

I-201 - ESTUDO DO IMPACTO DO COMPRIMENTO DA TUBULAÇÃO NOS VALORES DE PRESSÃO DA ÁGUA DISTRIBUÍDA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO**Beatriz Barbosa de Brito⁽¹⁾**

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Engenheira Ambiental pela Universidade do Estado do Pará (UEPA). Professora do Curso Técnico em Meio Ambiente na E.E.E.M.P. Integrado Prof. Francisco da Silva Nunes. Especializanda em Engenharia de Segurança do Trabalho na Faculdade Ideal/FACI.

Yasmin Coelho Ribeiro da Silva

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Especializanda em Engenharia de Segurança do Trabalho na Faculdade Ideal/FACI.

Jose Almir Rodrigues Pereira

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Professor do Departamento de Hidráulica e Saneamento do Centro Tecnológico da UFPA. Mestre em Recursos Hídricos pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EECS/USP).

Augusto da Gama Rego

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Mestre em Engenharia Civil pela UFPA. Doutorando em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia pela UFPA.

Endereço⁽¹⁾: Rua Nova II, Passagem Nova, 25 - Condor - Belém - PA - CEP: 66033-560 - Brasil - Tel: (91) 98092-4107 - e-mail: brito_bia@hotmail.com

RESUMO

O estudo desenvolvido na adutora de água tratada da Universidade Federal do Pará (UFPA) teve como objetivo avaliar a alteração nos valores de pressão em função do comprimento da tubulação de água para abastecimento público, cuja avaliação se deu de forma teórica, empregando expressões da hidráulica. O Teorema de Bernoulli foi aplicado em três pontos equidistantes na extensão total da adutora, considerando as unidades de reservação, elevação e adução. Além disso, foi realizada a modelagem e simulação hidráulica do sistema em estudo utilizando o software Epanet 2.0. As pressões verificadas em cada ponto determinado em estudo comprovaram a teoria de Azevedo Netto et al que afirma a relação entre a diminuição da pressão em função do aumento do comprimento da pressão. No estudo foi possível verificar também o aumento da perda de carga à medida que o comprimento da tubulação aumenta, influenciando dessa forma, na variação decrescente da pressão na tubulação.

PALAVRAS-CHAVE: Pressão, Comprimento, Abastecimento público.

INTRODUÇÃO

Os sistemas de abastecimento de água (SAA), de áreas urbanas e industriais são compostos de 7 (sete) unidades destinadas ao fornecimento de água potável em quantidade e qualidade adequadas para atender às necessidades de uma população (TSUTYIA, 2006). Essas unidades são: manancial, captação, adução, elevação, tratamento, reservação e distribuição.

AZEVEDO NETTO et al (1998) afirmam que a adução de um SAA corresponde ao transporte de água bruta ou água tratada, sendo a primeira transportada do instante em que sai do manancial, por meio da captação, até a estação de tratamento de água (ETA); e a segunda, a partir de uma ETA até o sistema de reservação de água do mesmo SAA.

Ainda segundo os mesmos autores, as adutoras de recalque, por gravidade ou mistas, são unidades que requerem um estudo criterioso na elaboração de seu projeto, a fim de evitar problemas de ordem física e hidráulica. Dessa forma, é importante a utilização da norma da ABNT NBR 12215/1991 (NB 591) que estabelece as condições necessárias para a elaboração e implantação de um sistema de adução para abastecimento público de água.

A ampliação e implantação de sistemas públicos de abastecimento de água de forma não planejada e articulada com os outros sistemas de saneamento básico, entre outros fatores, pode ocasionar a precariedade dos serviços prestados à população, tais como: água distribuída fora dos padrões de potabilidade e baixa pressão na reservação e na rede de distribuição.

O crescimento indiscriminado do número de tubulações no sistema de adução dos sistemas de abastecimento de água tem tornado complicado o controle operacional dos sistemas de abastecimento, porque, além de exceder a área de abrangência do sistema, prejudica a eficiência hidráulica da adução da água, assim como a elaboração do balanço hidráulico da rede e a identificação e caracterização dos pontos de fugas (vazamentos e ligações clandestinas).

O desenvolvimento de tecnologias computacionais permitiu o uso de softwares nos estudos em adutoras, como ferramenta de gestão operacional e comercial de sistemas de abastecimento de água, de modo a possibilitar uma visão sistêmica e o acompanhamento contínuo dos parâmetros hidráulicos, elétricos e comerciais.

Dentre os modelos de simulação hidráulica, já desenvolvidos e utilizados, o EPANET 2.0 pode ser destacado pela confiabilidade e quantidade de usuários existentes em muitos lugares do planeta. Esse programa é um software de domínio público, desenvolvido pela U.S. Environmental Protection Agency – EPA, com acesso livre por qualquer usuário.

O EPANET tem um ambiente gráfico integrado para editar os dados descritivos da rede e dos cenários a modelar, executar simulações hidráulicas, aferir o modelo e visualizar os resultados em vários formatos. Esses incluem a possibilidade de examinar mapas do sistema de acordo com códigos de cores, organizar tabelas de dados, e ainda produzir relatório de energia.

Para a realização desse estudo, o software Epanet 2.0 pode ser utilizado como uma importante ferramenta de simulação da variação de pressão na adutora de água tratada da Universidade Federal do Pará, devido à possibilidade que esse programa permite de visualizar de forma sistemática os parâmetros hidráulicos e elétricos do sistema.

