



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

---

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"  
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

**RAFAEL RAMOS DA SILVA**

**ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E FINANCEIRA DE  
MÉTODO NÃO DESTRUTIVO PARA EXECUÇÃO DE RAMAIS DE  
LIGAÇÃO DE ÁGUA EM PALMAS-TO.**

**PALMAS - TO**

**2015**



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"  
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

**RAFAEL RAMOS DA SILVA**

## **ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E FINANCEIRA DE MÉTODO NÃO DESTRUTIVO PARA EXECUÇÃO DE RAMAIS DE LIGAÇÃO DE ÁGUA EM PALMAS – TO.**

Projeto apresentado como requisito parcial da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II) do curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor Especialista Dênis Cardoso Parente.

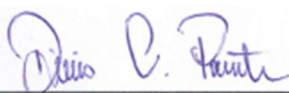
**PALMAS - TO**

**2015**

**RAFAEL RAMOS DA SILVA****ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E FINANCEIRA DE MÉTODO  
NÃO DESTRUTIVO PARA EXECUÇÃO DE RAMAIS DE LIGAÇÃO DE  
ÁGUA EM PALMAS – TO**

Projeto apresentado como requisito parcial da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC I) do curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor Especialista Dênis Cardoso Parente.

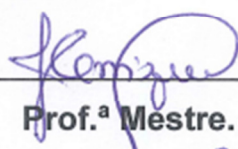
Aprovado em Novembro de 2015.

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof. Especialista. Dênis Cardoso Parente**

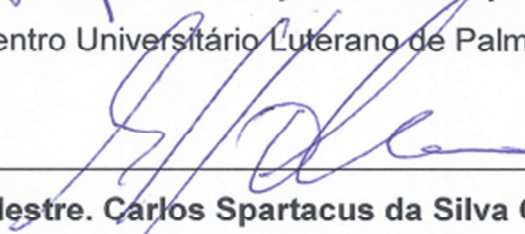
Centro Universitário Luterano de Palmas



---

**Prof.ª Mestre. Jacqueline Henrique**

Centro Universitário Luterano de Palmas



---

**Prof. Mestre. Carlos Spartacus da Silva Oliveira**

Centro Universitário Luterano de Palmas

**PALMAS - TO**

**2015**

## DEDICATÓRIA

à minha mãe: Rosamélia Ramos da Silva

ao meu pai: Décio Pereira da Silva Júnior

ao meu irmão: Jardel Ramos da Silva

ao meu irmão: Daniel Ramos da Silva

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família, em especial minha mãe Rosamélia e ao meu pai Décio, pelo apoio incondicional, suporte e paciência durante todos esses anos da minha vida acadêmica.

Ao meu orientador Prof. Dênis Cardoso, pelo incentivo e presteza no auxílio às atividades e discussões sobre o andamento deste Trabalho de Conclusão de Curso.

Aos professores do curso pela dedicação e entusiasmo demonstrado ao longo do curso.

Aos meus colegas de trabalho da Odebrecht Ambiental, pelo incentivo e apoio, em especial aos meus líderes Renato Neves, Larissa Aires pela compreensão da necessidade de me ausentar em momentos difíceis durante a graduação.

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para realização deste trabalho. E, finalmente, a DEUS por ter me dado a oportunidade de fazer este curso.

A todos, muito obrigado!

*“Todo efeito tem uma causa. Todo efeito inteligente tem uma causa inteligente. O poder da causa inteligente está na razão da grandeza do efeito.”*

(Allan Kardec)

SILVA, R. R. **Estudo de viabilidade técnica e financeira de método não destrutivo para execução de ramais de ligação de água em Palmas-TO.** 2015. Trabalho de conclusão de curso. Faculdade de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas/Universidade Luterana do Brasil.

## RESUMO

O objetivo deste trabalho é contribuir para a tomada de decisões quanto aos métodos de execução de ligações potenciais de água tratada. Realizado através do acompanhamento das obras de implantação de ligações de água, foram elaboradas planilhas orçamentarias para o método convencional já difundido e para o método não destrutivo de implantação destes serviços na cidade de Palmas – TO. Buscou-se identificar, dentre as práticas adotadas para o sistema de ligações de água, os serviços demandados pelos métodos praticados pela concessionária de abastecimento local, os mais relevantes técnica e financeiramente, bem como as condições de execução e desempenho das obras. Os custos e o desempenho das ligações estão diretamente ligados ao comprimento do ramal e às condições de pavimentos e passeios, conforme dados levantados em obra. Constatou-se que ramais com comprimentos iguais ou maiores que 4 metros o método não destrutivo é mais viável financeiramente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ligação de água. Método destrutivo. Método não destrutivo.

SILVA, R. R. **Study of technical and financial feasibility of non-destructive method for performing water connection branches in Palmas-TO.** 2015. Term paper. College of Civil Engineering, Lutheran University Center of Palmas / Lutheran University of Brazil.

### **ABSTRACT**

The purpose of this work is to contribute to the decision-making about the methods of execution of potential connections of treated water. Performed by monitoring the implementation of water connections, budgetary spreadsheets have been prepared for the conventional method already widespread and for the non-destructive method of implantation of this type of service in the city of Palmas - TO. Sought to identify, among the practices adopted for the water connection system, the services demanded by the methods practiced by local supply utility, the most relevant technically and financially, as well as the conditions of implementation and performance of work. The costs and performance of bonds are directly linked to the length of the branch line and the conditions of pavements and sidewalks, according to the data collected from field. It was found that with equal length extensions or length greater than 4 meters, the non-destructive method is more financially feasible.

**KEYWORDS:** Water binding. Destructive method. Non-destructive method.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Revestimento de tubo por inserção .....	19
Figura 2 - Instalação de redes com perfuração por percussão .....	25
Figura 3 - Perfuração direcional .....	26
Figura 4 - Abertura de vala com retroescavadeira .....	32
Figura 5 - Extensão de ramal em PEAD da rede ao hidrômetro .....	32
Figura 6 - Fechamento de vala com apoio de retro .....	32
Figura 7- Recomposição de pavimento asfáltico .....	32
Figura 8 - Posicionamento da rede e do hidrômetro de ligação .....	33
Figura 9 - Haste pneumática da perfuratriz .....	33
Figura 10 - Encanador lançando haste de perfuratriz através do furo de sondagem .....	33
Figura 11 - Chegada de perfuratriz rede de água .....	33
Figura 12 - % do custo por grupo de serviços para execução de ramais de ligação pelo método destrutivo .....	35
Figura 13 - % do custo por grupo de serviços para execução de ramal de ligação pelo método não destrutivo .....	36
Figura 14 - Custo global da ligação por diferentes comprimentos de ramais .....	37
Figura 15 - Recalque em trechos repavimentados .....	38
Figura 16 - Valas encharcadas sem pavimentação já com sinais de recalque .....	38
Figura 17 - Vazamento em colar de tomada do ramal de ligação .....	39
Figura 18 - Intervenção para troca de colar e ramal de ligação .....	39

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características do método de inserção de tubulação deformada. ....	19
Tabela 2 - Características importantes do método de inserção de tubo por arrebentamento .....	23
Tabela 3 - Custo por grupos de serviços para execução de ramais de ligação pelo método destrutivo.....	34
Tabela 4 - Custo por grupos de serviços para execução de ramais de ligação pelo método não destrutivo .....	35

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRATT – Associação Brasileira de Tecnologia não Destrutiva

