

AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESTUDO DAS CONDIÇÕES DE SANEAMENTO DO BAIRRO NOVO HORIZONTE EM BARCARENA - PA

*Júnior Hiroyuki Ishihara**
*Lindemberg Lima Fernandes***
*Alberto Carlos de Melo Lima****
*André A. A. Montenegro Duarte*****
*Marcos de Almeida Farias******

RESUMO

O presente trabalho faz uma abordagem quantitativa e qualitativa de diversos aspectos que influenciam, através do sistema de abastecimento de água, a comunidade residente no bairro Novo Horizonte, localizado no município de Barcarena-PA. Primeiramente foi proposto um estudo operacional tanto da rede existente quanto da rede proposta pelo presente trabalho, utilizando dois diferentes métodos de dimensionamento, um tradicional (método do Seccionamento Fictício), muito utilizado pela maioria dos projetistas e outro que tem por objetivo dimensionar a rede de forma que proporcione o menor custo possível (método PNL 2000 modificado); avaliando-se a eficácia destes através do programa simulador EPANET 2.0, no qual se verificou as condições de conformidade com as normas brasileiras, destacando-se as pressões e velocidades nos condutos. E, por fim, são mostrados os resultados do diagnóstico das condições em que se encontra a população residente no referido bairro, observando-se os aspectos sociais, econômicos e ambientais, dando ênfase na relação existente entre um sistema de abastecimento de água e a saúde individual e coletiva.

Palavras-Chave: Rede de Distribuição de Água. Métodos de Dimensionamento de Redes. Simulação Hidráulica. EPANET 2.0. Saneamento Ambiental.

* Engenheiro Sanitarista. Mestrando do Programa Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) na área de concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Pará (UFPA)

** Doutor em Ciências: Desenvolvimento Socioambiental, Professor Adjunto da Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental - FAESA/ITEC - Universidade Federal do Pará (UFPA)

*** Doutor em Hidráulica e Saneamento (EESC-USP). Professor Titular do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia (UNAMA). Professor da Universidade do Estado do Pará (UEPA)

**** Doutor em Geociências pela Universidade Federal do Pará. Professor Adjunto da Faculdade de Engenharia Civil - FAEC/ ITEC - Universidade Federal do Pará (UFPA)

***** Engenheiro Sanitarista

EVALUATION OF METHODS OF DESIGN OF NETWORK OF WATER SUPPLY AND STUDY OF CONDITIONS OF SANITATION OF NEIGHBORHOOD IN NEW HORIZON BARCARENA - PA.

ABSTRACT

This paper makes a quantitative and qualitative approach to various aspects that influence, through a system of water supply, community resident in the neighborhood Novo Horizonte, located in Barcarena-PA. It was first proposed as an operational review of the existing network as the network proposed by this study using two different methods of scaling, a traditional (method of sectioning Dummy), widely used by most designers and others that aims to scale the network manner that provides the lowest possible cost (NLP method 2000 modified); evaluating the effectiveness of the program through mortgage EPANET 2.0, which observed the conditions in accordance with auditing standards, highlighting the pressures and velocities in the ducts. Finally the results are shown in the diagnosis of conditions in which he is the resident population in that district, observing the social, economic and environmental issues, emphasizing the relationship between a system of water supply and individual and collective health.

Keywords: *Distribution Network Water. Methods Sizing Networks. Hydraulic Simulation. EPANET 2.0. Environmental Sanitation.*

1 INTRODUÇÃO

A escassez de recursos financeiros, sobretudo nas concessionárias públicas de serviços de saneamento, tem sido o fator limitante para o bom atendimento à população, por isso, para a alocação adequada e racional desses recursos, tornam-se necessários, estudos de viabilidade econômica e de simulações dos possíveis cenários otimizados, sobretudo de um sistema de abastecimento de água.

Com o aumento populacional urbano e a falta de saneamento básico, surge a necessidade de um gerenciamento racional e integrado dos recursos hídricos, ainda mais quando os mananciais de abastecimento estão cada vez mais distantes dos centros das cidades em decorrência da poluição ocasionada pelos despejos indiscriminados de resíduos líquidos nos corpos hídricos, principalmente nos superficiais. Historicamente, a distribuição de água potável à população tem se mostrado como um problema constante, já que os mananciais estão cada vez mais escassos e não existem grandes aportes de recursos financeiros destinados à manutenção dos mesmos.

