DISCUSSÃO

Percebe-se que em nenhum momento a reservação ou a verticalização influenciaram significativamente nos dados de pH, fato evidenciado nos gráficos que tiveram variações equivalentes em todos os pontos de amostragem durante o período de monitoramento.

A manutenção dos resultados de pH dentro da faixa estabelecida pelo padrão de potabilidade, além da importância sanitária no que se diz respeito a qualidade da água, possui também importância hidráulica. Segundo Barbosa (2010), 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.

O pH também exerce função importante na cloração, já que o este indicador influi diretamente na velocidade de reação do cloro na água, tendo com isso influência direta no tempo de contato do cloro com a água para uma melhor desinfecção.

A turbidez é um indicador de qualidade da água que requer bastante atenção, o mesmo é considerado um indicador sentinela devido à facilidade e agilidade de se conseguir diagnosticar a situação da água por meio dele em um tempo relativamente curto.

Como pode ser observado, em todos os pontos de amostragem da Edificação A apresentaram-se em conformidade com o padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria Nº2.914/2011, que estabelece um VMP para a Turbidez de 5 uT, enquanto que na Edificação B, algumas amostras coletadas no Reservatório Superior (PRSB), apresentaram valores superiores ao VMP para a turbidez. Este aumento da concentração da turbidez nessas amostras coincidiram com dias em que não estava ocorrendo o recalque, por meio de bombas, do reservatório inferior para o reservatório superior, podendo com isso ter aumentado a concentração de partículas em suspensão no reservatório superior à medida que o seu nível de água ia diminuindo.

Pode-se observar também que as concentrações de turbidez encontradas após a reservação encontram-se com níveis aceitáveis com valores bem abaixo do VMP estabelecido pela Portaria. A Turbidez é um indicador organoléptico da água,

os indicadores organolépticos, segundo a Portaria Nº 2.914/2011, são o conjunto de indicadores caracterizados por provocar estímulos sensoriais que afetam a aceitação para consumo humano, mas que não necessariamente implicam risco à saúde, isso explica que, o fato da turbidez ou de qualquer outro indicador organoléptico da água esteja em conformidade com o padrão de potabilidade não garante que a água esteja livre de contaminação.

Nos casos específicos das duas edificações monitoradas nesta pesquisa, o fato da turbidez está em padrões aceitáveis para o consumo humano, tem feito com que os moradores das edificações não realizem manutenções e limpezas na rede de distribuição predial, especialmente nos reservatórios, já que a Turbidez, por ser um indicador organoléptico da água, não mostra com precisão a verdadeira qualidade da água, fazendo com que a população pense está consumindo uma água livre de contaminação e que não vai apresentar riscos à saúde.

A Portaria Nº 2.914/2011 estabelece que o Cloro Residual Livre (CRL) deve apresentar concentração mínima na rede de distribuição de 0,2 mgCl₂/L, essa medida é para assegurar que a água esteja livre de microrganismos que venham a colocar em risco a saúde da população.

De acordo com os valores das concentrações de CRL nas amostras analisadas nos pontos da rede pública das duas edificações (P0A e P0B), a água chega à rede predial em boa qualidade e atendendo ao padrão de potabilidade da Portaria Nº 2.914/2011, porém nos reservatórios o nível de degradação é evidenciado devido à diminuição da concentração de CRL nas amostras analisadas nos dois reservatórios de cada uma das edificações (PRIA, PRSA, PRIB e PRSB), com isso, mais uma vez fica evidenciada a influência da reservação na qualidade da água.

Com a degradação sofrida pelo CRL nos reservatórios, a qualidade da água após a reservação fica completamente comprometida e sujeita a qualquer tipo de contaminação por microrganismos patogênicos já que, em grande parte das amostras analisadas, ocorreu ausência total de CRL ou níveis muito abaixo do que estabelece a padrão de potabilidade. A influência da verticalização é evidenciada principalmente nas características hidráulicas comumente utilizadas nas edificações, já que para garantir água com vazão suficiente para suprir o uso de toda a população residente nas edificações, sempre será necessário a utilização de reservatórios, especialmente em edificações muito altas e que a pressão da rede

pública não seria capaz de se manter a tal ponto de levar água para os pavimentos mais altos.

