



XI-011 - METODOLOGIA DE SETORIZAÇÃO DOS SISTEMAS PRESSURIZADOS DE ABASTECIMENTO URBANO DE ÁGUA DAS CIDADES DE JOÃO PESSOA E CABEDELO - PB

Moisés Menezes Salvino⁽¹⁾

Engenheiro Civil, Bacharel em Computação, Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB, pesquisador do Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento – LENHS.

Heber Pimentel Gomes

Professor Doutor da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental – DECA, Coordenador/pesquisador do LENHS/UFPB.

Leonardo Leite Brasil Montenegro

Engenheiro Civil da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba – CAGEPA. Mestre em Eficiência Energética pelo LENHS/UFPB.

Emmanuel Nazareno da Costa Lima

Engenheiro Civil da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba – CAGEPA.

Amanda Nepomuceno Targino de Arruda

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

Endereço⁽¹⁾: Universidade Federal da Paraíba – UFPB\LENHS, Cidade Universitária, João Pessoa – PB – Brasil. CEP: 58059-900. Tel: +55 (83) 3216-7037 Ramal: 22 Email: moises@lenhs.ct.ufpb.br

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento metodológico e a elaboração do projeto de setorização da Zona de Pressão R-6, situada na cidade de João Pessoa, Estado da Paraíba. Projetos de setorização de redes de abastecimento de água são tipologias impostas ao sistema de distribuição para delimitar a área abastecida em pequenos setores que passam a ter seus abastecimentos monitorados e controlados, com possibilidade de quantificar os volumes distribuídos e consumidos. Esse procedimento é essencial para otimizar os serviços de distribuição e operação de sistemas de abastecimento de água e para possibilitar o monitoramento e a consequente redução das perdas de água. A Zona de Pressão R-6 faz parte de um conjunto de 29 zonas pertencentes ao sistema adutor que abastece as cidades de João Pessoa e Cabedelo. Ela é abastecida, por gravidade, a partir da subunidade de reservação e distribuição R-6, formada por pares de reservatórios apoiados, elevados e estações elevatórias de bombeamento. A ZP R-6 abrange uma área de 10,85 Km², que compreende doze bairros da cidade de João Pessoa, com uma população atendida estimada em 85.367 habitantes. A metodologia apresentada aqui parte do diagnóstico da operação atual da rede de distribuição de água da ZP, elaborado a partir do modelo de simulação hidráulica EPANET. Essa modelagem é construída a partir do cadastro integrado da rede, composto pelo cadastro físico das tubulações, em CAD, exportado para o modelo hidráulico, georeferenciado, e com as demandas nos nós obtidas do cadastro comercial dos usuários de água da companhia concessionária de abastecimento da Paraíba, CAGEPA. O projeto de setorização da ZP R-6 foi elaborado para um horizonte futuro de 20 anos, a partir de 2015. O projeto dividiu a ZP em três setores, isolados entre si, nos quais as pressões máximas e mínimas se situaram dentro dos limites estabelecidos nas normas da ABNT. O custo dos equipamentos resultantes do projeto de setorização e de reabilitação foi de R\$ 484.537,98, cujos preços unitários foram orçados em janeiro de 2015.

PALAVRAS-CHAVE: Setorização, rede de tubulações, distritos de medição e controle.

INTRODUÇÃO

Para o gerenciamento eficaz de um sistema de distribuição de água faz-se necessário, primeiramente, a sua setorização. Segundo COVAS, D. e RAMOS, H. (2007), a setorização consiste na divisão da rede em setores menores com fronteiras conhecidas e bem delimitadas, onde se controlam todas as entradas e saídas de vazão com vistas à avaliação de perdas de água. Esses setores são chamados, também, de Distritos de Medição e Controle (DMCs), segundo a Norma NBR 12218/1994. A Figura 1, extraída de BEZERRA e CHEUNG

(2013), mostra um esquema da setorização de um sistema de abastecimento urbano de água em Distritos de Medição e Controle.

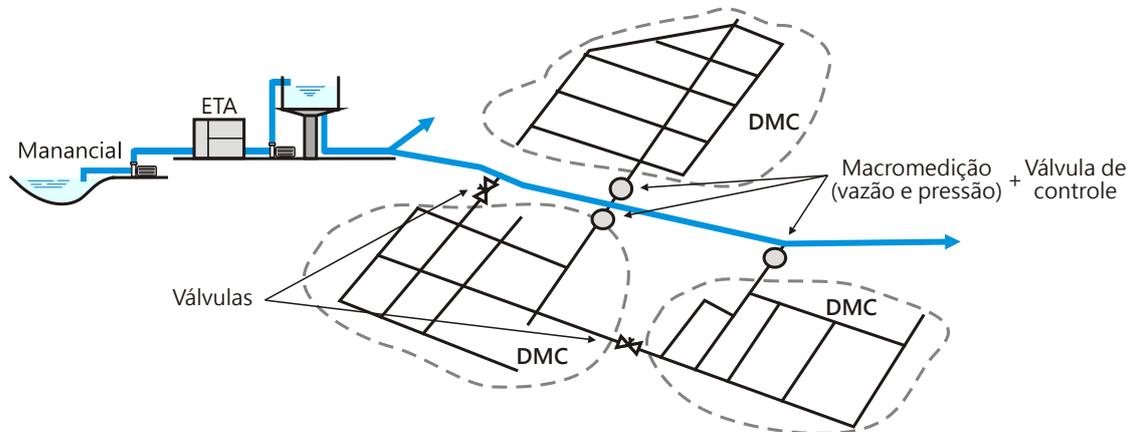


Figura 1 – Setorização de um Sistema de Abastecimento de Água em Distritos de Medição e Controle (Bezerra e Cheung, 2013)

A setorização é uma das principais formas de controle de pressão e, conseqüentemente, de perdas de água; proporciona a divisão da área de abastecimento em áreas menores, mediante a delimitação natural do sistema, ou por meio do fechamento de válvulas de manobra. Em alguns casos, para que a setorização seja completamente eficiente, faz-se necessária a limitação das pressões máximas de operação com a implantação de válvulas redutoras de pressão (VRPs). A divisão das redes de distribuição de água, em setores de manobra e de controle, é uma das melhorias mais significativas para o controle e diminuição de perdas de água, e para o aumento da eficiência dos sistemas de abastecimento como um todo. A setorização permite avaliar as perdas de água, através de um balanço hídrico, comparando-se a vazão macromedida na entrada do DMC com as micromedidas pelos consumidores contidos na área de abrangência do setor correspondente. Permite, também, adequar as pressões disponíveis aos usuários dentro de determinados limites aceitáveis e facilita as opções de manobras das redes de tubulações para possíveis interrupções de manutenção do sistema de abastecimento.