Dentro deste contexto, os sistemas de abastecimento de água potável desempenham um importante papel na manutenção da qualidade da água a ser distribuída, e seu correto dimensionamento proporciona sua durabilidade e confiabilidade. No dimensionamento, por exemplo, de redes de abastecimento de água, deve-se ponderar todos os fatores intervenientes que ocasionarão o seu bom funcionamento ao longo dos anos, uma vez que são responsáveis pelo transporte e distribuição de um bem cada vez mais escasso e essencial (SOARES, 2003).

No entanto, como as obras de saneamento são muito onerosas, um dos objetivos da engenharia é justamente projetar com segurança, eficiência e viabilidade econômica, mas muitas vezes isto é ignorado, visando somente à eficiência do sistema, negligenciando os critérios de segurança, confiabilidade e custo. Neste contexto, com o advento da informática aplicada ao saneamento, melhorou-se bastante nos últimos anos no campo das pesquisas de novos métodos e técnicas de projeto, modelagem e simulação dos fenômenos naturais e matematicamente indeterminados, como é o caso do dimensionamento de redes de abastecimento de água, processados com maior facilidade e em menor tempo.

Este trabalho expõe os resultados de uma pesquisa operacional simulada, na qual se utilizou uma metodologia tradicional muito difundida na área de abastecimento de água e outra que gera a melhor solução econômica, ainda pouco conhecida pela maioria dos projetistas. Também são objeto desta pesquisa, as condições de saneamento em que a população do bairro Novo Horizonte se encontra. Mensurando-se essas condições, poder-se-á diagnosticar com clareza os principais fatores que contribuem para a má qualidade de vida dos moradores do referido bairro.

2 METODOLOGIA UTILIZADA

O presente trabalho foi dividido em 5 ETAPAS, sendo:

- **ETAPA 1:** Concepção do sistema para aplicação dos métodos de dimensionamento de rede de abastecimento de água.
- **ETAPA 2:** Dimensionamento da rede pelos métodos do Seccionamento Fictício e PNL 2000 modificado.
- **ETAPA 3:** Simulação hidráulica das redes dimensionadas e a existente, com o auxílio do software EPANET 2.0.
- **ETAPA 4:** Comparação hidrodinâmica da rede, com os resultados gerados na simulação com o software EPANET.
- **ETAPA 5:** Avaliação das condições do sistema de abastecimento existente, caracterizando as formas de uso da água na comunidade, além de se levantar outros aspectos sociais, econômicos e ambientais.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área da pesquisa foi o bairro Novo Horizonte, localizado no município de Barcarena-PA, com aproximadamente 3.600 pessoas, com uma taxa de crescimento populacional do município de 2,7% ao ano (IBGE, 2007). Local constituído basicamente de residências unifamiliares e poucos pontos comerciais.

O sistema de abastecimento de água que se encontra disponível para o Bairro Novo Horizonte é administrado pela Prefeitura Municipal de Barcarena, através do órgão municipal responsável pelo abastecimento de água no município, a Águas de Barcarena. Este sistema é classificado como simplificado, pois apresenta apenas as seguintes unidades: manancial, captação, adução, estação elevatória, reservação e distribuição.

ETAPA 1:

Os parâmetros utilizados para a concepção do sistema e para aplicação dos métodos de dimensionamento Seccionamento Fictício e PNL 2000 Modificado da rede de abastecimento de água foram os seguintes:

Tabela 1: Parâmetros adotados no projeto (Seccionamento Fictício e PNL 2000 Modificado).

PARÂMETROS DE PROJETO	SECCIONAMENTO FICTÍCIO	PNL 2000 MODIFICADO
Horizonte de Projeto (anos)	20	20
População Final de Plano (2028) (hab.)	6299	6299
*Demanda especial - Bairro Laranjal (L/s)	43,10	43,10
Consumo per capita (L/hab.dia)	200	200
Coeficiente K1	1,2	1,2
Coeficiente K2	1,5	1,35
Vazão Total de Projeto (L/s)	69,35	69,35
Vazão Efetiva de Projeto (L/s)	26,25	26,25
Comprimento Total de Rede (m)	3999,80	3999,80
Comprimento de Rede Efetivo(m)	1956,20	1956,20
Vazão Específica (L/s.m)	0,0134	-
Área Total (ha)	-	0,49
Vazão Específica (L/s.ha)	-	54,10

*A demanda especial citada na tabela refere-se à vazão destinada a outro bairro localizado após o bairro em estudo, que também é abastecido pelo mesmo sistema.

ETAPA 2:

- Dimensionamento pelo Método do Seccionamento Fictício.

O método do seccionamento fictício consiste em supor situações em uma determinada rede de distribuição de água, onde os trechos da rede serão seccionados, de forma que se tenha uma situação fictícia para sua aplicação. Com este método é possível dimensionar redes malhadas, transformando-as para redes ramificadas fictícias, verificando-se as hipóteses dos seccionamentos adotados, confrontando os valores calculados com condições relacionadas às pressões resultantes nos pontos de seccionamento pelos trajetos possíveis da água da rede ramificada fictícia que devem ter valores aproximados.

