

LUCAS HENRIQUE PEREIRA DE SOUZA

COMPARATIVO DE CUSTO DE LIGAÇÕES DE ÁGUA PELOS MÉTODOS
DESTRUTIVO E NÃO DESTRUTIVO: Estudo para a cidade de Miracema– TO

PALMAS – TO
2019

LUCAS HENRIQUE PEREIRA DE SOUZA
COMPARATIVO DE CUSTO DE LIGAÇÕES DE ÁGUA PELOS MÉTODOS
DESTRUTIVO E NÃO DESTRUTIVO: Estudo para a cidade de Miracema– TO

Monografia elaborada e apresentada como requisito parcial para aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso (TCC II) do curso de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Me. Dênis Cardoso Parente

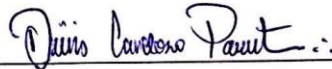
LUCAS HENRIQUE PEREIRA DE SOUZA
COMPARATIVO DE CUSTO DE LIGAÇÕES DE ÁGUA PELOS MÉTODOS
DESTRUTIVO E NÃO DESTRUTIVO: Estudo para a cidade de Miracema- TO

Monografia elaborada e apresentada na disciplina de TCC II como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

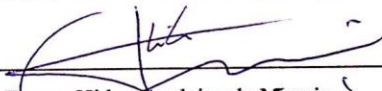
Orientador: Prof. Me. Dênis Cardoso Parente

Aprovada em 30/05/2019

BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. Dênis Cardoso Parente
(Orientador)
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Espec. Hider Cordeiro de Morais
(Avaliador)

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Espec. Euzir Pinto Chagas
(Avaliador)

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO
2019

RESUMO

SOUZA, Luca Henrique Pereira de. **Comparativo de custo de ligações de água pelos métodos destrutivo e não destrutivo: estudo para a cidade de Miracema- TO.** 2019. 50f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2019.

Na área da construção civil a tomada de decisões pelos profissionais atuantes quanto aos métodos de execução de serviços tem sido indispensável, devido a necessidade de adequação de custo e preservação ambiental. As obras de saneamento, em particular as possíveis ligações de água tratada na cidade de Miracema-TO, são objetos de estudos desta pesquisa. O desenvolvimento deste trabalho tem como base acompanhamento das obras e na elaboração de planilhas orçamentarias com custos referentes ao método convencional (método destrutivo) já disseminado e ao método não destrutivo de implantação de ramais de ligações na cidade. Buscou-se através dos dados levantados identificar dentre as práticas adotadas para as ligações de água, os serviços necessários praticado pela concessionaria local de acordo com os métodos utilizados, priorizando os com maior relevância técnica e financeira, bem como as condições de execução e desempenho das obras. Nota-se que os custos das ligações estão correlacionados ao comprimento do ramal, principalmente no método usual e as condições de pavimentos e passeios, conforme dados levantados in loco e em planta de cadastro de redes de abastecimento.

Palavras-chave: Ligação de água. Método destrutivo. Método não destrutivo.

ABSTRACT

SOUZA, Luca Henrique Pereira de. **Comparative cost of water connections by destructive and non-destructive methods: study for the city of Miracema-TO.** 2019. 50f. Course Completion Work (Undergraduate) - Civil Engineering Course, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas / TO, 2019.

In the area of construction, decision-making by practicing professionals regarding the methods of execution of services has been indispensable, due to the necessity of cost adaptation and environmental preservation. The works of sanitation, in particular the possible connections of treated water in the city of Miracema-TO, are object of studies of this research. The development of this work is based on the monitoring of the works and the elaboration of budget spreadsheets with costs related to the conventional method (destructive method) already disseminated and to the non-destructive method of implantation of extensions of connections in the city. It was sought through the data collected to identify among the practices adopted for water connections, the necessary services practiced by the local concessionaire according to the methods used, prioritizing those with greater technical and financial relevance, as well as the conditions of execution and performance of the construction. Note that the costs of the connections are correlated to the length of the branch, mainly in the usual method and the conditions of pavements and walks, according to data collected in loco and in cadaster of supply networks.

Keywords: Connection of water. Destructive method. Non-destructive method.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Método Sliplining.	13
Figura 2 - Método Clossé-fit lining.	14
Figura 3 - Método Spray lining.	14
Figura 4 - Método Crued-in-place Piper.....	15
Figura 5 - Método Substituição de Tubulações por Arrebentamento por percussão (Dinâmico) com Guincho Hidráulico.	17
Figura 6 - Substituição de Tubulações por Arrebentamento com Sistema Hidráulico (Estático).....	18
Figura 7 - Perfuração por Percussão (Impact moling).....	19
Figura 8 - Método de Cravação de Tubos (Pipe Ramming).....	20
Figura 9 - Perfuração Direcional & Guiada (HDD).	21
Figura 10 - Cravação de Tubos e Micro Túneis.	22
Figura 11 - Perfil transversal de uma via pública e os possíveis posicionamentos da rede de distribuição de água.	24
Figura 12 - Corte de execução do método não destrutivo.	30
Figura 13 - Custo de serviços para execução de ramais de ligação pelo método destrutivo....	33
Figura 14 - Quantidade de trechos levantados, por faixa de comprimento.	34
Figura 15 - Execução de ramal de ligação pelo método destrutivo.....	36
Figura 16 - Execução de ramal de ligação pelo método não destrutivo.	36
Figura 17 - Custos referentes à parte civil e hidráulica dos ramais executados pelo método destrutivo.	39
Figura 18 - Custos referentes à parte civil e hidráulica dos ramais executados pelo método não destrutivo.	40
Figura 19 - Custo por unidade de ligação para a cidade de Miracema.....	41
Figura 20 - Custo por unidade de ligação executada em trechos sem pavimento e passeio. ...	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Métodos para a criação de furos horizontais.	11
Tabela 2 - Principais características dos métodos de reparo localizado.	16
Tabela 3 - Empolamento em função do tipo do material escavado.	29
Tabela 4 - Ligações em trechos pavimentados e com passeio e para ligações em trechos naturais.	31
Tabela 5 - Custo de serviços para execução de ramais de ligação pelo método destrutivo.	33
Tabela 6 - Característica percentual de pavimento e passeio de Miracema - TO.	35
Tabela 7 - Orçamento analítico de ligação executada pelo método destrutivo.	38
Tabela 8 - Orçamento analítico de ligação executada pelo método destrutivo.	39
Tabela 10 - Custo por grupo de serviços para ramais de até 4,0m.	40

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	PROBLEMÁTICA.....	8
1.2	HIPÓTESES	Erro! Indicador não definido.
1.3	JUSTIFICATIVA	8
1.4	OBJETIVOS	8
1.4.1	Objetivo geral:	8
1.4.2	Objetivos específicos:.....	8
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	9
2.1	MÉTODOS CONSTRUTIVOS	9
2.1.1	Método destrutivo (Escavação por valas a céu aberto).....	9
2.1.2	Método não destrutivo (MND)	10
2.1.3	Visão geral método não destrutivo (MND)	11
2.1.4	Reparo e reforma	12
2.1.5	Substituição	17
2.1.6	Instalação de Novas Redes	18
2.2	ORÇAMENTO DAS OBRAS DE EXTENSÃO DE RAMAL	22
2.2.1	Custos de implantação de redes e ramais de abastecimento	23
3	METODOLOGIA	26
3.1	QUANTITATIVOS E METODOS DE DISTRIBUIÇÃO PARA LIGAÇÃO DE ÁGUA METODO DESTRUTIVOS	26
3.2	QUANTITATIVOS E MÉTODOS DE DISTRIBUIÇÃO PARA LIGAÇÃO DE ÁGUA MÉTODO NÃO DESTRUTIVO.....	30
3.3	PROPOSTA COMPARATIVA DE CUSTOS.....	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	32
4.1	CARACTERÍSTICAS DOS TRECHOS DE EXECUÇÃO.....	32
4.2	ANÁLISE TÉCNICA.....	33
4.3	QUANTITATIVO E CUSTO PARA EXECUÇÃO DOS RAMAIS	35
4.4	CUSTO POR UNIDADE DE LIGAÇÃO	41
5	CONCLUSÃO	43
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

1 INTRODUÇÃO

Obras subterrâneas geram uma série de transtornos devido suas características, o sistema de abastecimento de água não é diferente, surgindo assim a necessidade dos profissionais atuantes da área de recursos hídricos e saneamento desenvolverem métodos que tragam ganhos econômicos e ambientais.

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 e os problemas tendem a ser mais frequentes e prejudiciais no primeiro caso, haja vista que envolvem inconvenientes, como corte e reposição de pavimentos e passeios. Observa-se, na execução dessas redes, a degradação dos pavimentos, em virtude principalmente das falhas na intervenção e reposição dos trechos abertos (DEZOTTI, 2008).

Segundo Parente (2016), a implantação das redes e ramais de ligação de água acaba ocorrendo após a execução da pavimentação e dos passeios, ou mesmo as manutenções e substituições de trechos. Com a aberturas de valas uma variedade de serviços deve ser apropriada e medida, gerando assim custos de recuperação, podendo até comprometer sua função estrutural e funcional.

A principal origem das perdas físicas de água em um sistema público de abastecimento está nas redes distribuidoras e nos ramais prediais. As redes distribuidoras apresentam as maiores dificuldades operacionais do sistema de abastecimento, justamente por serem obras enterradas e estarem espalhadas por grandes áreas urbanas (ALMEIDA, 2002).

Novas tecnologias, como o método não destrutivo de abertura de travessias (MND), têm sido adotadas na execução de trechos de redes, ramais de ligações, substituições e desobstruções de redes. O referido 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 (MASSARA; FAGÁ; UDAETA, 2007).

Tal método é de suma importância para instalações industriais sob a superfície, sendo empregado nas distribuições de água, energia e gás, a mesma pode ser guiada desviando de obstáculos com um prévio mapeamento do terreno (ABBATE, 2004).

Segundo a Associação Brasileira de Tecnologia Não Destrutiva (2007), os métodos de escavação não destrutivo (MND) são divididos em três categorias: reparo e reforma; substituição in loco; e instalações de novas redes.

Carvalho (2013) afirma que centros mais urbanizados já dispõem de um maior número de empresas especializadas na execução de perfurações direcionais não destrutivas mais

elaboradas visando a diminuição de retrabalhos, conseqüentemente menor custo global de obra se comparado ao método destrutivo com abertura de valas.

1.1 PROBLEMÁTICA

Quais os fatores que influenciam os custos, para a contribuição da tomada de decisões na execução, quanto aos potenciais métodos de ligação de água tratada, na cidade de Miracema – TO?

1.2 JUSTIFICATIVA

O estudo proposto destaca-se como elemento de subsídio para a tomada de decisões das concessionárias quanto as vantagens e diferenças de custos, dos métodos de ligação de água destrutivos e não destrutivos, visando a redução de transtornos, priorizando a qualidade e aceitação do serviço a ser prestado, trazendo uma visão estratégica de toda estrutura organizacional da obra a ser executada, tendo como base de referencia a cidade de Miracema –TO.

Já que em vista o sucesso é baseado no aprendizado, conhecimento do meio, as necessidades do local a ser executada a obra, e domínio dos métodos a ser executados, deve-se fazer levantamentos precisos e investigações de campo para a melhor escolha e melhor uso de cada um dos métodos a ser executados.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral:

Comparar custos de implantação de ligações potenciais de água tratada pelos métodos destrutivos e não destrutivos para a cidade de Miracema – TO.