Um projeto de setorização vem acompanhado, inevitavelmente, de um processo de reabilitação das redes de tubulações, mediante intervenções físicas nas redes de distribuição de água. Isso porque com a divisão da rede original em subredes ou setores, a capacidade de transporte desses setores ficará diminuída devido à limitação imposta aos trajetos que a água irá percorrer para atingir os pontos de consumo dentro do setor. Por esse motivo, com a setorização da rede original, haverá a necessidade da diminuição ou alívio das perdas de carga hidráulica em determinados trechos de tubulações para que não haja comprometimento das pressões mínimas aos usuários da rede. Essa diminuição de perdas de carga ocorrerá com o aumento do diâmetro de determinados trechos, com a introdução de trechos em paralelo e/ou com a interligação de malhas; eventualmente, pode haver a necessidade de colocação de booster para elevar a pressão em certas partes da rede de distribuição setorizada. Dessa forma, obtém-se uma adequada capacidade de abastecimento às zonas atendidas para as demandas de água atuais e futuras. Normalmente, quando se elabora um projeto de setorização se faz juntamente com a reabilitação das redes de tubulações, para atender a demanda de água para um determinado horizonte futuro de projeto.

Projetos de setorização são, atualmente, necessários para a reabilitação da grande maioria dos sistemas de abastecimento de água das cidades brasileiras. Com o crescimento das cidades de médio e grande porte do Brasil, nos últimos vinte anos, associado a um processo de verticalização das edificações e ao baixo investimento nos sistemas de saneamento no país, as redes de distribuição de água tornaram-se envelhecidas e incapazes de abastecerem, adequadamente, os seus usuários. Como consequência, a grande maioria dos sistemas de distribuição de água opera por turnos, por não possuírem capacidade de atenderem, continuamente, as demandas crescentes de água. Isso vem causando um prejuízo de grande porte aos sistemas de distribuição de água, tanto do ponto de vista da qualidade do abastecimento, como do ponto de vista financeiro. O prejuízo financeiro da empresa concessionária de saneamento decorre do alto índice de perdas de água, da diminuição



do volume distribuído e faturado e por conta das avarias nos tubos provocadas pelas sobrepressões decorrentes dos excessos de manobras de enchimento e esvaziamento das tubulações.

O presente trabalho tem como objetivo estabelecer uma metodologia para a elaboração de projetos de setorização e de reabilitação de sistemas urbanos de distribuição de água. O trabalho tem como estudo de caso o projeto de setorização da Zona de Pressão R-6, da cidade de João Pessoa, desenvolvido pela CAGEPA (Companhia de Água e Esgoto do Estado da Paraíba).

METODOLOGIA

A metodologia proposta neste trabalho, para a elaboração dos projetos de setorização, parte da topologia do sistema de abastecimento de água que, normalmente, já se encontra dividido em várias Zonas de Pressão. De acordo com a NBR 12218/1994, Zonas de Pressão (ZPs) são áreas abrangidas por uma subdivisão da rede, onde as pressões estática e dinâmica obedecem a limites prefixados. A Figura 2 mostra o esquema do Macro Sistema Adutor que abastece as 29 Zonas de Pressão (ZPs) das cidades de João Pessoa e de Cabedelo. Os projetos de setorização são executados para cada ZP, de forma independente.

Para a realização do projeto de setorização deve-se realizar um diagnóstico, detalhado, da situação operacional da Zona de Pressão (ZP) a ser setorizada. Para tanto, deve-se dispor do Cadastro Técnico Integrado das redes de distribuição de água da ZP. O Cadastro Técnico Integrado consiste no cadastro, georeferenciado, da rede de tubulações da Zona de Pressão, no formato CAD, a exportação deste para um modelo de simulação hidráulica, do tipo EPANET (Rossman, 2001), com as demandas médias de água dos nós de consumo, em unidades de vazão, determinadas a partir dos dados micromedidos obtidos do cadastro comercial da empresa de saneamento. A obtenção desse Cadastro Integrado, caso ele não exista, ou esteja desatualizado, compreende a parte mais trabalhosa e custosa de um projeto de setorização. As companhias de saneamento do Brasil, com raríssimas exceções, não possuem cadastros atualizados e confiáveis de suas redes de distribuição de água (digitalizados e georeferenciados). Após a realização do diagnóstico, detalhado, da situação operacional de cada Zona de Pressão, executa-se o projeto de setorização a partir da seguinte metodologia:

- a) Com a realização ou obtenção do Cadastro Técnico Integrado das redes de tubulações, e com base na topologia da rede de distribuição de água da correspondente Zona de Pressão, que compreende a altimetria da área, o traçado e o comprimento total das tubulações, se estabelece o número de setores ou de Distritos de Medição e Controle (DMCs) que farão parte do projeto de setorização da respectiva Zona de Pressão, levando-se em conta, também, a influência das cargas hidráulicas existentes nos reservatórios.
- b) A partir da modelagem hidráulica da rede de abastecimento de água da ZP, efetua-se um diagnóstico da operação do sistema de distribuição para o cenário da demanda máxima horária para o horizonte futuro do projeto.
- c) Definem-se as áreas e as fronteiras dos DMCs a partir das considerações dos itens “a” e “b”, fazendo com que só exista uma entrada de água para cada distrito. Além disso, será avaliado o posicionamento dos registros existentes na atual rede de tubulações, de forma a minimizar o número dessas peças a serem instalados para o isolamento dos DMCs.
- d) Buscar-se-á intervir, fisicamente, na rede de tubulações de forma que as diferenças entre as pressões máximas e mínimas, estáticas e dinâmicas, dentro de cada DMC, sejam as menores possíveis.