CIPP – “Curede in place pipe” Tubo curado in loco

FºFº – Ferro Fundido

HDD – “Horizontal Directional Drilling” Perfuração horizontal direcional

m – metro

mm – milímetro

NBR – Norma Brasileira

PEAD – Polietileno de Alta Densidade

PEMD – Polietileno de Média Densidade

PVC – Poli Cloreto de Vinila

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1 Objetivos.....	13
1.1.1 Objetivo Geral.....	13
1.1.2 Objetivos Específicos.....	13
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
2.1 Método destrutivo .....	14
2.2 Método não destrutivo .....	15
2.2.1 Reparo e reforma.....	16
2.2.1.1 Revestimento por inserção de novo tubo (sliplining) .....	17
2.2.1.2 Revestimento por inserção apertada de tubulação demorfada (close-fit lining).....	18
2.2.1.3 Revestimento por aspersão (Spray lining).....	19
2.2.1.4 Revestimento por inserção com cura in loco (cured-in-place pipe).....	20
2.2.1.5 Reparos e vedações localizados .....	21
2.2.2 Substituição por arrebentamento in loco pelo mesmo caminhamento (pipe bursting).....	23
2.2.3 Instalação de redes novas .....	24
2.2.3.1 Perfuração por percussão (impact moling).....	24
2.2.3.2 Perfuração direcional (HDD) ou guiada (unidirecional).....	25
2.2.3.3 Cravação de tubos (pipe jacking).....	26
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>28</b>
3.1 Caracterizações do sistema de ramais de ligação .....	28
3.2 Acompanhamento de serviços de execução .....	28
3.2.1 Acompanhamento de serviços do método convencional .....	29
3.2.2 Acompanhamento de serviços do método não destrutivo .....	30
3.3 Apropriação de serviços e orçamentação .....	30
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>32</b>
4.1 Análise financeira de implantação .....	32
4.2 Análise técnica .....	37
<b>5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>40</b>
<b>6. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>42</b>

# 1. INTRODUÇÃO

A execução de redes, sejam elas de água ou esgoto, geram uma série de transtornos seja em sua fase de execução ou após a entrega das obras. Os problemas tendem a ser mais frequentes e prejudiciais no primeiro caso, haja vista que envolve inconvenientes como corte e reposição de pavimentos e passeios

Palmas é uma capital que encontra-se em processo de universalização do sistema de saneamento. A previsão, segundo a concessionária responsável pelo abastecimento e esgotamento sanitário de todo o estado (ODEBRECHT AMBIENTAL) é de que até o ano de 2017 100% da população contará com estes serviços.

Tomando como base esse contexto, é importante observar algumas outras vertentes, como o sistema de distribuição de água, que, vai além dos serviços de saneamento propriamente dito. Observa-se na execução dessas redes a degradação dos pavimentos em virtude principalmente das falhas na intervenção e reposição dos trechos abertos.

Esse é um fato comum no mercado da construção civil, público e privado, a baixa qualidade e conseqüentemente pouca durabilidade dos elementos que constituem as vias urbanas. Com alguns anos de uso elas podem apresentar manifestações patológicas relacionadas com uma ou mais formas de deterioração de sua estrutura.

Segundo Azambuja (2009), os serviços de pavimentação são colocados em primeiro plano quando se pensa em infra estruturação e as obras de saneamento, como redes de coleta de esgoto e redes de distribuição de água, em segundo plano, apesar de indispensáveis com o passar do tempo

Seguindo a ordem citada pelo autor, a implementação das redes e ramais de ligação acabam ocorrendo após a execução da pavimentação e dos passeios, gerando custos de recuperação e comprometendo a função estrutural e funcional destes pavimentos.

Uma nova tecnologia e pouco difundida é a execução de trechos de redes, ramais de ligações, substituições e desobstruções de redes pelo método não destrutivo de execução. Tal método consiste na execução dos serviços sem que haja a intervenção em pavimentos e passeios, ou seja, sem corte de asfalto e calçadas e sem abertura de valas.

A cidade de Palmas é o objeto de estudo deste trabalho, mais especificadamente o acompanhamento dos serviços de execução dos ramais supracitados pelo método convencional e pelo método não destrutivo.

## **1.1. Objetivos**

### 1.1.1. Objetivo Geral

Investigar e apresentar as principais características, aspectos construtivos, operacionais e custos da utilização do método não destrutivo na implantação de ramais de abastecimento de água no município de Palmas - Tocantins.

### 1.1.2. Objetivos Específicos

- Analisar inicialmente os métodos utilizados para instalação de ramais de ligações de água bem como apropriação de serviços necessários;
- Avaliar as vantagens e desvantagens da implantação de ramais de ligação de água pelo método não destrutivo em termos de durabilidade e vida útil do ramal;
- Avaliar custos referentes à adoção de sistemas convencionais, ditos destrutivos, e não destrutivos de execução de ramais de ligação;
- Apresentar as vantagens da utilização do método não destrutivo nos ramais de ligações domiciliares de água;
- Apontar esclarecimentos técnicos que contribuam para a escolha entre os métodos abordados.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Método destrutivo

Este método é largamente utilizado na execução de redes subterrâneas e pode ser classificado como método tradicional. É um método que envolve mais serviços se comparado com o (MND).

A execução do método destrutivo, também conhecido como método com abertura de trincheiras, envolve: escavações em toda a extensão da rede proposta, assentamento de tubulação na vala sobre um berço com materiais ideais, reaterro e compactação da vala. Em locais onde existe pavimento se faz necessária, após a instalação da tubulação, a repavimentação do local (DEZOTTI, 2008).

A ABNT NBR 12266/92 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS), fixa as condições exigíveis para projeto e execução de valas para assentamentos de tubulações de água, esgoto ou drenagem urbana. Segundo Dezotti (2008) a NBR 12266/92 determina basicamente que, para assentamentos das tubulações, podem ser consideradas as seguintes fases:

- Sinalização;
- Remoção do pavimento;
- Abertura de vala;
- Esgotamento;
- Escoramento;
- Assentamento;
- Preenchimento da vala;
- Recomposição do pavimento.

Mesmo sendo um método utilizado há vários anos, e por isso considerado confiável, em várias vezes não é o método com uma melhor relação custo-benefício. As infraestruturas urbanas apresentam desvantagens para o método tradicional pois causam congestionamentos, danos ao pavimento, impactos ambientais, em instalações e estruturas adjacentes. Dessa forma, pequenas obras acabam sendo

inviabilizadas devido aos altos custos sociais envolvidos nos problemas que geram. (DEZOTTI, 2008).

Ainda segundo Dezotti (2008) os métodos tradicionais praticamente não apresentaram desenvolvimento tecnológico nos últimos 50 anos. Os principais equipamentos utilizados para execução dos serviços são:

- Retroescavadeiras;
- Escavadeiras;
- Valadoras;
- Pás carregadeiras;
- Compactadores;
- Máquina de corte do pavimento e;
- Caminhões.

## **2.2. Método não destrutivo**

Método não Destrutivo (MND) tem por definição a ciência referente à reparação, instalação e reforma de dutos, tubos e cabos subterrâneos utilizando-se de técnicas que diminuam ou eliminem a necessidade de escavações. Os métodos não destrutivos (MND) (trenchless ou No-DIG) podem reduzir os custos sociais, danos ao meio ambiente como também, apresentar uma alternativa econômica para os métodos de instalação, reparo e reforma com vala a céu abertos (ABRATT, 2007).

Os métodos não destrutivos estão aumentando o interesse das empresas devido ao menor transtorno provocado ao redor dos centros urbanos em comparação à abertura das valas a céu aberto. Esta vantagem pode repercutir em menor custo global. Lembrando que o uso do método tradicional de abertura de valas, muito tempo e esforço são destinados à abertura, ao rebaixamento do lençol freático, à compactação e à repavimentação. Há ocasiões em essas atividades podem representar 70% do custo total da obra (INFRAESTRUTURA URBANA, 2013).



A utilização dos métodos não destrutivos (MND) na expansão, manutenção ou implantação de redes subterrâneas são indicados preferencialmente para regiões urbanizadas, pois beneficia o processo de execução das redes de infraestrutura com menores impactos ambientais a medida em que avança.