Filho (2008) afirma que este método é mais indicado para cidades de pequeno porte e o dimensionamento consiste na transformação de redes em malha em redes ramificadas com o artifício do seccionamento fictício em pontos estratégicos da rede, com a finalidade de se facilitar o processo de cálculo e resolução do problema em questão.

O dimensionamento da rede através deste método foi realizado com o auxílio do Software Excel. E observou-se que todos os elementos preconizados pela norma NBR 12218 foram obedecidos, a velocidade nos trechos ficou entre os limites de 0,30 a 3,50 m/s e a pressão mínima e máxima entre 10 m.c.a. e 50 m.c.a. respectivamente. Destaca-se também, a cota de soleira do reservatório elevado que foi de 16,09 metros de altura.

- Dimensionamento pelo Método PNL 2000 Modificado.

Este método tem como objetivo determinar a solução que proporcione o custo mínimo global, tanto de operação quanto de implantação do sistema de distribuição e está baseado nas técnicas de otimização econômica (GOMES, 2002).

Para a execução do método, faz-se necessária a utilização de planilhas eletrônicas e algoritmo de otimização. A Planilha Excel oferece um suplemento denominado "SOLVER", que traz em seu núcleo o algoritmo de otimização GRG2 (Gradiente Reduzido Generalizado 2), desenvolvido por Lasdon e Warren (1984), e baseia-se na programação não linear (PNL), ideal para a solução de problemas não determinados e que admitam múltiplas soluções, como é o caso das redes de distribuição de água. A Figura 1 mostra a janela, em ambiente Windows, do suplemento SOLVER.



Figura 1: Janela do SOLVER.

O dimensionamento da rede com este método também foi realizado através do Software Excel, com o auxílio da ferramenta Solver do próprio programa, responsável pela minimização do valor do projeto neste trabalho, através de uma função objetiva.

Neste sentido, a função a ser minimizada durante o processo de cálculo é certamente o menor valor possível dentre as várias soluções admitidas para o sistema de abastecimento de água em estudo. Além do fator econômico, foi observado que todas as restrições impostas ao dimensionamento foram obedecidas, destacando-se os limites de velocidade, a continuidade nos nós e a conservação da energia nos anéis. As pressões ficaram nos limites preestabelecidos e a cota de fundo do reservatório elevado foi de 34,36 metros, o que remete a uma altura, do nível do solo até a laje de fundo, de 14,70 metros.

O método PNL 2000 modificado pode ser aplicado tanto em redes ramificadas quanto a redes malhadas, sem restrições de dimensão e extensão de rede.

O método PNL 2000 modificado é devido a uma adaptação feita a partir do método PNL 2000 tradicional (GOMES, 2002), e este também é uma variante do método Hardy-Cross, no qual os diâmetros encontrados são desdobrados em dois diâmetros comercialmente disponíveis, um imediatamente superior e outro imediatamente inferior ao calculado, no PNL 2000 modificado o diâmetro encontrado é simplesmente aproximado ao mais adequado disponível no mercado.

ETAPA 3:

O software utilizado para simulação hidráulica das redes de abastecimento de água em estudo foi o EPANET 2.0, que é um programa de informática de distribuição livre (gratuito) desenvolvido pela USEPA (Environmental Protection Agency of United States). Este programa permite simular o comportamento hidráulico de sistemas pressurizados de distribuição de água, assim também como possibilita obter valores de vazão em cada trecho, da pressão em cada nó e do nível de água nos reservatórios (ROSSMAN, 2000). A Figura 2 ilustra a janela de trabalho do programa no ambiente Windows.

O EPANET é um simulador das condições reais de funcionamento de um sistema de abastecimento. Nele podem-se reproduzir com fidelidade todas as partes constituintes do sistema físico, incluindo válvulas, bombas, tubulações e reservatórios, e também as características não-físicas, como as demandas nodais, parâmetros de qualidade da água e as características peculiares de cada sistema.