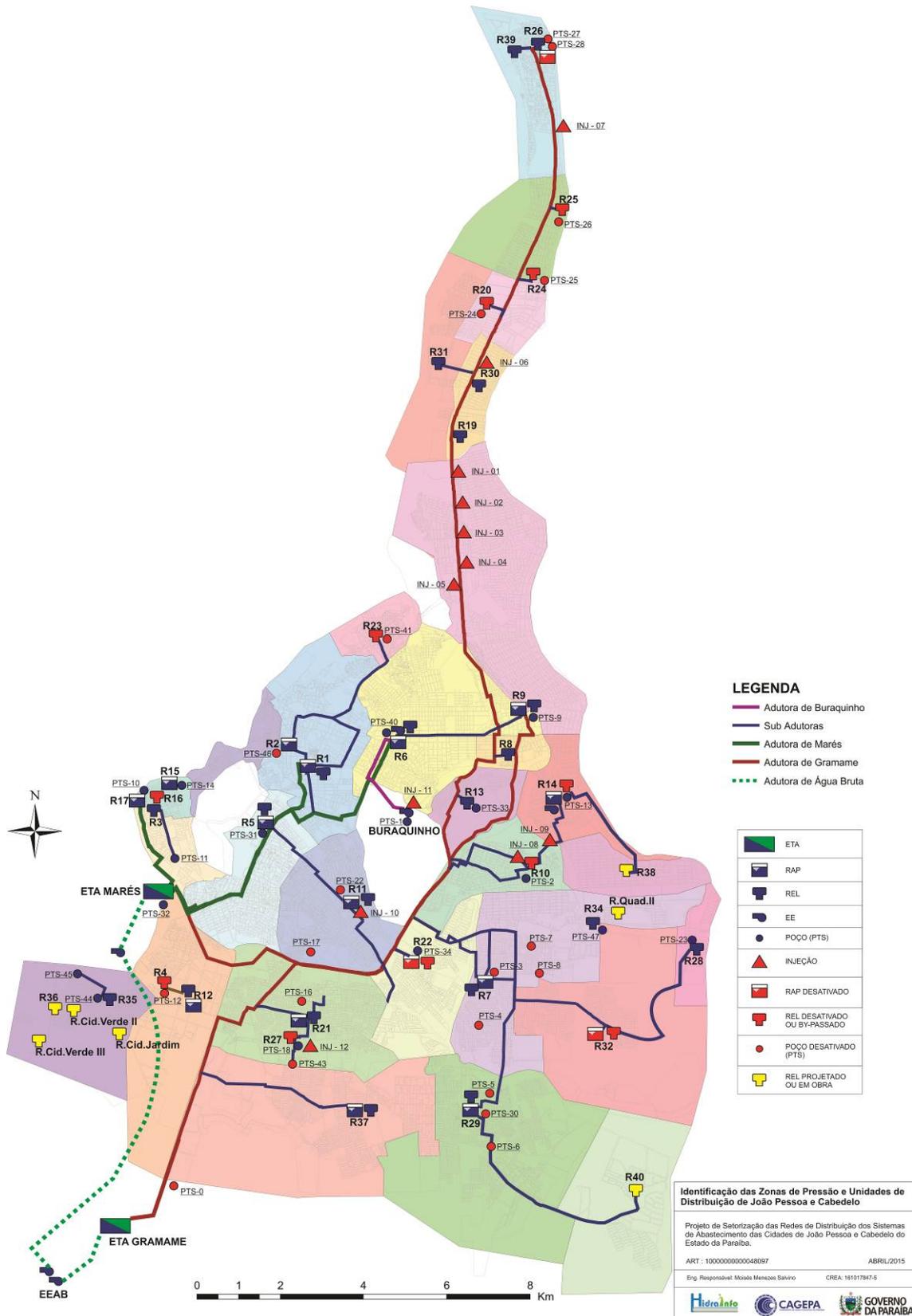


Figura 2 – Esquema do Macro Sistema Adutor do Sistema de Abastecimento de Água das Cidades de João Pessoa e Cabedelo

- e) Nas fronteiras dos DMCs são seccionados os trechos de tubulações que interligariam os distritos vizinhos. Nesses pontos de seccionamento são instalados os registros, que poderão, numa eventualidade, serem abertos para possíveis interligações entre distritos.
- f) Simulam-se, no modelo EPANET, as operações de cada DMC para o cenário de máxima demanda hídrica horária, para o horizonte futuro de projeto. As demandas futuras de água são determinadas em função da estimativa do crescimento da população a ser abastecida, incorporando as perdas esperadas de água.
- g) Caso a capacidade de transporte das tubulações de cabeceira das Zonas de Pressão não seja suficiente, havendo perdas de cargas hidráulicas significativas, se implantará uma nova linha tronco, unindo o reservatório de cabeceira da ZP às entradas dos DMCs.
- h) Com a simulação hidráulica da operação do DMC, observa-se se todas as pressões dentro do distrito são superiores à mínima estabelecida. Caso haja nós com pressões insuficientes, procura-se diminuir as perdas de carga em algum dos trechos das artérias que conduzem água para os nós desfavoráveis (com pressões insuficientes). A diminuição da perda de carga no trecho se dará pela substituição da tubulação atual por uma de diâmetro superior, havendo preferência para a troca de tubulação antiga (mais deteriorada ou de cimento amianto) por uma de material mais adequado. A diminuição da perda de carga poderá ocorrer, também, com a implantação de uma tubulação paralela à já existente, no trecho de perda alta, ou pela interligação de malhas dentro da rede.
- i) Após o estabelecimento da condição operacional adequada de cada distrito, executa-se uma nova simulação, no EPANET, para a situação mais favorável de pressão máxima, que é o cenário de demanda noturna para o momento atual. Caso essas pressões sejam elevadas se dimensiona uma válvula redutora de pressão a ser instalada na entrada do DMC. A pressão de controle da VRP será aquela que garanta a pressão mínima estabelecida para todos os nós de consumo do DMC.
- j) Na entrada de cada DMC se instalará um medido de vazão e de pressão para o controle do setor. Dessa forma, se poderá determinar a vazão de entrada e o consumo de cada DMC e, assim, mediante um balanço hídrico, estimar as perdas de água e controlá-las dentro do DMC.