Nesse contexto, o objetivo geral da pesquisa é analisar o atual cenário da pressão no sistema de adução de água tratada, em função do aumento da demanda de água no setor básico da Cidade Universitária Prof.º José da Silveira Netto.

MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento do projeto de pesquisa teve início em agosto de 2012 a agosto de 2013, tendo realizado cálculos teóricos e atividades de campo, e desenvolvido simulação computacional em laboratório no decorrer da pesquisa.

ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada no Sistema de Abastecimento de Água da Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto – UFPA - Campus Guamá, especificamente, no sistema de adução que transporta água potável do reservatório enterrado do Setor Profissional para o reservatório enterrado do Setor Básico dessa Instituição, conforme pode ser observado na Figura 1.



Figura 1 - Mapa de Localização da área de estudo.

A água de abastecimento da UFPA é captada dos lençóis subterrâneos por três poços e encaminhada à Estação de Tratamento de Água (ETA) do tipo desferização. Em seguida, é armazenada em um grande reservatório enterrado, com capacidade de 180 m³ (REIS JUNIOR, 2012), sendo este dividido em três pequenos reservatórios, denominado de cisterna pelos operadores da ETA, com uma capacidade de 60m³ cada uma. Dois sistemas elevatórios realizam cada um, o bombeamento da água de cada cisterna para o reservatório elevado do Setor Profissional e para o reservatório enterrado do Setor Básico da UFPA.

O sistema em estudo é composto de uma unidade de reservação enterrada, localizada no Setor Profissional da Universidade Federal do Pará; dois conjuntos motor e bomba de 10 CV de potência; e uma adutora de água tratada. A pesquisa será realizada no traçado dessa adutora, conforme pode ser verificado na Figura 2.



Figura 2 – Sistema de adução do Setor Profissional para o Setor Básico.

ETAPAS DA PESQUISA

O procedimento da pesquisa foi realizado no período de agosto de 2012 a agosto de 2013, com plano de trabalho elaborado em 4 (quatro) etapas de acordo com a Figura 3.

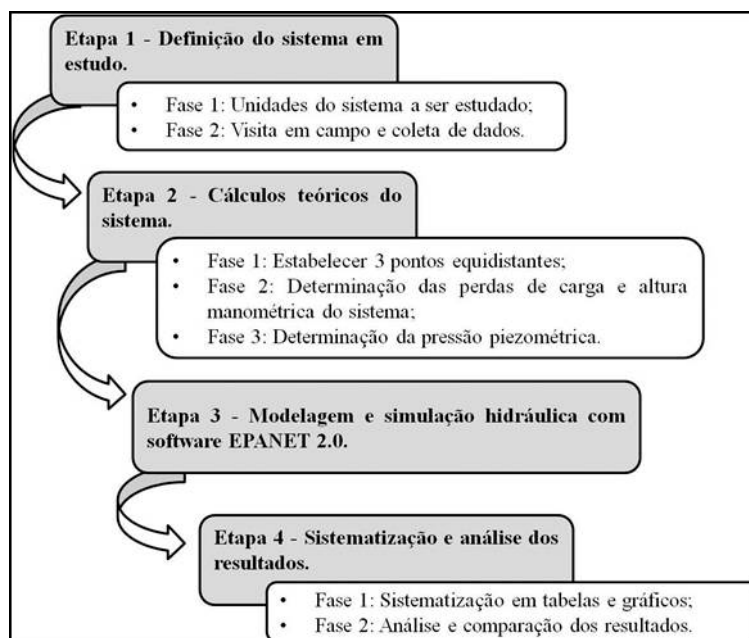


Figura 3 - Fluxograma das atividades executadas na Cidade Universitária Prof. José da Silveira Netto.

ETAPA 1 – DEFINIÇÃO DO SISTEMA EM ESTUDO

A Etapa 1 foi realizada em duas fases: Fase 1 – identificação das unidades do sistema em estudo e a Fase 2 – visita em campo, medições de unidades de reservação e coleta de dados e informações.

FASE 1 – UNIDADES DO SISTEMA ESTUDADO: RESERVAÇÃO, ELEVAÇÃO E ADUÇÃO

O sistema foi definido com base em estudos realizados na Universidade Federal do Pará pelo pesquisador Reis Junior em sua dissertação de mestrado Análise hidroenergética da rotina operacional de sistema de bombeamento utilizado em abastecimento público de água, a fim de obter os dados necessários ao cumprimento dos objetivos desse projeto. A pesquisa foi desenvolvida no sistema de adução da referida Universidade, o qual transporta água tratada do reservatório enterrado do setor profissional da UFPA ao reservatório, também enterrado, do setor básico da mesma Instituição, sendo o bombeamento realizado por 2 (dois) conjuntos motor e bomba (CMB).

FASE 2 – VISITA EM CAMPO, MEDIÇÕES DE UNIDADES DE RESERVAÇÃO E COLETA DE DADOS E INFORMAÇÕES

Nessa fase foram realizadas visitas em campo e verificadas as instalações das unidades de reservação, elevação e adução do sistema em estudo. Foi realizada, também, a coleta de dados e informações provenientes da prefeitura do campus da UFPA, e dos operadores da Estação de Tratamento de Água, os quais possuem vasta experiência no local, sendo relevante, portanto, todos os dados orais fornecidos. No Quadro 1 são verificados os elementos das unidades do sistema em estudo, tais como tubos, válvulas e conexões.