De acordo com Drösemeier (2004) os métodos não destrutivos (MND) apresentam diversas vantagens, tais como:

- Diminuem a perturbação no tráfego, áreas congestionadas e áreas de trabalho;
- Permitem o uso de caminhos previamente determinados providos pela tubulação existente, diminuindo os problemas de orientação e controle associado com novas rotas;
- Necessitam menor espaço subterrâneos, minimizando a necessidade de interferir em tubulações existentes e abandonadas;
- Permitem a oportunidade de aumentar o diâmetro da tubulação sem abertura de valas;

Segundo ABRATT (2007) e Dezotti (2008), os métodos não destrutivos (MND) são divididos em três categorias principais: reparo e reforma, substituição in loco e instalação de novas redes.

### 2.2.1. Reparo e reforma

Estão compreendidos nesta categoria os métodos de restauração da integridade de tubulações com defeitos e que possuem estruturas subterrâneas, como também o prolongamento da vida útil. Os métodos se dividem em (ABRATT, 2007):

- Revestimento por inserção de novo tubo (sliplining);
- Revestimento por inserção apertada de tubulação deformada (close-fit lining);
- Revestimento por aspersão (spray lining);

- Revestimento por inserção com cura in loco (cured-in-place pipe);
- Reparos e vedações localizados;

#### 2.2.1.1. Revestimento por inserção de novo tubo (*sliplining*)

Provavelmente é a mais simples das técnicas de substituição de redes com dimensões que impossibilitam a entrada de pessoas. A técnica de inserção consiste em empurrar ou puxar uma tubulação nova para dentro de uma tubulação já existente (ABRATT, 2007).

Na técnica de *sliplining* uma tubulação com diâmetro menor é introduzida na tubulação já existente e geralmente o espaço anelar entre as tubulações é grauteado. Os materiais usualmente utilizados nesta técnica são: PVC, polietileno, e fibra de vidro de vidro reforçada com poliéster. Porém é possível a utilização de qualquer material (DEZOTTI, 2008).

Para este método é necessário a escavação de um poço de partida, onde a inserção da tubulação é iniciada, empurrando ou puxando a nova tubulação para o interior da tubulação danificada. No decorrer da instalação, a presença de curvas ocasiona um aumento do atrito entre os tubos, acarretando em uma diminuição da distância de instalação que o tubo pode suportar sem sobrecarregá-lo. Esta técnica é simples e barata, porém, pode haver uma relevante perda da capacidade hidráulica de modo que, a redução da área da seção transversal deve ser comparada com ganhos em escoamento devido melhores condições de rugosidade (DEZOTTI, 2008).

Depois da introdução da nova tubulação, pode se fazer necessário o preenchimento do espaço remanescente para que a estrutura da rede antiga possa oferecer certa resistência e aumentar a rigidez desse espaço. Certas argamassas utilizadas para o preenchimento possuem resistência parecida com à argila endurecida (por volta de 1 kPa), mas não existe problema na utilização de materiais com maiores resistência. Essa injeção costuma ser a parte mais difícil da obra (ABRATT, 2007).

O fácil acesso aos tubos de polímeros, em especial tubos de polietileno unidos por fusão, aumentou a popularidade dessa técnica. Os tubos de polietileno de seção curta podem ser inseridos nas redes através de solda por fusão ou com uniões mecânicas sem luva. Ainda que em teoria, qualquer material possa ser utilizado para uma nova rede, na prática a escolha mais comum é o polietileno de alta densidade (PEAD). A técnica *sliplining* pode também ser usada extensivamente com técnicas de substituição in loco, como por exemplo ruptura de tubulações (ABRATT, 2007).

A figura acima mostra a inserção de uma nova tubulação que geralmente utiliza-se um guincho para puxar ou empurra a nova tubulação, porém em tubulações com diâmetros pequenos este serviço pode ser executado manualmente.

#### *2.2.1.2. Revestimento por inserção apertada de tubulação deformada (close-fit lining)*

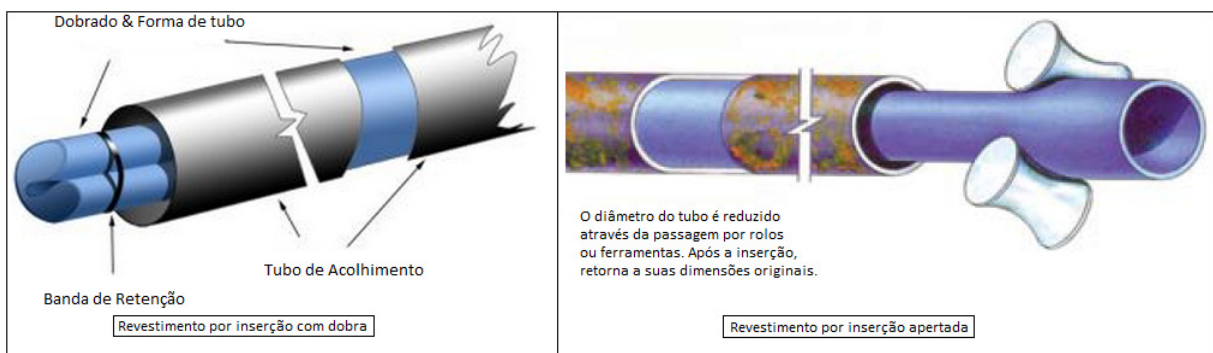
Este método de revestimento tem como objetivo a redução momentânea do diâmetro da tubulação de revestimento, de forma que possa ser puxado para dentro da tubulação antiga e posterior recuperação do diâmetro original. Tendo como base a capacidade que os polímeros possuem de recuperar as dimensões e formas originais, mesmo que na prática tenha o auxílio de pressão interna para tal (ABRATT, 2007).

De acordo com Dezotti (2008) este método pode ser utilizado tanto para fins estruturais como para não estruturais e divide-se em duas categorias: (1) dobra e reconformação e (2) inserção de tubo reduzido

No método de inserção de tubo reduzido utiliza-se uma máquina que faz a redução momentânea do tubo a ser instalado. Depois da soldagem da tubulação e execução dos poços de recepção e partida, o diâmetro do tubo a ser reduzido é consideravelmente reduzido em relação ao tamanho original. A redução do diâmetro pode ser feita por meio de métodos térmicos ou mecânicos. A execução da redução é feita pouco antes da inserção do novo tubo na tubulação existente. Após a conclusão da inserção do novo tubo na tubulação existente, este é regressado ao diâmetro original, ocasionando a sobreposição ao tubo existente, sem a ocorrência de espaço anelar entre as tubulações (DEZOTTI, 2008).

Na técnica de dobra e reconformação a tubulação é soldada e mecanicamente dobrada no local de trabalho, antes da inserção. O método necessita de um poço de início para entrada da tubulação e um poço de recepção ou algum tipo de acesso no final da extremidade, onde o tubo será puxado através de um guincho (DEZOTTI, 2008).

Depois da inserção completa, o tubo é retornado para seu tamanho e forma original, por meio de pressurização feita com água a temperatura ambiente, ocasionando a justaposição deste ao tubo existente (DEZOTTI, 2008).



**Figura 1-** Revestimento de tubo por inserção. Fonte: (ABRATT, 2007) adaptado pelo autor (2015).

Uma outra alternativa consiste na dobra da tubulação de revestimento em forma de “U” ou “C” antes da inserção e posteriormente a utilização de calor ou pressão para a restauração à forma anterior (ABRATT, 2007).

**Tabela 1** - Características do método de inserção de tubulação deformada.

Método	Gama de Diâmetros (mm)	Instalação Máxima (m)	Material	Aplicações
Inserção de tubulação deformada (estrutural)	75-600	300	PEAD, PEMD	Tubulação sob gravidade e pressão
Inserção de tubulação deformada (estrutural)	75-1600	300	PEAD, PEMD	Tubulação sob gravidade e pressão

Fonte: Najafi (2010)

### 2.2.1.3. Revestimento por aspersão (Spray lining)

De acordo com Dezotti (2008) os revestimentos podem ser aplicados tanto em proteção de infraestrutura urbanas novas, quanto reabilitação de tubulações, oferecendo um ganho de vida de serviço da mesma. Em tubulações com diâmetros

inferiores a 1,20 m, onde geralmente não há possibilidade de entrada de pessoal, os revestimentos podem oferecer uma melhora das características hidráulicas e oferecer resistência à corrosão. Porém, este revestimento pode não melhorar a integridade estrutural da tubulação.