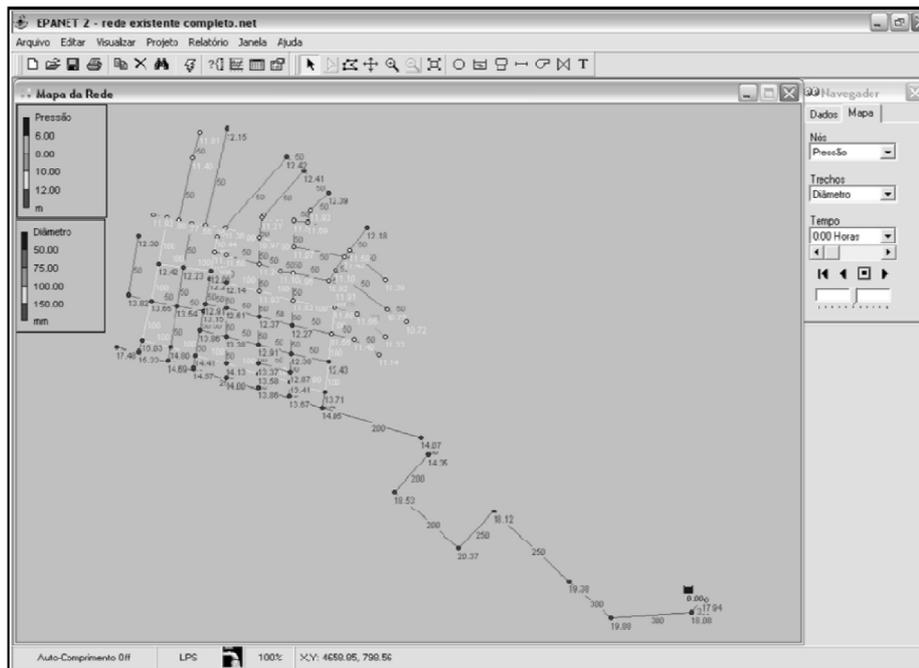


Figura 2: Interface do software EPANET 2.0.

Para a simulação hidráulica com este software, foi considerada a situação mais desfavorável para o perfeito funcionamento da rede, ou seja, admitiu-se o consumo máximo de dimensionamento e este ocorrerá ao final do período considerado para o projeto, ou seja, após 20 anos de implantação do sistema 2028.

- Na simulação da rede dimensionada pelo Método do Seccionamento Fictício foi observado que a maior pressão encontrada após 20 anos, na área do bairro Novo Horizonte, foi de 14,80 m.c.a., e a menor 10,55 m.c.a. Estando, desta forma, dentro dos padrões mínimos (10 m.c.a) e máximos (50 m.c.a) estabelecidos pela ABNT. A Figura 3 a seguir mostra os resultados das pressões ao longo de toda a rede de abastecimento, incluindo a rede secundária.

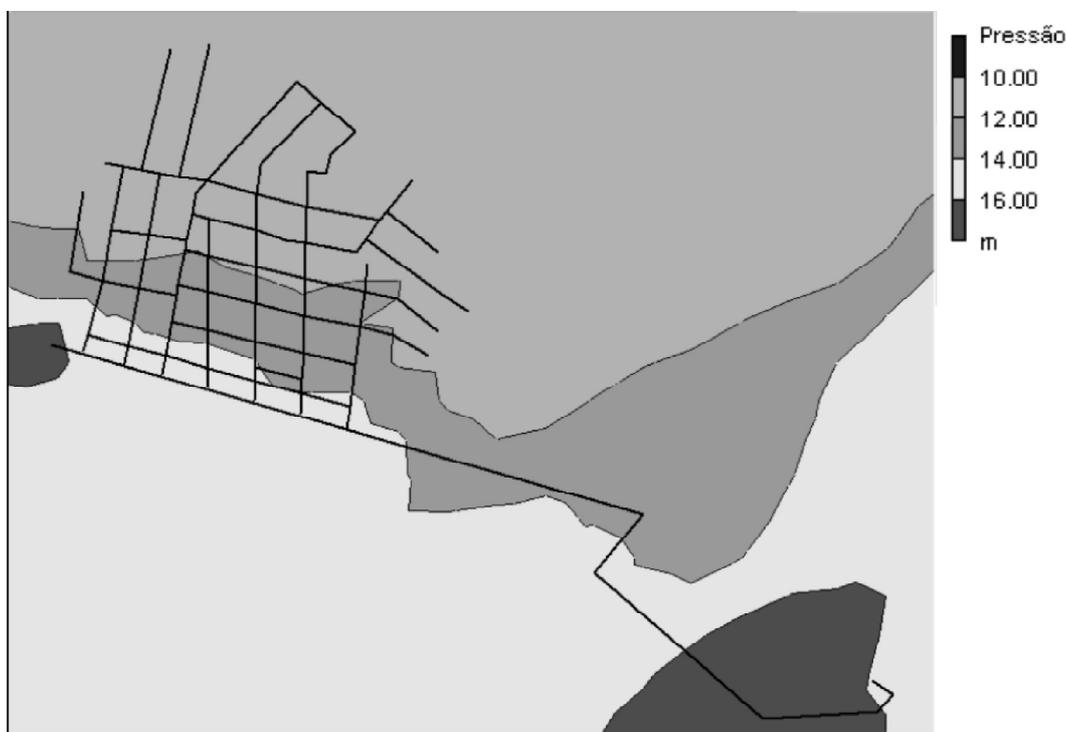


Figura 3: Distribuição das pressões (por classes) na rede principal e secundária dimensionada pelo método do Seccionamento Fictício.

