

PAULO CESAR FURTADO JUNIOR
VICTOR JOSÉ MARTINS DA SILVA

**REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA: UM ESTUDO
DE CASO DA SUBSTITUIÇÃO DAS REDES DE
FIBROCIMENTO DA RUA PROFESSOR OLINTO EM
CARATINGA - MG**

BACHARELADO
EM
ENGENHARIA CIVIL

DOCTUM – MINAS GERAIS
2015

PAULO CESAR FURTADO JUNIOR
VICTOR JOSÉ MARTINS DA SILVA

**REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA: UM ESTUDO
DE CASO DA SUBSTITUIÇÃO DAS REDES DE
FIBROCIMENTO DA RUA PROFESSOR OLINTO EM
CARATINGA - MG**

Monografia apresentado à banca examinadora da Faculdade de Engenharia Civil do Instituto Doctum de Educação e Tecnologia, como requisito parcial de obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Professor Orientador: Ricardo Botelho.

DOCTUM – CARATINGA
2015

PAULO CESAR FURTADO JUNIOR

VICTOR JOSÉ MARTINS DA SILVA

**REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA: UM ESTUDO DE
CASO DA SUBSTITUIÇÃO DAS REDES DE FIBROCIMENTO
DA RUA PROFESSOR OLINTO EM CARATINGA - MG**

Monografia submetida à comissão examinadora designada pelo Curso de Graduação em Engenharia Civil como requisito para obtenção do grau de bacharel.

Prof. Ricardo Botelho (Orientador)

Prof.^a Camila Alves da Silva

Instituto Doctum de Educação e Tecnologia

Prof. Claudemir Máximo

Instituto Doctum de Educação e Tecnologia

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades. Ao nosso orientador, Ricardo Botelho, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos. Aos nossos pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional. E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

RESUMO

Os índices de desperdícios de água em sistemas de abastecimento representam grandes perdas para as companhias de saneamento, tanto no ponto de vista socioambiental quanto econômico-financeiro, baseado na indisponibilidade cada vez maior de recursos hídricos de qualidade, a necessidade de ter um controle maior de perdas se torna uma prioridade.

Muitos dos atuais sistemas de abastecimento de água hoje já excederam o tempo de vida útil para o qual foram dimensionados, e os sistemas de distribuição de água de fibrocimento são os que estão num estado de maior deterioração devido à escassez do mesmo no mercado, criando problemas para a manutenção adequada.

O propósito deste trabalho é demonstrar a fragilidade das redes de fibrocimento a partir de ensaio laboratorial, onde foram feitas análises de resistência diametral, para definir a resistência do corpo de prova.

Foi realizada a avaliação de gastos com manutenções em redes de abastecimento de água e com a substituição dessa rede. Com as pesquisas bibliográficas, foi possível fazer a escolha do melhor tubo para esta substituição, com características que atendem a todos os pré-requisitos necessários para a diminuição de perdas de água tratada.

Palavras Chave: Recursos hídricos. Deterioração. Substituição. Diminuição de Perdas.

ABSTRACT

Rates of water waste in supply systems represent major losses in the environmental and also in the economic and financial point of view, based on increasing availability of resources water quality, the necessity to have a greater loss control becomes a priority. Many of current water supply systems today already exceeded the life span for which they were dimensioned, and the water cement distribution systems are those which are in a bigger state of deterioration due to the shortage of it in the market, creating problems for proper maintenance. The purpose of this study is to demonstrate the fragility of fiber cement networks from laboratory testing, where diametrical resistance analyzes were performed to define the specimen resistance. The appraisal of spending on maintenance of water supply networks and by replacing this network was held. With the bibliographic research, it was possible to choose the best tube to this substitution, with features that meet all the prerequisites needed to reduce loss of water treated.

Keywords: Water resources. Deterioration. Replacement. Losses decreased.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Captação córrego do Laje	22
Figura 2: Substituição de rede pelo método destrutivo e abertura de valas para substituição da rede.	38
Figura 3: Obra de substituição de rede pelo método não destrutivo.	39
Figura 4: Esquema de funcionamento de substituição por destruição.	41
Figura 5: Tubulação após a substituição pelo método simples.	41
Figura 6: Esquema de Execução do Sistema Sliplining.	42
Figura 7: Esquema de inserção do tubo pelo método substituição por redução diametral temporária	43
Figura 8: Apresentação do Método de Substituição com Tubo de Parede Dobrada, durante e depois do término do processo.	44
Figura 9: Apresentação do tubo de polietileno dobrado em forma de coração, e o processo de inserção com tubo de parede dobrada.	44
Figura 10: Máquina para teste de compressão.....	47
Figura 11: Primeiras fissuras notadas no tubo de fibrocimento	47
Figura 12: Ruptura do corpo de prova após ter ultrapassado o limite da tensão máxima admissível... ..	46
Figura 13: Local de manutenção de uma rede de fibrocimento.....	49
Figura 14: Exemplo de vala com medidas (lado e comprimento).	50
Figura 15: Substituição de rede de água na rua Professor Olinto, método destrutivo.	54
Figura 16: Tubo de Polietileno com curvatura devido ao traçado da rede.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Origem e magnitude das perdas físicas.....	29
Tabela 2: Características dos Vazamentos.....	34
Tabela 3: Carga de Ruptura de acordo com DN.....	45
Tabela 4: Demonstrativo de cálculos de serviços para manutenção	51
Tabela 5: Composição de custo (BDI: 29,95% Caratinga-MG).....	51
Tabela 6: Composição de custo (BDI: 29,95% Caratinga-MG).....	52
Tabela 7: Custo de mão de obra.....	52
Tabela 8: Valores de serviços e peças para reparação de rede danificada.....	52
Tabela 9: Composição de custo (BDI: 29,95% Caratinga-MG).....	56
Tabela 10: Composição de custo (BDI: 29,95% Caratinga-MG).....	56
Tabela 11: Custo de mão de obra.....	57
Tabela 12: Valores de serviços e peças para reparação de rede danificada.....	57
Tabela 13: Comparação do MND com método destrutivo.....	58
Tabela 14: Comparativo de substituição da rede e manutenções.....	59

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Evolução histórica do indicador de perdas na distribuição (%)	28
Gráfico 2: Índice de perdas de água tratado por país	28
Gráfico 3: Comparativo de resistência x tempo.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRATT - Associação Brasileira de Tecnologia não Destrutiva

C – Comprimento

DN – Diâmetro Nominal

EP – Extensão parcial da rede

ET – Extensão total da rede

ETA – Estação de tratamento de água

IP – Índice de Perdas

Km – quilometro

L – Largura

LA – Número de ligações ativas

Lm – Número de ligações ativas micro medidas

M – Metros

M² - Metros quadrados

MND – Método não destrutivo

N/m – Newton/metro

NASTT - North American Society for Trenchless Technology

ND – Número de dias

P – Profundidade

PE – Polietileno

PEAD – Polietileno de alta densidade

PNCDA – Programa Nacional de Controle ao Desperdício de Água

PVC – Policloreto de Vinila

SAPESP - Companhia de saneamento básico do estado de São Paulo

SNIS – Sistema Nacional de Informação Sobre Saneamento

VD – Volume Disponibilizado

VE – Volume estimado

VEs – Volume especial

VEx – Volume exportado

VF – Volume faturado

Vim – Volume importado

Vm – Volume micro medido

VO – Volume operacional

VP – Volume produzido

VR – Volume recuperado

VU – Volume utilizado

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO.....	13
1.1. PROBLEMA.....	16
1.2. OBJETIVOS.....	16
1.2.1. Objetivo geral	16
1.2.2. Objetivos específicos.....	16
1.3. JUSTIFICATIVA.....	17
1.4. HIPÓTESE.....	17
1.5. METODOLOGIA	18
CAPÍTULO II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1. CONCEITOS E DEFINIÇÕES	19
2.1.1. Sistema de abastecimento de água.....	19
2.1.2. Partes de um sistema de abastecimento de água.....	20
2.1.3. Qualidade da água na rede.....	24
2.2. PERDAS EM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	25
2.2.1. Conceitos.....	25
2.3. MATERIAIS E COMPONENTES	35
2.3.1. Considerações iniciais.....	35
2.4. MÉTODOS PARA SUBSTITUIÇÃO DE REDES.....	37
2.4.1. Recuperação de redes pelo método destrutivo (convencional).....	38
2.4.2. Recuperação de rede pelo método não destrutivo	39
CAPITULO III - EXPERIMENTAÇÃO	45
3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	45
3.2. TUBO DE FIBROCIMENTO.....	45
3.3. EXPERIMENTAÇÃO	46

3.3.1. Resistência diametral.....	46
3.4. CONSIDERAÇÕES SOBRE O ENSAIO	48
CAPÍTULO IV - ESTUDO DE CASO: SUBSTITUIÇÃO DAS REDES DE FIBROCIMENTO DA RUA PROFESSOR OLINTO EM CARATINGA/MG	49
4. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	49
4.1. PROBLEMAS CONSTANTES DE MANUTENÇÃO E SEUS CUSTOS.	50
4.1.1. Custo de uma manutenção.....	50
4.2. ESTUDO DE CASO: SUBSTITUIÇÃO DA REDE DE ÁGUA DA RUA PROFESSOR OLINTO	53
4.2.1. Escolha do método	53
4.2.2. Escolha do tubo adequado.....	54
4.2.3. Quantitativo de custo para a substituição da rede pelo método destrutivo	55
4.3. MÉTODO NÃO DESTRUTIVO APLICADO.....	58
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
CAPITULO V - CONCLUSÃO	61
CAPÍTULO VI - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
APÊNDICE – A	66
APÊNDICE – B	69

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de abastecimento de água são infraestruturas necessárias para o abastecimento de populações em quantidade e qualidade adequadas para o consumo, sendo constituídos de unidades de captação, estação de tratamento, adutoras, reservatórios e redes de distribuição.

A idade das redes de fibrocimento em Caratinga/MG, aliada ao estresse contínuo desses sistemas pelas condições ambientais e operacionais a que são submetidos, tem levado a sua deterioração, aumentando assim a taxa de quebra de tubulações devido à estrutura relativamente frágil. Segundo Tsutiya¹, isso acaba ocasionando aumento de custos operacionais, de manutenções, de perdas de água tratada e dos custos sociais, como paralisação do serviço prestado, interrupções no trânsito e descontinuidades nos processos comerciais e industriais.

Já não são fabricados tubos de fibrocimento, sendo as tubulações de fibrocimento antigas e frágeis; esta situação, em conjunto com as alterações nas distribuições de esforços, pode explicar o fenômeno de haver um número elevado de reparos com o diagnóstico de causa provável igual a material antigo (fragilizado). A relação entre os acidentes provocados e a fragilização do material, por diversas vezes, acontece através da repetição dos reparos na sequência de um acidente, sendo o acidente uma espécie de ponto de partida para novas ocorrências de vazamentos.²

Segundo Tsutiya³, muitos dos atuais sistemas de abastecimento de água hoje já excederam o tempo de vida útil para o qual foram dimensionados. E os sistemas de distribuição de água de fibrocimento são os que estão num estado de maior deterioração devido à escassez de peças de reposição no mercado como relatado por

¹ TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006

² ALAMBERT N, Junior **Manual prático de tubulações para o abastecimento de água**: informações práticas e indispensáveis para projetos, obras e manutenções. Rio de Janeiro, ABES, 1997.p.163.

³ TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006

Alambert⁴, aliando isso a má gestão das empresas de saneamento, ocasionando assim um maior nível de rompimentos e perdas de água tratada.

Devido à escassez não só de recursos hídricos, mas também de recursos financeiros, torna-se necessário um planejamento buscando a substituição desses sistemas de distribuição de água por um material que atenda às necessidades operacionais, ambientais, e de custo mais baixo em relação aos já deteriorados, que geram diversas manutenções e custos.

Em relação ao traçado e classificação das redes de distribuição na cidade de Caratinga/MG é utilizado o traçado “Espinha de Peixe” e a rede de distribuição é classificada como “Rede Ramificada”.

Entende-se por rede de distribuição o conjunto de tubulações e peças especiais destinadas a conduzir a água até os pontos de tomada das instalações prediais, ou aos pontos de consumo público. As tubulações, geralmente, distribuem em marcha e se dispõem formando uma rede.⁵

“Espinha de Peixe” – conduto tronco passando pelos centros da cidade, dele derivando, como ramificações os outros condutos principais;

“Rede Ramificada” – Canalização distribuidora com um sentido único de alimentação. Uma interrupção no escoamento em uma tubulação compromete todo o abastecimento à jusante da mesma.⁶

O sistema de rede ramificada característico da cidade exige que a qualidade do sistema de distribuição seja suficiente para que não haja interrupção no escoamento. Pois, segundo Tsutiya⁷, uma vez que há o rompimento desta rede, o abastecimento é comprometido e interrompido para que não ocorra a extrema perda d’água e para que a manutenção seja executada. O mesmo autor ainda relata que, o tempo entre a interrupção do fornecimento e a manutenção a distribuição não é feita, ocasionando falta d’água em bairros inteiros, deixando milhares de pessoas sem água em casos mais extremos.