1.3.2 Objetivos específicos:

Analisar os métodos destrutivos e não destrutivos utilizados para instalação de ramais de ligação de água;

Quantificar serviços e elaborar orçamento de ambos os métodos com custos unitários da concessionária de abastecimento local;

Comparar os custos de ramais de ligações para a variedade de comprimentos, características de passeio e pavimento de Miracema –TO.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MÉTODOS CONSTRUTIVOS

Segundo (Dezotti 2008), existem diversos métodos para a instalação, recuperação, substituição e reparos de infraestruturas urbanas subterrâneas, a seleção do melhor método a ser utilizado depende das condições específicas de cada projeto, tais como:

- Característica do solo
- Diâmetro da tubulação
- Precisão requerida
- Prazo de execução
- Disponibilidade (local do método construtivo)
- Método com melhor economia de implantação

As técnicas construtivas para a implantação e recuperação de tubulação são divididas em dois grupos: métodos de abertura de trincheiras e métodos não destrutivos (MND).

Parente e Silva (2016) afirmam que o custo da ligação está diretamente ligado ao comprimento do ramal e às condições das vias de passeios. Vias pavimentadas e passeios calçados, associados a maiores comprimentos de ramais, resultam em maiores movimentações de terra, mais corte e recomposição de asfalto e calçadas, implica maior custo por unidade de ligação.

Por outro lado, as utilizações de ramais mais curtos, em trechos sem pavimentação e sem calçadas, podem não ser viável a utilização do método não destrutivo nas ligações, em razão da suspensão dos serviços com maior representatividade de custo, o corte e recomposição de pavimentos e passeio (PARENTE E SILVA 2016).

Em seguida cada um dos referentes métodos em potenciais para ligação de água potável, serão descritos com maior clareza.

2.1.1 Método destrutivo (Escavação por valas a céu aberto)

O método de trincheiras é considerado o método tradicional para instalação de tubulações subterrâneas, este método envolve escavação sobre toda a extensão do local a qual será executada a instalação, reparo ou substituição das tubulações.

Necessitando então de escoramento, construção de fundação, colocar a tubulação na trincheira, e preencher a vala novamente e realizar as operações de compactação (NAJAF et al. 2005).

Os métodos de trincheiras apresentam pouco desenvolvimento tecnológico, sendo os principais equipamentos utilizados na execução dos serviços: retroescavadeiras, escavadeiras, pás carregadeiras, compactadores, máquina de corte de pavimento, caminhões e valadoras, sendo esta a última a mais atual inovação tecnologia do setor (DEZOTTI, 2008).

De acordo com Najaf et al. (2005), na maioria das vezes com a utilização dos métodos destrutivos, a energia gasta na construção fica concentrada em atividades secundárias como: desvio de estrada, gerenciamento do fluxo de tráfego, escavação e escoramento da vala, bombeamento da vala, reaterro e compactação, by-pass com sistema de bombeamento e restauração da superfície. Sendo que apenas uma pequena porcentagem da energia gasta é efetivamente focada no produto que é a instalação do tubo em si. Em alguns casos, o conjunto das atividades de reaterro, compactação e reintegração do pavimento podem chegar a 70% do custo total do projeto.

Mesmo sendo o método mais utilizado e tradicional para instalação de tubulações subterrâneas, não quer dizer que seja a melhor opção de escolha, pois dependendo do ambiente em que o método for aplicado os gastos com reparos de pavimentos e calçadas podem elevar os preços de execução. Para a execução de abertura de valas deve-se seguir a seguinte norma:

- NBR 12266 (ABNT, 1992) – Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana;

2.1.2 Método não destrutivo (MND)

Os métodos não destrutivos podem ser utilizados para instalação e utilidades subterrâneas, empregam máquinas especiais que perfuram o subsolo horizontalmente, entre dois poços de acesso, onde serão passadas as tubulações. Desta forma, não é necessário rasgar a extensão do piso por onde passará a instalação.

Esse método é extremamente útil quando da travessia de vias de grande tráfego, uma vez que o trânsito de veículos não será prejudicado pelas obras. A execução por este processo também evita a reposição do pavimento por abertura de valas, reposição esta que nem sempre é igual a situação original do pavimento.

Segundo Ali, Zayed e Hegab (2007) estimar a produtividade dos métodos não destrutivos TT, podem ser divididos em duas etapas principais:

- Avaliar efeito de fatores subjetivos na produtividade
- Calcular a produtividade considerando os fatores quantitativos, tais como a duração de atividades, as quantidades, e as tachas de trabalho.

Para fazer um julgamento sensato sobre o melhor método para escolher, os tomadores de decisão precisam ter uma boa compreensão da construção e os custos de restabelecimentos (direto) e os custos de interrupção (indiretos), uma vez que estes custos foram estabelecidos, o método mais rentável considerando os custos diretos e indiretos, pode ser determinado. (TIGHE et al. 1999)

2.1.3 Visão geral método não destrutivo (MND)

J and C (1992) cita que a tecnologia sem vala é usada para descrever uma ampla variedade de tecnologias, processo e técnica para a criação de buracos ou renovação de condutos, sem perturbar a superfície. Métodos não destrutivos é utilizado para colocação de novas tubulação, cabo ou conduíte no solo entre dois pontos, definidos, sem a necessidade de valas a céu aberto, contínua escavação entre os pontos, para a renovação, substituição e implantação.

Tais métodos já estão disponíveis para produzir orifícios que variam de tamanhos tão pequenos como algumas polegadas (2 a 12 polegadas ou 50mm a 300mm), ou maior que 36 polegadas ou 900m, dependendo da necessidade da aplicação.

Na tabela 1 a seguir, está descrito os três métodos gerais para criar um orifício abaixo da superfície, apresentando também as principais técnicas para a criação de furos horizontais.

Método	Técnica
Compressão	Perfuração impulsão de escavação
	Perfuração impacto chato (sondagem)
Percussão	Martelos de rocha (cinzelador)
Corte (raspar, moagem ou corroer)	Perfuração por broca
	Perfuração rotativa
	Perfuração (ou corte) por jato de água
	Perfuração molhada

Tabela 1 - Métodos para a criação de furos horizontais.

Fonte: Adaptado pelo autor, (2019).

De acordo com Drosemyer (2004), o método não destrutivo apresenta várias vantagens, tais como:

- Redução da perturbação no tráfego;
- Possibilidade de adoção de caminhos pré-determinados providos ou não pela tubulação existente;

- Requer menor espaço de implantação subterrânea, minimizando assim o risco do encontro com outras tubulações existentes no local;
- Possibilita a oportunidade de aumento de diâmetro ou substituição da tubulação;
- Apresenta uma área de trabalho reduzida favorecendo a segurança aos trabalhadores e usuários da via;
- Eliminam a necessidade de limpeza de dejetos deixado pela abertura de valas causando danos ao pavimento e a outras tubulações.

J and C 1992 afirmam que o método é utilizado nos EUA, nas instalações de serviços públicos subterrâneos e que passou por três fases de desenvolvimento no passado e agora estão entrando em uma quarta. A primeira fase que adveio em 200 anos em algumas cidades, com instalação de plantas básicas de serviços públicos urbanos.

Na segunda fase ocorreu com o crescimento explosivo das áreas urbanas, principalmente na década pós-guerra mundial, já na terceira fase começou em metade dos anos 1960 e continuou até o final de 1970, foi instituída para expandir redes já existentes.

As quilometragens aproximadas das redes existentes nos EUA em 1989 são as seguintes:

- Eletricidade: 370.000 milhas (595.330 km) de cabos de distribuição subterrâneas;
- Gás natural: 900.000 milhas (1.444,100 km) de redes de distribuição e 600.000 milhas (965.400 km) de serviços de distribuição;
- Esgotos: 600.000 milhas (965.400 km) de esgoto coletor e 600.000 conexões laterais.
- Água: 450.000 milhas (724.050 km) do tubo de distribuição

2.1.4 Reparo e reforma

Esta categoria está compreende os métodos de restauração e integridade de estruturas subterrâneas que possuem tubulação defeituosas, como objetivo de prolongamento da vida útil da infraestrutura, os métodos envolvidos neste quesito são os seguintes (ABRATT, 2007).

2.1.4.1 Revestimento por inserção de novo tubo (Sliplining):

Este método é utilizado principalmente nas aplicações estruturais, quando a tubulação existente não possui junções justapostas ou está desalinhada, embora na teoria qualquer

material possa ser usado para a rede nova, na prática o Pleno de Alta Densidade (PEAD) é a escolha mais comum. Por ser resistente a abrasão e suficientemente flexível para passar por curvas apertadas durante a instalação (ABRATT, 2007).

Considerada a técnica mais simples de substituição de redes, cujas as dimensões não permitem a entrada de pessoas, consiste em puxar e empurrar a nova tubulação para dentro da existente. Com essa técnica é possível obter uma rede tão boa quanto uma nova, mas há uma redução de diâmetro significativa, pode ser utilizada em redes de gás, água potável e industriais.

Na figura 1, é possível ver claramente como acontece o processo de revestimento por inserção de novo tubo (*Sliplining*).

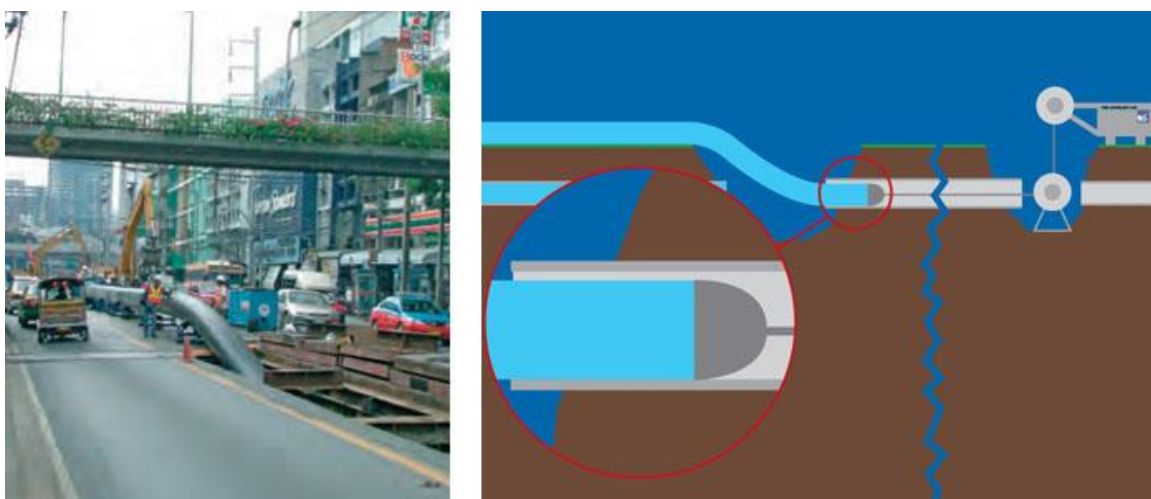


Figura 1 - Método Sliplining.
Fonte: SABESP (2019)

2.1.4.2 Revestimento por inserção apertada de tubulação deformada (*closse-fit lining*):

Segundo Dezotti 2008, neste método é realizada uma redução temporária da área da seção transversal do tubo, antes de ser inserido na tubulação existente, após a inserção o tubo é expandido para a sua forma e tamanho original, promovendo sua justaposição ao tubo existente. Na técnica de dobra e reco-formação os tubos são soldados e mecanicamente dobrados no local de trabalho, antes da sua inserção.

Uma vez inserido, o tubo é aquecido por uma ferramenta de ar quente que ativa a memória dimensional do material e faz com que volte as dimensões em que foi executado, o material expande até conseguir um juste apartamento, moldando-se as dimensões da rede existente (ABRATT, 2007).

A figura 2 detalha o método *close-fit lining*, através da imagem é possível evidenciar a diferença com o método anterior.