- Na simulação da rede dimensionada pelo Método PNL 2000 Modificado, as pressurizações encontradas na rede também mostraram-se satisfatórias. Mínimo de 10,10 m.c.a e máximo de 14,60 m.c.a. A Figura 4 a seguir mostra os resultados das pressões ao longo de toda a rede de abastecimento, incluindo a rede secundária.



Figura 4: Distribuição das pressões (por classes) na rede principal e secundária dimensionada pelo método PNL 2000 modificado.

Observa-se que a pressurização na rede dimensionada pelo método PNL 2000 modificado apresenta-se mais adequada, no sentido de encontrar o dimensionamento mais econômico, tendo em vista a adequação das pressões próximas ao mínimo de 10 m.c.a., uma vez que ocorrerão menores gastos nos custos de materiais, pois o modelo proporciona ao dimensionamento encontrar os diâmetros de tubulações mínimos, mas que sejam suficientes para suprir as exigências do sistema.

- Já na simulação da rede existente, mostrou que o consumo de final de projeto está totalmente fora dos padrões mínimos de 10 m.c.a, o que poderá deixar o sistema fragilizado. O resultado está expresso na Figura 5 a seguir:

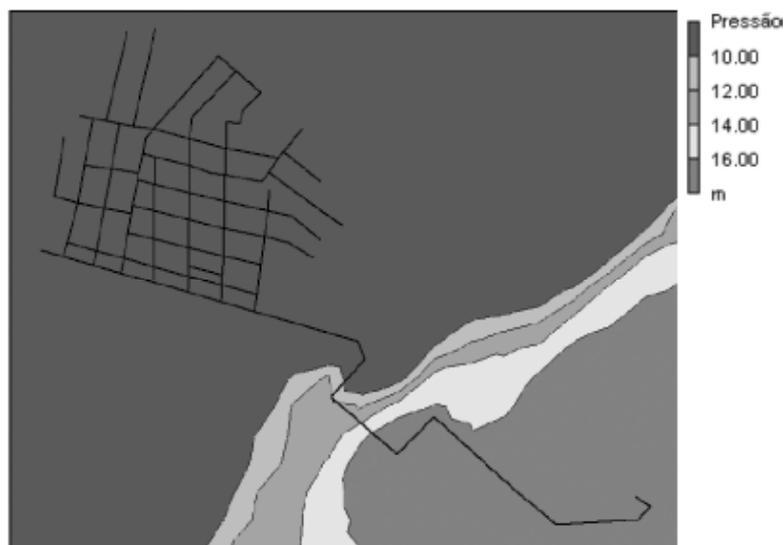


Figura 5: Distribuição das pressões (por classes) na rede existente (Consumo de final de plano, 20 anos).

Observa-se na Figura 6 a seguir, simulada para 10 (dez) anos após a implantação do sistema, que a rede já estará comprometida, com pressões ao longo da rede abaixo de 10 m.c.a., indicando a fragilidade do sistema e em pouco tempo não conseguirá aduzir a água até aos pontos de consumo, tornando-se insustentável.

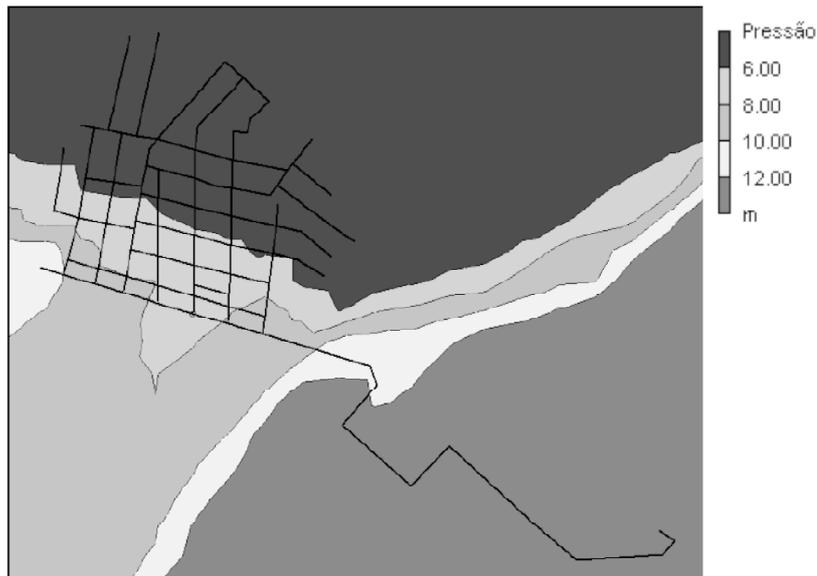


Figura 6: Distribuição das pressões (por classes) na rede existente (Consumo após dez anos de implantação do sistema).