⁴ ALAMBERT N, Junior **Manual prático de tubulações para o abastecimento de água**: informações práticas e indispensáveis para projetos, obras e manutenções. Rio de Janeiro, ABES, 1997.

⁵ GARCES, Lucas Nogueira, **Elementos de engenharia hidráulica e sanitária** / Lucas Nogueira Garces – 2. Ed. –São Paulo: Editora Blucher, 1976.

⁶ GARCES, Lucas Nogueira, **Elementos de engenharia hidráulica e sanitária** / Lucas Nogueira Garces – 2. Ed. –São Paulo: Editora Blucher, 1976.

⁷ TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006

Segundo a Saint-Globain⁸, os tubos de fibrocimento tiveram uma aplicação extensa em canalizações de diâmetros menores, tanto em adutoras quanto em redes de distribuição. Eles eram utilizados em locais aonde o concreto, o ferro fundido e o aço fossem sujeitos a condições de água ou solos agressivos.

Os tubos plásticos já são utilizados em grande escala em instalações prediais de água potável e de esgotos sanitários. Saint-Globain⁹ diz que os tubos plásticos são divididos em dois tipos: tubos flexíveis e tubos rígidos. Os tubos flexíveis são fabricados a base de polietileno e encontram sua melhor aplicação no abastecimento de água de emergência e irrigação. Os tubos rígidos são fabricados a partir do polipropileno ou do cloreto de polivinila (PVC).

Os tubos de PVC rígidos resistem bem aos ácidos, bases, sais, álcoois, detergentes e sal marinho. Não se oxidam, como acontecem com os materiais ferrosos. Não devem ser usados para os produtos cíclicos como toluol, acetona etc.¹⁰

Os esforços que as tubulações podem ser submetidas, bem como suas origens, possuem naturezas diversas. O comportamento mecânico dos tubos deve considerar o solo que circunda a tubulação e os esforços envolvidos.

Os tubos rígidos [como os de fibrocimento] só admitem uma pequena ovalização antes da ruptura. Esta deformação é insuficiente para colocar em jogo as reações de apoio lateria de reaterro. Toda carga vertical do reaterro é suportada pelo tubo, o que provoca grandes tensões de flexão em suas paredes.¹¹

A fragilização dos materiais é um processo decorrente de diversos fatores, como o próprio envelhecimento da tubulação, que é uma das principais causas de rompimento das redes de fibrocimento.

⁸ SAINT-GLOBAIN, Canalização LTDA. **Catálogo Saint-Globain canalização**, Rio de Janeiro, 2011.

⁹ SAINT-GLOBAIN, Canalização LTDA. **Catálogo Saint-Globain canalização**, Rio de Janeiro, 2011.

¹⁰ CREDER, Hélio, 1926-2005, **Instalações hidráulicas e sanitárias**/ Hélio Creder. – 6.ed. Rio de Janeiro: LTC- Livros Técnicos e Científicos Editora LTDA, 2006. II.p.283

¹¹ SAINT-GLOBAIN, Canalização LTDA. **Catálogo Saint-Globain canalização**, Rio de Janeiro, 2011.

1.1 PROBLEMA

O desempenho do sistema de abastecimento de água na cidade de Caratinga, que gera desperdícios de água tratada com rompimentos frequentes, demonstrado a partir do estudo de caso da Rua Professor Olinto.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar a fragilidade das redes de abastecimento de água de Caratinga, analisando os custos que estas manutenções geram para a empresa de saneamento.

1.2.2 Objetivos específicos

Apresentar os custos com manutenções nas redes de fibrocimento.

Ensaaiar tubos conforme as normas técnicas correspondentes e discutir os resultados obtidos.

Apresentar um estudo de caso da rede de distribuição de água da Rua Professor Olinto em Caratinga, onde serão feitas as avaliações dos seguintes tópicos:

- Indicadores de desempenho, demonstrando o grau de fragilização que o fibrocimento está;
- Comparativo de custos de substituição de tubulações, com método destrutivo e método não destrutivo.

1.3 JUSTIFICATIVA

Devido à crise hídrica atual, buscar meios para economizar e anular desperdícios é de suma importância, principalmente o desperdício com os rompimentos de redes como a de fibrocimento, que representa uma perda significativa em relação às demais redes existentes na cidade de Caratinga.

Tendo em vista estas variáveis, o objetivo da pesquisa é analisar a utilização do fibrocimento, expor os problemas causados por este tipo de rede de distribuição e oferecer uma possível solução para os decorrentes rompimentos advindos das redes de fibrocimento.

1.4 HIPÓTESE

Segundo Tsutyia¹², os tubos utilizados no sistema de abastecimento de água no Brasil estão em grande parte deteriorados devido ao tempo. Eventualmente, causam um grande número de reparos, inúmeros vazamentos que sequer chegam a aflorar e outros problemas gerados pela fragilidade das redes.

Por se tratar de uma cidade antiga, Caratinga possui redes de água já muito deterioradas. O aspecto analisado será os tubos que são empregados atualmente já deteriorados, e uma possível substituição por tubos que atendam às necessidades atuais das redes, verificando todos os requisitos para melhor escolha, com o objetivo de melhorar a qualidade do sistema de abastecimento de água.

.

¹² TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006

1.5 METODOLOGIA

Com este trabalho busca-se embasamento através das revisões bibliográficas sobre o abastecimento de água e os seus componentes. Será feito uma análise em laboratório seguindo as normas da ABNT 6464¹³ para verificação de resistência à compressão externa de tubos de fibrocimento. Estes tubos foram recolhidos in loco, onde estava ocorrendo manutenções na rede devido ao rompimento. Com esse ensaio laboratorial, será apresentado um comparativo da resistência inicial de um tubo novo e de um tubo já deteriorado. Por fim, serão feitas análises de custo de manutenções e de substituição de rede, e será proposta uma possível solução para as decorrentes manutenções causadas pelos rompimentos das redes antigas.

¹³ ABNT – **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. NBR 6464:1983 Tubo de fibrocimento – Determinação da resistência à compressão diametral.

CAPÍTULO II

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONCEITOS E DEFINIÇÕES

2.1.1 Sistema de abastecimento de água

Os sistemas de abastecimento de água são necessários para o abastecimento das cidades, sendo de suma importância para toda a população atualmente. Tsutiya¹³ relata que, estes são constituídos de unidades de captação, estação de tratamento, adutoras, reservatórios e redes de distribuição.

Um das principais prioridades das populações é o atendimento por sistema de abastecimento de água em quantidade e qualidade adequadas, pela importância para atendimento às suas necessidades relacionadas à saúde e ao desenvolvimento industrial.¹⁴

Segundo Tsutyia¹⁵, no século passado foram feitos grandes investimentos na área de saneamento, para levá-lo às grandes massas e, assim, desenvolver cidades e vilarejos. Contudo, o alto investimento ficou estagnado na década de 80 e está em segundo plano hoje em dia.

13 TSUTIYA, M. T. Abastecimento de Água. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

14 TSUTIYA, M. T. Abastecimento de Água. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

15 TSUTIYA, M. T. Abastecimento de Água. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

Em vista da importância de um correto sistema de abastecimento de água, grandes esforços vêm sendo feitos, particularmente nas décadas do século XX, com elevados investimentos, de modo a se levar água de boa qualidade ao maior número possível de usuários, especialmente dos países em desenvolvimento, onde a situação de abastecimento de água é menos favorável.¹⁶

Segundo Tsutyia¹⁷, as principais deficiências em um sistema de abastecimento de água se devem principalmente à deterioração deste, com tubulações antigas, apresentando frequentes problemas de rompimentos e de vazamentos de água. Para as áreas urbanas, a adequação do serviço de abastecimento de água está ligada diretamente à reabilitação das redes de água mais antigas e à construção e ampliação dos sistemas para atender as novas áreas de crescimento.

Estima-se que nos grandes centros urbanos os maiores investimentos necessários serão para a recuperação das partes mais antigas do sistema de transporte e distribuição de água potável. A deterioração dos sistemas de transporte e distribuição, resultam em elevada perda de água, com importantes perdas de faturamento por parte da prestadora do serviço, devido aos vazamentos, bem como deixa o sistema de abastecimento vulnerável à contaminação da água através da perda de estanqueidade das tubulações e juntas danificadas.¹⁸

2.1.2 Partes de um sistema de abastecimento de água

Segundo Netto et al.¹⁹, um sistema público de água compreende diversas unidades, que são determinantes não somente para as necessidades atuais, mas também para o atendimento futuro da comunidade. As unidades do sistema público de água são listadas abaixo:

- Manancial;

⁹ TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

¹⁷ TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

¹⁸ TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

¹⁹ NETTO, A. J. M; FERNANDEZ Y FERNANDEZ, M; ARAUJO, R.; ITO, A. E. **Manual de Hidráulica**. 8ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

- Captação;
- Adução;
- Estação de tratamento de água;
- Reservatórios;
- Estações elevatórias ou de recalque (quando necessárias);
- Rede de distribuição.

Para a implantação de um sistema de abastecimento de água, faz-se necessária a elaboração de estudos e projetos com vistas à definição das obras a serem empreendidas. Essas obras deverão ter a sua capacidade determinada não somente para as necessidades atuais, mas também para o atendimento futuro da comunidade, prevendo-se a construção por etapas. O período de atendimento das obras projetadas, também chamado de alcance do plano, varia normalmente entre 10 a 30 anos.²⁰

Os sistemas de abastecimento de água são calculados para a possibilidade de aumento da população, para evitar gastos futuros com aumento de diâmetro da rede e construção de reservatórios, sendo escolhida uma área de captação que tenha vazão suficiente para os anos seguintes.

2.1.2.1 Manancial

Para Tsutyia²¹, manancial é o corpo de água subterrâneo ou superficial de onde é retirada a água para o abastecimento, devendo fornecer vazão suficiente para atender à demanda de água durante o alcance do plano de fornecimento. Além disso, a qualidade dessa água deve ser a mais adequada possível sob o ponto de vista sanitário, até mesmo para evitar elevados custos com seu tratamento.

2.1.2.2 Captação

Dacach²² diz que captação “é o conjunto de obras para retirar a água do manancial”.

²⁰ NETTO, A. J. M; FERNANDEZ Y FERNANDEZ, M; ARAUJO, R.; ITO, A. E. **Manual de Hidráulica**. 8ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

²¹ TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

²² DACACH, N. G. **Sistemas urbanos de Água**. 2ª Edição. Livros técnicos e científicos Editora, Rio de Janeiro, 1979.

Para os mananciais superficiais, existem várias formas de captação aonde são verificados o porte e a conformação do leito dos mananciais, associados à topografia e geologia locais, velocidade, qualidade e variação do nível da água. Na cidade de Caratinga é empregada a captação direta, assim como na maioria dos casos. A captação direta possui a barragem de nível, o canal de regularização, o canal de derivação, a torre de tomada, o poço de derivação e o reservatório de regularização. A figura 1 mostra claramente a barragem, o canal de regularização e a captação.



Figura 1: Captação córrego do Laje.
Fonte: Arquivo pessoal.

2.1.2.3 Estação elevatória

As estações elevatórias são de grande importância no sistema de abastecimento de água, pois são destinadas a conduzir a água de um local baixo para outro mais elevado. Porto²³ evidencia claramente esta ideia, dizendo que um sistema de recalque ou elevatório “é o conjunto de tubulações, acessórios, bombas e motores necessários para transportar uma certa vazão de água de um reservatório inferior ao superior. ”

²³ PORTO, R. M. **Hidráulica Básica**. São Carlos, SP: EESC/USP, 2004.

2.1.2.4 Adutora

Adução é a tubulação usada para a condução da água do ponto de captação até a ETA, e da ETA até os reservatórios de distribuição. Barros²⁴ ressalta que essas adutoras “não tem a existência de derivações para alimentar as canalizações de ruas e ramais prediais”.

2.1.2.5 Estação de tratamento de água

Um sistema de abastecimento de água deve fornecer água potável, ou seja, água de boa qualidade para o uso das comunidades. Em função das características de qualidade da água fornecida pelos mananciais, procedem-se ao tratamento da água em instalações denominadas estações de tratamento.