DIAGNÓSTICO DA OPERAÇÃO ATUAL

Os sistemas de abastecimento de água das cidades de João Pessoa e Cabedelo foram projetados para abastecer suas redes de distribuição por meio de reservatórios, distribuídos em 29 Zonas de Pressão dos dois municípios. Contudo, com o acentuado crescimento populacional e o adensamento de edifícios, alguns reservatórios não têm tido capacidade e carga hidráulica suficiente para fornecer água com continuidade e pressões admissíveis para os diversos pontos de consumo. Como solução operacional, atualmente alguns dos sistemas de reservação, na situação descrita anteriormente, foram desativados e/ou suas redes de distribuição passaram a ser alimentadas por subadutoras, mediante injeções de água provenientes diretamente de adutoras.

Diante da necessidade de modelagem no simulador hidráulico, o atual cadastro das redes de distribuição das redes de João Pessoa e Cabedelo, em CAD, tiveram de passar por um ajuste e uma atualização. Essa operação consistiu, principalmente, em remover linhas duplicadas, *layers* desnecessários e blocos sem informação. Além disso, foi necessário o georeferenciamento das tubulações, em ferramenta GIS, para que fosse possível utilizar os dados de demanda de água disponibilizados pela CAGEPA. Esses dados foram agrupados por quadra de consumidores e distribuídos nos nós adjacentes às suas respectivas quadras. Todas essas informações foram inseridas no modelo de simulação hidráulica EPANET através de um programa conversor, o que possibilitou a sua aplicação imediata.

A metodologia desenvolvida neste trabalho foi aplicada ao projeto de setorização e reabilitação da rede para a Zona de Pressão R-6, que abrange uma área de influência de 10,85 Km² e compreende os bairros dos Estados, Torre, Expedicionários, Tambauzinho, Jardim Treze de Maio, Mandacarú, João Agripino, Ipês, Boa Vista, Pedro Gondim, Jardim Luna e parte de Jaguaribe, na cidade de João Pessoa. A região possui uma população

atendida estimada em 85.367 habitantes, com base no censo do IBGE, de 2015. A Figura 3 apresenta a localização dessa Zona de Pressão no mapa da cidade de João Pessoa e a Figura 4 mostra uma vista aérea da cidade, extraída do programa Google Earth, com destaque para a ZP R-6. Essa ZP é abastecida por uma unidade de Reservação e Distribuição, composta por dois reservatórios elevados (um de 500 e o outro de 600 m³) e dois apoiados (ambos com capacidade de 3.760 m³); uma estação elevatória, com quatro conjuntos motorbomba, sendo dois que elevam água para o reservatório elevado de 500 m³ e os outros dois elevam água para o de 600 m³. Ambos reservatórios elevados abastecem, por gravidade, a rede de distribuição de água da ZP R-6, que possui 2158 nós e 2725 trechos, totalizando 163.039,65 metros de tubulações, com tubos de PVC PBA, PVC DEFoFo e Cimento Amianto, com diâmetros variando do DN 50 ao DN 600.

O diagnóstico da operação, atual, da rede de distribuição de água, por meio do EPANET, demonstrou que uma parte significativa dos nós de consumo apresenta pressões insuficientes. A Figura 5 mostra o resultado da simulação da operação da rede para a demanda máxima horária de consumo dos usuários da rede de distribuição de água. Os pontos na cor azul escuro representam os nós com pressões nulas, onde a água não alcança esses pontos e os na cor azul clara que representam os nós com pressões, também, inadequada (inferiores a 10 mca). Esse aspecto demonstra que essa rede funciona com intermitência no seu abastecimento, o que coincide com a situação operacional dessa área de abastecimento da cidade de João Pessoa, conforme constatado pela própria CAGEPA.

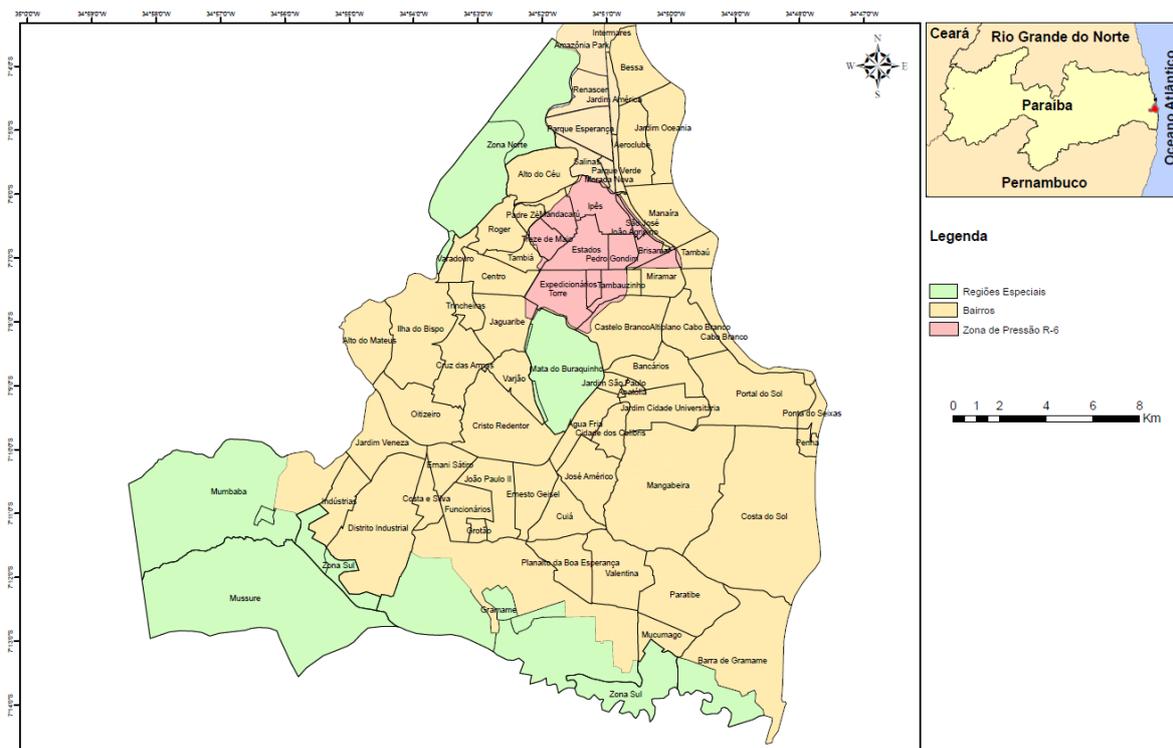


Figura 3 – Localização da Zona de Pressão R-6 no mapa da cidade de João Pessoa



Figura 4 – Vista aérea de João Pessoa, extraída do Google Earth, com destaque para a ZP R-6