Para efeito de constatação, simulou-se a rede existente no momento da implantação do sistema. O resultado mostrou que pelo menos a rede não está comprometida no início da implantação, pois as pressões estão no primeiro momento dentro do mínimo estabelecido pela ABNT. Na Figura 7 a seguir as pressões que ocorrem na rede e podem ser melhor visualizadas.

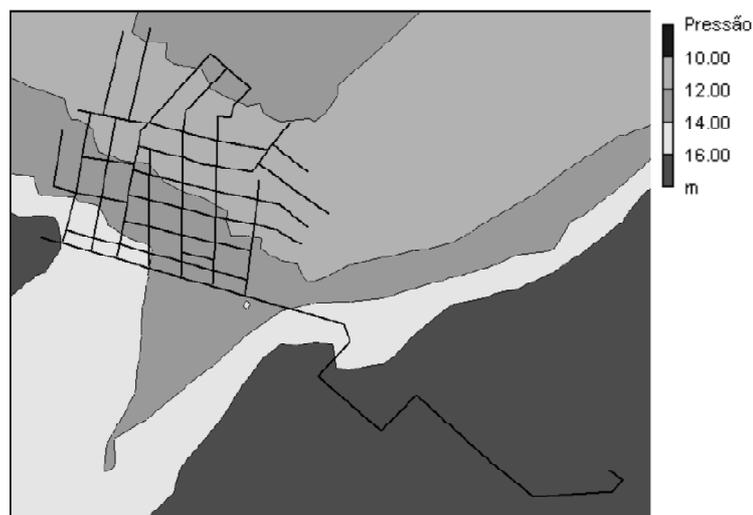


Figura 7: Distribuição das pressões (por classes) na rede existente (Consumo na implantação do sistema).

ETAPA 4:

Nesta etapa serão apresentadas as comparações, tanto hidráulica quanto de custos. Para a comparação hidráulica dos dois métodos de dimensionamento, utilizou-se as tabelas geradas pelo software EPANET, expressando os valores, para os trechos da rede, de comprimento, diâmetro, vazão, velocidade e perda de carga. Para os nós da rede foram listados os dados de cota, consumo e pressão. O Quadro 1 a seguir apresenta a comparação dos dados referentes aos nós da rede, obtidos pelos dois métodos de dimensionamento da rede.

MÉTODO DO SECCIONAMENTO FICTÍCIO				MÉTODO PNL 2000 MODIFICADO			
NÓ	Cota (m)	Consumo (L/s)	Pressão (m.c.a.)	NÓ	Cota (m)	Consumo (L/s)	Pressão (m.c.a.)
Nó 2	19.67	0.00	15.94	Nó 2	19.67	0.00	14.55
Nó 3	19.49	0.00	16.00	Nó 3	19.49	0.00	14.61
Nó 4	17.47	0.00	17.40	Nó 4	17.47	0.00	16.01
Nó 5	18.39	0.00	15.27	Nó 5	18.39	0.00	13.88
Nó 6	20.43	0.00	12.81	Nó 6	20.43	0.00	11.42
Nó 7	17.03	0.30	14.56	Nó 7	17.03	0.00	13.17
Nó 8	13.00	43.10	16.93	Nó 8	13.00	43.10	12.27
Nó 9	17.15	3.08	14.29	Nó 9	17.15	2.06	12.89
Nó 10	17.72	2.31	12.27	Nó 10	17.72	4.91	11.86
Nó 11	17.14	1.71	11.68	Nó 11	17.14	0.87	12.04
Nó 12	17.35	1.60	11.01	Nó 12	17.35	2.66	11.49
Nó 13	17.46	3.75	10.82	Nó 13	17.46	2.79	10.92
Nó 14	17.10	1.26	10.81	Nó 14	17.10	2.65	10.31
Nó 15	16.91	2.91	10.55	Nó 15	16.91	5.72	10.10
Nó 16	13.90	3.96	14.80	Nó 16	13.90	2.91	14.60
Nó 17	15.88	5.36	14.42	Nó 17	15.88	1.68	13.26
RNV 18	19.66	69.35	16.09	RNV 18	19.66	69.35	14.70

Quadro 1: Comparação dos dados dos nós da rede pelos dois métodos de dimensionamento.