Em tubulações com diâmetros pequenos a aplicação do revestimento se dá através de uma máquina centrífuga de projeção, controlada remotamente, onde esta pulveriza o revestimento diretamente sobre as paredes da tubulação. Em tubulações onde é possível a entrada de pessoas, projetores de concreto são eficazes e largamente usados em reabilitação de tubulação sob pressão e gravidade e podem ser utilizados para fins estruturais (DEZOTTI, 2008).

A aplicação de argamassa de cimento é uma técnica comum e relativamente barata de reparo de redes de distribuição de água. A argamassa possui duas funções básicas: a superfície interna com baixa rugosidade reduz o arrasto hidráulico e melhora as características do fluxo e a alcalinidade do cimento impede a corrosão de tubulações de aço. Este revestimento de argamassa também é aplicado em tubulações novas de F<sup>o</sup>F<sup>o</sup> e Ferro dúctil para inibir corrosão (ABRATT, 2007).

O revestimento com resina epóxi pode ser uma alternativa do revestimento com argamassa, possuindo função semelhante: proteção contra corrosão e produção de um acabamento liso. O propósito é fazer com que a resina se una com a superfície interna da tubulação, formando uma película que evite a penetração da água e a corrosão. Normalmente a espessura do revestimento com epóxi é bem menor que a do de argamassa, não ocasionando significativa redução do diâmetro interno (ABRATT, 2007).

#### *2.2.1.4. Revestimento por inserção com cura in loco (cured-in-place pipe)*

Revestimento por inserção com cura in loco também conhecido como “revestimento in situ” ou “tubo curado in loco (CIPP)” por mais de 20 anos dominou o mercado de recuperação de tubulações de esgoto sem possibilidade de acesso de pessoal em muitos países (ABRATT, 2007).

De acordo com Suzuki, et al (2010) grande parte dos sistemas com cura *in loco* foi desenvolvida para ser utilizada em recuperação de rede por gravidade, contudo também existem sistemas para redes pressurizadas. Esse sistema possui resistência estrutural calculável podendo ser projetado para atender a diversas condições de carga.

Os sistemas CIPP é o método não destrutivo mais amplamente utilizado em recuperação tanto para fins estruturais como para não estruturais, podendo ser utilizado em tubulações de água, esgoto, óleo, gás e também em drenagem (NAJAFI, 2010).

O método CIPP consiste na inserção de uma manda de feltro de fibras de poliéster, fabricada sob medida e saturada com uma resina termoestável, no interior de uma tubulação existente. A inserção se dá por meio de inversão com água ou ar, ou através de um guincho. Após a inserção, a tubulação de tecido é pressionada contra a parede da tubulação existente, por meio de injeção de água ou ar. Como o tecido pré-saturado de resina é flexível, é possível a instalação através de tubulações curvas e irregulares e torna possível o preenchimento de trincas e vazios (DEZOTTI, 2008).

Segundo Abratt (2007) é de suma importância que todos os fragmentos soltos do tubo sejam removidos, pois os mesmos podem cair durante a instalação do revestimento. Isto se torna um fator determinante quando se usam revestimentos puxados, onde parte quebrada da rede antiga poderá cair sobre o revestimento quando este estiver sendo puxado, e ficar retido entre o revestimento e a parede da tubulação no momento em que o revestimento for inflado. Os revestimentos que causam menos problemas para o tubo são os de instalação por inversão, porém não estão isento de problemas.

#### *2.2.1.5. Reparos e vedações localizados*

Segundo Dezotti (2008) o termo reparo é utilizado quando o defeito da tubulação é consertado, sem necessariamente estender sua vida de serviço. O método de reparo localizado enquadra-se nesta categoria, onde um defeito pode ser

localmente ou temporariamente corrigido, sem a necessidade de reabilitar tubulação completa.

Defeitos pontuais podem ser encontrados em tubulações sãs, como resultado de desalinhamento, trincamento ou ruptura. O método de reparo localizado é aplicado para sanar diversos problemas, como trincas, tubos quebrados, intrusão de raízes, infiltração, vazamentos, seções de tubos desalinhadas e vazamentos. Algumas destas técnicas foram desenvolvidas para tubulações de esgoto e algumas para executar o selamento de juntas de tubulações sob pressão. Várias destas técnicas são variações de métodos de reabilitação para extensões totais de tubulações (DEZOTTI, 2008).

A pré-inspeção e limpeza são fundamentais para os sistemas de reparo localizado, tanto quanto são para os métodos de recuperação integral da tubulação. Para os métodos de reparo localizado pontual que necessitavam de uma ligação com a tubulação existente, todos os vestígios de graxa e entulho precisam ser removidos (ABRATT, 2007).

Os aspectos econômicos desses métodos devem ser observados para cada caso, porém está claro que há situações onde os danos estão restritos a apenas parte do comprimento da rede, e o reparo individualizado dos defeitos poderá ser mais viável economicamente do que a recuperação de toda a extensão da rede. De forma geral, admite-se que reparação localizada são economicamente viáveis se a ocorrência de defeitos estruturais for menor que 25% em toda a extensão da rede, porém esta regra pode variar de acordo com cada projeto (ABRATT, 2007).

Uma das técnicas utilizadas em reparos localizados é o reparo com luva de feltro e PVC, onde em muitos aspectos são versões reduzidas dos revestimentos por inserção com cura in loco (CIPP), contudo frequentemente, os tecidos e resinas sejam mais fortes uma vez que a economia do material é muito menos significativa no custo geral da instalação. O tecido é, normalmente, um feltro de poliéster, não trançado, isolado ou combinado com fibra de vidro ou PVC. Algumas destas técnicas utilizam-se de um sanduíche de diversas camadas, onde a fibra de vidro proporciona a resistência e o feltro atuando como transportador da resina (ABRATT, 2007).

### 2.2.2. Substituição por arrebatamento in loco pelo mesmo caminhamento (pipe bursting)

Este método é aconselhável em redes em que sua situação estrutural não permite recuperação ou capacidade inadequada, muitas vezes ser trocadas sem a necessidade de escavações, utilizando-se um sistema de substituição por arrebatamento in situ ou direta (ABRATT, 2007).

De acordo com Suzuki, et al (2010) este método é utilizado para substituição de uma rede existente por outra com o mesmo diâmetro ou superior. É feita, simultaneamente com o arrebatamento ou destruição da rede existente, a instalação da nova rede.

O arrebatamento da rede é o sistema de substituição direta mais utilizado, onde uma ferramenta de percussão (geralmente um martelo modificado de percussão) ou um expansor hidráulico arrebatam a rede antiga enquanto uma nova tubulação final é empurrada ou puxada em substituição, atrás da ferramenta (ABRATT, 2007).

Por conta da expansão da rede antiga, faz-se necessário o desacoplamento das ligações de ramais e redes auxiliares antes da execução do arrebatamento assim como a maioria das demais técnicas de substituição in loco (ABRATT, 2007).

**Tabela 2** - Características importantes do método de inserção de tubo por arrebatamento.

<b>Método</b>	<b>Gama de Diâmetros (mm)</b>	<b>Instalação Máxima (m)</b>	<b>Material</b>	<b>Aplicações</b>
Inserção por arrebatamento	100-1200	450	polietileno, polipropileno, PEAD, PVC, fibra de vidro	Tubulação sob gravidade e pressão

Fonte: Najafi (2010).

Segundo Dezotti (2008) este método tem a capacidade de fragmentar vários tipos de tubos, tais como: aço, ferro dúctil, ferro fundido, PVC, PEAD, cimento amianto, cerâmica, concreto e concreto armado.