O tempo de permanência da água e a temperatura constatada durante as pesquisas, evidenciam que a volatilização do cloro também foi um fator limitante da permanência do desinfetante na água, especialmente após a reservação, métodos para a preservação do CRL nos reservatórios devem ser tomados com o intuito de garantir que a água chegue a população com teores de desinfetante em conformidade com o padrão de potabilidade para que não venha a causar riscos à saúde da população. O cloro, em quantidades muito elevadas, pode apresentar problemas à saúde da população devido ao seu poder cancerígeno, por isso, não se deve aplicar dosagens de CRL em reservatórios sem controle técnico. Uma forma de suprir essa deficiência é por meio da instalação de dosadores automáticos que, após o estudo da permanência de cloro em reservatórios, programaria o dosador a realizar as dosagens de forma temporal e periódica, garantindo assim a chegada do desinfetante em quantidades adequadas nos pontos finais de consumo.

No reservatório superior da edificação B (PRSB) ocorreu que, três das amostras analisadas, durante o tempo de monitoramento apresentaram valores da concentração de CRL em conformidade com o que estabelece o padrão de potabilidade. Coincidentemente, este fato está associado à ocorrência da visita de agentes sanitários na edificação para monitoramento da água do reservatório, o que leva a crer que tenha sido adicionado a água do reservatório doses do agente desinfetante com o intuito de melhorar a qualidade da água, o que explica a elevação dos valores de cloro nestes dias de análise.

O agente desinfetante utilizado na estação de tratamento de água que abastece Campina Grande é o cloro residual livre (CRL), com isso, a presença constatada do cloro residual combinado (CRC) na rede pública e nos pontos no interior das edificações evidencia a presença de matéria orgânica nitrogenada na rede pública de abastecimento de Campina Grande/PB, pode-se observar também que houve um pequeno aumento da concentração de CRC no reservatório inferior da edificação B (PRIB) o que demonstra que no referido reservatório também houve degradação da água por matéria orgânica nitrogenada.

O CRC como um agente desinfetante, mesmo sendo fruto da reação entre o CRL e a matéria orgânica nitrogenada na rede de abastecimento, também sofreu degradação no sistema de abastecimento predial das duas edificações estudadas.

Nesta, pesquisa pode-se observar a importância da utilização de indicadores sentinelas para a vigilância da qualidade da água em sistemas prediais, porém, os referidos indicadores têm a função preventiva de indicar possíveis irregularidades que possam está ocorrendo no sistema. Com os resultados obtidos, é possível constatar a possível degradação que a água pode estar sofrendo em qualquer unidade do sistema de distribuição, mas para se ter uma certeza absoluta quanto a degradação da água no sistema predial, se faz necessário a análise de indicadores microbiológicos.

6.0 CONCLUSÕES

Com relação à qualidade da água da rede pública de distribuição que abastece as edificações estudadas:

- a) A qualidade da água que passa na rede pública de abastecimento e que abastece as duas edificações estudadas mostrou-se satisfatória, estando os resultados de pH e turbidez em conformidade com a Portaria 2.914/2011, fato este constatado em 100% das amostras analisadas. Quanto ao cloro residual livre, esteve em conformidade com o padrão de potabilidade estabelecido pela referida Portaria em 87% das amostras coletadas na edificação A e em 100% das amostras coletadas na edificação B.

Com relação à influência da reservação na qualidade da água:

- b) A qualidade da água, após a reservação, nas duas edificações, mostrou-se bastante comprometida, apesar de estar em conformidade com os parâmetros pH e turbidez em 100% das amostras analisadas, o cloro residual livre mostrou-se abaixo da faixa mínima estabelecida pela Portaria Nº 2.914/2011, ficando passível de sofrer contaminações por microrganismos.

Com relação à influência da verticalização na qualidade da água:

- c) O que mais influenciou a qualidade da água não foi simplesmente a altitude, mas os sistemas hidráulicos de distribuição que são necessários para garantir vazão e pressão suficientes em todos os pontos da rede predial de distribuição, sendo para isso necessário a utilização de reservatórios e sistemas de recalque.