A análise química e os exames físico e bacteriológico da água dos mananciais abastecedores, feitos com frequência determinarão a necessidade ou não de submeter essa água a processos corretivos, a fim de garantir a boa qualidade e a segurança higiênica da mesma.²⁵

2.1.2.6 Reservatórios

Os reservatórios de água são de suma importância no sistema de abastecimento de água, pois atendem a diversas finalidades, e são dimensionados para satisfazer as seguintes condições segundo Tsutyia²⁶:

- Manter a Vazão para as redes de distribuição constantes;
- Suprir vazões extras para combate de incêndio;
- Influir na regularização de pressões na rede para que não fique oscilando.

2.1.2.7 Redes de distribuição

²⁴ BARROS, Raphael T. de V. et al. **Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

²⁵ NETTO, A. J. M; FERNANDEZ Y FERNANDEZ, M; ARAUJO, R.; ITO, A. E. **Manual de hidráulica**. 8ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

²⁶ TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

As redes de distribuições são as tubulações destinadas a levar a água dos reservatórios até os ramais prediais.

Rede de distribuição é o conjunto de tubulações e peças especiais destinadas a conduzir os pontos de tomada das instalações prediais, ou aos pontos de consumo público. As tubulações geralmente distribuem em marcha e se dispõem formando uma rede.²⁷

Segundo Tsutiya²⁸, o componente do sistema de distribuição de água de maior custo são as redes de distribuição de água, possuindo cerca de 50 a 70% do custo total das obras de abastecimento.

Há dois tipos de redes num sistema de distribuição de água, as redes malhadas conhecidas também como “espinha de peixe” e as redes ramificadas.

Redes malhadas, conjunto onde passa pelos centros das cidades um conduto tido com nome de tronco, e dele deriva-se várias ramificações que são os condutos principais das vias.

E Rede Ramificada são as redes de distribuição que tem um sentido único de alimentação, ou seja, uma interrupção no escoamento em uma tubulação compromete todo o abastecimento à jusante da mesma.²⁹

2.1.3 Qualidade da água na rede

A qualidade da água na rede de distribuição deve ser resguardada. Para isso são necessários alguns cuidados, de acordo com Barros³⁰, como:

- O sistema deve ser projetado, construído e operado de forma que a pressão mínima em qualquer ponto da rede seja mantida;
- Os registros e dispositivos de descarga devem ser projetados e convenientemente posicionados para permitir manutenção e descarga sem prejudicar o abastecimento;

²⁷ GARCES, Lucas Nogueira, **Elementos de engenharia hidráulica e sanitária**. 2ª Edição. São Paulo: Editora Blucher, 1976.

²⁸ TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006

²⁹ GARCES, Lucas Nogueira, **Elementos de engenharia hidráulica e sanitária**. 2ª Edição. São Paulo: Editora Blucher, 1976.

³⁰ BARROS, Raphael T. de V. et al. **Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

- O sistema deve estar protegido contra poluição externa. Durante a execução da rede e durante os reparos, substituições, remanejamentos e prolongamentos, devem ser tomados os cuidados necessários para impedir a ocorrência de contaminação da água;
- As tubulações de água potável devem ser assentadas em valas situadas a uma distância mínima de 3,0 m da tubulação de esgoto, para não haver contaminação;
- Em geral, as juntas das tubulações não resistem a pressões de fora para dentro (subpressões). Em sistemas em que o fornecimento de água não é contínuo, nas horas em que não houver abastecimento haverá pouca ou nenhuma pressão na rede, podendo até ser negativa. Nessas ocasiões, há perigo de penetração ou sucção de água contaminada para dentro da rede. Assim, as boas condições de operação do sistema evitando interrupções diminuem a possibilidade de contaminação da rede.

2.2 PERDAS EM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

2.2.1 Conceitos

Existem dois tipos de perdas em um sistema de abastecimento de água: a perda física, que é a perda de água bruta ou tratada, seja em vazamento ou em seu processo de tratamento, e a perda não física, que é a água que chega ao cliente e que de alguma forma não é paga pelo mesmo, através de ligações de água clandestinas ou fraudes no hidrômetro, por exemplo.

A primeira noção que se vem à mente é a de que “perda” é toda água tratada que foi produzida e se perdeu no caminho, não se chegando ao uso final pelos clientes da companhia de saneamento. Essa noção, no entanto, trata a perda como algo físico, um volume de água perdido em um vazamento, por exemplo. Efetivamente tem-se aqui um caso concreto de um produto industrializado que se perde ao transporte até o consumidor.³¹

³¹ TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

As perdas não físicas possuem uma relação maior de ordem empresarial. Tsutyia³² relata que “se o produto for entregue e, por alguma ineficiência, não for faturado, tem-se um volume de produto onde foram incorporados todos os custos intrínsecos de produção industrial e transporte”. Esse “produto” não é contabilizado como receita da companhia, ou seja, é prejuízo e, conseqüentemente, também é perda, sendo mais ligado ao aspecto comercial do serviço prestado. Silva e Conejo³³ relatam que as perdas não físicas estão relacionadas também às ligações clandestinas ou não cadastradas, hidrômetros parados ou fraudados.

Segundo Tsutyia³⁴, as perdas físicas são provenientes de vazamentos no sistema, envolvendo todas as etapas de distribuição de água, desde a captação, até os ramais prediais. Silva e Conejo³⁵ vão além e citam procedimentos como lavagem de filtros e descargas na rede, quando estes provocam consumos superiores ao estritamente necessário para a operação.

Netto et al.³⁶ e Silva e Conejo³⁷ relatam que perda corresponde à diferença entre o volume de água produzido nas estações de tratamento de água e o total dos volumes medidos nos hidrômetros, concluindo que o índice de perdas é o percentual do volume produzido que não é faturado pelas companhias prestadoras do serviço. A relação entre o nível de perdas em uma companhia de saneamento e a sua eficiência operacional e econômica é total, ou seja, quanto maior o índice de perdas, menor o custo na operação do sistema desde a captação até o consumo final. Sendo assim, reverte-se também ao cliente o benefício em tarifas mais baixas pela água consumida.

Em relação às perdas reais, há dois pontos de extrema importância que devem ser colocados em pauta:

32 TSUTIYA, M. T. Abastecimento de Água. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

33 SILVA, R.T.; CONEJO, J.G.L.; GONÇALVES, O.M. Apresentação do programa. Brasília, Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, 1998.

34 TSUTIYA, M. T. Abastecimento de Água. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

35 SILVA, R.T.; CONEJO, J.G.L.; GONÇALVES, O.M. Apresentação do programa. Brasília, Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, 1998.

36 NETTO, A. J. M; FERNANDEZ Y FERNANDEZ, M; ARAUJO, R.; ITO, A. E. Manual de hidráulica. 8ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

37 SILVA, R.T.; CONEJO, J.G.L.; GONÇALVES, O.M. Apresentação do programa. Brasília, Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, 1998.

Um é relacionado à conservação de recursos naturais, pois quanto menos volume se perde no sistema, menor vai ser a necessidade de aumentar a captação de água, visto que com o aumento da demanda de água tratada, requer a execução de obras com alto valor e com forte impacto ambiental, representados por barragens, represas.³⁸

O outro diz respeito à saúde pública, pois quando à vazamentos na rede de distribuição de água e ocorre alguma queda na pressão da água (manutenção ou fechamento da água por exemplo) pode levar à contaminação da água pela entrada de agentes nocivos na tubulação. Este risco não é meramente potencial, há vários casos relatados, inclusive em países de Primeiro Mundo, de morte ou doenças ocasionadas por contaminação de redes através de pontos de vazamentos após a despressurização do sistema.³⁹

2.2.1.1 Origem das perdas e suas causas

Tem-se hoje um alto nível de deterioração das redes de distribuição de água, na maioria dos casos devido a sua idade elevada, em conjunto com a má administração das mesmas. Isso acaba ocasionando problemas maiores e gera grandes perdas.

A idealização do funcionamento perfeito das estruturas e equipamentos, da duração infinita dos materiais, da precisão inquestionável dos instrumentos, da experiência infalível dos operadores é muito mais comum do que se supõe. O que se vê é que, em curto prazo, um certo nível de deterioração toma conta e, ao não ser reparado no devido tempo e na medida certa, decorre um comprometimento cada vez maior das funcionalidades da obra, equipamento ou instrumento.⁴⁰

2.2.1.2 Índices de perdas de água tratada no país

Segundo Tomaz⁴¹, o Banco Mundial e os demais bancos internacionais adotam, para países em desenvolvimento, o limite tolerável de 25% de perdas de água.

Atualmente, com valores que se aproximam dos 40%, no Brasil vem decrescendo os valores de perdas, mas a uma velocidade extremamente baixa. O combate à perda

³⁸ MARTINS, G., BORANGA, J. A., LATORRE, M. R. D. O. PEREIRA, H. A. S. L. **Modelo estatístico para avaliação do impacto do saneamento básico na saúde pública.** In: ENCONTRO TÉCNICO AESABESP, XII, 2001, São Paulo, São Paulo: AESABESP, 2001.

³⁹ MARTINS, G., BORANGA, J. A., LATORRE, M. R. D. O. PEREIRA, H. A. S. L. **Modelo estatístico para avaliação do impacto do saneamento básico na saúde pública.** In: ENCONTRO TÉCNICO AESABESP, XII, 2001, São Paulo, São Paulo: AESABESP, 2001.

⁴⁰ TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água.** 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

⁴¹ TOMAZ, Plínio. **Conservação da água.** 1ª ed. Guarulhos: Digihouse Editoração Eletrônica, 1998.

de água transformou-se em um grande desafio para as operadoras públicas e privadas, como mostra no gráfico 1.

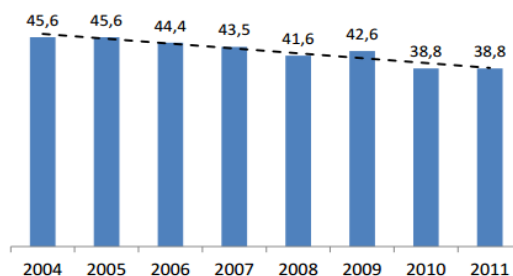


Gráfico 1: Evolução histórica do indicador de perdas na distribuição (%)

Fonte: Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento – SNIS, 2012.

No gráfico 2, quando se compara o Brasil com outros países, a situação se torna um pouco mais grave. Cidades como Austrália e Estados Unidos se somados não passam de 20% de perda de água tratada.

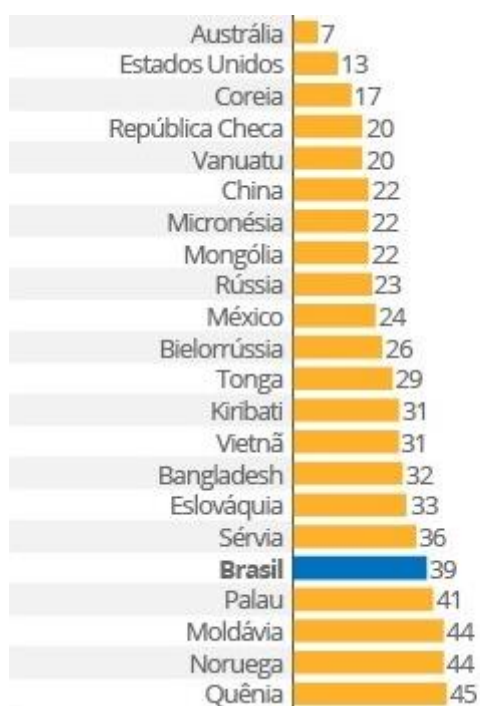


Gráfico 2: Índice de perdas de água tratada por país

Fonte: The International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities (IBNET), 2015.

2.2.1.3 Perdas por subsistema

As origens e magnitudes das perdas reais por subsistema podem ser representadas esquematicamente, conforme a tabela 1:

Tabela 1: Origem e magnitude das perdas físicas.

PERDAS FISICAS	SUBSISTEMA	ORIGEM	MAGNITUDE
	Adução de Água Bruta	Vazamento nas Tubulações/ Limpeza do Poço de Sucção	Varável, função do estado das tubulações e da eficiencia operacional
	Tratamento	Vazamentos Estruturais / Lavagem de Filtros / Descarga de lado	Significativa, função do estado das instalações e da eficiencia operacional
	Reservação	Vazamentos estruturais / Extravasamentos / Limpeza	Variável, função do estado das instalações e da eficiencia operacional
	Adução de Água Tratada	Vazamento nas tubulações / Limpeza do poço de sucção / Descargas	Variável, função do estado das instalações e da eficiencia operacional

Fonte: Tsutiya (2005)

2.2.1.4 Estimativa de perdas

De acordo com Silva e Conejo⁴², a estimativa de perdas em um sistema de abastecimento de água pode ser obtida entre o volume de água transferido de um determinado ponto inicial e o volume recebido em um ou mais pontos do sistema.