### 2.2.3. Instalação de redes novas

#### *2.2.3.1. Perfuração por percussão (impact moling)*

Foi durante a década de 60 que apareceram pela primeira vez na Polônia e na Rússia, as perfuratrizes por percussão. As primeiras aparelhagens eram pesadas para o tamanho do furo e, constantemente, apresentavam problemas como desvios consideráveis da trajetória objetivada ou perda da unidade no subsolo. A partir daí, as perfuratrizes por percussão passaram a ter uma precisão muito maior e são hoje os itens de escavação não destrutiva com maior utilização em todo o mundo pois oferecem soluções para uma enorme variedade de problemas de instalação, especialmente em distâncias curtas (ABRATT, 2007).

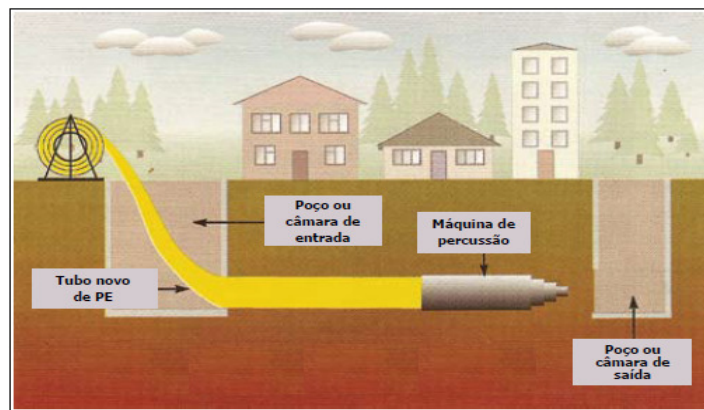
Esta técnica abrange um amplo campo de aplicações. Além de redes de água e gás, o método é usado para passagens de cabos elétricos, substituição de drenos, irrigação de jardins e outros. Trata-se de um método não dirigível, contudo atualmente são disponibilizados sistemas dirigíveis no mercado. Esta cravação de tubo por percussão dirigível tem a capacidade de executar perfurações em caminhos curvos, aumentando desta forma a aplicação do método (DEZOTTI, 2008).

A perfuração por percussão impact moling consiste na criação de um furo pelo uso de uma ferramenta compreendida por um martelo de percussão, normalmente em forma de torpedo, inserido dentro de uma carcaça cilíndrica. O martelo pode ser pneumático ou hidráulico. Na sua execução, o solo é comprimido, e não removido. Um tubo pode ser puxado ou introduzido imediatamente atrás da ferramenta de perfuração por percussão (ABRATT, 2007).

O funcionamento básico dos sistemas de perfuração por percussão consiste na ação alternativa do martelo de acionamento pneumático ou hidráulico dentro da carcaça cilíndrica de aço. O pistão é acionado para frente e, ao bater na extremidade dianteira da unidade, transmite energia cinética para a carcaça, fazendo com que ela avance (ABRATT, 2007).

Pelo fato desta escavação ser geralmente não direcional, a técnica é mais adequada para perfurações com diâmetros menores. Os diâmetros variam de 45 a

200 mm dependendo do tubo ou cabo a ser instalado. Devido às restrições de compactação do solo e a necessidade de minimizar ou eliminar a superfície rochosa, uma regra amplamente aceita para instalações *impact moling* é que deve haver pelo menos 1 m de profundidade para cada 100 mm de diâmetro da ferramenta. Apesar desta limitação, pode ser um método muito eficaz em termos de custos de instalação de pequenas e médias tubulações, dutos e cabos para uma ampla gama de setores incluindo o gás, eletricidade, água e telecomunicações (ISTT, 2006).



**Figura 2** - Instalação de redes com perfuração por percussão.  
Fonte: (ABRATT, 2007)

### 2.2.3.2. Perfuração direcional (HDD) ou guiada (unidirecional)

A perfuração guiada e perfuração direcional (HDD) é utilizada em instalação por método não destrutivo de novas redes, dutos e cabos. Neste método o traçado da perfuração, além de reto, também pode ser ligeiramente curvo e a direção da perfuração pode ser ajustada em qualquer etapa do serviço. A perfuração acontece a partir da superfície, fazendo-se uma entrada no solo em um ângulo suave, ou entre poços pré-escavados de entrada e saída da perfuratriz (ABRATT, 2007).

Segundo Dezotti (2008) este método pode ser dividido em três categorias: mini-HDD, midi-HDD e maxi-HDD. Os tamanhos dos equipamentos bem como a área de aplicação dos projetos de HDD podem variar consideravelmente, porém não existem diferenças expressivas nos mecanismos de operação.

Normalmente a instalação final do duto é uma operação em duas etapas. Primeiramente, é feito um furo piloto ao longo do percurso pré-determinado, que posteriormente é alargado no sentido contrário. No decorrer etapa de alargamento, a

tubulação final é presa a um alargador por meio de uma conexão articulada, e puxado para o furo alargado a medida que a coluna de perfuração é removida. Em certas condições onde o solo apresenta dificuldade na perfuração, pode-se haver estágios intermediários de alargamento, onde o diâmetro do furo é aumentado progressivamente (ABRATT, 2007).

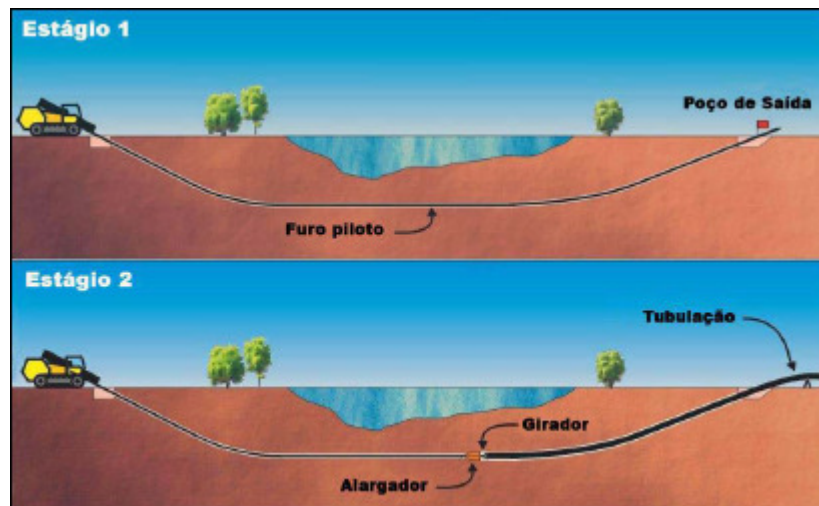


Figura 3 - Perfuração direcional. Fonte: Bennett, Ariartnam e Como (2004)

Para a execução desta técnica a tubulação utilizada deve ser flexível, lisa e ter resistência às cargas e tensões que ocorrem durante a fase de operação e instalação. Para instalação com HDD os materiais mais utilizados são: polietileno de alta densidade (PEAD) e o aço, porém o ferro dúctil e o PVC fundido tem sido utilizados atualmente (DEZOTTI, 2008).

#### 2.2.3.3. Cravação de tubos (*pipe jacking*)

A nomenclatura *pipe jacking* pode ser utilizada tanto para descrever um processo utilizado em outros métodos não destrutivos quanto para descrever uma técnica de instalação, onde geralmente consiste na cravação de uma cabeça de perfuração e tubos, por meio de um sistema hidro propulsor. Outras tecnologias não destrutivas adotam este sistema tais como perfuração horizontal com rosca sem fim e micro túnel (DEZOTTI, 2008).

Os métodos não destrutivos de cravação de tubos são essencialmente usados para instalação de tubulação de 150 mm ou mais, onde a inserção é feita

como um sistema de instalação direta de tubos posicionados atrás de uma máquina de escavação com controle remoto, que são empurrados por um sistema de pistões hidráulicos localizados no poço de entrada, de modo que possa ser formada uma linha contínua sob o solo. A tubulação final será formada pelos tubos, quando a operação de escavação estiver finalizada (SUZUKI et al, 2010).