Figura 5 – Resultados da simulação da operação da rede por meio do EPANET

RESULTADOS OBTIDOS NO PROJETO DE SETORIZAÇÃO DA ZONA DE PRESSÃO R-6

Após o diagnóstico, foi elaborado o projeto de setorização da Zona de Pressão ZP-6, seguindo a metodologia antes apresentada. Para a ZP foram estabelecidos três Distritos de Medição e Controle (DMC R6-A2-01, DMC R6-A2-02 e DMC R6-A2-03), formando redes isoladas, com uma única entrada de água e sem interligação com as redes vizinhas (ver esquema na Figura 6). Essas redes foram analisadas, com o auxílio do simulador hidráulico, e foram redimensionadas, de forma a que as pressões, em cada DMC, fossem situadas entre os limites de 10 e 50 mca, estabelecidos no projeto.

Para fins de elaboração da proposta de setorização foi adotado o cenário de operação mais desfavorável, que é aquele cujas demandas correspondem às vazões máximas horárias para uma população futura (ano 2034), considerando um alcance de projeto de 20 anos. Os fatores multiplicativos atuantes nos consumos dos nós da rede de tubulações foram: coeficiente do dia de maior consumo K_1 de 1,20; da hora de maior consumo K_2 de 1,50; coeficiente que leva em conta uma perda de água no setor de 36,6%, esperada para o projeto, K_{perdas} de 1,58; e o coeficiente que leva em conta o crescimento populacional do setor em 20 anos $K_{populacional}$ de 1,70.

Para a separação dos DMCs e isolamento das zonas de pressão vizinhas, fez-se necessário fechar 18 registros já existentes e instalar dois registros em novos locais. Em função das pressões atuantes nos DMCs houve a necessidade de dimensionar válvulas redutoras de pressão (VRPs) para controlar as pressões máximas no interior dos distritos; como também, fez-se necessário aumentar os diâmetros de alguns trechos e introduzir novas tubulações para que as pressões mínimas nos distritos não fossem inferiores a 10 mca. A Figura 7 apresenta a distribuição dos diâmetros da rede de tubulações da ZP R-6, enquanto a Figura 8 mostra, com destaque em vermelho, as novas tubulações que foram introduzidas, necessárias para a reabilitação da rede.



Figura 6 – Distribuição dos Setores, ou DMCs, da Zona de Pressão R-6

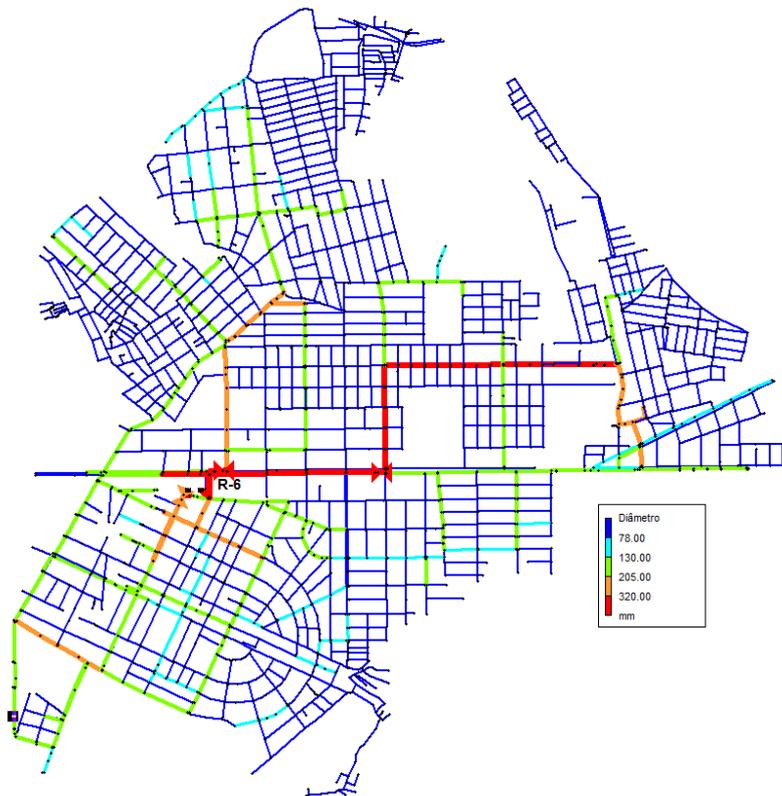


Figura 7 – Diâmetros dos trechos da rede da ZP R-6



Figura 8 – Destaque das intervenções para a reabilitação da rede de distribuição da ZP R-6

O DMC R6-A2-01 possui uma rede de tubulações de 70.198,93 m, atende uma área de 365,87 hectares e apresenta um consumo máximo horário de 165,55 L/s. A simulação da operação do DMC R6-A2-01 no EPANET, na condição de máxima demanda hídrica, com o projeto de setorização, é apresentada na Figura 9, que mostra a rede de tubulações com o mapa de distribuição das pressões, na qual observa-se que todas as cargas são superiores a 10 mca. A pressão mínima dinâmica simulada, no modelo hidráulico, para o cenário futuro foi de 10,03 mca e a pressão máxima de 47,06 mca. Conforme a modelagem hidráulica, nessas condições, a pressão de controle, a jusante da VRP, deve ser de 33,00 mca. Já para a condição operacional de mínima noturna a pressão mínima simulada foi de 10,42 mca e a pressão máxima de 46,28 mca segundo a modelagem hidráulica apresentada na Figura 10.

O DMC R6-A2-02 possui um comprimento de rede de 47.513,45 m, atende uma área de 416,55 hectares e possui um consumo máximo horário de 192,54 L/s. A simulação da operação desse DMC, na condição de máxima demanda hídrica, com o projeto de setorização, é apresentado na Figura 11, que mostra a rede com o mapa de distribuição das pressões. A pressão mínima dinâmica simulada, no modelo hidráulico, para o cenário futuro foi de 10,04 mca e a pressão máxima de 55,80 mca. Conforme modelo do EPANET, nessas condições, a pressão de controle, a jusante da VRP, deve ser de 35,17 mca. Já para a condição operacional de mínima noturna a pressão mínima simulada foi de 10,14 mca e a pressão máxima de 54,72 mca. O mapa das pressões dessa última simulação pode ser visualizado na Figura 12.