⁴² SILVA, R.T.; CONEJO, J.G.L.; GONÇALVES, O.M. **Apresentação do programa**. Brasília, Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, 1998.

Nos sistemas de abastecimento de água, o caso mais emblemático e mais comum é a determinação das perdas a partir das ETA, incorporando as eventuais perdas na adução, reserva e distribuição. Nesse caso, mede-se o volume que sai da ETA em um determinado período de tempo (um mês, um ano, etc) e compara-se com a soma de todos os volumes legítimos medidos (ou estimados) na rede de distribuição de água, no período considerado. Em outros termos, a diferença entre a Macromedição (saída da ETA) e a Micromedição (pontos de entrega ao consumidor final, medidos ou estimados) constitui a perda total do sistema em consideração, não se distingue aqui as parcelas que cabem às perdas Reais e às Perdas Aparentes.⁴³

Segundo Tsutyia⁴⁴, há uma fórmula básica para calcular o percentual (%) de perdas, que relaciona o volume total perdido (Perdas Reais + Perdas aparentes), com o volume produzido pela ETA (volume fornecido), que pode ser vista na equação 1.

Equação 1:

$$\text{Índice de Perdas} = IP = \frac{\text{Volume Perdido Total}}{\text{Volume Fornecido}} \times 100(\%)$$

Contudo, Tsutyia⁴⁵ relata que esse indicador tem uma grande desvantagem: “a dificuldade de comparação de performance entre sistemas diferentes. Dois sistemas distintos, que apresentam o mesmo volume perdido, podem gerar Índices de Perdas diferentes em função de algumas características específicas do sistema. ”. Pode haver em um sistema uma determinada indústria, e em outro um padrão de consumidores residenciais, provocando diferentes gastos no decorrer do dia.

2.2.1.5 Identificação e separação das perdas

A identificação e a separação das perdas físicas de água das não físicas é tecnicamente possível mediante pesquisa de campo, utilizando a metodologia da análise de registros contínuos de consumo das vazões macro medidas.

⁴³ TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

⁴⁴ TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

⁴⁵ TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

A oferta noturna estabilizada durante a madrugada – abatendo-se os consumos noturnos contínuos por parte de determinados tipos de usuários do serviço (fábricas, hospitais e outros) – representa, em sua quase totalidade, a perda física no período pesquisado, decorrente de vazamentos na rede ou ramais prediais.⁴⁶

Os ramais prediais registram uma grande quantidade de ocorrências de vazamentos, mas, segundo Silva e Conejo⁴⁷, “isso nem sempre significa, porém, que esta seja a maior perda em termos de volume, as maiores perdas físicas na distribuição, em volume, ocorrem por extravasamento de reservatórios ou em vazamentos nas adutoras. “.

2.2.1.6 Micromedição e macromedição

Os sistemas de medição consistem basicamente em dois modelos, o sistema de micromedição e o de macromedição.

Entende-se por micromedição do consumo realizado no ponto de abastecimento de um determinado usuário, independentemente de sua categoria ou faixa de consumo. Basicamente micromedição compreende a medição periódica do volume consumido utilizando hidrômetros. Macromedição é o conjunto de medições realizadas no sistema público de abastecimento de água, desde captação de água bruta até as extremidades de jusante da rede de distribuição.⁴⁸

Sistemas de abastecimento de água em que o índice de micromedição seja próximo de 100%, as ligações clandestinas têm pouca importância. Entretanto, Silva e Conejo⁴⁹ relatam que “deve existir eficaz programação permanente de adequação e manutenção preventiva de hidrômetros e combate às fraudes, com isso, as perdas mensuráveis tendem a refletir as perdas físicas de água. ”

⁴⁶ SILVA, R.T.; CONEJO, J.G.L.; GONÇALVES, O.M. **Apresentação do programa**. Brasília, Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, 1998.

⁴⁷ SILVA, R.T.; CONEJO, J.G.L.; GONÇALVES, O.M. **Apresentação do programa**. Brasília, Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, 1998.

⁴⁸ SILVA, R.T.; CONEJO, J.G.L.; GONÇALVES, O.M. **Apresentação do programa**. Brasília, Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, 1998.

⁴⁹ SILVA, R.T.; CONEJO, J.G.L.; GONÇALVES, O.M. **Apresentação do programa**. Brasília, Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, 1998.

2.2.1.7 Indicadores de perda

Segundo Tsutyia⁵⁰, os indicadores permitem retratar a situação das perdas, gerenciar a evolução dos volumes perdidos, redirecionar ações de controle e, em princípio, comparar sistemas de abastecimento de água distintos.

Silva e Conejo⁵¹ afirmam que, das informações de um indicador de desempenho, são consideradas informações-chave aquelas que compõem diretamente o indicador, sem as quais este não pode ser definido.

As informações-chave, segundo Silva e Conejo⁵², são descritas no Programa Nacional de Controle ao Desperdício de Água (PNCDA):

- Volume disponibilizado (VD): soma algébrica dos volumes produzidos, exportado e importado, disponibilizados para distribuição no sistema de abastecimento considerado;
- Volume produzido (VP): volume efluente da(s) ETA ou unidade(s) de tratamento simplificado no sistema de abastecimento considerado;
- Volume importado (Vim): volumes de água potável, com qualidade para pronta distribuição, recebidos de outras áreas de serviço e/ou de outros agentes produtores;
- Volume exportado (VEx): volumes de água potável, com qualidade para pronta distribuição, transferidos para outras áreas de serviço e/ou para outros agentes distribuidores;
- Volume utilizado (VU): soma dos volumes micro medidos, estimado, recuperado, operacional e especial;
- Volume micro medido (Vm): volumes registrados nas ligações providas de medidores;
- Volume estimado (VE): corresponde à estimativa de consumo a partir dos volumes micro medidos em áreas com as mesmas características da estimada, para as mesmas categorias de usuários.

50 TSUTIYA, M. T. Abastecimento de Água. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

51 SILVA, R.T.; CONEJO, J.G.L.; GONÇALVES, O.M. Apresentação do programa. Brasília, Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, 1998.

52 SILVA, R.T.; CONEJO, J.G.L.; GONÇALVES, O.M. Apresentação do programa. Brasília, Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, 1998.

- Volume Recuperado (VR): corresponde à neutralização de ligações clandestinas e fraudes;
- Volume operacional (VO): volumes utilizados em testes de estanqueidade e desinfecção das redes (adutora, subadutoras e distribuição);
- Volume especial (VEs): volumes (preferencialmente medidos) destinados para corpo de bombeiros, caminhões-pipa, suprimentos sociais (favelas, chafarizes) e uso próprio nas edificações do prestador de serviços;
- Volume faturado (VF): todos os volumes de água medida, presumida, estimada, contratada, mínima ou informada, faturadas pelo sistema comercial do prestador de serviços;
- Número de ligações ativas (LA): providas ou não de hidrômetro, correspondem à quantidade de ligações que contribuem para o faturamento mensal;
- Números de ligações ativas micro medidas (Lm): ligações ativas providas de medidores;
- Extensão parcial da rede (EP): extensão de adutoras, subadutoras e redes de distribuição, não contabilizado os ramais prediais;
- Extensão total da rede (ET): extensão total de adutoras, subadutoras, redes de distribuição e ramais prediais;
- Número de dias (ND): quantidade de dias correspondente aos volumes trabalhados.

2.2.1.8 Controle de perdas reais

Os vazamentos de água aparecem em diversas partes do sistema de abastecimento, mas Tsutiya⁵³ ressalta em especial os seguintes vazamentos:

- Nas estruturas das ETAs;
- Nas tubulações das linhas de adução e da rede de distribuição e seus acessórios (juntas, registros, ventosas);
- Nos ramais prediais e cavaletes;
- Nas estruturas dos reservatórios setoriais;

⁵³ TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

2.2.1.9 Classificação de vazamentos

Os vazamentos classificam-se em visíveis ou não visíveis, os quais são descritos abaixo:

Vazamentos visíveis são aqueles facilmente notados pelos técnicos das companhias ou pela população, podendo ser prontamente acionadas as equipes de manutenção e realizados os reparos necessários. Os vazamentos não visíveis exigem uma gestão especial, onde se lança mão de técnicas ou equipamentos para detecção das fugas, sem ficar esperando que o vazamento aflore para fazer reparo.⁵⁴

Os vazamentos não visíveis exigem maior cuidado e possuem um grau maior de dificuldade para serem localizados. Tsutyia⁵⁵ afirma que “devem ser feitas atividades de pesquisa com uma certa periodicidade, pois os vazamentos não visíveis podem permanecer durante meses, anos ou indefinidamente, totalizando volumes consideráveis de água perdida”.

A tabela 2, adaptada de Tsutyia⁵⁶, sintetiza as características mais marcantes dos tipos de vazamentos apresentados.

Tabela 2: Características dos Vazamentos.

Tabela 2 - Características dos vazamentos.	
Tipo de vazamento	Características
Inerente	Vazamento não-visível, não-detectável, longa duração
Não-visível	Detectável, vazões moderadas, duração depende da frequência da pesquisa de vazamentos
Visível	Aflorante, altas vazões, curta duração

Fonte: Tsutyia (2006).

⁵⁴ TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

⁵⁵ TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

⁵⁶ TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

2.2.1.10 Duração média de vazamentos

Segundo Tsutiya⁵⁷, a duração média dos vazamentos nas redes de água é a resultante da soma de três fases sequenciais, sendo elas:

- Conhecimento: tempo médio entre o início do vazamento até o instante em que a companhia de saneamento passa a saber da sua existência;
- Localização: tempo médio entre o instante que se toma ciência do vazamento até o momento em que se localiza exatamente o ponto da ocorrência;
- Reparo: tempo médio entre a localização do vazamento e o instante em que a fuga é finalmente reparada.

2.3 MATERIAIS E COMPONENTES

2.3.1 Considerações iniciais

As redes de distribuição são constituídas por tubos, curvas, tês, reduções, etc., que por necessidade precisam fornecer resistência interna e resistência externa, para resistir aos meios agressivos, como o cobrimento da terra e o trânsito sobre essa tubulação. Neto⁵⁸ acrescenta mais sobre, dizendo que, “além dos esforços internos, os tubos devem resistir aos esforços sem sofrerem deflexões acima da máxima permitida, esmagamentos ou ruptura.”.

2.3.1.1 Critérios para seleção dos materiais

Os critérios para seleção dos materiais empregados nas redes de abastecimento de água são a durabilidade, o material da superfície interna e o da superfície externa.

⁵⁷ TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

⁵⁸ NETO, P. J. C. Redes de distribuição de água. In: Tsutyia, M.T. Abastecimento de Água. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

A durabilidade, segundo Neto⁵⁹, está ligada à capacidade do material em resistir por longo tempo, ou seja, durante sua vida útil, sem sofrer deterioração, pois as substituições de redes frequentes significam altos custos para as empresas.

Para Neto⁶⁰, o material da superfície interna deve ter características que permitam a vazão da água de forma satisfatória e que não reaja com a água. Segundo o autor, um dos fatores que afetam o fluxo da água é “a rugosidade do material utilizado para o revestimento interno do tubo, as tubulações novas tem um coeficiente (de Hazen-Williams –C) que varia de 100 a 150, e para que sejam considerados duráveis, deve se manter estáveis esses níveis em sua vida útil. ”

2.3.1.2 Tubos mais empregados

Os principais tipos de tubos e peças utilizadas em sistemas de distribuições de águas segundo Neto⁶¹ são: tubos de ferro fundido cinzento e dúctil, tubos de PVC (Policloreto de Vinila), tubos de PE (Polietileno) e tubos de fibrocimento.

As aplicações dos tubos de um modo geral segundo Sarzedas⁶² podem ser divididas atualmente em 40 a 60% de ferro fundido cinzento, 25 a 30% em ferro fundido dúctil, e dependendo de cada país as tubulações de cimento amianto e plástico giram entre 10 e 30%.

O ferro fundido cinzento foi uma solução para o transporte de água na década de 20, e, por sua vez, foi aperfeiçoado por metalúrgicos na década de 40, aparecendo assim no mercado o ferro fundido dúctil. Neto⁶³ ressalta que, embora o ferro fundido cinzento

⁵⁹ NETO, P. J. C. Redes de distribuição de água. In: Tsutyia, M.T. Abastecimento de Água. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

⁶⁰ NETO, P. J. C. Redes de distribuição de água. In: Tsutyia, M.T. Abastecimento de Água. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

⁶¹ NETO, P. J. C. Redes de distribuição de água. In: Tsutyia, M.T. Abastecimento de Água. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

⁶² SARZEDAS, G. L. Planejamento para substituição de tubulações em sistemas de abastecimento de água. Aplicação na rede de distribuição de água da Região Metropolitana de São Paulo. Dissertação de Mestrado. **Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**, 2009.