Quadro 1 – Relação de peças pertencentes ao sistema em estudo.

		Peças
Reservatório Enterrado – Setor Profissional	Sucção	Tubo ϕ 150 mm
		Válvula de Pé
		Crivo
		Curva 90 mm
		Redução Gradual
Estação Elevatória de Água Tratada	Barrilete	Tubo ϕ 150 mm
		Ampliação Gradual
		Válvula de Gaveta
		Curva 90
		Tê de Passagem Direta
Adutora de Água Tratada	Recalque	Válvula de Retenção
		Tubo ϕ 125 mm
		Curva 45
		Ampliação Gradual
		Tubo ϕ 250 mm
		Curva 45
		Curva 90
		Curva 22,5
		Saída de canalização

Foram verificadas as dimensões do reservatório enterrado do setor profissional e do poço de sucção a fim de se obter dados necessários para a realização dos cálculos referentes à altura manométrica do sistema, além de serem informações utilizadas como dados de entrada para a simulação computacional com o software Epanet 2.0.

ETAPA 2 – CÁLCULOS TEÓRICOS DO SISTEMA

A Etapa 2 foi realizada em três fases: Fase 1, - definição de três pontos equidistantes no sistema estudado; Fase 2 - determinação das perdas de carga localizada, distribuída e total, e da altura manométrica do sistema; e a Fase 3 - determinação da pressão nos pontos definidos na Fase 1.

FASE 1 – DEFINIÇÃO DE TRÊS PONTOS EQUIDISTANTES NO SISTEMA.

O traçado da adutora de água tratada em estudo foi obtido a partir do Projeto Hidráulico e da Planta Geral do Campus da UFPA - Sistema de Coordenadas e Curvas de Níveis com Marcos Geodésicos, cedidos pela Prefeitura do Campus.

Os 3 (três) pontos equidistantes do sistema de adução foram definidos da seguinte forma:

- A extensão total da adutora de água tratada foi dividida em três partes iguais;
- O Ponto 1 foi considerado o ponto inicial do sistema, localizado no reservatório enterrado do setor profissional, com cota inicial igual a zero;
- O Ponto A foi determinado a uma distância de 380,08 m do Ponto 1;
- O Ponto B assentado a uma distância de 760,16 m do Ponto 1; e
- O Ponto C distante 1.140,25 m do Ponto 1, localizado à entrada do reservatório enterrado do setor básico da UFPA, conforme pode ser observado na Figura 4.

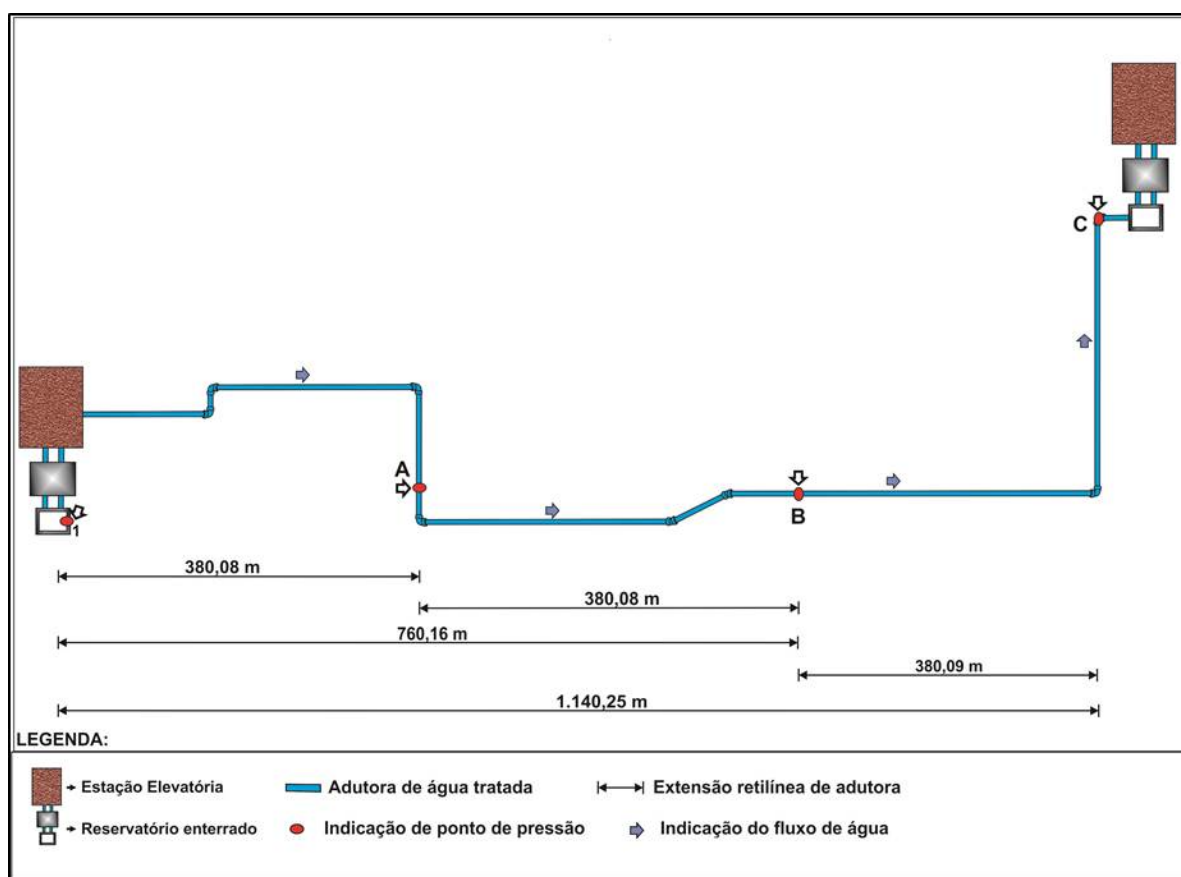


Figura 4 - Esquema da planta baixa do sistema de adução em estudo.