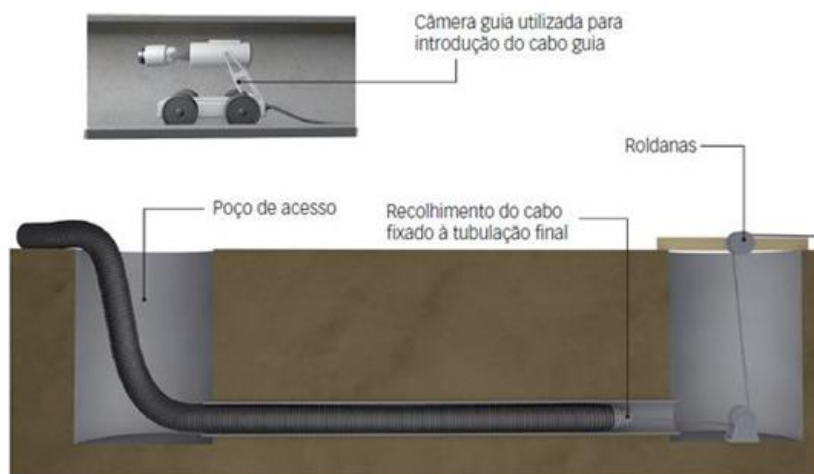


Figura 2 - Método Close-fit lining.
Fonte: BENASSI SRL - Infrastructure Technologies. (2018)

2.1.4.3 Revestimento por aspersão (*Spray lining*):

No seguinte método o revestimento é aplicado para a reabilitação de tubulação antiga, e para proteção de novas redes subterrâneas, prolongando o aumento da vida útil das mesmas. Nas tubulações onde não há possibilidade de entrada de pessoas, os revestimentos promovem melhorias nas características hidráulicas, fornecendo resistência contra corrosão, no caso de tubulações metálicas (DEZOITTI, 2008).

A figura 3 mostra o revestimento por aspersão, (*Spray lining*). A imagem trás detalhes da execução do método.



Figura 3 - Método Spray lining.
Fonte: ABRATT, 2007.

2.1.4.4 Revestimento por inserção com cura *in loco* (*Crued-in-place Piper*):

Trata-se de uma técnica polivalente, podendo ser empregada tanto para fins estruturais, quanto para não estruturais. O CIPP pode ser utilizado para reabilitação de tubulações principais, ramais e para reparos pontuais.

O CIPP envolve a introdução de um tubo de feltro saturado de resina feito de fibra de vidro é invertido ou puxado para dentro de um tubo danificado, tornando-se um método potencialmente mais econômico e menos destrutivo do que os métodos tradicionais de "reparação e remoção de tubulações". (DEZOITTI, 2008).

O revestimento pode ser invertido usando a pressão do ar, o vapor é usado para curar a resina e formar um tubo de substituição ajustável, sem juntas e resistente à corrosão. As laterais de serviço são restauradas internamente com dispositivos de corte controlados por robotização no tubo de maior diâmetro (NAJAFI, 2004).

Diâmetros menores (100mm) podem ser abertos de forma remota, no entanto, eles geralmente são reintegrados por escavação. A figura 4 demonstra como é executado o (*Crued-in-place Piper*).

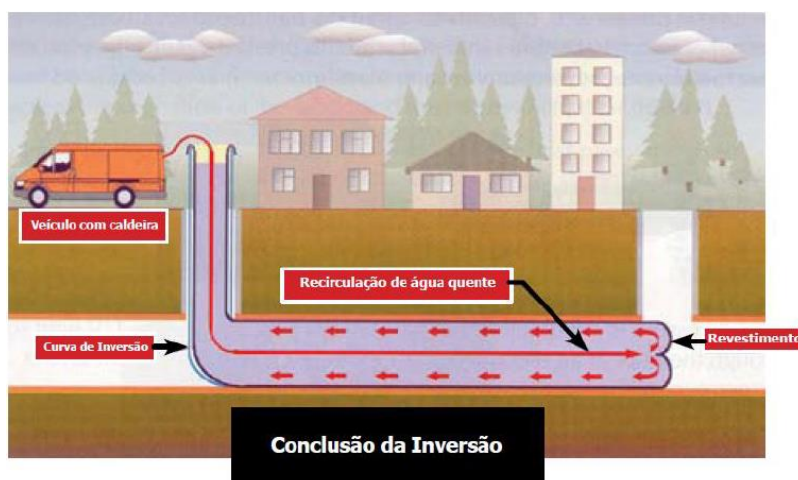


Figura 4 - Método Crued-in-place Piper.

Fonte: ABRATT, 2007.

2.1.4.5 Reparos e vedações localizados:

O método de reparo localizado é aplicado de maneira pontual revitalizando algum ponto que esteja com defeito, como trincas, tubos quebrados, intrusão de raízes, infiltração e vazamentos, algumas das técnicas empregadas nesse sistema fora desenvolvida para tubulações de esgoto e outras para o selamento de juntas nas tubulações sobre pressão (DEZOTTI, 2008).

Para que se inicie a reparação de pontos defeituosos da rede a mesma deve estar limpa, com ausência de entulhos ou materiais os quais impeçam a execução do reparo, deve-se levar

em consideração o estado de degradação da mesma, caso a rede esteja comprometida em mais que 25% de sua extensão total deve-se avaliar se realmente é interessante a recupera com reparos pontuais ou tomar uma atitude mais drástica e partir para algum método de intervenção citada acima (ABRATT, 2007).

Na tabela 2 a seguir é apresentado os diferentes métodos empregados no reparo localizado, bem como os materiais utilizados e aplicações de cada um.

Métodos	Diâmetros	Material	Aplicações
Reparo por robô	200-760	Resina epóxi, cimento acrílico.	Tubulação sob gravidade.
Grauteamento	-	Grautes químicos, grautes de base cimentícia.	Qualquer tipo de tubulação.
Selagem interna	150-2794	Mantas especiais	Qualquer tipo de tubulação
CIIP	100-1200	Fibra de vidro, poliéster etc.	Tubulação sobre gravidade.

Tabela 2 - Principais características dos métodos de reparo localizado.
Fonte: DEZOTTI, 2008.

2.1.4.6 Recuperação de tubos de grande diâmetro e de Poços de acesso

As técnicas de recuperação de redes de poços de visita de tubulações de maiores diâmetros são as mais antigas formas de métodos não destrutivos, os processos de recuperação das mesmas devem ser usados não só nas redes, como também nos poços de visitas.

Não há sentido na vedação das redes contra infiltração do lençol freático e a extravasão de esgotos se os poços de visitas existem vazamentos. A vedação de uma rede contra infiltração do lençol freático poderá aumentar a pressão externa e a infiltração dos poços de visitas, de modo que a recuperação desses poços possa ser vista como parte integrante do processo (ABRATT, 2007).

2.1.5 Substituição

A rede que possui a capacidade inadequada ou cuja sua situação estrutural não permita recuperação, em muitas vezes podem ser trocadas sem escavação, usando o sistema de substituição por arrebentamento in situ ou direta. O método de substituição é dividido em:

2.1.5.1 Substituição de Tubulações por Arrebentamento por percussão (Dinâmico) com Guincho Hidráulico:

Eles podem ser usados diversos tipos de ferramentas pneumáticas para arrebatamento da tubulação, em que a tubulação a ser substituída é quebrada pelo equipamento que atua com uma espécie de martelo percussivo acoplado à ferramenta de quebra/corte.

O deslocamento da ferramenta e o controle da força de ataque são auxiliados pelo uso de um guincho de arraste. Por conta dos efeitos da força da percussão, a distância para outras tubulações próximas ao procedimento deve ser de duas a três vezes o diâmetro do tubo a ser substituído (ROSAS,2008).

O arrebentamento dos tubos com equipamentos pneumáticos se baseia num mecanismo de fratura por percussão, voltada para materiais quebradiços como ferro fundido, ferro extrudado, materiais de cerâmica e concreto não armado (ABRATT, 2007). Na imagem 5 é possível ver detalhadamente Método Substituição de Tubulações por Arrebentamento por percussão (Dinâmico) com Guincho Hidráulico.

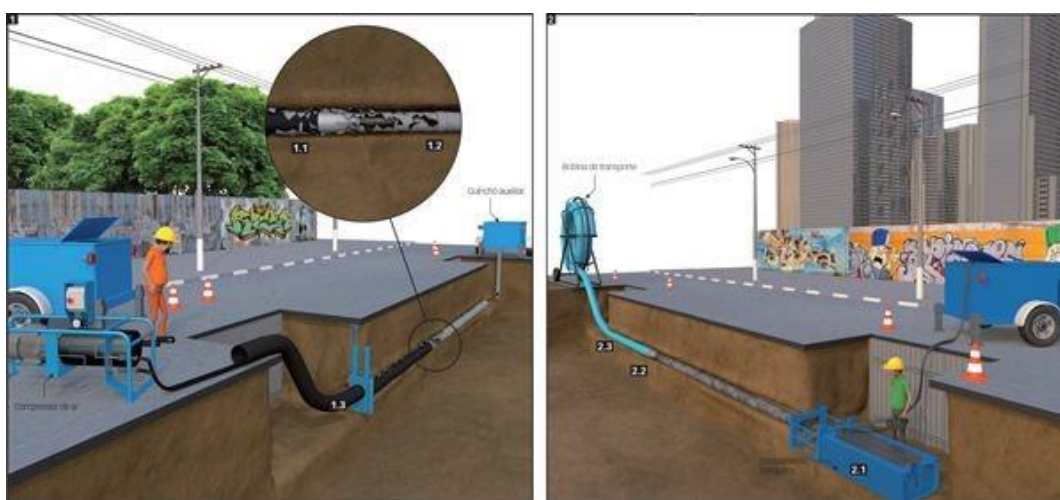


Figura 5 - Método Substituição de Tubulações por Arrebentamento por percussão (Dinâmico) com Guincho Hidráulico.

Fonte: Revista De Infraestrutura Urbana,2018.

2.1.5.2 Substituição de Tubulações por Arrebetamento com Sistema Hidráulico (Estático):

Nesta técnica, a força hidráulica do equipamento é transmitida à ferramenta de quebra/corte por um conjunto de hastes especiais. Tanto a ferramenta de quebra/corte quanto a tubulação a ser instalada são puxadas diretamente da bobina de transporte. Por não utilizar força percussiva, não é necessárias preocupações especiais com redes adjacentes (ROSAS, 2008).

Durante a operação as barras de tração são inseridas inicialmente na tubulação antiga até a vala jusante, a cabeça de corte com facas cônicas ou roletes de cortes, é conectada à coluna de barras juntamente com o expensor. Os cilindros hidráulicos que atuam sobre a coluna de barras puxando o conjunto, quebrando a rede antiga, trazendo conjuntamente a cabeça de corte, o expensor e a tubulação nova em direção a montante armado (ABRATT, 2007).

A figura 6 trás Substituição de Tubulações por Arrebetamento com Sistema Hidráulico (Estático).

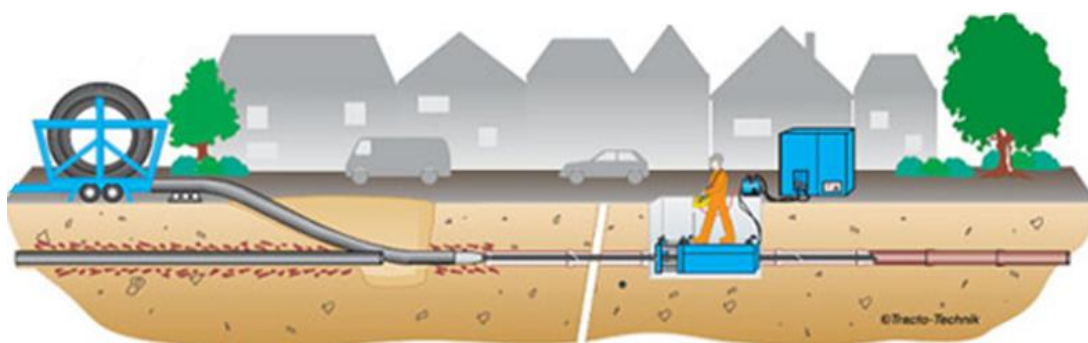


Figura 6 - Substituição de Tubulações por Arrebetamento com Sistema Hidráulico (Estático).
Fonte: SONDEQ (2018).