⁶³ NETO, P. J. C. Redes de distribuição de água. In: Tsutyia, M.T. Abastecimento de Água. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

seja resistente e tenha uma longa vida útil, ele apresenta a desvantagem de ser frágil em relação ao ferro dúctil, podendo se romper facilmente devido principalmente a choques durante o transporte.

Os tubos de PVC e PE vêm tendo um crescente uso em redes de menores diâmetros nos últimos 30 anos, embora tenham sido criados na década de 20. No Brasil, segundo Neto⁶⁴, praticamente todas as redes com diâmetros inferiores a 150 mm implantadas nos últimos 20 anos são em PVC, e mais recentemente está aumentando o uso do PE, como no caso de Porto Alegre que já conta com mais de 500 km de redes PE.

O tubo de fibrocimento é um material que não é empregado mais nos sistemas de abastecimento de água. Devido aos novos materiais mais resistentes e mais viáveis economicamente, seu uso foi mais empregado no Brasil na década de 80. Alambert⁶⁵ reforça que, “já não são fabricados tubos de fibrocimento, sendo este material antigo e frágil, e esta situação, em conjunto com as alterações nas distribuições de esforços, explica bem o número elevado que se tem em manutenções nesse sistema. ”. Desse modo, este tipo de tubo se torna inviável em relação aos demais fabricados com outros materiais.

2.4 MÉTODOS PARA SUBSTITUIÇÃO DE REDES

Quando um sistema de abastecimento de água não consegue mais atender satisfatoriamente a população, devido a problemas de vazamentos, corrosões, gerando um alto custo de manutenções, as companhias que gerenciam essa distribuição optam pela recuperação da rede total, para sanar os problemas.

Atualmente existem dois métodos de recuperação de redes, sendo eles o método destrutivo (convencional) e o método não destrutivo (MND).

⁶⁴ NETO, P. J. C. Redes de distribuição de água. In: Tsutyia, M.T. Abastecimento de Água. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

⁶⁵ ALAMBERT N, J. **Manual prático de tubulações para o abastecimento de água:** informações práticas e indispensáveis para projetos, obras e manutenções. Rio de Janeiro, ABES, 1997.

2.4.1 Recuperação de redes pelo método destrutivo (convencional)

A recuperação de redes pelo método destrutivo se dá pela substituição da rede comprometida por uma nova, extraíndo a rede antiga ou fazendo o assentamento paralelo à existente, sempre com aberturas de valas ao longo do trecho a ser substituído. Sobre este método, Venturini e Barbosa⁶⁶ relatam que “além de ser onerosa, exige a remoção de grande área pavimentada, movimento de terra, corte no abastecimento aos usuários além dos transtornos causados pela obstrução das vias públicas dificultando o acesso residencial. “, como mostrado na figura 2.

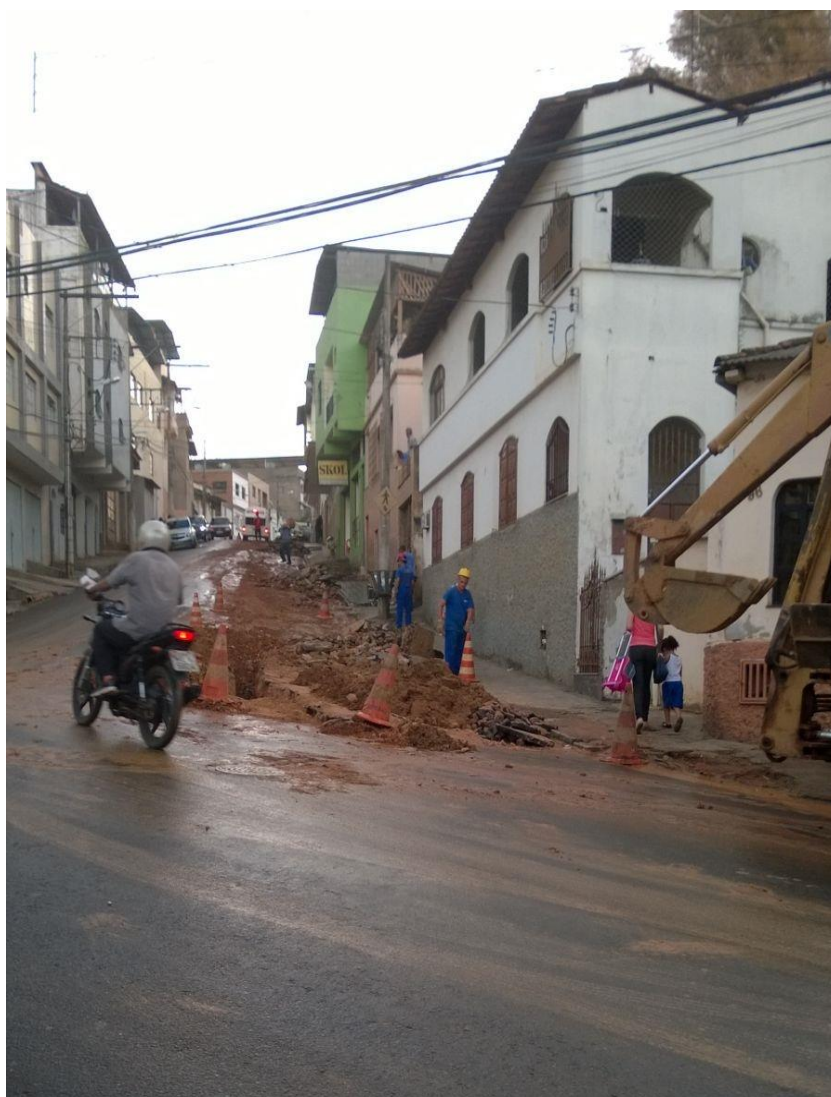


Figura 2: Substituição de Rede pelo Método Destrutivo, abertura de valas para substituição da rede.
Fonte: Arquivo Pessoal.

⁶⁶ VENTURINI, M. A. G.; BARBOSA, P. S. F. **Tese Doutorado Subsídios à escolha de técnicas de reabilitação de redes de distribuição de água.** São Paulo, Faculdade de Engenharia Civil - UNICAMP, 2003.

2.4.2 Recuperação de rede pelo método não destrutivo

De acordo com a definição da NASTT⁶⁷, o método não destrutivo é “Uma família de métodos, materiais e equipamentos cuja utilização pode ser na construção de redes novas ou recuperação de redes existentes no subsolo (substituição ou reabilitação) com a menor ruptura possível da superfície. ”.

Segundo a ABRATT⁶⁸ (Associação Brasileira de Tecnologia não Destrutiva), para instalações de tubulações novas ou substituição da mesma, pode ser utilizado o método não destrutivo (MND), que consiste na utilização de máquinas especiais que perfuram o solo horizontalmente, entre dois poços de acesso, por onde serão passadas as novas tubulações. Dessa forma, não há a abertura de valas por toda a extensão do trecho de serviço, preservando assim o pavimento existente, obtendo obras mais limpas e quase que imperceptíveis, como mostrado na figura 3.



Figura 3: Obra de substituição de rede pelo método não destrutivo.
Fonte: ANTUNES, 2006.

⁶⁷ NASTT - Water loss ratios by country. North American Society for Trenchless Technology, Cleveland, 2014.

⁶⁸ ABRATT (Associação Brasileira de Tecnologia não Destrutiva) – **Diretrizes dos métodos não destrutivos.** São Paulo, 2006.

O MND vem ganhando espaço no Brasil nos últimos anos, de modo que na cidade de São Paulo, o uso do método não destrutivo foi instituído com Decreto-Lei 46921⁶⁹. Atualmente, empresas como a SAPESP (Companhia de saneamento básico do estado de São Paulo) já adotam em seus editais a exigência que o trabalho seja executado pelo MND.

2.4.2.1 Substituição por destruição da tubulação existente

Esta técnica foi desenvolvida no Reino Unido no início da década de 1980. Segundo a ABRATT⁷⁰, era utilizada originalmente para a substituição das redes antigas de gás de ferro fundido, foi adaptada para a substituição das redes de distribuição de água, e é atualmente uma das técnicas de substituição de rede mais utilizadas no mundo.

Em relação ao método, a ABRATT⁷¹ diz que se compreende na substituição das redes comprometidas, através de um fragmentador pneumático, com a introdução simultânea de um novo tubo de PEAD (Polietileno de alta densidade) de diâmetro igual ou superior, utilizando o mesmo caminho da tubulação existente, conforme apresenta a figura 4.

⁶⁹ Decreto-Lei Municipal 46921 – Estabelece critérios adicionais para a execução de obras de infraestrutura urbana nas vias públicas abrangidas por programas de pavimentação e recapeamento asfáltico, bem como para a reparação de pavimentos danificados por obras de infraestrutura urbana executadas em todas as vias. São Paulo, 2006.

⁷⁰ ABRATT (Associação Brasileira de Tecnologia não Destrutiva) – Diretrizes dos métodos não destrutivos (<http://www.abratt.org.br/>).

⁷¹ ABRATT (Associação Brasileira de Tecnologia não Destrutiva) – Diretrizes dos métodos não destrutivos (<http://www.abratt.org.br/>).

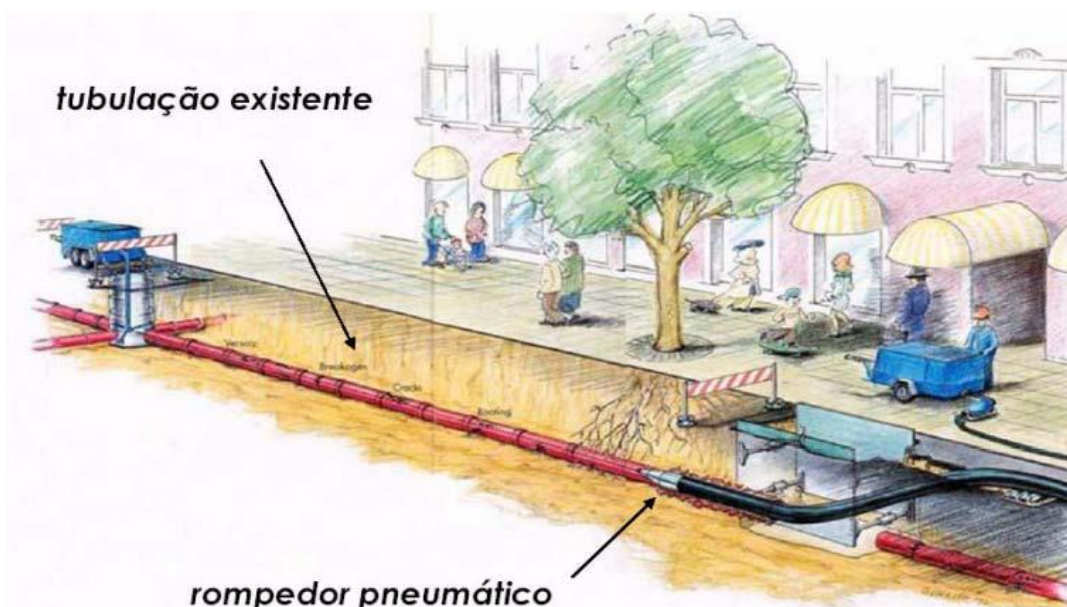


Figura 4: Esquema de funcionamento de substituição por destruição.
Fonte: SABESP, 2008.

2.4.2.2 Substituição Simples

O método de substituição simples, também conhecido como Pipi Relining, mantém a ideia de utilizar o “furo existente”, como mostra a figura 5. O primeiro passo consiste na limpeza da rede existente. Em seguida, a nova rede de distribuição de menor diâmetro é introduzida por um macaco hidráulico no interior da antiga tubulação. Esta técnica é utilizada em situações em que se possa diminuir o diâmetro da rede de distribuição, ou em piores casos, a melhora na distribuição de água após a execução do método de substituição simples.



Figura 5: Tubulação após a substituição pelo método simples.
Fonte: GRILO, 2007.