Vale ressaltar que a adutora em estudo apresenta um único diâmetro e o mesmo tipo de material, conforme especificado no Quadro 1.

FASE 2 – DETERMINAR AS PERDAS DE CARGA LOCALIZADA, DISTRIBUÍDA E TOTAL DO SISTEMA E SUA ALTURA MANOMÉTRICA.

➤ CÁLCULO DA PERDA DE CARGA DISTRIBUÍDA

Os cálculos da perda de carga ao longo da canalização (perda de carga distribuída) foram realizados pela equação (1) de Darcy-Weisbach ou “fórmula Universal”, cuja utilização é recomendada pela Norma Brasileira ABNT – NBR 12215:1991 – Projeto de adutora de água para abastecimento público. Gomes (2009), afirma que essa fórmula é baseada em considerações físicas e matemáticas. A base de dados para esse cálculo pode ser observado no Quadro 1, apresentado anteriormente.

$$H_f D = f \frac{L V^2}{\phi 2g} \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

$H_f D$ – Perda de Carga Distribuída (m);
 ϕ – Diâmetro da tubulação (m);
 L – comprimento da tubulação (m);

V – Velocidade em m/s;
 f – Coeficiente de Darcy – Weisbach;
 g – Gravidade em m/s².

➤ CÁLCULO DA PERDA DE CARGA LOCALIZADA

O cálculo das perdas de carga localizadas foi realizado por meio da equação equação (2), utilizada há vários anos por engenheiros, fabricantes de conexões e válvulas e por laboratórios de hidráulica (AZEVEDO NETTO et al., 1998). As peças verificadas em campo e utilizadas para a determinação da perda de carga localizada estão listadas no Quadro 1.

$$H_f L = k \frac{V^2}{2g} \quad \text{equação (2)}$$

Onde:

$H_f L$ – Perda de Carga Localizada (m);
 k – Coeficiente de perda de carga;

V – Velocidade em m/s;
 g – Gravidade em m/s².

Os valores de K utilizados na determinação das perdas localizadas são listados no Quadro 2.

Quadro 2 – Valores do coeficiente K para perdas localizadas.

Peça	K	Peça	K
Ampliação gradual	0,30	Redução gradual	0,15
Bocais	2,75	Curva de 22,5	0,10
Comporta aberta	1,00	Curva de retorno	2,20
Controlador de vazão	2,50	Saída de canalização	1,00
Cotovelo de 90	0,90	T de passagem direta	0,60
Cotovelo de 45	0,40	T de saída lateral	1,30
Crivo	0,75	T de saída bilateral	1,80
Curva de raio Longo	0,25	Válvula de ângulo aberto	5,00
Curva de 90	0,40	Válvula de gaveta aberto	0,20
Curva de 45	0,20	Válvula borboleta aberta	0,30
Entrada normal de canalização	0,75	Válvula de pé	1,75
Entrada de borda	1,00	Válvula de retenção	2,50
Existência de pequena derivação	0,03	Registro de globo aberto	10,00
Medidor Venturi	2,50	Velocidade	1,00

Fonte: Adaptado de AZEVEDO NETTO et al. (1998).

➤ CÁLCULO DA PERDA DE CARGA TOTAL

A perda de carga total foi determinada mediante a soma das perdas de carga distribuída e localizadas, conforme a equação equação (3).

$$H_f\text{Total} = H_fD + H_fL \quad \text{equação (3)}$$

Onde:

$H_f\text{Total}$ – Perda de carga total (m).

Foram realizados três cálculos de perdas de carga em três cenários diferentes, correspondentes à localização dos pontos definidos na Fase 1 dessa Etapa, respeitando o número de conexões e comprimentos de tubulação de cada trecho.

➤ CÁLCULO DA ALTURA MANOMÉTRICA

Para a determinação da altura manométrica foi utilizada a equação equação (4), na qual o valor da altura geométrica foi definido pelo desnível geométrico entre a cota de entrada da tubulação no reservatório enterrado do setor básico e o nível mínimo de água do reservatório enterrado do setor profissional da UFPA.

$$H_m = H_f\text{Total} + H_g \quad \text{equação (4)}$$

Onde:

H_m – Altura manométrica (m);

H_g – Altura geométrica (m).

FASE 3 – DETERMINAR A PRESSÃO EM CADA PONTO, VARIANDO O COMPRIMENTO DO SISTEMA, UTILIZANDO EXPRESSÕES HIDRÁULICAS.

Nessa fase, a altura manométrica, utilizada como pressão piezométrica na fórmula de Bernoulli, no ponto inicial do estudo a fim de se calcular a pressão nos pontos equidistantes, conforme a Equação (5):

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_N}{\gamma} + \frac{V_N^2}{2g} + Z_N + H_f \quad \text{equação (5)}$$

Onde:

$\frac{P}{\gamma}$ = Carga de pressão ou piezométrica em m. c. a.