O Quadro 2 apresenta a comparação das propriedades referentes às tubulações, confrontando os dois métodos de dimensionamento.

Trechos	Comprimento (m)	MÉTODO DO SECCIONAMENTO FICTÍCIO					MÉTODO PNL 2000 MODIFICADO				
		Diâmetro (mm)	C	Vazão (L/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/Km)	Diâmetro (mm)	C	Vazão (L/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/Km)
Trecho 2	43.70	300	140	69.35	0.98	2.84	300	140	69.35	0.98	2.84
Trecho 3	215.50	300	140	69.35	0.98	2.04	300	140	69.35	0.98	2.04
Trecho 4	428.58	300	140	69.35	0.98	2.84	300	140	69.35	0.98	2.84
Trecho 5	147.11	300	140	69.35	0.98	2.84	300	140	69.35	0.98	2.84
Trecho 6	580.58	300	140	69.35	0.98	2.84	300	140	69.35	0.98	2.84
Trecho 7	579.66	250	140	43.10	0.88	2.86	200	140	43.10	1.37	8.49
Trecho 8	44.32	200	140	25.93	0.83	3.31	200	140	26.25	0.84	3.39
Trecho 9	229.33	100	140	5.94	0.76	6.33	150	140	9.27	0.52	2.00
Trecho 10	113.71	75	140	3.63	0.82	10.35	100	140	4.36	0.56	3.58
Trecho 11	141.63	75	140	1.92	0.44	3.19	100	140	3.49	0.44	2.37
Trecho 12	96.33	50	140	0.33	0.17	0.88	50	140	0.83	0.42	4.89
Trecho 13	96.32	75	140	2.11	0.48	3.77	100	140	7.59	0.97	9.96
Trecho 14	91.41	50	140	0.85	0.43	5.01	100	140	4.94	0.63	4.49
Trecho 15	342.96	75	140	2.06	0.47	3.63	50	140	0.78	0.40	4.36
Trecho 16	247.66	100	140	6.02	0.77	6.50	100	140	3.60	0.47	2.63
Trecho 17	185.83	150	140	16.91	0.96	6.10	150	140	14.92	0.84	4.83
Trecho 18	366.81	100	140	5.53	0.70	5.54	150	140	9.54	0.54	2.11
Trecho 19	48.38	300	140	69.35	0.98	2.84	300	140	69.35	0.98	2.84

Quadro 2: Comparação dos dados de tubulações nos dois métodos de dimensionamento utilizados.

Nota-se que é evidente a economia nos diâmetros das tubulações no método PNL 2000 modificado em relação ao método do seccionamento fictício, constatando que realmente o primeiro modelo citado, que foi desenvolvido para dimensionar os sistemas de abastecimento de água – especificamente a rede de distribuição de água, com o objetivo de obter o menor preço – é evidentemente mais eficaz em termos de custos que o modelo tradicional, que tem como principal objetivo apenas estar enquadrado nas pressurizações mínimas requeridas.

ETAPA 5:

Por se tratar de um projeto de saneamento, é imprescindível que haja um levantamento das condições do local onde o projeto está sendo ou já foi implantado, com o objetivo de verificar as características locais, e assim propor medidas que possam proporcionar o bem estar dos usuários, prevenir doenças e proporcionando saúde à população residente.

Neste trabalho, o diagnóstico foi procedido através de entrevistas com moradores locais. Foram escolhidas 110 residências, representando pouco mais de 10% do total de residências do local no ano de 2008 (900 residências).

Como resultado destas entrevistas, constatou-se os seguintes resultados:

1. O número médio de habitantes por domicílio no bairro é de 4 habitantes, abaixo da média anual que é de aproximadamente 5 pessoas;
2. Aproximadamente 49% dos domicílios utilizam apenas o sistema público de abastecimento de água para o seu consumo; 11% utilizam apenas sistema particular, ou seja, poços particulares; 40% utilizam ambos os sistemas. Desta forma, percebe-se que mais da metade das residências utilizam sistema particular, pois foi relatada que ocorre muita falta de água no sistema público.
3. No caso da pressão d'água que chega até as torneiras das residências que se utilizam do sistema público, quase a metade declarou que a pressão chega forte; 40% disseram que a pressão é média e pouco mais de 13% disseram que é fraca e que a água nem chega em sua residência.
4. Em relação à qualidade da água fornecida pelo sistema público, os relatos mostraram que a maioria das pessoas encontram-se satisfeitas, pois 70% delas declararam que a qualidade da água estava boa ou excelente. E 30% estariam insatisfeitas, declarando regular ou ruim a qualidade da água fornecida.
5. As ocorrências de doenças de veiculação hídrica já haviam atingido 16% das residências, sendo que 50% destes casos teria sido a diarreia.
6. O destino final do esgoto sanitário no bairro é feito em 96,36% dos casos em fossas particulares, e em 3,54% para outras fontes, como um pequeno córrego que passa às proximidades do bairro. E a destinação final do lixo foi declarada por 100% dos moradores, cuja coleta é feita regularmente por parte do serviço público municipal.