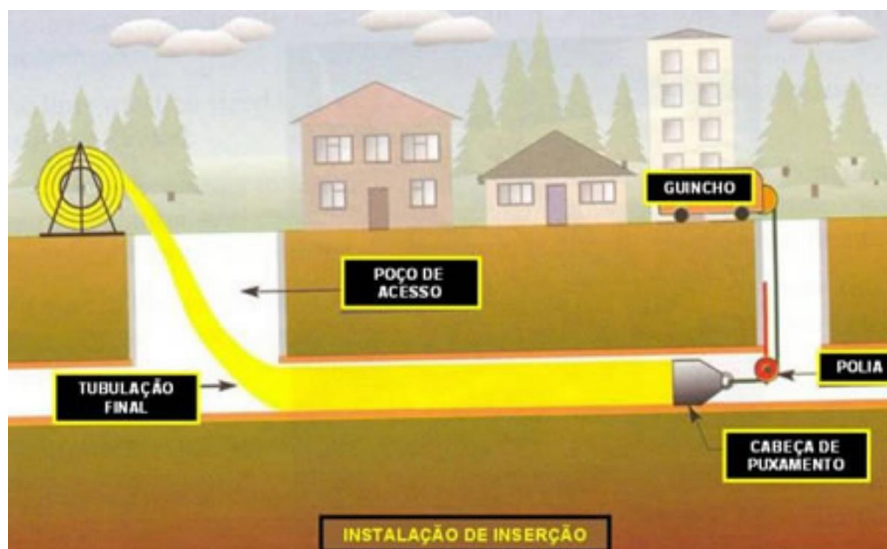


Figura 6: Esquema de Execução do Sistema Slipling.
Fonte: PND, 2008.

Grilo⁷² afirma que as principais vantagens na utilização deste método é a simplicidade de execução (figura 6), a facilidade para vencer curvas devido à flexibilidade do PEAD, podendo vencer trechos longos, a vasta disponibilidade de diâmetros de PEAD disponíveis no mercado e, principalmente, a proteção que o antigo tubo exerce sobre o novo tubo inserido, evitando vazamentos.

2.4.2.3 Substituição por redução diametral temporária

Esta técnica tem como diferencial a introdução do tubo PEAD em dois cilindros concêntricos (figura 7), provocando a redução do diâmetro. Desse modo, torna-se possível que o tubo de PEAD seja introduzido dentro da tubulação a ser substituída com mais facilidade. Grilo⁷³ reforça que há uma diminuição temporária, porque logo após o processo terminado, quando o tubo é carregado, a pressão da água faz com que as paredes do tubo voltem ao diâmetro inicial, aumentando a seção da tubulação.

⁷²Grilo, T. V. **Dissertação: Técnicas de reabilitação de sistemas de abastecimento de água.** Lisboa. Universidade Técnica de Lisboa, 2007.

⁷³Grilo, T. V. **Dissertação: Técnicas de reabilitação de sistemas de abastecimento de água.** Lisboa. Universidade Técnica de Lisboa, 2007.

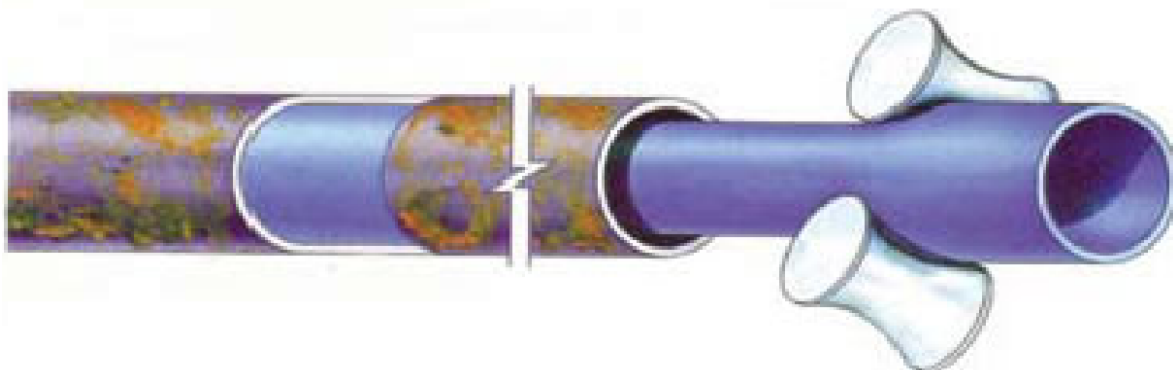


Figura 7: Esquema de inserção do tubo pelo método substituição por redução diametral temporária.
Fonte: GRILO, 2007.

Segundo Grilo⁷⁴, a sua rapidez na execução é o principal atrativo deste método, podendo ser utilizado em tubulações superiores a 1500 metros por inserção.

2.4.2.4 Substituição com tubo de parede dobrada

O método de substituição com tubo de parede dobrada, segundo a ABRATT⁷⁵, consiste na introdução de um tubo de polietileno que em sua fabricação é dobrado no interior da tubulação que deverá ser substituída. É utilizado apenas tubo de polietileno e é necessário que ele fique o mais justo possível à tubulação externa, evitando assim a perda da capacidade de transporte da rede. A figura 8 apresenta o método de substituição com tubo de parede dobrada, durante a inserção, e após o término do processo.

⁷⁴ Grilo, T. V. **Dissertação: Técnicas de reabilitação de sistemas de abastecimento de água.** Lisboa. Universidade Técnica de Lisboa, 2007.

⁷⁵ ABRATT (Associação Brasileira de Tecnologia não Destrutiva) – Diretrizes dos métodos não destrutivos (<http://www.abratt.org.br/>).

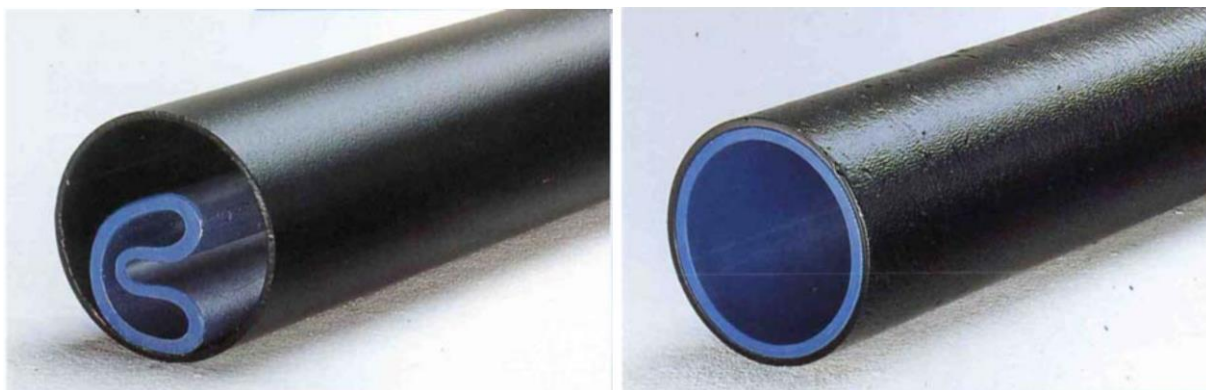


Figura 8: Apresentação do Método de Substituição com Tubo de Parede Dobrada, durante e depois do término do processo.

Fonte: Brochier, 1996.

A dobradura em forma de coração é mantida desta forma através de tiras resistentes, que após a conclusão da inserção e a introdução da carga se rompe com a pressão exercida pelo carregamento, e o tubo de polietileno volta a ter seu diâmetro original, diminuindo os espaços entre a tubulação antiga e a nova tubulação, como mostrado na figura 9. Grilo⁷⁶ afirma que, com a dobradura, o tubo de polietileno reduz o seu diâmetro efetivo em 30%, tornando possível a inserção com mais facilidade e até mesmo transpassar de curvas de até 45°.



Figura 9: Apresentação do tubo de polietileno dobrado em forma de coração, e o processo de inserção com tubo de parede dobrada.

Fonte: Subterra (2003).

⁷⁶ Grilo, T. V. **Dissertação: Técnicas de reabilitação de sistemas de abastecimento de água.** Lisboa. Universidade Técnica de Lisboa, 2007.

CAPITULO III

3 EXPERIMENTAÇÃO

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente capítulo aborda como foi a metodologia adotada para o ensaio relacionado ao tubo de fibrocimento. O tubo de fibrocimento foi retirado de um local onde estava ocorrendo uma manutenção na rede de água pela equipe de saneamento, pois ela havia se rompido.

O ensaio foi executado de acordo com a NBR 6464⁷⁷, de modo que a mesma descreve o método para a determinação da carga externa de ruptura do tubo (compressão diametral). Todos os ensaios foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção Civil da Faculdades Integradas de Caratinga – FIC.

3.2 TUBO DE FIBROCIMENTO

Foi utilizado nesta pesquisa um tubo de fibrocimento de diâmetro nominal (DN) 125 e classe 20. Sua carga de ruptura mínima admissível segundo a NBR deve ser de 45000 N/m, como mostrado na tabela 3.

Tabela 3: Carga de Ruptura de acordo com DN.

Diâmetro nominal DN	Carga de ruptura (N/m)				
	Classe				
	10	15	20	25	30
50	-	-	-	-	60000
125	-	-	45000	65000	95000

Fonte: Adaptada pelo autor da ABNT NBR 8057.

⁷⁷ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6464:1983 – Tubo de fibrocimento – Determinação da resistência à compressão diametral.** Rio de Janeiro, 1983.

3.3 EXPERIMENTAÇÃO

Para o ensaio de compressão diametral foi utilizado uma máquina de compressão (figura 10) de corpo de provas, adaptada para o ensaio com o tubo, e um tubo de fibrocimento padronizado DN 125. Após a colocação do tubo, foi feita a aplicação de uma carga compressiva diametral no corpo de prova.



Figura 10: Máquina para teste de compressão.

Fonte: Arquivo pessoal.

3.3.1 Resistência diametral

Para iniciar o experimento, foi colocado o tubo de fibrocimento DN 125 na máquina de ensaio universal, e logo após aplicado a força sobre este corpo de prova, até o momento em que este, ultrapassasse a sua tensão máxima admissível e houvesse sua ruptura, como mostra a figura 11, onde já começa a apresentar as primeiras fissurações.



Figura 11: Primeiras fissuras notadas no tubo de fibrocimento.
Fonte: Arquivo Pessoal.

O tubo de fibrocimento ultrapassou sua tensão máxima admissível quando a força aplicada sobre o tubo chegou a 13.140,91 N/m, gerando a ruptura. A figura 12 mostra várias áreas afetadas devido à compressão.



Figura 12: Ruptura do corpo de prova após ter ultrapassado o limite da tensão máxima admissível.
Fonte: Arquivo pessoal.

3.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O ENSAIO

Os tubos de fibrocimento em redes de abastecimento de água não são mais empregados, devido às novas tecnologias de mercado no segmento de tubos e conexões. Esses tubos foram empregados em sua grande parte na década de 80, de modo que, hoje em dia, eles estão em um estado deteriorado. Com os ensaios em laboratório, esta ideia torna-se mais firme, frente aos resultados obtidos, que são exibidos no gráfico 3.

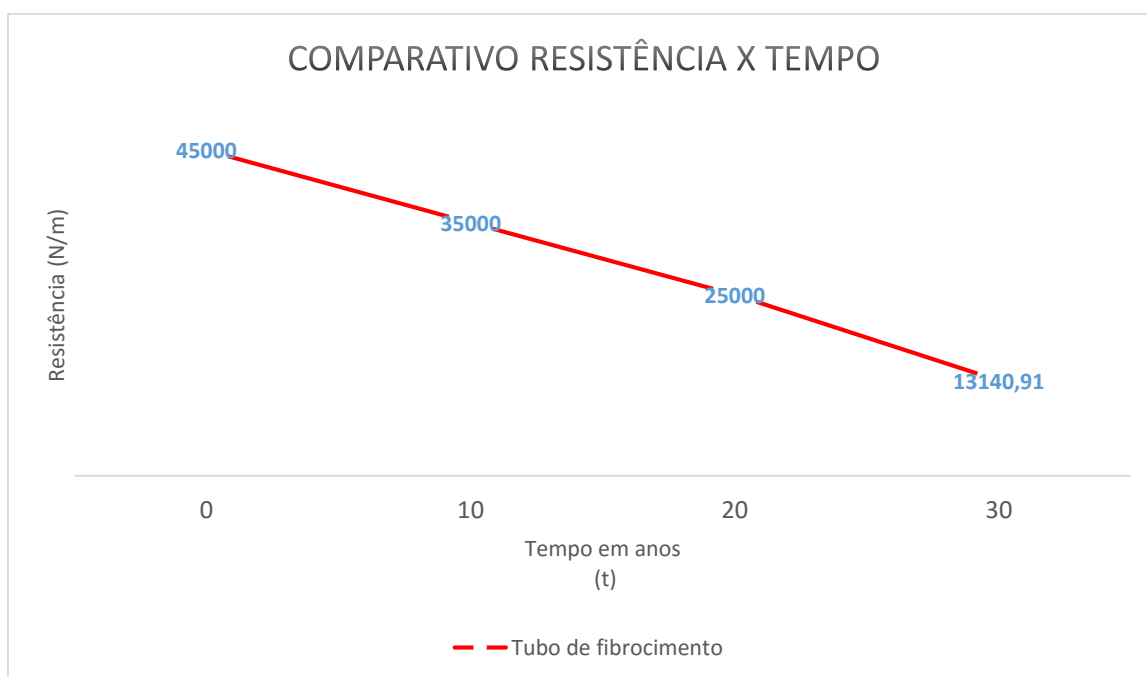


Gráfico 3: Comparativo de resistência x tempo.