$\frac{V_1^2}{2g}$ = Carga cinética do ponto inicial, em m/s;

$\frac{V_N^2}{2g}$ = Carga cinética dos trechos em estudo, em m/s;

Z = Carga geométrica ou de posição, em m.

H_f = Perda de carga total do sistema por trecho em estudo, em m.

ETAPA 3 – MODELAGEM E SIMULAÇÃO HIDRÁULICA COM SOFTWARE EPANET 2.0

Essa etapa foi desenvolvida considerando as dimensões reais do sistema e suas características técnicas de instalações, com uma condição de operação de 24h, a fim de representar a condição mais desfavorável que o sistema pode operar. A modelagem do sistema em estudo pode ser observada na Figura 5.

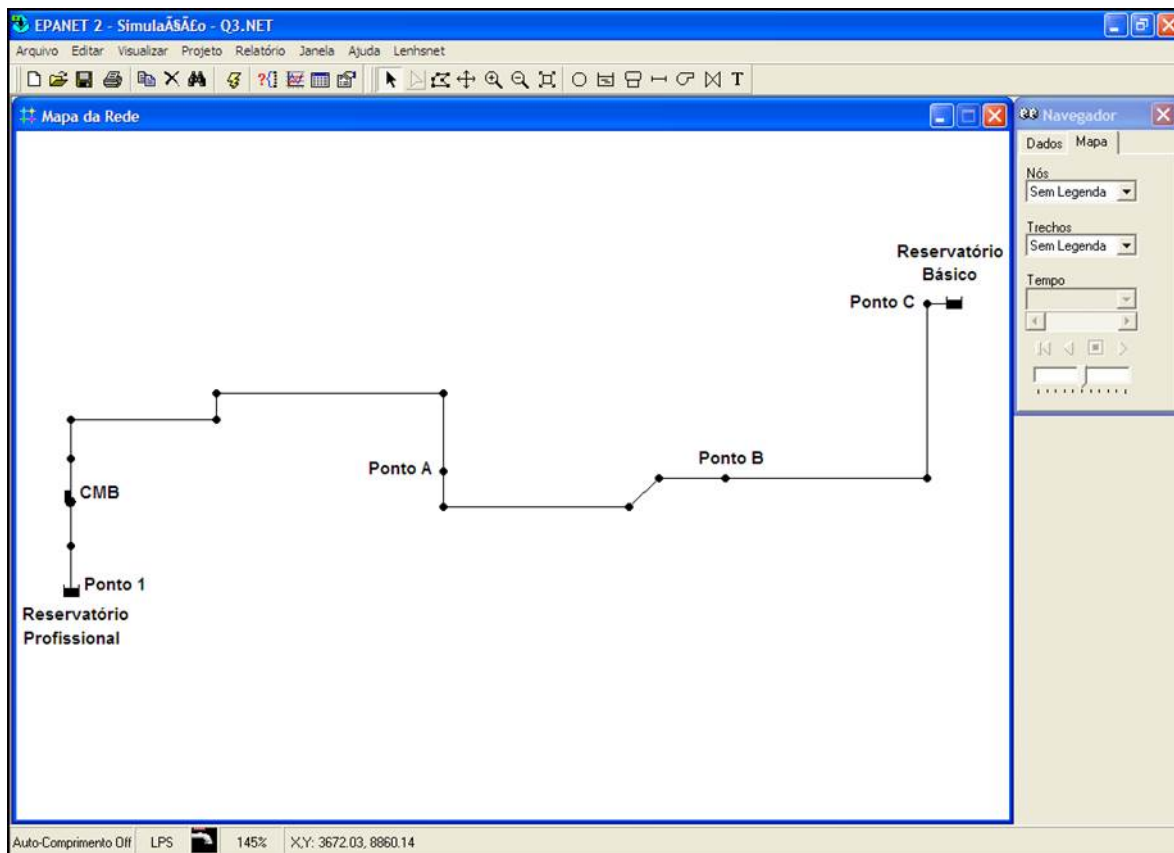


Figura 5 - Modelagem computacional do sistema em estudo.

A modelagem e a simulação foram baseadas na metodologia recomendada pelo manual do usuário do software Epanet 2.0. Para isso foram inseridos dados coletados em campo quanto às conexões e dimensionamento do sistema existente, quanto às cotas topográficas da tubulação e sua rugosidade, além da potência do conjunto motor e bomba necessária para recalcar a água tratada do setor profissional para o setor básico da Universidade. Essa potência foi calculada com conforme a Equação (6), considerando um rendimento de 75%.

$$P = 0,736 \frac{\gamma Q H_m}{75\eta} \quad \text{equação (6)}$$

ETAPA 4 – SISTEMATIZAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A Etapa 4 foi realizada em 2 fases: Fase 1 - Sistematização em tabelas e gráficos dos resultados das etapas de cálculo teórico e de simulação computacional, e Fase 2 - Análise e comparação dos resultados a fim de avaliar a alteração nos valores de pressão em função do comprimento da tubulação de adução e o comportamento da perda de carga em cada situação.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

ETAPA 1

Durante as visitas em campo foram obtidas informações com o operador da estação elevatória de água tratada (EEAT) de: 2 (dois) CMB de fabricante KSB Meganorm, Modelo 80-200, 198 mm de diâmetro de rotor e rotação de 1730 RPM, com potência motriz de 10 CV, um reservatório enterrado com capacidade de 60m³, uma linha adutora saindo da EEAT, de 125mm de diâmetro e extensão de 1,80m em aço galvanizado, e uma adutora de 200mm de diâmetro, com 1.140,25m de extensão em PVC. A configuração do transporte de água tratada do campus profissional para o básico da Universidade Federal do Pará pode ser visualizada na Figura 6.