Hoje em dia, o método *pipe jacking* possui uma grande versatilidade para abertura de túneis, instalação de coletores de esgoto, oleodutos, adutoras, passagens subterrâneas, dentre outras. Este método utiliza-se de alta tecnologia de alta tecnologia em todo o seu processo executivo, porém, alguns fatores devem ser minuciosamente avaliados para o sucesso na utilização desta técnica. O controle e a estimativa dos esforços de cravação são fatores de fundamental importância e, juntamente a estes, tem-se os fatores referentes à lubrificação do solo, pois a mesma, promove a estabilidade da escavação e do transporte do material escavado (DEZOTTI, 2008 apud DRÖSEMEYER, 2004).

### **3. METODOLOGIA**

O objetivo principal desse trabalho é apresentar os custos gerados pela instalação, substituição e manutenção de ramais de ligação de água tratada na cidade de Palmas – TO e realizar um comparativo com o método destrutivo convencionalmente utilizado.

Em um primeiro momento será realizada uma revisão bibliográfica sobre os métodos disponíveis no mercado e praticados na cidade em estudo, bem como os custos relacionados aos serviços de execução de ramais de ligação de água.

Não será tomado como objeto de estudo uma determinada rede, e sim as diversas frentes de serviços durante o período de 6 meses.

#### **3.1. Caracterizações do sistema de ramais de ligação**

Nessa etapa será observada junto ao setor de projeto da empresa responsável pelo abastecimento de água a forma de elaboração dos projetos e como estão dispostas as redes secundárias que estão diretamente ligadas aos ramais de ligações.

#### **3.2. Acompanhamento de serviços de execução**

Através do setor de operação e manutenção da empresa concessionária do serviço de abastecimento de água se tomará conhecimento das obras de substituição de ramais obstruídos ou com vazamentos e implantação de ligações potenciais.

Faz-se necessária uma prévia análise do serviço a ser executado para a verificação de enquadramento com os parâmetros do estudo.

Serão feitos acompanhamentos distintos para cada método.

De forma simultânea serão levantadas as informações referentes aos serviços de execução de ramais pelo método destrutivo, caracterizado por promover

o corte e reposição de passeios e pavimentos, e o método não destrutivo, que, ou não apresenta tais intervenções ou intervenções menores.

Os custos com aquisição das máquinas, custo horário produtivo e improdutivo estarão sendo arrolados a fim de obter a uma composição unitária que mostre o custo de uma unidade de ramal ou mesmo o custo por metro executado.

A utilização do método não destrutivo para a execução dessas obras ainda se encontra em fase de implementação em Palmas. As máquinas foram adquiridas e aos poucos o método destrutivo está sendo abolido.

### 3.2.1. Acompanhamento de serviços do método convencional

Nesta etapa será utilizado um cronômetro digital profissional da marca Vollo modelo VI-510 para a tomada de tempo dos serviços executados. Cada serviço deverá ter seu tempo execução devidamente tomado.

Para determinação de comprimento, área e volume, será utilizado um diastímetro metálico da marca vonder com comprimento máximo de 20 m.

No método de execução convencional tanto a substituição como a instalação de novos ramais serão anotados:

- A quantidade e função dos integrantes envolvidos no serviço;
- O tipo de pavimento que será cortado;
- O volume de terra retirado do corte;
- O tempo gasto para a execução do corte;
- O tempo gasto na substituição de ramal ou instalação de ramal novo;
- O tempo gasto da execução do reaterro devidamente compactado;
- A área da repavimentação;
- Tempo gasto na repavimentação.

### 3.2.2. Acompanhamento de serviços do método não destrutivo

Assim como o método convencional, será utilizado um cronômetro digital profissional da marca Vollo modelo VI-510 para a tomada de tempo dos serviços executados.

O mesmo diastímetro utilizado para a determinação de comprimento, área e volume no método convencional, será utilizado para as determinações do MND.

Pelo método não destrutivo tanto a substituição/reparo de ramal como instalação de novos ramais serão anotados:

- A quantidade e função dos integrantes envolvidos no serviço;
- O tipo de pavimento que será cortado;
- O tempo gasto para a execução dos cortes dos poços de entrada e saída da perfuratriz;
- O volume de terra retirada do corte;
- O comprimento do túnel feito pela máquina;
- O tempo gasto na substituição de ramal ou instalação de ramal novo;
- O tempo gasto no reaterro devidamente compactado, dos poços de entrada e saída do túnel;
- A metragem da repavimentação dos poços de entrada e saída do túnel;
- O tempo gasto na repavimentação.

Caso se faça necessária a substituição parcial ou total do material de reaterro, determinar a quantidade e categoria do mesmo.

### **3.3. Apropriação de serviços e orçamentação**

Após o acompanhamento dos serviços de execução dos dois métodos, convencional e não destrutivo, serão apurados todos os serviços executados e quantitativo de insumos empregados na execução das obras.

Estes dados servirão de base para elaboração dos custos unitários dos serviços empregados em todos os processos a fim de se determinar um custo unitário por metro linear de ramal de ligação executado.

Posteriormente será apresentado um comparativo dos custos globais de cada serviço, levando-se em conta a própria execução, manutenção e operação do sistema.

Junto ao setor de orçamento da empresa de saneamento serão obtidas as composições orçamentárias dos serviços para que possa ser feito um comparativo de viabilidade dos dois métodos executivos.



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. Análise financeira de implantação

As ligações de água em Palmas são executadas de forma convencional, em sua maioria, ou seja, as valas são locadas e abertas de forma mecânica com o auxílio de retroescavadeiras e as intervenções necessárias em pavimento e passeio são feitas simultaneamente. As figuras a seguir ilustram o processo de execução dos ramais pelo método convencional ou destrutivo.



**Figura 4** - Abertura de vala com retroescavadeira. Fonte: Do autor (2015)



**Figura 5** - Extensão de ramal em PEAD da rede ao hidrômetro. Fonte: Do autor (2015)



**Figura 6** - Fechamento de vala com apoio de retro. Fonte: Do autor (2015)



**Figura 7** - Recomposição de pavimento asfáltico. Fonte: Do autor (2015)

Em menor percentual, ainda em fase de adequação às necessidades dos clientes e da concessionária local, as ligações executadas pelo método não destrutivo caracterizam-se pela redução dos serviços de cortes e reposição de

pavimento e passeio. As figuras a seguir ilustram o processo de execução de ramais pelo método não destrutivo.



**Figura 8** - Posicionamento da rede e do hidrômetro de ligação. Fonte: Do autor (2015)



**Figura 9** - Haste pneumática da perfuratriz. Fonte: Do autor (2015)



**Figura 10** - Encanador lançando haste de perfuratriz através do furo de sondagem. Fonte: Do autor (2015)



**Figura 11** - Chegada de perfuratriz rede de água. Fonte: Do autor (2015)

As duas técnicas contemplam serviços que aqui foram divididos em dois grupos, a parte civil e a parte hidráulica da obra, de forma a favorecer a identificação dos itens que fazem a diferenciação dos custos dos métodos em estudo.

O que se percebe é que a parte hidráulica de cada um dos métodos não difere entre si, haja vista que o comprimento dos ramais é determinado pela posição da rede com relação ao hidrômetro, e as tubulações, conexões e peças hidráulicas são as mesmas, independentemente do método adotado.

Nos serviços de instalação dos ramais temos o maior percentual de diferenciação entre os custos, a abertura de valas, a intervenção em asfalto e

passeios calçados estão entre os insumos com maior representatividade financeira no custo global dos ramais.

A tabela 03 nos mostra o orçamento sintético da execução de um ramal de ligação com 4,0 metros de comprimento pelo método destrutivo, considerando passeios calçados em concreto e ruas e avenidas com pavimento asfáltico. Os itens apresentados contemplam os seguintes serviços:

- Serviços preliminares – mobilização e desmobilização de equipamentos por unidade de ligação;
- Movimentação de terra – escavações, reaterro, acerto e compactação de fundo de vala;
- Remoção/reposição de passeio – corte e recomposição de calçadas em concreto;
- Remoção / reposição de pavimento – corte e recomposição de pavimento asfáltico;
- Material hidráulico – tubulação, peças e conexões hidráulicas.