Em relação aos resultados das entrevistas expostos anteriormente, é importante ressaltar que não é cobrada nenhuma taxa pelo serviço público de abastecimento de água no bairro em estudo, sendo que não há nenhum tratamento da água bruta subterrânea provinda do poço de 100 metros de profundidade do sistema público. Além disso, muitas ligações clandestinas de água também têm comprometido o sistema de abastecimento de água, o que foi constatado durante a pesquisa in loco.

4 CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

A partir dos resultados encontrados durante este trabalho, pode-se concluir que:

- O método do Seccionamento Fictício resultou em um dimensionamento satisfatório do ponto de vista hidráulico, atendendo a todos os requisitos das normas brasileiras, no entanto, apresentaram dimensionamentos menos viáveis economicamente, em termos de diâmetro das tubulações, acarretando maiores custos com materiais.
- O método PNL 2000 modificado mostrou-se como uma boa alternativa para o dimensionamento econômico, proporcionando uma economia considerável em materiais, se comparado com o método do Seccionamento Fictício e sua simulação não acusou nenhuma anormalidade.
- A rede que foi implantada pela companhia apresenta sérios problemas operacionais, comprovados na simulação e na visita de campo, caracterizando-se a fragilidade da mesma.
- Os softwares Excel e EPANET são excelentes programas e minimizam consideravelmente o tempo de projeto, permitindo analisar diversos cenários e auxiliando no processo decisório da escolha do sistema mais econômico e confiável.
- A população do bairro Novo Horizonte está, em geral, satisfeita com o sistema de abastecimento de água, no que diz respeito à quantidade e qualidade da água fornecida.

- Para melhorar as condições de fornecimento e qualidade da água fornecida, recomendam-se:

- Investir no sistema existente, implantando pelo menos o tratamento biológico de cloração.
- Investir na rede de distribuição, trocando determinados trechos de tubulações por diâmetros maiores, a fim de se aumentar a pressão na rede.
- Consertar vazamentos existentes na rede e nos cavaletes das residências, constatados nas visitas in loco.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água**. NBR: 12211 – Rio de Janeiro, 1994.

AZEVEDO NETTO, J. M. **Manual de hidráulica**. 8. ed. 2. Reimpressão. São Paulo-SP: Edgard Blucher Ltda., 2002, 669 p.

CUNHA, M. E. C.; SILVA, M. P. **O uso do território e as relações de poder no município de Barcarena-PA**. Belém, 2006. Disponível em: http://www2.ufpa.br/rcientifica/artigos_cientificos/ed_08/pdf/marcia_elaine.pdf. Acesso em: 10 mai. 2008.

FILHO, C. F. M. **Abastecimento de água. Campina Grande**: Universidade Federal de Campina Grande. Disponível em: <http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Agua.html>. Acesso em: 11 mar. 2006. (Notas de aula).

GOMES, H. P. **Sistema de abastecimento de água**: dimensionamento econômico. João Pessoa: Ed. Universitária/UFPB, 2002. 192 p.

HAROLD E. B, JAMES, J. D, JOHN L. C. **Abastecimento de água**. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda., 1962. 592 p.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. (Org.). **Abastecimento de água para consumo humano**. 1. ed. Belo Horizonte - MG: Editora da UFMG, 2006. v. 1, 860p.

MOTA, H. J da. **Dimensionamento econômico de redes de distribuição de água aplicando o algoritmo genético**. 291 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

ROSSMAN, L. A. **Epanet 2.0 Users manual. U.S. Environmental Protection Agency**. Cincinnati, Ohio. 2000.

SNIS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**. Disponível em: <http://www.pmss.gov.br/snis/>. Acesso em: 29 abr. 2008.

SOARES, A. K. **Calibração de modelos de redes de distribuição de água para abastecimento considerando vazamentos e demandas dirigidas pela pressão**. São Paulo. 153 p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2003.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 2. ed. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2005. 643 p.