2.1.6 Instalação de Novas Redes

Os métodos não destrutivos de instalação de novas redes subterrâneas, não há necessidade de abertura de trincheiras ao longo do seu trajeto, na instalação direta da tubulação ou duto na vala escavada. Para a execução de tais redes compreendem os procedimentos existentes a seguir:

2.1.6.1 Perfuração por Percussão (Impact moling):

As perfurações por percussão oferecem soluções para uma grande variedade de problemas de instalação, particularmente em distancias curtas, é definida como a criação de um furo pelo o uso de ferramenta que compreendem um martelo de percussão, geralmente

com a forma de torpedo, colocada dentro de uma carcaça cilíndrica adequada (ABRATT, 2007).

O seu mecanismo básico é a ação alternativa do martelo de acionamento hidráulico ou pneumático dentro da carcaça cilíndrica de aço, o pistão é acionado para frente e ao bater na extremidade dianteira da unidade, transfere a energia cinética para a carcaça que avança. A energia para o ciclo de retorno do pistão é regulada de modo a posicioná-lo para o próximo impacto (ABRATT, 2007).

São frequentemente usadas para instalar tubos de serviço de água e gás para propriedades de uma câmara de acesso ou escavação em uma rodovia, por exemplo, tornando a travessia da estrada, possível sem cavar uma trincheira através da estrada. Os cabos também podem ser instalados desta maneira com ou sem condutas, embora o fornecimento de uma conduta seja geralmente considerado como um método mais seguro de instalação e proteção de cabos.

A figura 7 detalha a Perfuração por Percussão, mais conhecida como *Impact moling*, que é basicamente a ação alternativa do martelo de acionamento hidráulico.

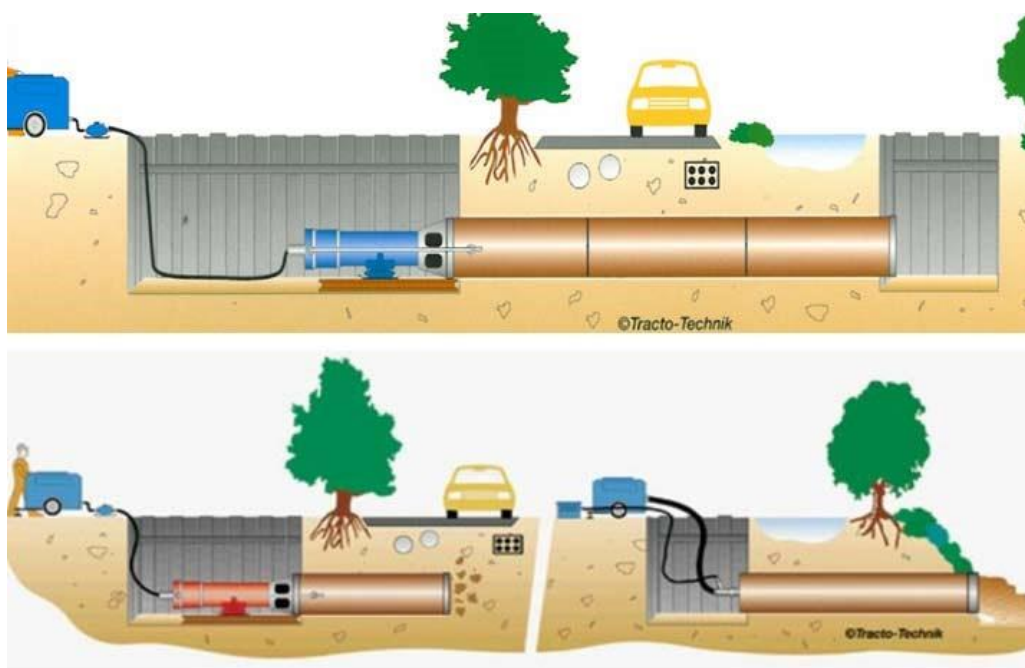


Figura 7 - Perfuração por Percussão (Impact moling).
FONTE: Trenchless Technology Pages (2017)

2.1.6.2 Cravação de Tubos (Pipe Ramming):

A cravação de tubos é um sistema não direcionável que formam furos através do avanço de um tubo de aço, normalmente com extremidade aberta, usando um martelo de

percussão instalado no poço de entrada, o solo escavado poderá ser removido por transportador de rosca (ABRATT, 2007).

Uma vez que o solo está contido, a ameaça de assentamento no solo é minimizada, de modo que a tecnologia pode ser usada para a construção de tubulações de profundidade superficial e condições de terra pobres, como areia, areias e cascalhos etc.

O Pipe Ramming é usado para a instalação de tubos de aço, linhas ferroviárias e outras estruturas usando máquinas de derivação de tubos pneumáticas. A figura 8, exemplifica o método de cravação de tubos *Pipe ramming*.

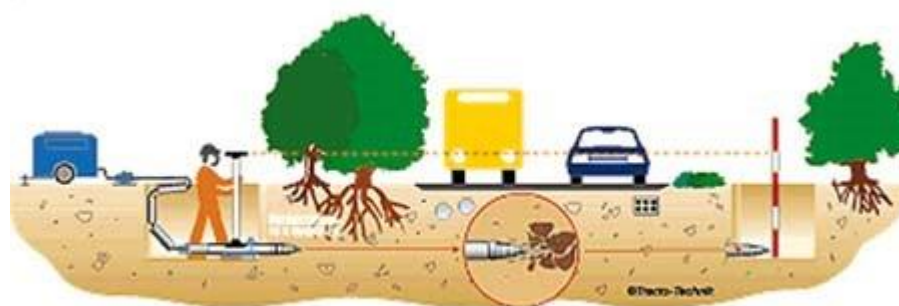


Figura 8 - Método de Cravação de Tubos (Pipe Ramming).
Fonte: Trenchless Technology Pages (2019).

2.1.6.3 Perfuração Direcional & Guiada (HDD):

A tecnologia de perfuração guiada e perfuração direcional (HDD) são usadas na instalação por método não destrutivo de novas redes, dutos e cabos (ABRATT, 2007).

Estes métodos são chamados assim, devido a sua habilidade de informar a localização da cabeça de perfuração e de guiá-la durante o processo de perfuração (NARJAFI & GOKHALE, 2005).

A direção da perfuração também pode ser ajustada em qualquer etapa do serviço para contornar obstáculos, passar sob rodovias, rios ou ferrovias (AS TÉCNICAS DE PERFURAÇÃO NÃO DESTRUTIVAS E COMO CONTRATÁ-LAS, 2013).

A figura 9, mostra os 2 estágios da perfuração direcional, de maneira detalhada como é executada.

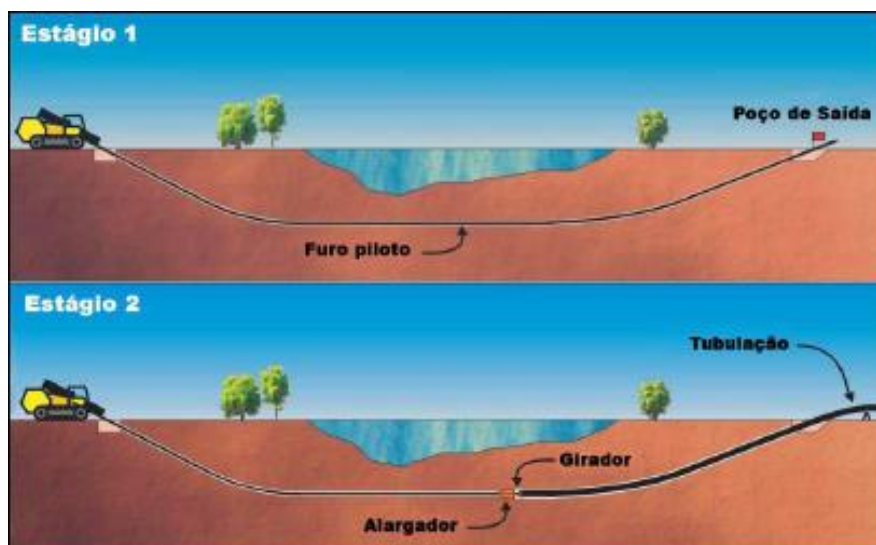


Figura 9 - Perfuração Direcional & Guiada (HDD).
 Fonte: Bemett, Ariartnam (2004).

2.1.6.4 Cravação de Tubos e Micro túneis:

A tecnologia de cravação de tubos e execução de micro túneis são essencialmente da mesma família das técnicas de instalação de tubulações, usadas para a instalação de tubos de 150mm ou mais (ABRATT, 2007).

A cravação pode ser definida como um sistema de instalação direta de tubos posicionados atrás de uma máquina de escavação, os tubos são empurrados por um sistema de pistões hidráulicos situados no poço de entrada, de modo a formar uma linha contínua sobre o solo (AS TÉCNICAS DE PERFURAÇÃO NÃO DESTRUTIVAS E COMO CONTRATÁ-LAS, 2013).

Já as técnicas de microtúneis são definidas como a escavação por uma máquina direcionável com controle remoto, para lançamento de tubos de pequeno diâmetro por pistões hidráulicos, sem possibilidade de acesso humano. Tanto a cravação de tubos, quanto a execução de microtúneis são adequadas em situações a qual a rede tem que atender a critérios rígidos de alinhamento e nível (AS TÉCNICAS DE PERFURAÇÃO NÃO DESTRUTIVAS E COMO CONTRATÁ-LAS, 2013).

A figura 10 é um exemplo de cravação de tubos e microtuneis, demonstrando desde o princípio da execução.

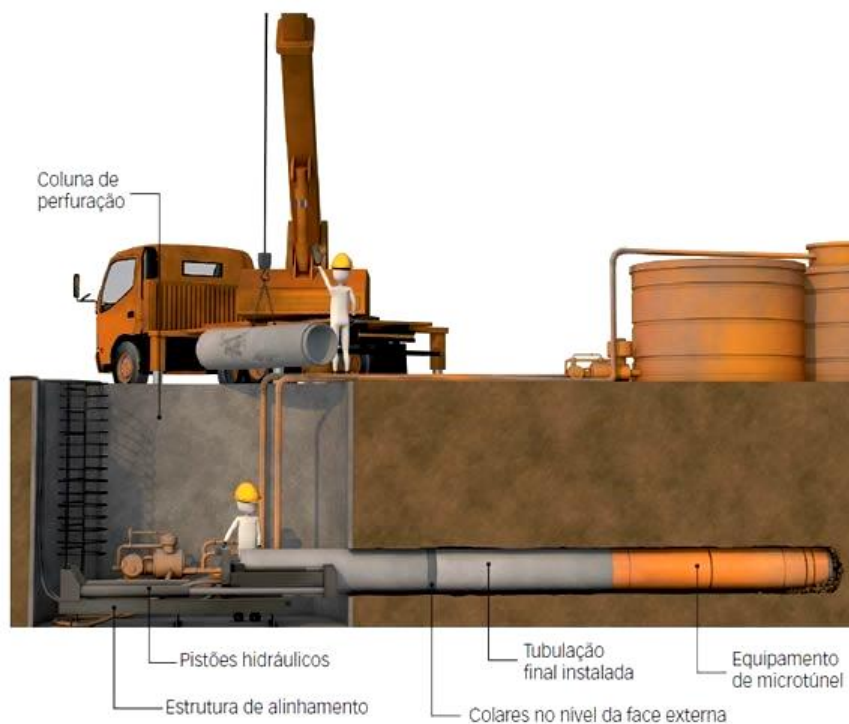


Figura 10 - Cravação de Tubos e Micro Túneis.
 Fonte: Revista De Infraestrutura Urbana ,(2017)

2.2 ORÇAMENTO DAS OBRAS DE EXTENSÃO DE RAMAL

Segundo Fernando et al. 2011, quando se fala em custo de obra, se fala exatamente de orçamento e planejamento de obra. O setor de construção civil é conhecido por ter uma baixa produtividade de serviço e um alto índice de desperdício de materiais se comparado a outros ramos industriais. O grande desafio que as novas empresas encontraram para que seu resultado fosse similar ou melhor que o projetado no lançamento do empreendimento, foi o controle de custo durante a execução da obra. Esse controle é necessário para que o orçamento original fosse o mais próximo possível do orçamento executivo. Ter o gasto estimado semelhante ao real passou a ser de fundamental importância para o crescimento das empresas e o aumento de geração de lucro.