O DMC R6-A2-03 possui um comprimento de rede de 51.350,38 m, atende uma área de 302,35 hectares e possui um consumo máximo horário de 126,70 L/s. A simulação da operação desse DMC, na condição de máxima demanda hídrica, com o projeto de setorização, é apresentado na Figura 13, que mostra a rede com o mapa de distribuição das pressões. A pressão mínima dinâmica simulada, no modelo hidráulico, para o cenário futuro foi de 5,31 mca e a pressão máxima de 42,61 mca. Conforme modelo do EPANET, nessas condições, a pressão de controle, a jusante da VRP deve ser de 21,00 mca. Para a condição operacional de mínima noturna, a pressão mínima simulada foi de 10,06 mca e a pressão máxima de 53,01 mca. O mapa das pressões pode ser visualizado na Figura 14.

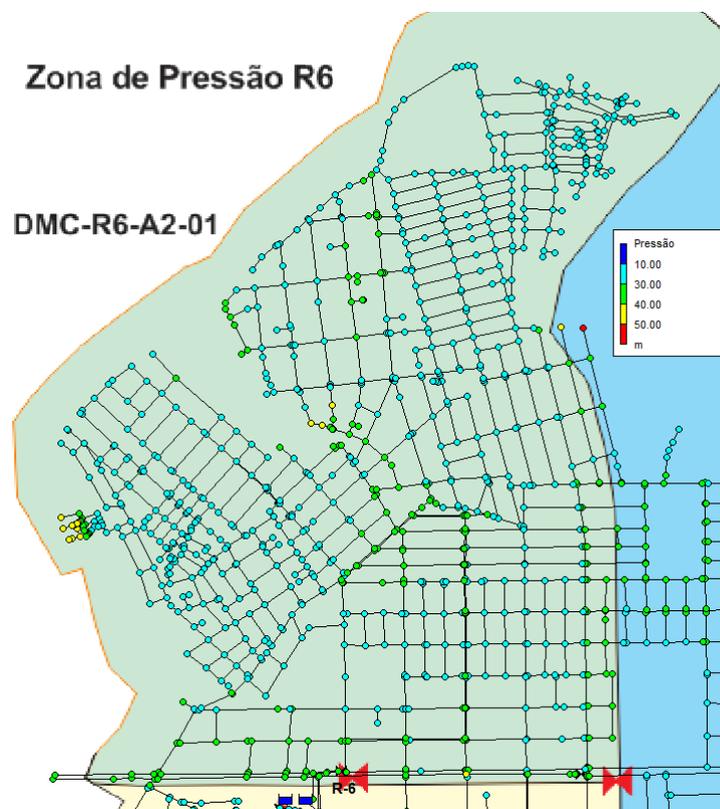


Figura 9 - Pressões do DMC R6-A2-01 na condição de máxima hora com a ação da VRP

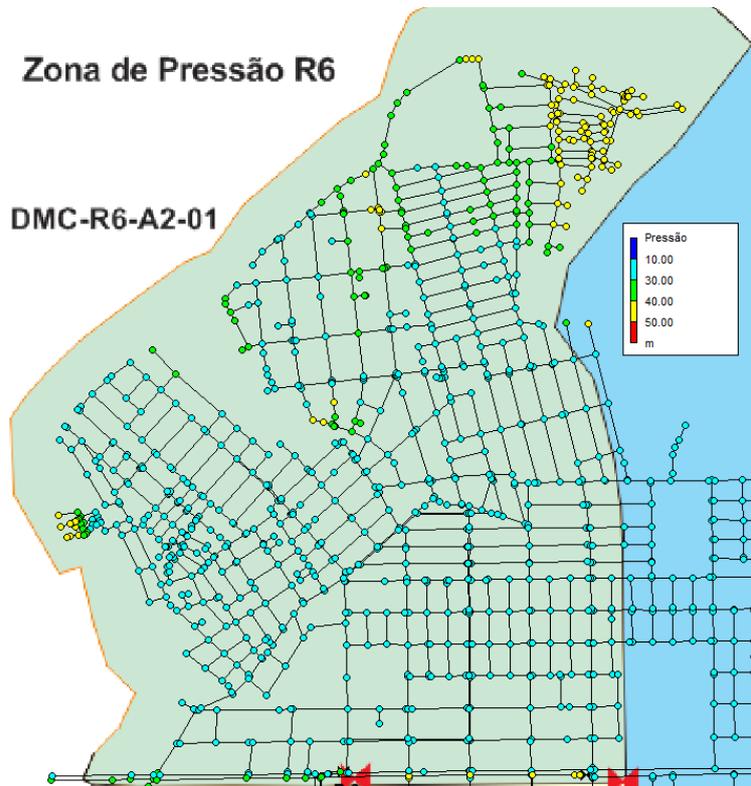


Figura 10 - Pressões do DMC R6-A2-01 na condição de mínima noturna com a ação da VRP

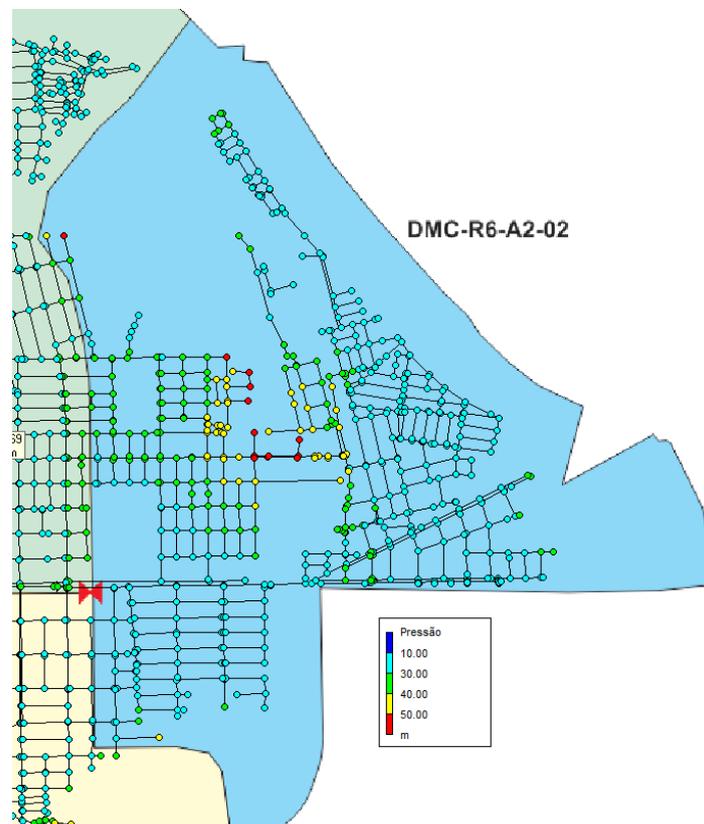


Figura 11 - Pressões do DMC R6-A2-02 na condição de máxima horária com a ação da VRP