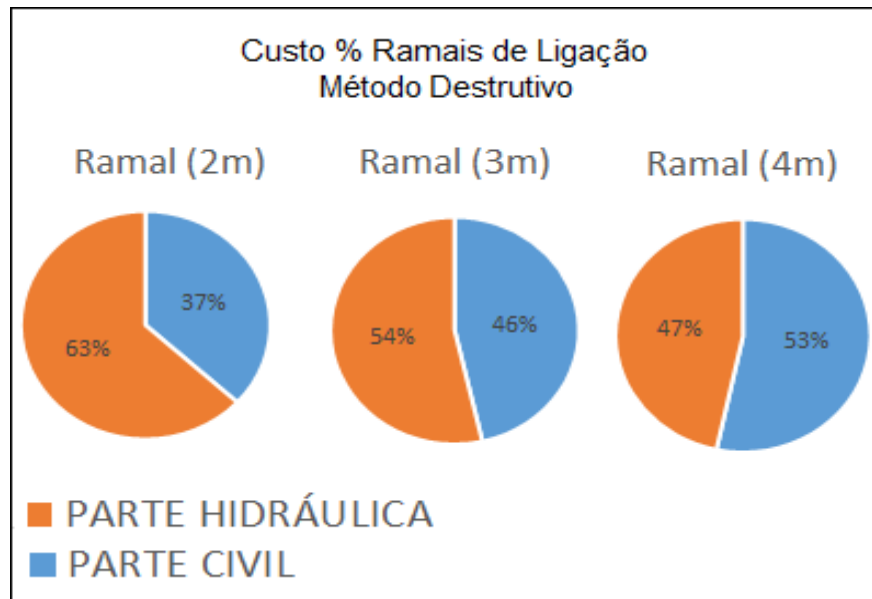
**Tabela 3-** Custo por grupos de serviços para execução de ramais de ligação pelo método destrutivo.

ITEM	DESCRIÇÃO	CUSTO DO ITEM (R\$)		
		Ramal (2m)	Ramal (3m)	Ramal (4m)
1	LIGAÇÕES DOMICILIARES			
1.1	SERVIÇOS PRELIMINARES	3,14	4,71	6,28
1.2	MOVIMENTO DE TERRA	24,44	36,78	48,89
1.3	REMOÇÃO/ REPOSIÇÃO DE PASSEIO	25,64	38,45	51,27
1.4	REMOÇÃO/ REPOSIÇÃO DE PAVIMENTO	28,42	42,62	56,83
1.5	MATERIAL HIDRÁULICO	140,03	141,38	142,72
	<b>TOTAL GERAL</b>	<b>R\$ 221,67</b>	<b>R\$ 263,94</b>	<b>R\$ 305,99</b>

Fonte: Do autor (2015)

Os itens serviços preliminares, movimentação de terra, remoção e reposição de passeio e pavimento representam 37%, 46% e 53% do custo da ligação de ramais de 2, 3 e 4 m respectivamente. São os itens referentes à obra civil, serviços que precedem a instalação de toda a parte hidráulica. O gráfico a seguir apresenta esse percentual financeiro da parte hidráulica e civil da obra.





**Figura 12** - % do custo por grupo de serviços para execução de ramais de ligação pelo método destrutivo. Fonte: Do autor (2015)

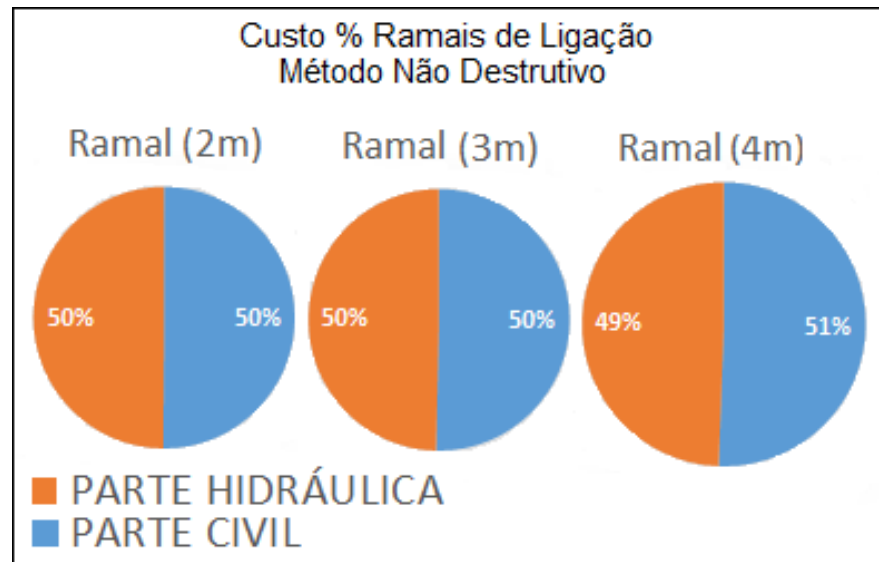
De forma análoga temos na tabela 04 o orçamento sintético de ramais de ligação com comprimentos de 2,0, 3,0 e 4,0 metros, com os mesmos itens e condições de vias e passeios, trecho de avenida com pavimento asfáltico e passeio calçado em concreto, no entanto, executado pelo método não destrutivo.

**Tabela 4** - Custo por grupos de serviços para execução de ramais de ligação pelo método não destrutivo.

ITEM	DESCRIÇÃO	CUSTO DO ITEM (R\$)		
		Ramal (2m)	Ramal (3m)	Ramal (4m)
1	LIGAÇÕES DOMICILIARES			
1.1	SERVIÇOS PRELIMINARES	5,41	5,52	5,62
1.2	MOVIMENTO DE TERRA	63,15	65,84	68,53
1.3	REMOÇÃO/ REPOSIÇÃO DE PASSEIO	34,18	34,18	34,18
1.4	REMOÇÃO/ REPOSIÇÃO DE PAVIMENTO	37,87	37,87	37,87
1.5	MATERIAL HIDRÁULICO	140,03	141,38	142,72
	<b>TOTAL GERAL</b>	<b>R\$ 280,64</b>	<b>R\$ 284,79</b>	<b>R\$ 288,92</b>

Fonte: Do autor (2015)

O que se pôde observar é que os itens referentes à parte civil da obra, serviços preliminares, movimentação de terra, remoção e recomposição e pavimento e passeio, aqui representam 50 e 51% do custo global da ligação, conforme gráfico que se segue, enquanto o custo referente à parte hidráulica não sofre alteração, haja vista que as peças, tubulações e conexões são as mesmas para ambos os métodos.



**Figura 13** - % do custo por grupo de serviços para execução de ramal de ligação pelo método não destrutivo. Fonte: Do autor (2015)

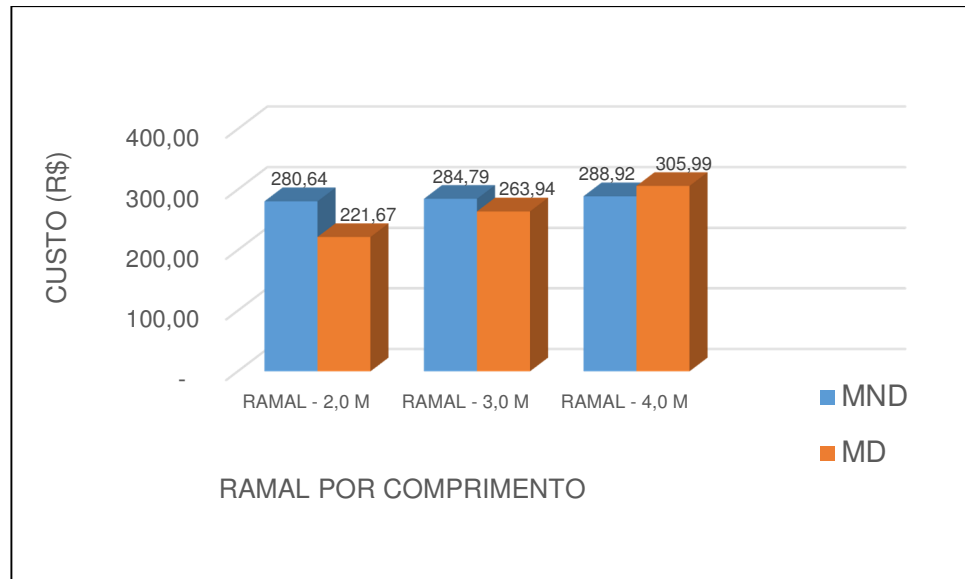
A diminuição no custo global de uma ligação executada pelo método não destrutivo pode ser facilmente explicada observando-se o quantitativo dos serviços de corte e recomposição de pavimento e passeios. Enquanto o método convencional, ou destrutivo, consiste na abertura de valas ao longo de todo o comprimento do ramal, o método não destrutivo mantém esse quantitativo constante, ou seja, são feitas aberturas em apenas dois pontos, uma na rede e outra no hidrômetro, o ramal é implantado de forma subterrânea de um ponto ao outro.