Torres et al. (2010, p.11) citam “Um orçamento bem elaborado, que antecipe com o máximo de exatidão o custo de uma construção é a chave para reduzir riscos e viabilizar negócios bem-sucedidos.”

É de extrema importância considerar que na construção civil existe uma forte interação entre prazo de execução e custo do produto. Sendo que o custo do empreendimento depende

também da incerteza e da interferência nas quais o produto está sujeito, pois vários fatores alteram a duração da obra, como a complexidade, dependência de trabalho manual, clima, entre outros (KERN; FORMIGA; FORMOSO, 2004).

Cordeiro (2007) afirma que o orçamento é uma peça básica no planejamento e, a partir dele, é possível fazer:

- análise de viabilidade econômico-financeira do empreendimento;
- levantamento de materiais e de serviços;
- levantamento do número de operários para cada etapa de serviços;
- cronograma físico ou de execução da obra, bem como o cronograma financeiro;
- acompanhamento sistemático da aplicação de mão-de-obra e materiais para cada etapa de serviço;
- controle da execução da obra.

A elaboração do orçamento deve ser demonstrada em planilha, constando a descrição dos serviços, identificando as unidades de medidas e quantidades, a composição dos preços unitários, tanto da mão de obra quanto dos materiais e demonstrar o valor total por item e o valor global da obra, sendo então orçamento é um documento que necessita de absoluta credibilidade, para que as informações produzidas em decorrência, possa resultar em lucro ou prejuízo para a empresa.

2.2.1 Custos de implantação de redes e ramais de abastecimento

A implantação da infraestrutura de abastecimento de água requer grandes investimentos, portanto os sistemas existentes não podem ser trocados ou melhorados dentro de um curto período. A idade das tubulações pode geralmente ser estimada pelo seu tipo de material.

Sarzedas (2009) cita dois tipos de tubulações que são encontrados num sistema de distribuição – redes e ramais. As redes são um passo intermediário voltado para a entrega de água aos consumidores e são, quase na totalidade, menores em diâmetro que as adutoras.

Tipicamente, as redes de distribuição seguem o alinhamento das vias públicas. Os tubos podem ser interconectados por junções e formar anéis. Geralmente, o sistema de distribuição é uma combinação de topologias em anel e em ramos

Ainda segundo Sarzedas (2009), os ramais são pequenas tubulações no sistema de abastecimento que transmitem a água das redes de distribuição para os consumidores.

Usualmente, os ramais têm diâmetros bem menores que as redes de distribuição e tomam a direção da rua para a propriedade. As residências, comércios e indústrias têm seus sistemas de encanamentos próprios para transportar a água para caixas d'água, torneiras, máquinas de lavar etc.

A rede de distribuição é, geralmente, o componente de maior custo do sistema de abastecimento de água, compreendendo cerca de 50 a 75% do custo total de todas as obras do abastecimento (TSUTIYA, 2004).

Fernando et al. (2011) cita que para a composição dos custos de implantação de um ramal de abastecimento é necessário a definição de possíveis cenários para a locação da rede de distribuição de água, seja pelo passeio, seja pelo leito carroçável, conforme ilustrado na figura 11:

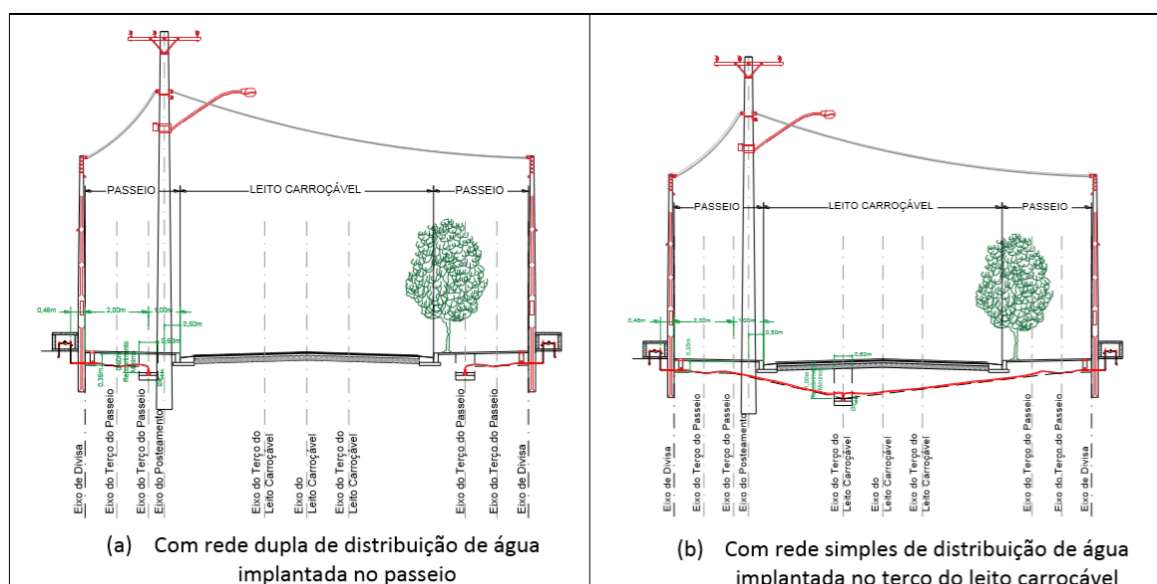


Figura 11 - Perfil transversal de uma via pública e os possíveis posicionamentos da rede de distribuição de água.
Fonte: Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades 2016.

Para o desenvolvimento deste trabalho, serão considerados os seguintes serviços para a composição dos custos de serviços, baseando-se na ABNT NBR 12.268/1992:

- Locação da rede de distribuição de água;
- Ligação domiciliar;
- Escavação mecânica de vala não escorada, com material de primeira categoria;
- Regularização e compactação manual do fundo de vala;
- Assentamento de tubulação em PVC;
- Reaterro de valas com compactação manual das camadas;
- Reaterro de vala com compactação mecânica;

- Carga transporte e descarga de material para bota fora;
- Remoção e reposição de pavimento, bem como transporte e descarga;
- Assentamento de tubulação

A partir dos serviços listados, procurou-se junto ao SINAPI as unidades de medição e os custos médios considerados.

3 METODOLOGIA

A pesquisa é caracterizada como exploratória, em que assume forma de pesquisa bibliográfica e estudo de caso. Foram levantados custos ocasionados pela a instalação de ramais de ligação de água tratada na cidade de Miracema –TO, pelos métodos não destrutivos realizando um comparativo com o método destrutivo.

Na efetivação deste comparativo sucedeu a abordagem das seguintes tomadas de decisões, a partir da caracterização das redes ou ramais de ligações, identificados por meio do cadastro de redes, as ligações em que apresentam o mesmo comprimento de ramal e as mesmas situações executivas em obras.

Os elementos retirados da planta de cadastro de redes, serviu como subsídio na análise de dados amostrais, para cada região da cidade, no qual dependendo da profundidade e local aonde a rede passará, identificou-se o melhor método construtivo para a ligação de água na região, sendo assim após todo o levantamento, expôs qual seria o métodos mais vantajoso a ser implantado na cidade de Miracema-TO.

Os ramais de ligação de água obtiveram sua caracterização de acordo com a sua extensão, setor de planejamento, e obras da concessionária de abastecimento, foi – se necessário ter conhecimento do tempo de execução, do comprimento do trecho, volumes de materiais a ser movimentado, pavimento e passeios a ser retirados e replantados.

Os sistemas de ligação de água ou ramal é a canalização entre o distribuidor público e o hidrômetro, Limitador de Consumo (LC) ou pena d'água. Esta conexão na parte exterior do imóvel vai até o hidrômetro (caso não haja o medidor, até a pena de água ou LC) e é de responsabilidade da concessionária.

A canalização que vai do hidrômetro (pena ou LC) até a cisterna ou caixa d'água é o alimentador predial, de responsabilidade do usuário.

3.1 QUANTITATIVOS E METODOS DE DISTRIBUIÇÃO PARA LIGAÇÃO DE ÁGUA METODO DESTRUTIVOS

Na composição dos custos de implantação necessitou relacionar o tipo de solo a ser escavado, sendo classificados como materiais de primeira, segunda, ou terceira categoria, ou solo mole ou solo brejoso, conforme a DAER/1998.

- Materiais de primeira categoria: são solos de natureza residual ou sedimentar e seixos, com Ø máximo de 0,15 cm. Todos os materiais são escavados por tratores

escavo-transportadores de pneus, empurrados por tratores esteiras de peso compatível ou por escavadeiras hidráulicas.

- Materiais de segunda categoria : são solos com resistência ao desmonte mecânico inferior ao as rocha sã, material granular formado geralmente por areia e silte proveniente da alteração da rocha, argilas e rochas alteradas, cuja a extração se processa por combinação de métodos que obriguem a utilização continua e indispensáveis de equipamentos de escarificação, constituídos por tratores de esteiras escarificador de somente um dente – ripper, de dimensões adequadas. Inclui-se nessas classificações os blocos de rochas com volume inferior a 2,0m³ e os matacões ou pedras de Ø médio entre 0,15 m e 1,0 m.
- Materiais de terceira categoria: são solos sã, matacões maciços, blocos e rochas fraturadas de volume superior a 2,0 m³ que só podem ser extraídos após a redução em blocos menores, exigindo o uso contínuo de explosivos, ou materiais e dispositivos para a degradação da rocha.
- Solo mole ou material brejoso: são solos que não apresentam em seu estado natural, capacidade suporte para apoio direto dos equipamentos de escavação. Sua escavação só é possível com escavadeiras apoiadas em aterros ou estivas colocadas para propiciar suportes adequados aos equipamentos, esta classificação compreende solos localizados acima e abaixo do nível da água, com teor de umidade elevado (DAER/1998, pg 14).

O orçamento citado acima, tem-se necessidade de um levantamento de material, no qual foi feito com os seguintes parâmetros específicos:

1. Volume de escavação:

$$\mathbf{Vol = L * C * P}$$

Onde:

Vol : volume de escavação

L : largura

C : comprimento

P : profundidade

2. Amplamento da vala antes e depois do reaterro:

$$\mathbf{A =C * L}$$

Onde:

A : área da vala

L : largura

C: comprimento

3. Sendo introduzido uma tubulação de 25 mm no reaterro não será necessário cálculos, pois dispõe de um volume pequeno, comparado as dimensões das valas.