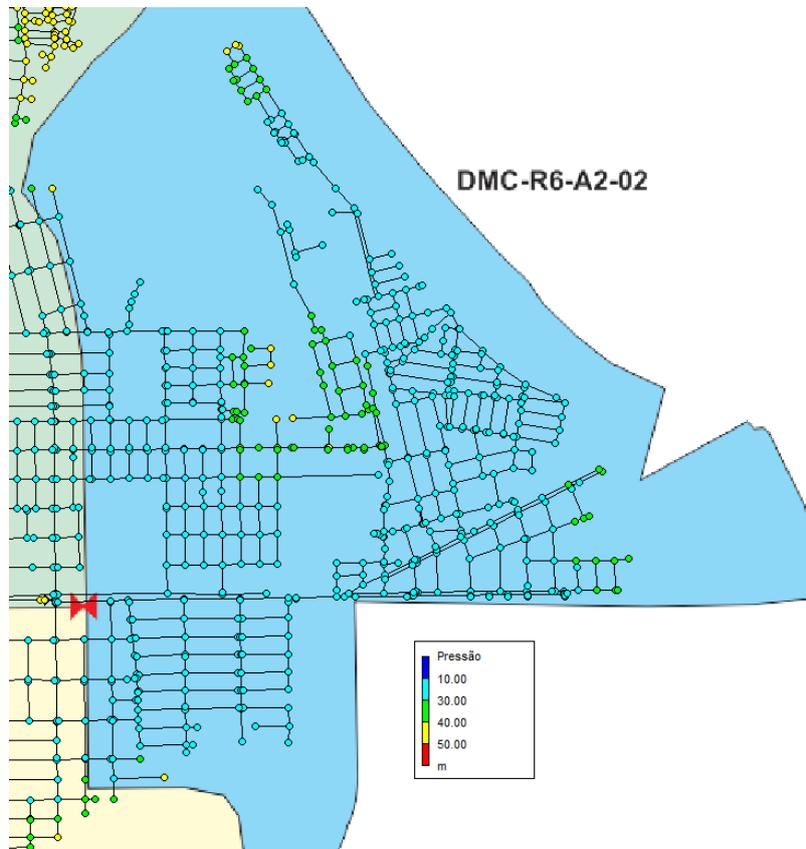


Figura 12 - Pressões do DMC R6-A2-02 na condição de mínima noturna com a ação da VRP

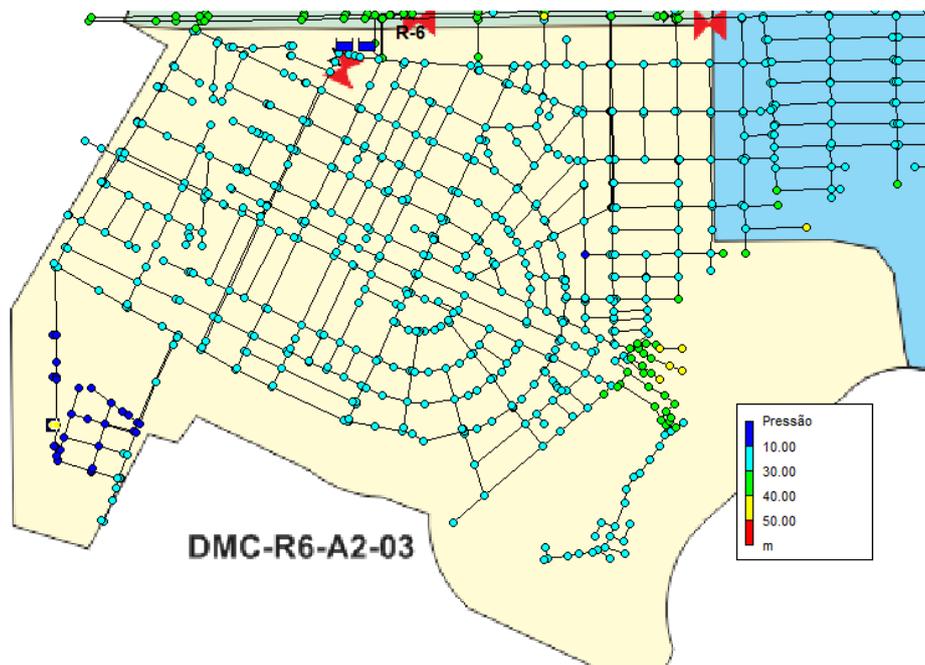


Figura 13 - Pressões do DMC R6-A2-03 na condição de máxima horária com a ação da VRP

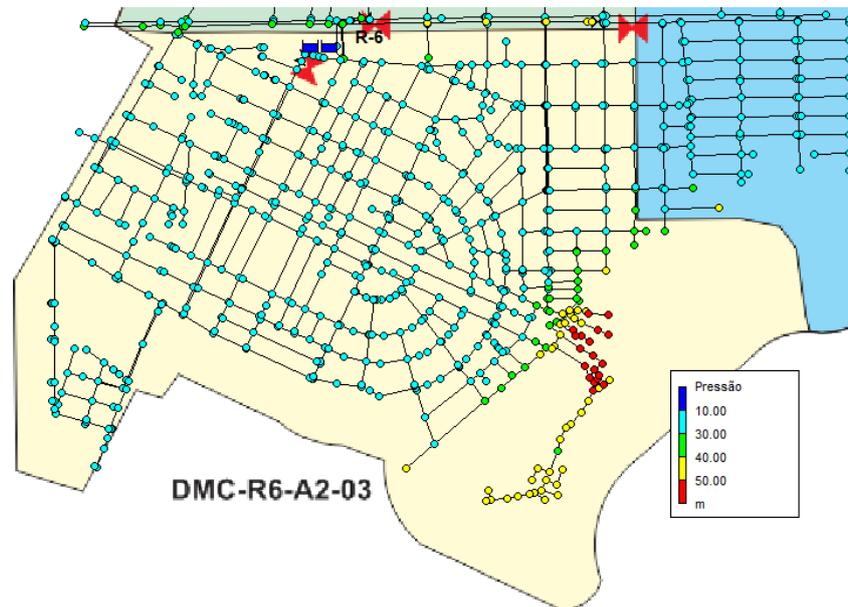


Figura 14 - Pressões do DMC R6-A2-03 na condição de mínima noturna com a ação da VRP