Com isso pode-se concluir que a verticalização e a reservação têm forte influência sobre a qualidade da água. Após a pesquisa, foi constatado que a água sofre praticamente toda a degradação de sua qualidade na reservação, ou seja, antes de chegar até o consumo direto da população que reside nas referidas edificações.

É importante a preocupação com a vigilância e o controle da qualidade da água nessas edificações residenciais, para que se possa ter sempre a garantia de que os moradores irão consumir água de qualidade para a preservação de sua saúde.

7.0 RECOMENDAÇÕES

A qualidade da água sempre deve ser instrumento de pesquisas científicas, já que é da mesma que desencadeia uma série de doenças para a população devido à sua contaminação, Pensando nisso, recomenda-se que as pesquisas voltadas a vigilância e ao controle da qualidade da água, possam cada vez mais adentrar as redes prediais de distribuição para que se possa ter, cada vez mais, detalhados os dados referentes à qualidade da água que é diretamente consumida pela população.

Para continuidade dessa pesquisa é também um ponto importante para futuras pesquisas, recomendando-se não apenas o acompanhamento dos dados em todo o sistema predial, mas também a realização de manutenções devidas ao sistema a fim de detectar até onde a falta de limpezas e manutenções nos sistemas prediais afetam a qualidade da água.

Para os futuros projetos de edificações, como modelos de edificações sustentáveis e eficientes, é importante que contemplem, de forma parcial ou integral, sistemas de automação voltados ao controle da qualidade da água nas edificações, esse controle poderá ser feito por meio da adoção de um sistema composto por uma bomba dosadora de cloro a fim de garantir um teor mínimo de cloro residual livre estabelecido pela Portaria 2.914/2011 nos reservatórios de distribuição.

O acréscimo de outros indicadores de qualidade da água como a E. Coli e as bactérias heterotróficas também será de grande valor para um melhor conhecimento a respeito da qualidade da água nos sistemas prediais.

REFERÊNCIAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5626: Instalação Predial de Água Fria**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998. 41 p.

ANBT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12.211 Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: ANBT, 1998. 14 p.

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

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

AZEVEDO NETTO, J. M.; FERNANDEZ, M. F.; ARAÚJO, R.; ITO, A. E. **Manual de Hidráulica**. 8.ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1998. 669p.

BARBOSA, F. L. **Avaliação da qualidade da água consumida em um hospital público da cidade de Campina Grande – PB**. Campina Grande – PB: UFCG. 2010. 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande. 2010.

BORGES, J.T; SPARRAPAN, R.; GUIMARÃES, J. R.; EBERLIN, M. N. **A influência da amônia no potencial de formação de Trihalometanos**. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITÁRIA Y AMBIENTAL. 28, 2002, Cancun, México. Anais. Cancun: AIDIS, 2002.

BRAGA, L. C. **Estudo de Aspectos de Eficiência Energética de Edificações com uma Abordagem de Automação Predial**. Belo Horizonte – MG: UFMG. 2007. 156f. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica) Universidade Federal de Minas Gerais. 2007.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 3. ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2007. 408 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Inspeção sanitária em abastecimento de água**. Brasília (DF) : Ministério da Saúde, 2006. 84p.

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

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

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

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria Nº 518, de 25 de Março de 2004**. Normas e padrão da potabilidade da água destinada ao consumo humano. Brasília (DF); 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n.º 2914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília (DF), 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006b. 211p.

COUTINHO, K. C. O. **Efeito da reservação predial na deterioração da qualidade da água de abastecimento humano**. Campina Grande – PB: UFCG. 2011. 88f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande. 2011.

CALIJURI, M. L.; SANTIAGO, A. da F.; CAMARGO R. de A.; MOREIRA NETO R. F. Estudo de indicadores de saúde ambiental e de saneamento em cidade do Norte do Brasil. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.14, n.1, 2009.

CAMPINA GRANDE. Prefeitura Municipal. **Lei nº 4129/2003**. Dispõe sobre o Código de Posturas do Município. Campina Grande (CG), 2003. 128p

DI BERNARDO, L. **Tecnologias de tratamento de Água com filtração rápida**. In: SEMINARIO TALLER SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE AGUA. 2000, Santiago de Cali. Anais. Santiago de Cali: Cinara, 2000.