4. Necessidade de corte de pavimento e passeio:

$$\mathbf{A = C * L}$$

Onde:

A : área do corte

L : largura

C : comprimento do trecho

Quando o solo é considerado de primeira categoria, utiliza-se as seguintes equações:

1. Profundidade da vala:

$$\mathbf{H_v = (h_{min} + \varnothing_e)}$$

Onde:

H_v : profundidade da vala

h_{min} : altura mínima para recobrimento da tubulação

∅_e : diametro externo da tubulação

2. Volume escavado:

$$\mathbf{V_e = L_v * H_v * Z}$$

Onde:

V_e : volume da vala a ser escavado

L_v : largura da vala

H_v : profundidade da vala

Z : comprimento do trecho

3. Área para regularização e compactação do fundo da vala:

$$\mathbf{ARFV = L_v * Z}$$

Onde:

ARFV : área para regularização do fundo da vala

L_v : largura da vala

Z : comprimento do trecho

Para todos os tipos de solos deve –se seguir as seguintes equações:

4. Volume de aterro com compactação manual realizada até 0,30 m acima da geratriz superior da tubulação:

$$\mathbf{VACM} = (1 + \mathbf{\varepsilon}) * (\mathbf{L}_v * (\mathbf{0,30} + \mathbf{\varnothing}_e) - ((\pi * \mathbf{\varnothing}_e^2) / 4) * \mathbf{Z}$$

Onde:

VACM : volume de aterro com compactação manual

ε : grau de empolamento

L_v : largura da vala

Z : comprimento do trecho

∅_e : diâmetro externo da tubulação

5. Volume de aterro com compactação mecânica:

$$\mathbf{VACM}_{ec} = (1 + \mathbf{\varepsilon}) * (\mathbf{H}_v - (\mathbf{0,30} + \mathbf{\varnothing}_e) * \mathbf{L}_v * \mathbf{Z}$$

Onde:

VACM : volume de aterro com compactação mecânica

ε : grau de empolamento

L_v : largura da vala

Z : comprimento do trecho

∅_e : diâmetro externo da tubulação

O grau de empolamento deve –se ser escolhido a partir do material como demonstrado na tabela 3 a seguir:

Materiais escavados	Empolamento
Solo argiloso	40%
Terra comum	25%
Solo arenoso seco	12%

Tabela 3 - Empolamento em função do tipo do material escavado.
Fonte: Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades (2016).

A cidade de Miracema do Tocantins por se tratar de uma cidade pouco desenvolvida quanto ao processo de universalização do sistema de abastecimento de água, localizada na

região central do estado do Tocantins, foi tomada como unidade amostral para realização desta pesquisa. Possuindo uma população estimada de 18.566 habitantes, segundo estimativa do IBGE. Os serviços de saneamento são prestados por uma concessionária de serviços desde 2017.

3.2 QUANTITATIVOS E MÉTODOS DE DISTRIBUIÇÃO PARA LIGAÇÃO DE ÁGUA MÉTODO NÃO DESTRUTIVO.

Para a composição dos custos seguiu-se os mesmos atributos do método referente acima, tendo em vista que não há necessidade de abertura de valas, apenas uma breve abertura para a inserção da haste guiada do medidor domiciliar (hidrômetro).

A imagem 12, é o corte de execução do método não destrutivo, que exemplifica como é executado, desde quais materiais são utilizados e métodos utilizados para perfuração do solo.

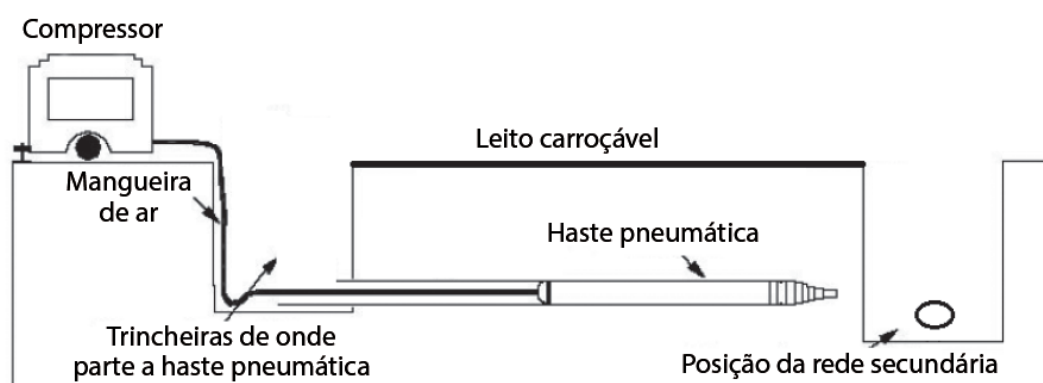


Figura 12 - Corte de execução do método não destrutivo.
Fonte: Revista Liberato, Novo Hamburgo (2016).

3.3 PROPOSTA COMPARATIVA DE CUSTOS

A planta de cadastro da cidade em que está sendo estudada, serão separadas em grupos e analisadas as ligações simples com características idênticas, e o mesmo serão feitas as ligações duplas. No qual serão investigados o tipo de terreno, profundidade no qual foi ou será implantada, trechos em terreno natural ou com passeio e pavimentos.

O modelo de tabela a seguir será adotado para a discriminação dos dois tipos de grupos com pavimento e passeio e para terreno natural, serão feitos separadamente para melhor discriminação dos serviços a serem executados.

A tabela 4, é um exemplo de como foi extraído e dividido os dados do nosso campo de pesquisa.

COMPRIMENTO DOS RAMAIS DE LIGAÇÕES MIRACEMA - TO						
LIGAÇÕES PARA REDES SIMPLES / DUPLAS						
Ligações (m)	Pavimento Asfáltico (m)	Passeio (m)	Pavimento Asfáltico e Passeio (m)	Terreno Natural (m)	Total de Ligações Analisadas (m)	Total de Ligações em (%)
Ramais de até 1 m						
Ramais de até 2 m						
Ramais de até 3 m						
Ramais de até 4 m						
Ramais acima de 4 m						
TOTAL						

Tabela 4 - Ligações em trechos pavimentados e com passeio e para ligações em trechos naturais.
Fonte: Autor (2019).

Para mensurar o custo unitário das ligações será através da média simples, entre a somatória dos custos unitários, dividido pelo número de ligações.

$$R\$ = \frac{\sum \text{Custo Unitário}}{\text{Quantidade de Amostras}}$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CARACTERÍSTICAS DOS TRECHOS DE EXECUÇÃO

Partindo do princípio em que os ramais de distribuição de água têm sua instalação subterrânea, em que muitos dos casos devido as características do ambiente de pesquisa a cidade de Miracema- TO, esses ramais encontram-se abaixo de pavimentos ou passeios podendo ser eles de concreto, pintados, material cerâmico, pedras e gramas ou apenas abaixo de superfície em terreno natural.

As duas técnicas sendo elas destrutivas e não destrutivas, contemplam serviços, divididos em dois grandes grupos, civil e hidráulico de forma a favorecer a identificação dos itens que fazem diferenciação dos custos dos métodos estudados.

Percebe-se que a parte hidráulica de cada um dos métodos não se difere entre si, visando que o comprimento dos ramais é determinado pelo posicionamento da rede relacionado ao hidrômetro, e que as tubulações, conexões e peças hidráulicas são as mesmas, independentemente do método empregado.

Para serviços de instalações de ramais temos o maior percentual de diferenciação entre os custos, a abertura de valas, intervenção entre asfalto e passeio calçados, contemplam os insumos com maior representatividade financeira no custo global de instalação, revitalização ou manutenção da rede.

A seguir a tabela 5 mostra os custos unitário por metro para método destrutivo e método não destrutivo, e um breve comparativo entre os custos, diferenciando a parte civil e hidráulica para cada método.

ITEM	DESCRIÇÃO	CUSTO DO ITEM (R\$/LIGAÇÃO)					
		Ramal (2m)		Ramal (3m)		Ramal (4m)	
		MD	MND	MD	MND	MD	MND
1	LIGAÇÕES DOMICILIARES						
1.1	SERVIÇOS PRELIMINARES	6,69	8,78	8,02	8,88	8,99	9,28
1.2	MOVIMENTO DE TERRA	24,44	63,15	36,78	65,84	48,89	68,53
1.3	REMOÇÃO/REPOSIÇÃO DE PASSEIO	11,9	15,86	18,54	15,86	23,81	15,86
1.4	REMOÇÃO/REPOSIÇÃO DE PAVIMENTO	28,42	37,87	42,62	37,87	56,83	37,87
1.5	MATERIAL HIDRÁULICO	140,03	140,03	141,38	141,38	142,72	142,72
	TOTAL:	211,48	265,69	247,34	269,83	281,24	274,26

Tabela 5 - Custo de serviços para execução de ramais de ligação pelos método destrutivo e não destrutivo.
Fonte: Adaptado de Parente e Silva (2016).

A movimentação de terra, remoção e reposição de passeio e pavimento demonstram 37%, 46% e 53% do custo final dos ramais de ligações de 2, 3 e 4 m, são itens que referenciam à obra civil, serviços antecessores da hidráulica, o gráfico a seguir demonstrará o percentual da parte hidráulica e civil, para instalação ou substituição de ramais pelo método destrutivo.

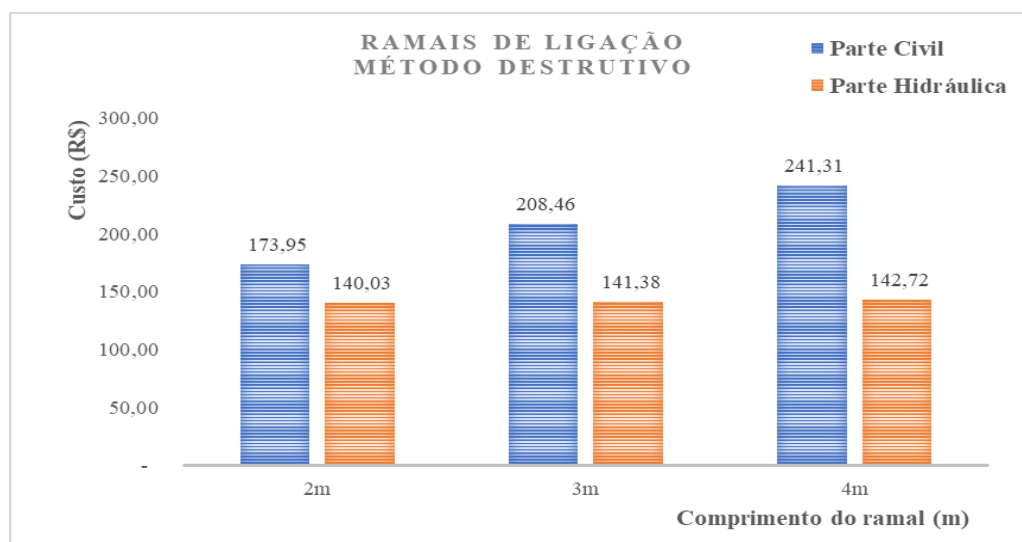


Figura 13 - Custo de serviços para execução de ramais de ligação pelo método destrutivo.
Fonte: Adaptado de Parente e Silva (2016).

4.2 ANÁLISE TÉCNICA

A qualidade técnica em implantações dos ramais de ligação de água, significa associar durabilidade e desempenho dos serviços envolvidos em sua execução, para melhor

apresentação de resultados, as análises referentes a escolha da metodologia a qual se adequará a cidade de Miracema – TO, e despondo com maior viabilidade financeira para execução de novas rede de ramais, substituição e manutenção das mesmas.

Os dados referentes aos comprimentos dos ramais foram retirados da planta de cadastro de Miracema-TO, e as características da cidade analisadas tiveram os resultados testados através da investigação de campo, dando veracidade aos dados utilizados na pesquisa.

É importante ressaltar que as ligações simples tem a tubulação passando no centro da via ou na extremidade, evidenciando-se que para a execução dos ramais de ligação será necessário fazer intervenção no pavimento ou passeio se houver os mesmos no local em que o serviço será executado, em caso de ligações simples essa intervenção será de menor dimensão, pois contém rede de ambos os lados da via.

Através da planta de cadastro das redes secundárias de Miracema pode-se observar que os ramais de ligação da cidade derivam em sua maior parte de redes simples, ou seja apenas uma linha de tubulação atendendo os ambos os lados da via. Na região central, em casos raros a distribuição de água era feita por meio de redes duplas, que apresentam duas linhas de tubulação, atendendo de maneira individual cada lado da via. A figura 14 trás o quantitativo de trechos medidos para toda a cidade de Miracema, com intervalos de 1,0 m, em redes simples e dupla.