Por último, a Tabela 1 apresenta os custos dos equipamentos referentes ao dimensionamento do projeto de setorização da ZP R-6, cujo valor total obtido, para os preços cotados em janeiro de 2015, foi de R\$ 484.537,98.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados da modelagem, a rede de tubulações da Zona de Pressão R-6 apresenta, atualmente, incapacidade de abastecimento nos horários e dias de máxima demanda, afetando, em maior escala, os bairros de Jardim Treze de Maio, Mandacarú e Ipês. Nos demais horários do dia, a rede consegue abastecer todos os pontos de consumo. No horário noturno, principalmente de madrugada, a pressão chega a ser superior a 30 mca, o que justifica um controle de pressão na rede, mediante o projeto de setorização.

Com a implantação esperada desse projeto de setorização e reabilitação, resultante deste estudo, as redes dos três setores da Zona de Pressão R-6, da cidade de João Pessoa, poderão operar continuamente até o ano de 2034, sem intermitência do serviço de abastecimento de água.

O projeto de setorização demonstrou que há a necessidade de modificação física nas redes de tubulações, com o aumento de diâmetros de determinados trechos, a implantação de novas tubulações, a colocação de válvulas redutoras de pressão nas entradas de cada DMC e a instalações de equipamentos de medição de vazão e de pressão nas entradas dos distritos. Os equipamentos de medição nas entradas dos DMCs permitirão medir as vazões de entrada e compará-las com as de saída, que corresponde às demandas de água dos consumidores da rede. De posse desse balanço hídrico poderão ser determinadas e monitoradas as perdas de água dentro de cada distrito de medição e controle. As pressões de serviço dentro dessa Zona de Pressão, na condição de máxima demanda horária, no horizonte futuro, apresentaram valores superiores a 10 mca, com exceção de uma pequena área no DMC R6-A2-03, cujas pressões mínimas ficaram próximas de 6 mca. O custo para elevar essas baixas pressões até o patamar dos 10 mca não compensa e, portanto, essa intervenção não é economicamente viável. Em análise das pressões excessivas, menos de 2% dos nós apresentaram pressões acima de 50 mca e inferiores a 54 mca.

O custo das novas tubulações e dos equipamentos para o projeto de setorização e reabilitação da R-6, cotados no mês de janeiro de 2015, foi de R\$ 484.537,98.

Tabela 1 – Custos dos equipamentos necessários para a implantação da setorização da ZP R-6

Item	Serviço / Material	UNID	Quantidade	Preço Unit.	Valor Total
1	Medidor de Vazão, Eletromagnético, Tipo Inserção, DN-250	pcs	1,00	13.500,00	13.500,00
2	Medidor de Vazão, Eletromagnético, Tipo Inserção, DN-350	pcs	1,00	13.500,00	13.500,00
3	Medidor de Vazão, Eletromagnético, Tipo Inserção, DN-400	pcs	1,00	13.500,00	13.500,00
6	Tubo PVC PBA, Classe 12, JE, DN 50/DE 60 mm, Rede Água (NBR 5647)	m	145,09	6,36	922,77
6	Tubo PVC PBA, Classe 12, JE, DN 75 mm, Rede Água (NBR 5647)	m	658,98	13,00	8.566,74
8	Tubo PVC DEFOFO PB JEI 1 MPA DN 150 com anel, conforme norma NBR 7665	m	919,57	45,51	41.849,63
9	Tubo de Ferro Dúctil DN 200 com Flanges	m	556,36	81,01	45.070,72
10	Tubo de Ferro Dúctil DN 250 com Flanges	m	459,05	120,18	55.168,63
10	Tubo de Ferro Dúctil DN 400 com Flanges	m	89,00	559,74	49.816,86
14	Registro Gaveta Chato PN10 DN 50 MM, NBR 12430	ud	4,00	357,11	1.428,44
15	Registro Gaveta Chato PN10 DN 75 MM, NBR 12430	ud	4,00	450,00	1.800,00
17	Registro Gaveta Chato PN10 DN 150 MM, NBR 12430	ud	6,00	742,21	4.453,26
18	Registro Gaveta Chato PN10 DN 200 MM, NBR 12430	ud	3,00	1.306,57	3.919,71
19	Registro Gaveta Chato PN10 DN 250 MM, NBR 12430	ud	2,00	2.417,93	4.835,86
20	Registro Gaveta Chato PN10 DN 400 MM, NBR 12430	ud	1,00	14.604,49	14.604,49
24	Válvula Redutora de Pressão DN 350	pcs	1,00	113.110,03	113.110,03
25	Válvula Redutora de Pressão DN 400	pcs	1,00	98.490,83	98.490,83
	Total				484.537,98

FONTE: SINAPE – Caixa Econômica Federal, Acervo da CAGEPA e empresas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12218: Projeto de rede de abastecimento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, julho 1994.
2. COVAS, D. e RAMOS, H. Minimização de perdas de água em sistemas de abastecimento: GOMES, H. P., GARCIA, R. P. e REY, P. L. I. (Org.). Abastecimento de Água - O Estado da Arte e Técnicas Avançadas. 1 ed. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB. (2007)
3. GOMES, H. P. Sistemas de Abastecimento de Água: Dimensionamento Econômico e Operação de Redes Elevatórias. 3 ed. João Pessoa: Editora Universitária – UFPB, 2009.
4. ROSSMAN, L. A. EPANET2: User's manual. U. S. Environment Protection Agency, Cincinnati, Ohio, USA, 2008.