FERRARO, F. A. COUTINHO, K. C. O. **Efeito da reservação predial na deterioração da qualidade da água de abastecimento humano**. Porto Alegre – RS: UFRS. 2013. 90f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2013.

FIORI, S *et. al.* **Avaliação Qualitativa e Quantitativa do Reúso de Água Cinzas em Edificações**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 19-30, jan./mar. 2006.

FREITAS, M. B.; FREITAS, C. M. **A vigilância da qualidade da água para consumo humano: desafios e perspectivas para o Sistema Único de Saúde.** *Ciênc. saúde coletiva*, 2005, vol.10, n.4, 993-1004p.

GHISI E. G. **Instalações prediais de água fria.** Florianópolis – SC: UFSC. Engenharia Civil. Instalações I, 2004.

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

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

IBGE – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), 2008.

ILHA, M. S. DE O.; GONÇALVES, O. M. **Sistemas Prediais de Água Fria.** Texto Técnico/ UNICAMP. Campinas-SP. 2005. 92p.

MARINELLI, A. CAMARGO, A.R. **O Estabelecimento de Saúde e o Edifício de Alta Tecnologia.** Anais do I Congresso Nacional da ABDEH. 2004, 33-36p.

MATOS, A. O. **Planejamento Operacional para Execução dos Sistemas Prediais Hidráulicos, Sanitários e de gás combustível.** São Carlos – SP. 2011. 171f. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Construção Civil). Universidade Federal de São Carlos. 2011.

MENESES, R. A. **Diagnóstico Operacional de Sistemas de Abastecimento de Água: o caso de Campina Grande.** Campina Grande – PB. 2011. 144f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande. 2010.

MIRANDA, C. A. S.; MONTEIRO, T. C. N. **Qualidade de água em sistemas de reservação e distribuição predial na cidade do Rio de Janeiro.** *Cad. Saúde Pública* 1989, vol.5, n.3, 284-295p.

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

PALIARI, J. C. **Método para prognóstico da produtividade da mão-de-obra e consumo unitário de materiais: sistemas prediais hidráulicos.** São Paulo - SP, 2008. 321f. Tese (Escola Politécnica da Universidade de São Paulo), 2008.

PIEREZAN, M. L. **Monitoramento Contínuo do Residual do Cloro em Sistemas de Distribuição de Água para Abastecimento.** Campo Grande – MS. 2009. 136f. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Tecnologias Ambientais) Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. 2009.

PISTOLOZZY, J. F. O. **Considerações para Implantação de Sistemas de Automação Predial.** Ouro Preto – MG. 2009. 43f. Monografia (Graduação em Engenharia de Controle e Automação). Universidade Federal de Ouro Preto, 2009.

REGO, F. M. **Qualidade higiênico-sanitária das águas utilizadas em unidades de alimentação e nutrição hospitalares da rede pública do Distrito Federal.** Brasília – DF: UnB. 2006. 75f. Dissertação (Pós Graduação em Nutrição Humana),m Brasília, 2006.

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

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.** Campinas – SP:

UNICAMP. 2005. 209f. Dissertação (Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo), Campinas, 2005.

SALGADO, M. S. **Arquitetura, Materiais e Tecnologia**. Ed 1. v1. UFRJ. Rio de Janeiro, 2011.

SANCHES, S. M.; SILVA, C. H. T. de P.; VIEIRA, E. M. Agentes desinfetantes alternativos para o tratamento de água. **Revista Química Nova na Escola**, São Paulo, n.17, 2003.

SANTOS, D. C. **Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 2, n. 4, p. 7-18, 2002.

SANTOS, E. C. **Avaliação dos níveis de salubridade em edificações multifamiliares de interesse social na cidade de Campina Grande – PB**. 2011. 143 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Campina Grande, 2011.

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

WHO. **Guidelines for Drinking-water Quality**. Library Cataloguing-in-Publication Data Guidelines for drinking-water quality – 4 ed, 2011