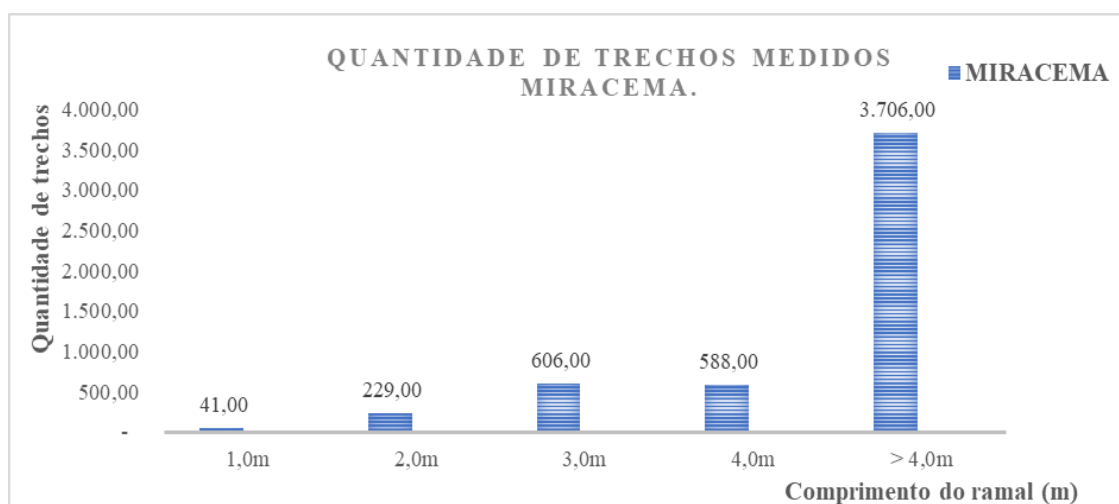


Figura 14 - Quantidade de trechos levantados, por faixa de comprimento.

Fonte: Adaptado de Parente e Silva (2016).

A cidade de Miracema apresenta além da planta de cadastro com os dados da rede, uma caracterização da superfície das vias e passeios. Os dados citados puderam ser observados durante a concepção dos orçamentos, na fase de execução de algumas obras de

instalação dos ramais. A tabela 6 traz as características dos percentuais de pavimentos e passeios para cidade.

Tipo de Passeio	% Miracema
Concreto Simples	35,00%
Material Cerâmico	5,00%
Intertravado	5,00%
Pedras Ornamentais	0,00%
Grama	10,00%
Terreno natural	45,00%
Total	100,00%

Tabela 6 - Característica percentual de pavimento e passeio de Miracema - TO.
Fonte: Adaptado de Parente e Silva (2016).

4.3 QUANTITATIVO E CUSTO PARA EXECUÇÃO DOS RAMAIS

Na cidade de Miracema entre redes simples e duplas de abastecimento, as redes secundárias, que derivam os ramais para as ligações de água, totalizam 85.537 m de redes, em tubulações de diâmetro de 50 e 75. Em geral as redes são executadas sob vias pavimentadas com asfalto, e sob passeios revestidos em concreto, material cerâmico, intertravados e grama ou como em sua grande maioria, sob superfície natural, sem revestimento algum.

Ambas as técnicas utilizadas para a execução dos ramais, destrutiva e não destrutiva contém serviços aqui divididos em dois grupos, os serviços da obra civil e a parte hidráulica, de modo a contribuir com a identificação dos itens que fazem a diversificação dos custos dos métodos estudados.

As ligações de água em Miracema são executadas de forma tradicional, 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. A figura 15 ilustra o processo de execução dos ramais pelo método destrutivo.



Figura 15 - Execução de ramal de ligação pelo método destrutivo.
Fonte: Adaptado de Parente e Silva (2016).

Por sua vez o processo de execução das ligações pelo método não destrutivo consiste na criação de uma abertura subterrânea pelo uso de uma ferramenta compreendida por um martelo de percussão, normalmente em forma de torpedo, inserido dentro de uma carcaça cilíndrica. O cilindro cria uma passagem subterrânea que liga a rede ao ponto de medição (hidrômetro). A figura 16 ilustra o processo de execução de ramais pelo método não destrutivo.



Figura 16 - Execução de ramal de ligação pelo método não destrutivo.
Fonte: Adaptado de Parente e Silva (2016).

As tabelas 7 e 8 trazem, de forma detalhada e exemplificativa, todos esses serviços, bem como os quantitativos médios levantados e custos unitários praticado pela concessionária local para ligações com ramais de 4,0m executados pelos dois métodos em estudo.

ITEM	DESCRIÇÃO	UND.	QTD.	R\$/UND	R\$/ITEM	R\$ TOTAL
1	PARTE CIVIL					
01.01	SERVIÇOS PRELIMINARES					9,28
01.01.01	MOBILIZAÇÃO/ DESMOBILIZAÇÃO	vb	1,00	9,28	9,28	
01.02	MOVIMENTO DE TERRA					48,89
01.02.01	ESCAVACAO MANUAL DE VALAS EM TERRA/CASCALHO ATE 2,0M	m³	1,34	17,93	24,03	
01.02.02	ESCAVACAO MECANICA EM TERRA/CASCALHO ATE 2,0M	m	0,58	8,23	4,77	
01.02.03	REATERRO COM COMPACTADOR TIPO SAPO EM CAMADAS DE 20CM	m³	1,34	12,02	16,11	
01.02.04	ACERTO DE FUNDO DE VALA SEM COMPACTACAO (OBRAS CIVIS)	m²	2,40	1,66	3,98	
01.03	DIVERSOS					102,50
01.03.01	MURETA PARA 1 LIGACAO DOMICILIAR	un	1,00	102,50	102,50	
01.04	REMOÇÃO / REPOSIÇÃO DE PASSEIO					46,64
01.04.01	DEMOLIÇÃO DE CONCRETO SIMPLES, INCLUSIVE CARGA MANUAL	m²	0,03	124,66	4,19	
01.04.02	DEMOLICAO DE PASSEIO REVESTIDO C/PEDRAS IRREGULARES, COM REAPROVEIT. C/C	m²	-	4,04	-	
01.04.04	RETIRADA E REPOSICAO MANUAL DE GRAMA	m²	0,12	2,31	0,28	
01.04.01	REPOSICAO DE CALCADA EM CONCRETO	m²	0,48	33,45	16,06	
01.04.01	RECOMPOSICAO PASSEIO EM MOSAICO PEDRA PORTUGUESA, C/ REAPROVEITAMENTO	m²	-	29,70	-	
01.04.05	DEMOLICAO DE PISO REVESTIDO COM LADRILHO, INCLUSIVE CARGA MANUAL	m²	0,06	6,72	0,40	
01.04.06	PISO CERAMICO ASSENTADO COM CIMENTO COLANTE	m²	0,06	41,92	2,52	
01.04.07	TRANSPORTE E DESCARGA DE MATERIAL PARA BOTA FORA	m³ x Km	0,65	0,56	0,36	
01.05	REMOÇÃO / REPOSIÇÃO DE PAVIMENTO					56,83
01.05.01	CORTE MANUAL DE PAVIMENTO ASFALTICO	m²	1,20	10,84	13,01	
01.05.02	IMPRIMACAO E APLICACAO DE PAVIMENTO EM PMF	m²	1,20	35,36	42,43	
01.05.03	CARGA MANUAL (MATERIAL EM GERAL) SEM MANUSEIO E ARRUMACAO DO MATERIAL	m²	0,12	5,96	0,72	
01.05.04	TRANSPORTE E DESCARGA DE MATERIAL PARA BOTA FORA	m³ x Km	1,20	0,56	0,67	
02	PARTE HIDRÁULICA					142,72
02.01	REGISTRO BROCA PP C/ADAP. NTS 178 20 MM	un	1,00	9,61	9,61	
02.02	TUBO POLIETILENO PE 80 DN 20 X 3.0 MM - AZUL	m	4,00	1,34	5,37	
02.03	ADAPTADOR PEAD PP PN 16 20 MM X	un	1,00	2,81	2,81	

	3/4" NTS 179					
02.04	KIT CAVALETE PVC (AZUL) 3/4"	un	1,00	18,70	18,70	
02.05	ADESIVO PLASTICO P/PVC - BISNAGA 75 GR.	un	1,00	4,73	4,73	
02.06	COLAR TOMADA PP DN 50 MM X 3/4" TRAVA	un	1,00	5,02	5,02	
02.07	CAIXA ACO GALV. P/ 1 HIDROMETRO - 436X381X118 MM	un	1,00	93,18	93,18	
02.08	FITA VEDA ROSCA 18 MM X 50 M	un	1,00	3,30	3,30	
	TOTAL					R\$ 384,03

Tabela 7 - Orçamento analítico de ligação executada pelo método destrutivo.

Fonte: Adaptado de Parente e Silva (2016).

ITEM	DESCRIÇÃO	UND.	QTD.	R\$/UND	R\$/ITEM	R\$ TOTAL
1	PARTE CIVIL					
01.01	SERVIÇOS PRELIMINARES					8,99
01.01.01	MOBILIZAÇÃO/ DESMOBILIZAÇÃO	vb	1,00	8,99	8,99	
01.02	MOVIMENTO DE TERRA					68,53
01.02.01	ESCAVACAO MANUAL DE VALAS EM TERRA/CASCALHO ATE 2,0M	m³	1,84	17,93	32,99	
01.02.02	PERFURAÇÃO SUBTERRANIA COM PERFURATRIZ (METODO NÃO DESTRUTIVO)	m	4,00	2,69	10,76	
01.02.03	REATERRO C/ COMPACTADOR TIPO SAPO EM CAMADAS DE 20CM	m³	1,84	12,02	22,12	
01.02.04	ACERTO DE FUNDO DE VALA SEM COMPACTACAO (OBRAS CIVIS)	m²	1,60	1,66	2,66	
01.03	DIVERSOS					102,50
01.03.01	MURETA PARA 1 LIGACAO DOMICILIAR	un	1,0	102,50	102,50	
01.04	REMOÇÃO / REPOSIÇÃO DE PASSEIO					15,86
01.04.01	DEMOLIÇÃO DE CONCRETO SIMPLES, INCLUSIVE CARGA MANUAL	m²	0,02	124,66	2,79	
01.04.02	DEMOLICAO DE PASSEIO REVESTIDO C/PEDRAS IRREGULARES, C/REAPROVEIT. C/C	m²	-	4,04	-	
01.04.04	RETIRADA E REPOSICAO MANUAL DE GRAMA	m²	0,08	2,31	0,18	
01.04.01	REPOSICAO DE CALCADA EM CONCRETO	m²	0,32	33,45	10,70	
01.04.01	RECOMPOSIÇÃO PASSEIO EM MOSAICO PEDRA PORTUGUESA, C/ REAPROVEITAMENTO	m²	-	29,70	-	
01.04.05	DEMOLIÇÃO DE PISO REVESTIDO C/ LADRILHO, INCLUSIVE CARGA MANUAL	m²	0,04	6,72	0,27	
01.04.06	PISO CERÂMICO ASSENTADO COM CIMENTO COLANTE	m²	0,04	41,92	1,68	
01.04.07	TRANSPORTE E DESCARGA DE MATERIAL PARA BOTA FORA	m³ x Km	0,343	0,56	0,24	
01.05	REMOÇÃO / REPOSIÇÃO DE PAVIMENTO					37,87
01.05.01	CORTE MANUAL DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	m²	0,80	10,84	8,67	

01.05.02	IMPRIMAÇÃO E APLICACAO DE PAVIMENTO EM PMF	m ²	0,80	35,36	28,29	
01.05.03	CARGA MANUAL (MATERIAL EM GERAL) SEM MANUSEIO E ARRUMACAO DO MATERIAL	m ³	0,08	5,96	0,47	
01.05.04	TRANSPORTE E DESCARGA DE MATERIAL PARA BOTA FORA	m ³ x Km	0,78	0,56	0,44	
02	PARTE HIDRÁULICA					142,72
02.01	REGISTRO BROCA PP C/ADAP. NTS 178 20 MM	un	1,00	9,61	9,61	
02.02	TUBO POLIETILENO PE 80 DN 20 X 3.0 MM - AZUL	m	4,00	1,34	5,37	
02.03	ADAPTADOR PEAD PP PN 16 20 MM X 3/4" NTS 179	un	1,00	2,81	2,81	
02.04	KIT CAVALETE PVC (AZUL) 3/4"	un	1,00	18,70	18,70	
02.05	ADESIVO PLASTICO P/PVC - BISNAGA 75 GR.	un	1,00	4,73	4,73	
02.06	COLAR TOMADA PP DN 50 MM X 3/4" TRAVA	un	1,00	5,02	5,02	
02.07	CAIXA ACO GALV. P/ 1 HIDROMETRO - 436X381X118 MM	un	1,00	93,18	93,18	
02.08	FITA VEDA ROSCA 18 MM X 50 M	un	1,00	3,30	3,30	
	TOTAL					R\$ 376,47

Tabela 8 - Orçamento analítico de ligação executada pelo método não destrutivo.
Fonte: Adaptado de Parente e Silva (2016).