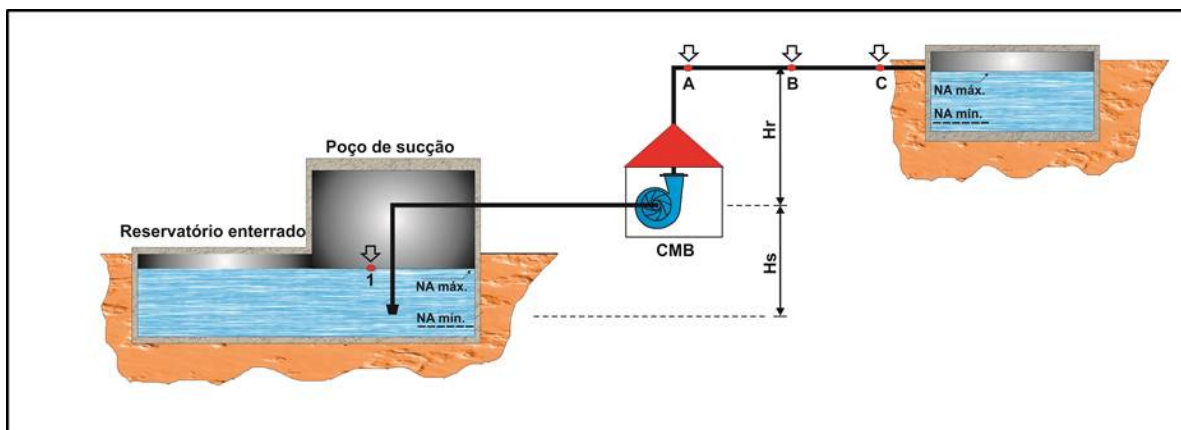


Figura 6 – Esquema do sistema de reservação, elevação e adução do setor profissional para o básico.

As informações físicas acerca do dimensionamento e material do sistema em estudo, fornecidas pela Prefeitura do Campus, foram compiladas no Quadro 3.

Quadro 3– Pontos selecionados na linha adutora do sistema em estudo.

Quadro 3 - Pontos selecionados na linha adutora do sistema em estudo.					
Reservatório Enterrado – Setor Profissional	Sucção	Peças	Φ (mm)	Material	Qtde.
		Tubo	150	Aço Galvanizado	5,45 m
		Válvula de Pé			1 unid.
		Crivo			1 unid.
		Curva 90			1 unid.
Redução Gradual	150 x 125	1 unid.			
Estação Elevatória de Água Tratada	Barrilete	Tubo	125	Aço Galvanizado	0,78 m
		Ampliação Gradual	80 x 125		1 unid.
		Válvula de Gaveta	125		2 unid.
		Curva 90			1 unid.
		Tê de Passagem Direta			1 unid.
		Válvula de Retenção			1 unid.
	Adutora de Água Tratada	Recalque	Tubo	125	Aço Galvanizado
Curva 45			125 x 200	2 unid.	
Ampliação Gradual				1 unid.	
Tubo			200	PVC	1.140,25 m
Curva 45					1 unid.
Curva 90	6 unid.				
Curva 22,5	10 unid.				
Saída de canalização	1 unid.				

ETAPA 2

Os pontos onde foi analisado o comportamento da pressão em função do comprimento da tubulação foram sistematizados na Tabela 1.

Tabela 1 - Sistematização das informações dos trechos a serem analisados.

Início do sistema	Ponto em Estudo	Extensão do Trecho (m)
1	A	380,08
1	B	760,16
1	C	1.140,25

É importante salientar que, para efeito de cálculos teóricos, foi admitido que a geratriz superior da adutora se encontra a 1 m abaixo do nível do terreno.

Estudos realizados por Reis Junior (2012) afirmam que a vazão de consumo do setor básico corresponde a 149 m³/h, aproximadamente 41,39 L/s. Essa vazão foi utilizada nos cálculos teóricos necessários para a determinação das pressões piezométricas em função do comprimento nos pontos definidos na Etapa 1 dessa pesquisa, cujos resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Sistematização dos cálculos teóricos na determinação da pressão em função do comprimento no sistema estudado.

Pontos	Comprimento da Tubulação (m)	Altura Geométrica (m)	Perda de Carga Total (m)	Altura Manométrica (m)	Pressão Piezométrica (m.c.a)
1 - A	380,08	1,43	8,36	16,07	7,48
1 - B	760,16		11,56		4,27
1 - C	1.140,25		14,83		0,00

A relação entre os resultados das pressões piezométricas calculadas segundo o Teorema de Bernoulli em função de cada trecho estudado pode ser verificada na Figura 7.