Fonte: Arquivo Pessoal.

De acordo com a Tabela 3, a carga de ruptura mínima admissível é de 45.000 N/m, porém o resultado exibido no gráfico 3 expõe a frágil situação em que se encontra as redes de fibrocimento, onde a mesma apresenta uma resistência de 13.140,91 N/m, mostrando que sua resistência no decorrer dos anos caiu cerca de 70,8%.

CAPÍTULO IV

ESTUDO DE CASO: SUBSTITUIÇÃO DAS REDES DE FIBROCIMENTO DA RUA PROFESSOR OLINTO EM CARATINGA/MG

4 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Na cidade de Caratinga, há vários quilômetros de redes de distribuição de água de fibrocimento, e a companhia de saneamento vem ao longo dos anos vagarosamente substituindo as mesmas por tubulações novas mais adequadas aos requisitos que a distribuição de água atual necessita. Não foi diferente na rua Professor Olinto, de modo que a mesma já vinha apresentando diversos rompimentos devido a sua fragilidade advinda de diversos fatores, como trânsito pesado, idade dos tubos e falta de material adequado para a substituição, sendo executadas manutenções improvisadas, diminuindo a vida útil das redes de fibrocimento, como mostra a figura 13, onde é empregado de um lado o tubo PEAD (Polietileno de alta densidade), uma luva de aço carbono (ou junta mecânica), e o tubo original da rede o fibrocimento que continua ao longo da rede.



Figura 13: Local de manutenção de uma rede de fibrocimento.
Fonte: Arquivo pessoal.

4.1 PROBLEMAS CONSTANTES DE MANUTENÇÃO E SEUS CUSTOS

Vários rompimentos ao longo dos anos (Apêndice A e B), refletindo diretamente na integridade física da rede, fazem com que sejam executadas muitas manutenções, e essas têm um custo para a companhia de saneamento e para a composição desse custo de serviço de manutenção na rede de água. Deve-se levar em conta os seguintes fatores, que são: demolição de pavimento ou remoção; escavação manual ou mecânica; aterro de vala; base caso o pavimento seja asfáltico; recomposição de pavimento; quantidade de tubo e materiais gastos, etc.

4.1.1 Custo de uma manutenção

As manutenções em redes de distribuição de água possuem um custo, e para maior entendimento foi feita uma análise de custo fictício, executando uma manutenção na rede de água onde o tubo da rede é o Fibrocimento DN100, a profundidade da vala é de 1,40m, com pavimentação asfáltica, cujas dimensões da vala aonde foram feita a manutenção é demonstrado na figura 14, sendo que deve ser feito aterro adensado hidráulico com areia em 0,50m de profundidade na vala, para proteger a rede de impacto com pedras contidas no material de reaterro, e o restante da vala aterrada com o material próprio escavado da vala.

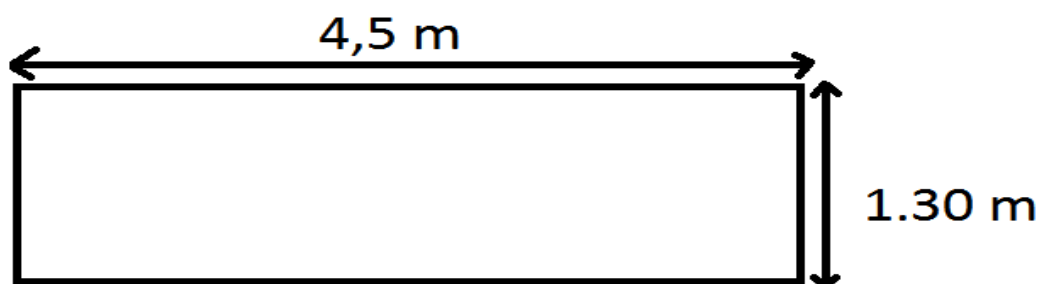


Figura 14: Exemplo de vala com medidas (lado e comprimento).

Fonte: Arquivo pessoal.

Para os custos de manutenção, são feitos cálculos de área básicos e após feito isso multiplica-se pelo valor (R\$) unitário do serviço ou produto. Para a presente

manutenção, são feitos os cálculos mostrados na tabela 4, seguindo as normas técnicas da companhia de saneamento, aonde C: comprimento; L: largura; P: profundidade; e A: Área.

Tabela 4: Demonstrativo de cálculos de serviços para manutenção.

Serviço	Fórmula	Cálculo
Demolição de Pavimento (Asfalto)	$C \times L$	$4,50m \times 1,30m = 5,85m^2$
Escavação mecânica	$C \times L \times P$	$4,5m \times 1,30m \times 1,40m = 8,19m^3$
Aterro de areia, adensado hidráulico	$C \times L \times P$ (Do aterro adensado)	$4,5m \times 1,30m \times 0,50m = 2,93m^3$
Aterro	$C \times L \times P$ (Restante do aterro [menos] -0,20cm para a base)	$4,5m \times 1,30m \times 0,70m = 4,10m^3$
Carga Mecânica	Aterro (Total) x 1,3 (Empolamento) x 2 (Transporte ida e volta)	$7,03m^3 \times 1,3 \times 2 = 18,28m^3$
Base	$C \times L \times P$ (0,20 cm de espessura segundo normas DNIT)	$4,5m \times 1,3m \times 0,20m = 1,26m^3$
Pavimento Asfáltico	$C (+0,10 \text{ Transpasso}) \times L (+0,10 \text{ Transpasso})$	$4,60m \times 1,40m = 6,44m^2$

Fonte: Arquivo pessoal.

Com as unidades dos serviços prestados calculados, só é preciso ser feita a multiplicação pelo valor unitário (R\$), estabelecido para cada serviço, mostrado nas tabelas 5, 6, 7 e 8, que somadas totalizam R\$ 1.824,43.

Tabela 5: Composição de custo (BDI: 29,95% Caratinga-MG).

Descrição do serviço	Unidade	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)
Demolição de Pavimento Asfáltico (SETOP DEM-PIS-070)	m ²	5,85	8,16	R\$ 47,74
Escavação Mecânica (SETOP TER-ESC-055)	m ³	8,19	6,43	R\$ 52,66
Aterro de vala (SETOP TER-REA-010)	m ³	4,1	31,51	R\$ 129,19
Carga Mecânica (SETOP TRA-CAR-010)	m ³	18,28	1,69	R\$ 30,89
			Total:	R\$ 260,48

Fonte: SETOP-MG. Região Leste, 2015.

Tabela 6: Composição de custo (BDI: 29,95% Caratinga-MG).

Descrição do serviço	Unidade	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)
Base de Cascalho compactado (DER-MG Código 41144)	m ³	1,17	41,79	R\$ 48,89
Pavimento asfáltico (DER-MG Código 43402)	m ²	6,44	97,02	R\$ 624,81
			Total	R\$ 673,70

Fonte: Tabela referencial DER-MG, 2014.

Tabela 7: Custo de mão de obra.

Descrição	Unidade	Quantidade	Valor Unitário	Total (R\$)
Bombeiro hidráulico (SITICOP-MG)	Homem hora	12	4,95	R\$ 59,40
Servente de obras I (SITICOP-MG)	Homem hora	12	4,13	R\$ 49,56
Servente de obras I (SITICOP-MG)	Homem hora	12	4,13	R\$ 49,56
Motorista de caminhão I (SITICOP-MG)	Homem hora	12	4,95	R\$ 59,40
Operador de Maquinas I (SITICOP-MG)	Homem hora	12	6,36	R\$ 76,32
			Total:	R\$ 294,24

Fonte: SITICOP-MG (Sindicato dos Trabalhadores das Indústrias da Construção Pesada de Minas Gerais), 2015.

Tabela 8: Valores de serviços e peças para reparação de rede danificada.

Descrição do serviço	Unidade	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)
Aterro adensado hidráulico	m ³	2,93	90,3	R\$ 264,58
Correção de vazamento de água em rede	Por Unidade	1	122,32	R\$ 122,32
Tubo PEAD DN 100 (6)	m	3	104,00	R\$ 312,00
			Total	R\$ 698,90

Fonte: FGS Brasil (<http://www.fgsbrasil.com.br/>).

Além da empresa de saneamento ter o gasto fora do planejamento com a manutenção em si, ainda tem que lidar com a perda de água tratada, onde foram incorporados todos os custos intrínsecos de produção industrial. Filho⁷⁸ relata que, em curto prazo, um certo nível de deterioração toma conta e, ao não ser reparado no devido tempo e na medida certa, decorre um comprometimento cada vez maior das funcionalidades da obra, levando a casos mais extremos que teria que substituir por completo a rede.

4.2 ESTUDO DE CASO: SUBSTITUIÇÃO DA REDE DE ÁGUA DA RUA PROFESSOR OLINTO

Na rua Professor Olinto foi iniciado o processo de substituição das redes de fibrocimento, devido ao seu alto custo de manutenção e índice de perdas de água tratada elevada.

4.2.1 Escolha do método

O método utilizado pela empresa de saneamento foi o método convencional, que consiste em abertura de valas, e substituir o tubo antigo por outro novo. Isso trouxe diversos transtornos (figura 15) para a população e os comerciantes da rua.

⁷⁸ FILHO, J.T. **Controle de Redução de Perdas** In: Tsutyia, M.T. **Abastecimento de Água**. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.



Figura 15: Substituição de rede de água na rua Professor Olinto, método destrutivo.
Fonte: Arquivo pessoal.

Este é o método aplicado pela empresa de saneamento na região de Caratinga, devido à escassez de mão de obra qualificada e equipamentos para métodos menos destrutivos.

Transtornos como: poeira, barro, entulhos e riscos de queda de pessoas dentro das valas são alguns dos problemas, além da diminuição do tráfego ou interrupção completa do mesmo.

4.2.2 Escolha do tubo adequado

Como a rua Professor Olinto é extensa e possui várias curvas, necessita de um tubo que consegue vencer essas curvas sem a necessidade de joelhos 90°, pois os joelhos geralmente aumentam o atrito e conseqüentemente diminuem a vazão ou até mesmo ocasionam mais pressão no local, podendo causar um rompimento.

Para vencer as curvas devido ao traçado da rede na rua, foi escolhido o tubo de polietileno, mostrado na figura 16, já aplicado no local. Esse é o material mais adequado, pois é capaz de suportar grande pressão tanto interna como externa, mesmo estando com um grau de curvatura elevada.



Figura 16: Tubo de Polietileno com curvatura devido ao traçado da rede.
Fonte: Arquivo pessoal.

4.2.3 Quantitativo de custo para a substituição da rede pelo método destrutivo

Para a substituição de uma determinada rede, são estipulados vários insumos que podem variar, devido ao tipo de pavimentação, profundidade da rede, mão de obra utilizada e diâmetros de rede.

Para a rua Professor Olinto foi feita uma análise de custo que pode ser observada nas tabelas 9, 10, 11 e 12. O comprimento da vala que foi substituída a rede foi de 250 metros, com largura média de 0,80 metros e profundidade de 1,00 metro. Foi executado 18 metros de rede por dia, totalizando 14 dias, incluindo nesses dias escavação, substituição da rede, aterro e base. A pavimentação asfáltica total da vala foi executada em 2 dias.

Tabela 9: Composição de custo (BDI: 29,95% Caratinga-MG).

Descrição do serviço	Unidade	Quantidade	Valor Um. (R\$)	Total (R\$)
Demolição de Pavimento Asfáltico (SETOP DEM-PIS-070)	m ²	200	8,16	R\$ 1.632,00
Escavação Mecânica (SETOP TER-ESC-055)	n ³	200	6,43	R\$ 1.286,00
Aterro de vala (SETOP TER-REA-010)	m ³	160	31,51	R\$ 5.041,60
Carga Mecânica (SETOP TRA-CAR-010) material do aterro 90% reaproveitado	m ³	16	1,69	R\$ 27,04
			Total:	R\$ 7.987,08

Fonte: SETOP-MG. Região Leste, 2015.

Tabela 10: Composição de custo (BDI: 29,95% Caratinga-MG).

Descrição do serviço	Unidade	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)
Base de Cascalho compactado (DER-MG Código 41144)	m ³	40	41,79	R\$ 1.671,60
Pavimento asfáltico (DER-MG Código 43402)	m ²	234	97,02	R\$ 22.702,68
			Total	R\$ 24.374,28

Fonte: Tabela referencial DER-MG, 2014.

Tabela 11: Custo de mão de obra.