Cabe lembrar que o custo da ligação está diretamente ligado ao comprimento do ramal e a condições das vias e passeios. Vias pavimentadas e passeios calçados, associados a maiores comprimentos de ramais resultam em mais movimentação de terra, mais corte e recomposição de asfalto e passeio, o que pode aumentar consideravelmente o custo das obras de implantação de ligações potencias.

Por outro lado temos que a utilização de ramais mais curtos em trechos sem pavimento e sem calçadas podem não viabilizar a prática de execução de ligações pelo método não destrutivo em razão da supressão dos serviços com maior representatividade de custo, o corte e recomposição de pavimento e passeio.

Ramais de 2,0 a 4,0 metros são mais baratos quando executados pelo método convencional, entretanto, a partir de 4,0 metros a execução dos ramais

tornam-se mais viáveis financeiramente quando executadas pelo método não destrutivo.



**Figura 14** - Custo global da ligação por diferentes comprimentos de ramais. Fonte: Do autor (2015)

## 4.2 Análise técnica

Abordar a qualidade técnica das ligações implantadas significa associar durabilidade e desempenho dos serviços envolvidos em sua implantação. Retrabalhos ocasionados por vazamentos em pontos de conexão do ramal com a rede, patologias em trechos repavimentados e interdição de vias durante a execução das obras são os principais inconvenientes apontados aqui.

Foram registradas as principais patologias em pavimentos asfálticos, como recalques em pontos de intervenção em pavimentos e passeios, descontinuidade gerada por fissuras, trincas e recalques, ocasionados principalmente por falhas na execução dos serviços. A figura a seguir retrata e referida situação.



**Figura 15** - Recalque em trechos repavimentados. Fonte: Do autor (2015)



**Figura 16** - Valas encharcadas sem pavimentação já com sinais de recalque. Fonte: Do autor (2015)

Os problemas supracitados são causados principalmente pelo reaterro com material instável e a compactação deficiente das camadas de base do pavimento recomposto.

É comum nas escavações de valas para execução das redes, em grandes profundidades principalmente, a presença de solo encharcado, o que não garante um grau de compactação adequado no reaterro das valas. Muito embora os fabricantes dos tubos utilizados especifique a utilização de material de primeira categoria para o reaterro, a busca por redução de custos ou até mesmo desconhecimento das técnicas construtivas acaba comprometendo a qualidade das obras.

A compactação insipiente e a utilização material instável no reaterro das valas não garantem a proteção do ponto de conexão entre a rede e a ligação frente ao fluxo intenso de veículos nas vias, gerando conseqüentemente vazamentos corriqueiros, conforme vemos nas figuras a seguir.



**Figura 17** - Vazamento em colar de tomada do ramal de ligação. Fonte: Do autor (2015)



**Figura 18** - Intervenção para troca de colar e ramal de ligação. Fonte: Do autor (2015)



## 5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Em se tratando da adoção de um método ou outro, ou seja, execução de ligações pelo método destrutivo ou não destrutivo sabe-se que haverá a intervenção em pavimento e passeios, no entanto, na primeira situação haverá maior superfície cortada e maior volume de vala a ser aterrado se comparado ao segundo método citado.

Os afundamentos e desnível entre os trechos repavimentados e pavimento existentes mostram a ausência de controle da compactação das camadas de solo e do próprio concreto asfáltico. A substituição desse material para reaterro na maioria das vezes não é atendida e o próprio material revirado em valas acaba sendo utilizado como envelope para as tubulações.

A partir dos estudos feitos durante este trabalho, fora observado que mesmo obras novas apresentam algum tipo de patologia, mesmo com evoluções na construção no sentido de se adequarem aos programas de qualidade das obras entregues as patologias tendem a aparecer.

Tais falhas estão relacionadas a inobservância de detalhes de projeto e de técnicas construtivas, a falta de padronização desses mesmos projetos e insumos utilizados. O rigor na fiscalização das obras tanto por parte do contratante quanto do contratado, contribuiriam para um decréscimo no número de patologias apontadas e para o desempenho das estruturas ao longo de sua vida útil.

.Cabe lembrar ainda que o custo da ligação está diretamente ligado ao comprimento do ramal e a condições das vias e passeios. Vias pavimentadas e passeios calçados, associados a maiores comprimentos de ramais resultam e mais movimentação de terra, mais corte e recomposição de asfalto e passeio, implicando em maior custo. Ramais de 2,0 a 3,0 metros são mais viáveis financeiramente quando executados pelo método convencional e ramais de 4,0 metros em diante quando executados pelo método não destrutivo.

Sendo assim temos que a utilização de ramais mais curtos em trechos sem pavimento e sem calçadas podem não viabilizar a prática de execução de ligações

pelo método não destrutivo em razão da supressão dos serviços com maior representatividade de custo, o corte e recomposição de pavimento e passeio.

Para pesquisas futuras é sugerido o estudo de uso de método não destrutivo para a execução de redes de distribuição e até mesmo de adutoras, visto que existem métodos de perfuração direcional que atende tecnicamente a esta demanda.

## 6 REFERÊNCIAS

ABRATT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA NÃO DESTRUTIVA. **Diretrizes dos métodos não destrutivos**, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12266: **Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana – procedimento**. Rio de Janeiro, 1992.

AZAMBUJA, A. R. **Pavimento Asfáltico: Análise de patologias na repavimentação de trechos devido a redes de esgoto sanitário**. Dissertação (Mestrado em Engenharia), 2009. Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do rio Grande do Sul, Porto Alegre. 85 p.

BENNETT, D.; ARIARATNAM, S.; COMO, C. **Horizontal directional drilling: Good practices guidelines**. Arlington: HDD Consortium, 2004.

DEZOTTI, M. **Análise da utilização de métodos não-destrutivos como alternativa para redução dos custos sociais gerados pela instalação, manutenção e substituição de infra-estruturas urbanas subterrâneas**. Dissertação. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

DRÖSEMAYER, A. **Contribuição ao estudo da execução de túneis em “pipe jacking”**. 173 p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2004.

INFRAESTRUTURA URBANA. **Urbanização de assentamentos**. São Paulo: PINI, n. 27, jun. 2013.

INTERNATIONAL SOCIETY FOR TRENCHLESS TECHNOLOGY. **ISTT: Impact moling and ramming**. Trenchless technologies information centre, 2 ed. 2006.

ISTT – **Close-fit slip lining**. Disponível em: <http://www.istt.com/guidelines/close-fit-slip-lining>. Acesso em: 11 de abril de 2015.

NAJAFI, M. **Trenchless technology piping: Installation and inspection**. 1<sup>a</sup> ed. New York: McGraw-Hill Professional, 2010.

SUZUKI, C. Y. et al. **Aplicação de método não destrutivo do tipo pipebursting para substituição de linha de recalque de esgoto sanitário - Estudo de caso da Estação Elevatória de esgoto Riviera.** Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo, 2010.