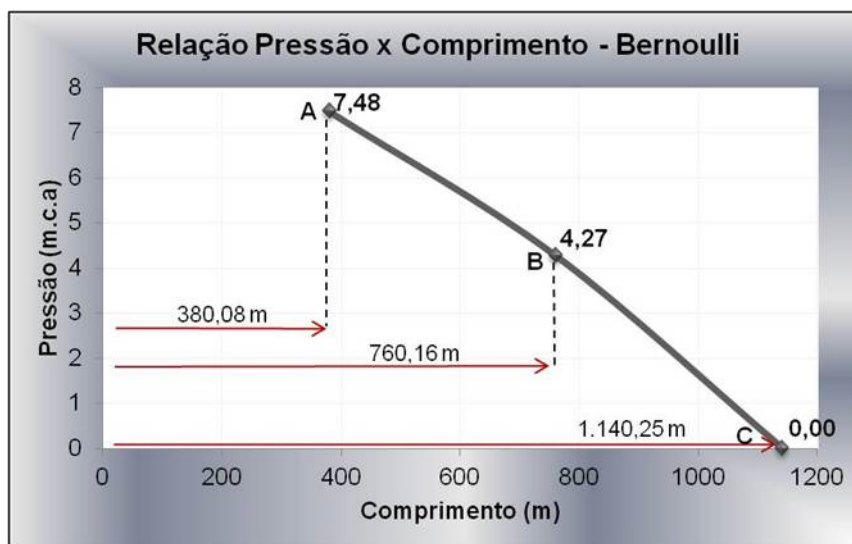


Figura 7 – Gráfico da pressão em função do comprimento dos trechos nos Pontos A, B e C.

É possível verificar que à medida que o comprimento da adutora aumenta, a pressão diminui, implicando na chegada da tubulação à entrada do reservatório enterrado do setor básico com pressão zero. A partir desse resultado é possível comprovar a teoria de Azevedo Netto et al (1998), os quais afirmam que o aumento do comprimento da tubulação influencia diretamente no aumento da perda de carga em uma adutora.

Na Figura 8 é possível verificar uma relação direta na redução da pressão em função do aumento da perda de carga ao longo da adutora, possivelmente devido a grande quantidade de peças e conexões instaladas nas tubulações.

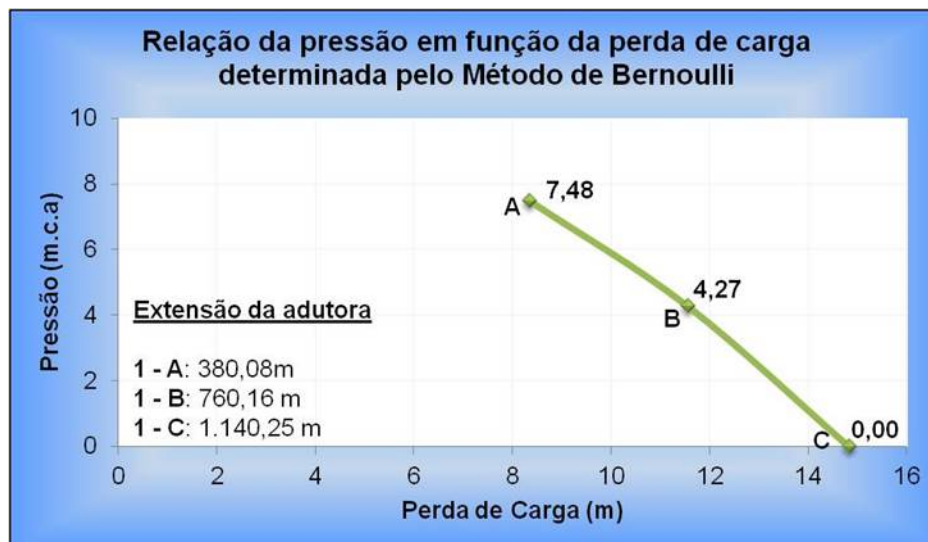


Figura 8 - Gráfico da pressão em função da perda de carga nos Pontos A, B e C ao longo da tubulação.

ETAPA 3

A simulação hidráulica teve como dados de entrada, além dos comprimentos da adutora, as rugosidade de 4,6 e 0,1 para tubulação em aço galvanizado e PVC, respectivamente. Foi inserido uma potência de 8,96 kW para o recalque de água tratada para abastecimento do reservatório enterrado do setor básico da Universidade Federal do Pará.

Na Figura 9 observa-se o resultado da simulação do Epanet 2.0 quanto ao comportamento da variação da pressão em relação ao comprimento da adutora de água tratada, o que também pode ser analisado na Figura 9 - Gráfico do comportamento da pressão ao longo da adutora da UFPA.