Descrição	Unidade	Quantidade (h)	Valor Unitário	Total (R\$)
Bombeiro hidráulico (SITICOP-MG)	Homem hora	112	4,95	R\$ 554,40
Servente de obras I (SITICOP-MG)	Homem hora	128	4,13	R\$ 528,64
Servente de obras I (SITICOP-MG)	Homem hora	128	4,13	R\$ 528,64
Motorista de caminhão I (SITICOP-MG)	Homem hora	128	4,95	R\$ 633,00
Operador de Maquinas I (SITICOP-MG)	Homem hora	112	6,36	R\$ 717,32
Total:				R\$ 2.962,00

Fonte: SITICOP-MG (Sindicato dos Trabalhadores das Indústrias da Construção Pesada de Minas Gerais), 2015.

Tabela 12: Valores de serviços e peças para reparação de rede danificada.

Descrição do serviço	Unidade	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)
Soldagem por eletrofusão para tubos	Por Unidade	1	39,06	R\$ 1.562,40
Tubo Polietileno DN160 (6 m)	m	42	4.368,00	4.368,00
Total				R\$ 5.930,4

Fonte: FGS Brasil (<http://www.fgsbrasil.com.br/>).

Para os cálculos da tabela 12 são utilizadas as mesmas fórmulas da tabela 4. As tabelas 9, 10, 11 e 12 somadas totalizam o valor de: R\$41.253,76.

4.3 MÉTODO NÃO DESTRUTIVO APLICADO

Segundo a ABRATT⁷⁹, os métodos não destrutivos costumam ser em média 30% mais caros que o método convencional, e este método está ligado diretamente ao diâmetro da rede já existente, podendo chegar a 100 metros de rede substituída em apenas 5 horas de serviço, fazendo com que seja o método mais rápido, porém, não o mais barato.

Por se tratar de uma tecnologia que não é muito usual em Minas Gerais, seu custo se torna ainda mais alto, tornando-a inviável.

Uma análise feita em São Paulo por Suzuki et al.⁸⁰, mostra a diferença de valores entre o método convencional e o método não destrutivo, demonstrado na tabela 13.

Tabela 13: Comparação do MND com método destrutivo

COMPARAÇÃO DO MND COM MÉTODO DESTRUTIVO					
Descrição	Preço total da obra	Metragem da obra (m)	Valor por (m) da obra	Diferença	%
Método não destrutivo	1.261.000,00	500	2.522,00	902,34	35,78
Método destrutivo	809.828,78	500	1.619,66		

Fonte: Adaptado de Suzuki et al.

A tabela 13 mostra que o custo da obra pelo método convencional é R\$ 451.171,22, mais econômica que o MND, mas apesar de mais econômica a técnica destrutiva traz transtornos para a sociedade, e um dos mais agravantes é a interdição de vias, que pode trazer reflexo na economia da cidade dependendo do tempo da interdição,

⁷⁹ ABRATT (Associação Brasileira de Tecnologia não Destrutiva) – Diretrizes dos métodos não destrutivos.

⁸⁰ SUZUKI, C. Y.; ROCHA, M. N.; GIORGINI, N. R.; JUNIOR, S. A. TCC: **Aplicação de método não destrutivo do tipo pipe bursting para substituição de linha de recalque de esgoto sanitário – Estudo de caso da estação elevatória de esgoto Riviera**. São Paulo, Universidade Anhembi Morumbi, 2010.

fazendo com que comércios vendam menos e veículos tenham que mudar suas rotas, ocasionando maior gasto com combustível.

4.4 RESULTADO E DISCUSSÃO

A rua Professor Olinto é um exemplo pequeno do que ocorre em uma parte da cidade de Caratinga, onde as redes de distribuição já tem uma idade avançada, e sua resistência vem diminuindo ano após ano. Com a fragilização das redes devido à idade e aumento de tráfego pesado, o rompimento é inevitável, e quando ocorre o mesmo, é feita a devida manutenção no local, gerando ali um enfraquecimento da rede.

Essas manutenções tem um custo elevado, como mostrado nas tabelas 5, 6, 7 e 8. Se essas manutenções se tornam frequentes, fica inviável manter esta rede comprometida, pois além dos gastos com as manutenções há também a perda de água contínua em vazamentos que não chegam a aflorar, levando a decisão que é a substituição total da rede naquele local.

Tabela 14: Comparativo de substituição da rede e manutenções.

COMPARATIVO MANUTENÇÕES E SUBSTITUIÇÃO				
Descrição	Número de serviços	Preço Total da Obra	Diferença	% do aumento entre manutenção x substituição
MANUTENÇÃO NAS REDES (2 ANOS)	13	R\$19.500,00	21.753,76	111,56%
SUBSTITUIÇÃO DA REDE	1	R\$41.253,76		

Fonte: Arquivo pessoal.

Na tabela 14, é demonstrado o número de manutenções (13) que ocorreram na rua Professor Olinto, foi feita uma média de valor de manutenções (R\$1.500,00) e comparou-se com o valor total da substituição da rede (tabelas 9, 10, 11 e 12).

O serviço de manutenção é de fato mais barato, mas nestes dados não estão incluídos o valor que a empresa de saneamento perde em água tratada em decorrência dos

rompimentos, além da imagem da empresa que também está em jogo, pois o fornecimento de água para os seus clientes é interrompido.

Com a substituição das redes por completo a empresa irá gastar somente o valor da obra e geralmente não haverá mais gastos com a mesma por um período de no mínimo 50 anos, que é o período de vida útil dos tubos de polietileno descrito no catálogo dos fabricantes. Em 4 anos a empresa de saneamento já deixará de gastar cerca de R\$40.000,00 incluindo manutenções perdas de água e prejuízos com interrupções.

CAPÍTULO V

CONCLUSÃO

Os processos de substituição das redes de distribuição de água já deterioradas são, no contexto de preservação dos recursos hídricos, de importância fundamental, e vem ao encontro da necessidade nacional de evitar o desperdício de água, no caso de vazamentos, desperdícios operacionais, entre outros.

Por análise em laboratório, apresentado no capítulo III, tornou-se possível afirmar que a situação atual das redes de distribuição na cidade de Caratinga encontra-se em um estado relativamente ruim. Portanto, conclui-se que com o grande número de manutenções na mesma rede aumenta sua fragilidade, gerando gastos excessivos com essas manutenções. O comparativo de custos entre continuar fazendo essas manutenções nas redes ou substituí-las, mostra que a substituição da rede de fibrocimento pela rede de Polietileno, apesar de ser mais onerosa e possuir um custo elevado, em curto prazo torna-se benéfica para a população que utiliza este serviço, e em longo prazo é benéfica na racionalização de custos, podendo alocar estes recursos para a melhoria e revitalização da infraestrutura das demais redes de abastecimento de água.

Do ponto de vista ecológico, com a substituição das redes a empresa deixará de perder água tratada durante seu transporte. Isso reflete diretamente nos mananciais, pois diminui os índices de perda de água no sistema de abastecimento, que se aproximam de 40%, automaticamente tem-se a diminuição da captação de água no manancial, que no cenário atual municipal vem enfrentando problemas devido às grandes estiagens.

Através dos estudos bibliográficos e do conhecimento dos autores, concluiu-se que não é possível extinguir os vazamentos de água, seja ela tratada ou bruta, por completo, mas há diversas formas para a diminuição da mesma, bastando as empresas de saneamento investirem mais nos controles de perdas, aumentando esforços para diminuição de fraudes (ligações ilegais) e nos macro medidores instalados nas redes de abastecimento, para maior controle do volume de água e substituindo as redes que já extrapolaram seus limites de utilização recomendados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR5626 Instalações Prediais de Água Fria**. Rio de Janeiro 1998.

_____. **NBR8160 Instalações Prediais de Esgotos Sanitários**. Rio de Janeiro 1999.

_____. **NBR 6464 Tubo de fibrocimento – Determinação da resistência à compressão diametral**. Rio de Janeiro 1983.

_____. **NBR7198 Instalações Prediais de Água Quente**. Rio de Janeiro, 1993.

_____. **NBR10844 Instalações Prediais de Águas Pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **NBR13714 Instalações Hidráulicas Prediais contra Incêndios, sob comando**. Rio de Janeiro, 2000.

_____. **NBR13969 Construção de Fossas Sépticas e disposição dos efluentes finais**. Rio de Janeiro, 1997.

ALAMBERT, N. J. **Manual prático de tubulações para o abastecimento de água: informações práticas e indispensáveis para projetos, obras e manutenções**. Rio de Janeiro: ABES, 1997.

ABRATT (Associação Brasileira de Tecnologia não Destrutiva) – **Diretrizes dos métodos não destrutivos**. São Paulo, 2006.

BARROS, Raphael T. de V. et al. **Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

CREDER, H. **Instalações hidráulicas e sanitárias**, 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC-Livros Técnicos e Científicos Editora LTDA, 2006.

DACACH, N. G. **Sistemas urbanos de Água**. 2ª Edição. Livros técnicos e científicos Editora, Rio de Janeiro, 1979.

Decreto-Lei Municipal 46921 – **Estabelece critérios adicionais para a execução de obras de infraestrutura urbana nas vias públicas abrangidas por programas de pavimentação e recapeamento asfáltico, bem como para a reparação de pavimentos danificados por obras de infraestrutura urbana executadas em todas as vias**. São Paulo, 2006.

FILHO, J.T. **Controle de Redução de Perdas** In: Tsutyia, M.T. Abastecimento de Água. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

GARCES, L. N. **Elementos de engenharia hidráulica e sanitária**, 2ª ed. São Paulo: Editora Blucher, 1976.

Grilo, T. V. **Dissertação: Técnicas de reabilitação de sistemas de abastecimento de água**. Lisboa. Universidade Técnica de Lisboa, 2007.

Macintyre, J. A. **Manual de Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1990.

MARTINS, G., BORANGA, J. A., LATORRE, M. R. D. O. PEREIRA, H. A. S. L. **Modelo estatístico para avaliação do impacto do saneamento básico na**

saúde pública. In: ENCONTRO TÉCNICO AESABESP, XII, 2001, São Paulo, São Paulo: AESABESP, 2001.

NASTT - North American Society for Trenchless Technology **Water loss ratios by country.** North American Society for Trenchless Technology, Cleveland, 2014.

MORAIS, D. C. **Priorização de áreas de controle de perdas em redes de distribuição de água,** Recife, 2008.

NETO, P. J. C. Redes de distribuição de água. In: Tsutyia, M.T. **Abastecimento de Água.** 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

NETTO, A. J. M; FERNANDEZ Y FERNANDEZ, M; ARAUJO, R.; ITO, A. E. **Manual de Hidráulica.** 8ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

PORTO, R. M. **Hidráulica Básica.** São Carlos, SP: EESC/USP, 2004.

SAINT-GLOBAIN, Canalização LTDA. **Catálogo Saint-Globain canalização,** Rio de Janeiro, 2011.

SARZEDAS, G. L. Planejamento para substituição de tubulações em sistemas de abastecimento de água. Aplicação na rede de distribuição de água da Região Metropolitana de São Paulo. Dissertação de Mestrado. **Escola Politécnica da Universidade de São Paulo,** 2009.

SILVA, R.T.; CONEJO, J.G.L.; GONÇALVES, O.M. **Apresentação do programa**. Brasília, Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, 1998.

SOUZA, L. C. F. **Prefeitura do Município de Jaguariúna Trabalho de Redução de Perdas no município de Jaguariúna**, Jaguariúna, 2008.

SUZUKI, C. Y.; ROCHA, M. N.; GIORGINI, N. R.; JUNIOR, S. A. TCC: **Aplicação de método não destrutivo do tipo pipe bursting para substituição de linha de recalque de esgoto sanitário – Estudo de caso da estação elevatória de esgoto Riviera**. São Paulo, Universidade Anhembi Morumbi, 2010.

TOMAZ, Plínio. **Conservação da água**. 1ª ed. Guarulhos: Digihouse Editoração Eletrônica, 1998.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006

VENTURINI, M. A. G.; BARBOSA, P. S. F. **Tese Doutorado Subsídios à escolha de técnicas de reabilitação de redes de distribuição de água**. São Paulo, Faculdade de Engenharia Civil - UNICAMP, 2003.

APÊNDICE A



Foto 1 – Vala onde foi executado manutenção na rede de fibrocimento.



Foto 2 - Adensamento da areia feito com água.



Foto 3 – Compactação executada manualmente.



Foto 4 – Aterro executado, faltando somente a pavimentação asfáltica.

APÊNDICE B



Foto 1 – Rede de água DN 150, após executada a manutenção.



Foto 2 – Cratera ocasionada devido o rompimento da rede.



Foto 3 – Cratera ocasionada pelo rompimento.