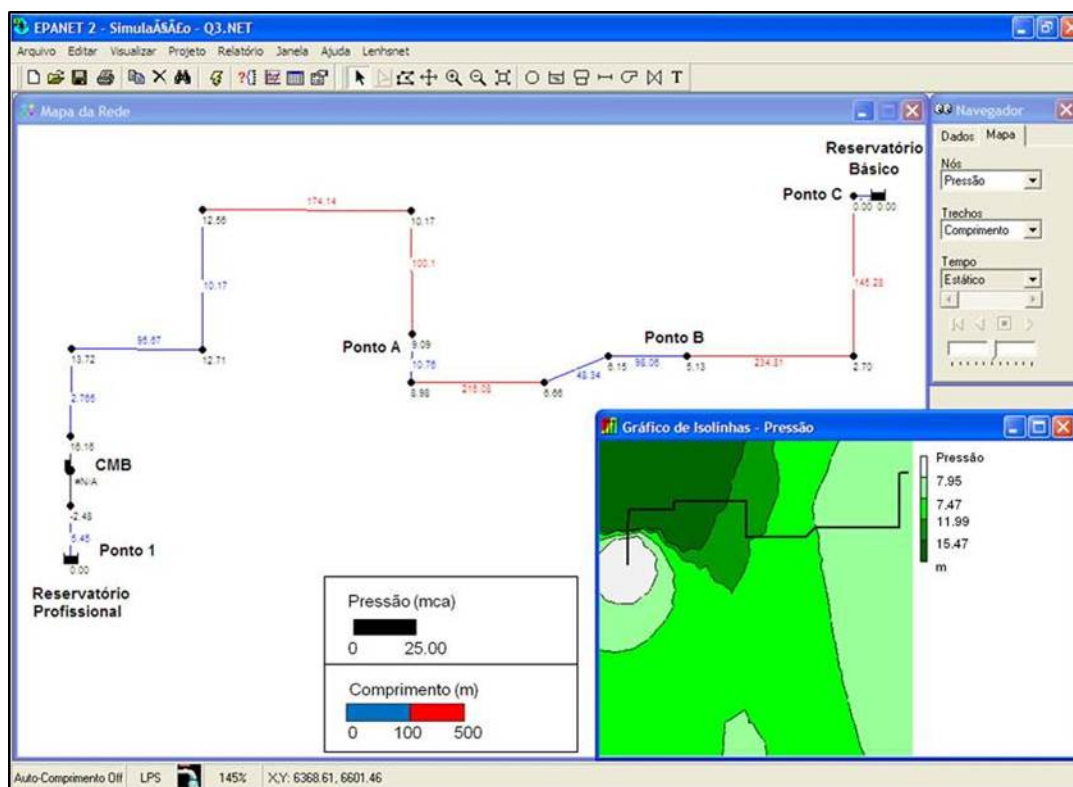


Figura 9 - Gráfico do comportamento da pressão ao longo da adutora da UFPA.

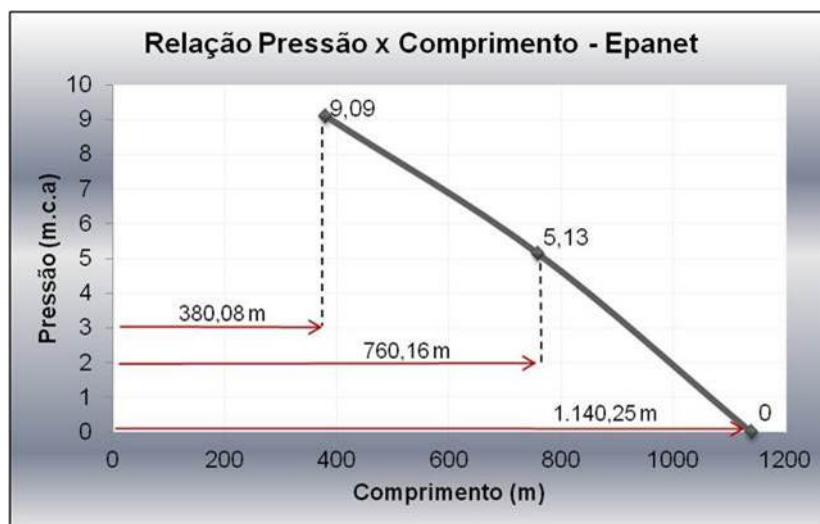


Figura 10 - Gráfico da pressão simulada no Epanet, em relação ao comprimento da adutora.

É possível observar que os valores de pressão no final da tubulação é muito baixo, porém estando compatível com os elevados resultados de perdas de carga apresentados anteriormente.

A simulação comprova que a pressão e o comprimento são inversamente proporcionais, ou seja, ocorre uma perda de pressão ao longo do caminhamento da adutora, comprometendo dessa forma o bom funcionamento do sistema de abastecimento de água da Universidade.

CONCLUSÕES

Conforme os resultados obtidos na etapa de cálculos teóricos e na simulação hidráulica dessa pesquisa, foi possível constatar que o sistema de adução de água tratada da Universidade Federal do Pará pode ter sua eficiência comprometida devido ao grande número de peças e conexões existentes, além da elevada extensão de tubulações utilizadas para recalcar água em um trecho de aproximadamente 800 metros.

Com a finalidade de contribuir na melhoria do funcionamento desse sistema de abastecimento de água, sugerem-se estudos de novos traçados de adutora que contemple o setor básico com água em quantidade e qualidade suficiente e com pressões adequadas. Seria interessante também a proposta de aumento da tubulação, caso não fosse possível a mudança no traçado da adutora, o que permitiria a diminuição da perda de carga e consequentemente a água seria recalçada com maior pressão ao longo do conduto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AZEVEDO NETTO, José et. al. Manual de Hidráulica. São Paulo: Blucher, 1998.
2. GOMES, Heber Pimentel. Sistema de Bombeamento: Eficiência Energética. UFPB, 2009.
3. NBR 12215. Projeto de Adutora de Água para Abastecimento Público. ABNT, 1991.
4. REIS JUNIOR, José Cláudio Ferreira. Análise hidroenergética da rotina operacional de sistema de bombeamento utilizado em abastecimento público de água. 2012. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto de Tecnologia - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará. Belém, 20126. Orientação de José Almir Rodrigues Pereira.
5. TSUTIYA, Milton Tomoyuki. Abastecimento de Água. São Paulo: EPUSP, 2005.
6. UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA. Epanet 2.0 Brasil. João Pessoa, 2009.
7. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. Sistema de Esgotamento Sanitário da Cidade Universitária Profº. José da Silveira Netto. Belém, 2011.