A movimentação de terra, corte/recomposição de passeio e corte/recomposição de pavimento são itens que antecedem a instalação hidráulica do ramal de ligação e representam percentuais que variam de 37% a 53% do custo final dos ramais de 2 a 4 m. A figura 17 traz os custos da parte hidráulica e civil, para instalação de ramais pelo método destrutivo.

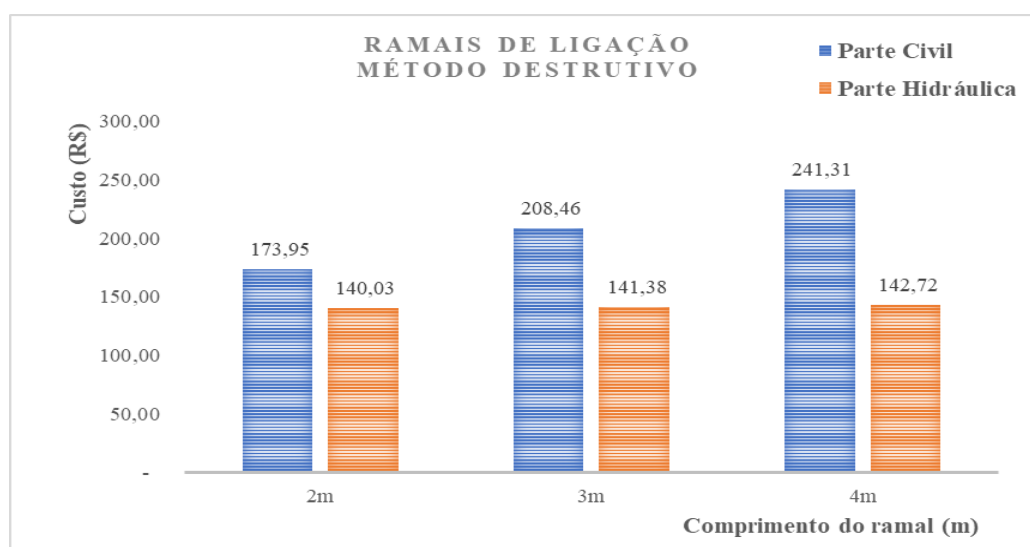


Figura 17 - Custos referentes à parte civil e hidráulica dos ramais executados pelo método destrutivo.
Fonte: Adaptado de Parente e Silva (2016).

Os custos referentes aos mesmos itens da parte civil da obra, movimentação de terra, corte/recomposição de passeio e corte/recomposição de pavimento, para o método não destrutivo, representam um percentual fixo de cerca de 50% do custo global de cada ligação até o comprimento de 4,0m, enquanto o custo referente a parte hidráulica não sofre alteração de uma metodologia para outra. A figura 18 traz os custos da parte hidráulica e civil, para instalação de ramais pelo método não destrutivo.

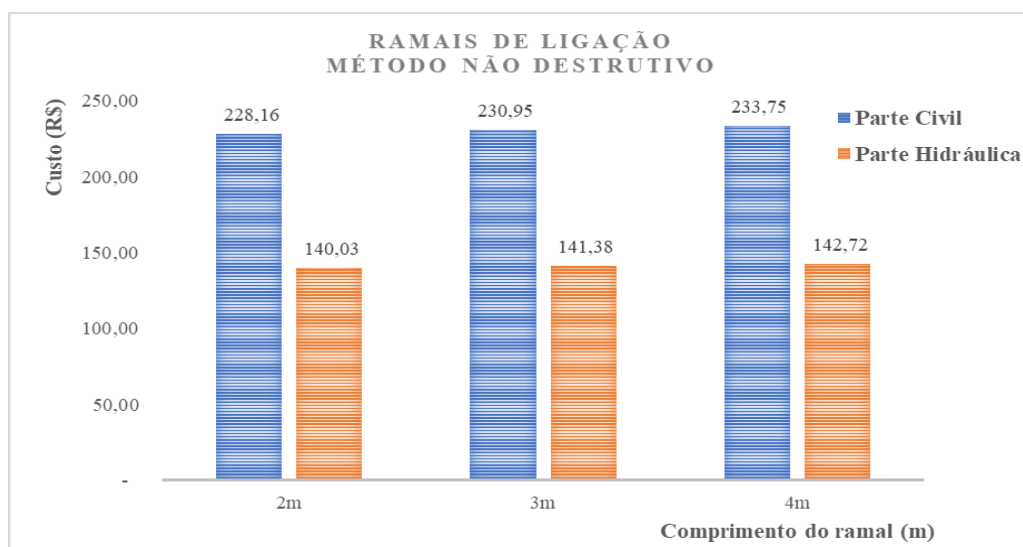


Figura 18 - Custos referentes à parte civil e hidráulica dos ramais executados pelo método não destrutivo.
Fonte: Adaptado de Parente e Silva (2016).

A tabela 4 mostra os custos unitário dos grupos de serviços (orçamento sintético) por unidade de ligação para o método destrutivo e método não destrutivo, e um breve comparativo entre os custos, diferenciando a parte civil e hidráulica.

ITEM	DESCRIÇÃO	CUSTO DO ITEM (R\$/LIGAÇÃO)					
		Ramal (2m)		Ramal (3m)		Ramal (4m)	
		<i>MD</i>	<i>MND</i>	<i>MD</i>	<i>MND</i>	<i>MD</i>	<i>MND</i>
1	LIGAÇÕES DOMICILIARES						
1.1	SERVIÇOS PRELIMINARES	6,69	8,78	8,02	8,88	8,99	9,28
1.2	MOVIMENTO DE TERRA	24,44	63,15	36,78	65,84	48,89	68,53
1.3	REMOÇÃO/ REPOSIÇÃO DE PASSEIO	11,90	15,86	18,54	15,86	23,81	15,86
1.4	REMOÇÃO/ REPOSIÇÃO DE PAVIMENTO	28,42	37,87	42,62	37,87	56,83	37,87
1.5	MATERIAL HIDRÁULICO	140,03	140,03	141,38	141,38	142,72	142,72
	TOTAL:	211,48	265,69	247,34	269,83	281,24	274,26

Tabela 9 - Custo por grupo de serviços para ramais de até 4,0m.
Fonte: Adaptado de Parente e Silva (2016).

Em uma análise comparativa entre os serviços executados, nota-se um maior percentual de diferença entre os custos na parte civil da obra, isto é a abertura de valas, a intervenção em asfalto e passeios calçados são os insumos com maior representatividade financeira no custo global dos ramais.

4.4 CUSTO POR UNIDADE DE LIGAÇÃO

Na Cidade em estudo há uma predominância do processo destrutivo na execução de ramais de ligação, isso se deve ao fato da inexistência de estudos que comprovem a viabilidade econômica para perpetuação de um método alternativo, ou seja, método não destrutivo de execução de ramais.

No que diz respeito a execução de ramais pelo método não destrutivo tem como característica principal a redução dos serviços de terra, corte e recomposição de pavimento e passeio. Em Miracema este método se mostra promissor, principalmente pelas características encontradas na planta de cadastro, no qual há uma predominância de ramais longos.

O que se pode observar na figura 19 é uma inversão dos custos por unidade de ligação pelo método destrutivo (MD) a partir de um comprimento de quatro metros (4 m) de ramal, ou seja, as ligações com ramais, que tenham comprimentos iguais ou superiores a quatro metros (4 m), apresentam maior custo de execução, essa inversão acontece quanto maior forem os ramais, devido a necessidade de abertura completa de das valas e recomposição pelo (MD) .

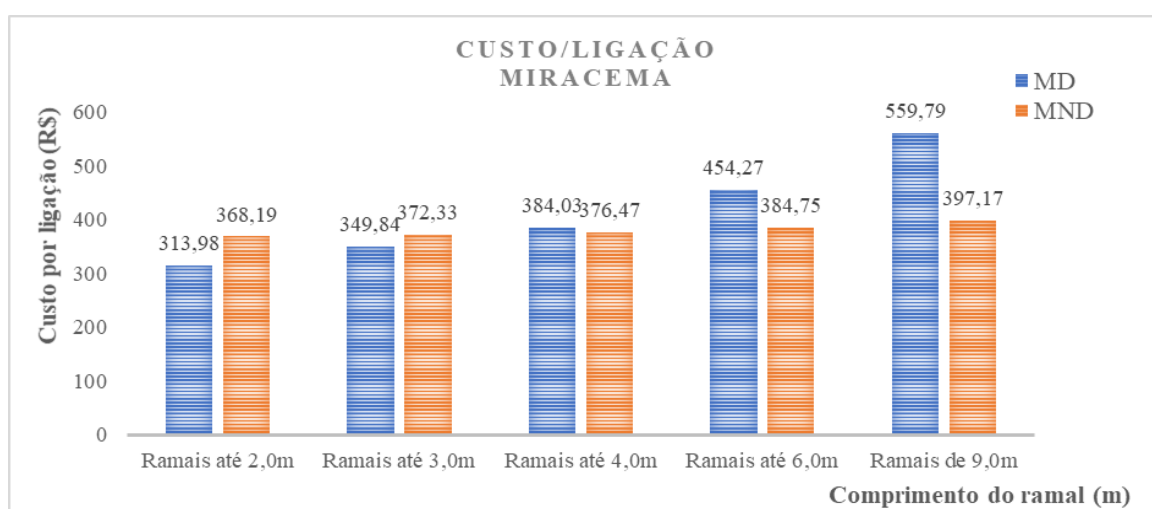


Figura 19 - Custo por unidade de ligação para a cidade de Miracema.

Fonte: Adaptado de Parente e Silva (2016).

A diminuição significativa no custo de uma ligação executada pelo método não destrutivo pode ser explicada de maneira sucinta, observando-se nos orçamentos o quantitativo dos serviços de corte e recomposição de pavimentos e passeio. 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.

Quando não há a necessidade de supressão e recomposição de calçada e asfalto os custos pelo método destrutivo mantém-se abaixo até o comprimento de 4,0m, chegando a valores mais altos em ramais mais longos. A figura 20 apresenta resultados com acréscimo de aproximadamente 32% para o ramal de 9m de comprimento executado pelo método destrutivo, na cidade em estudo cerca de 70 % dos ramais acima de 4m de comprimento tem o comprimento de 9 metros.

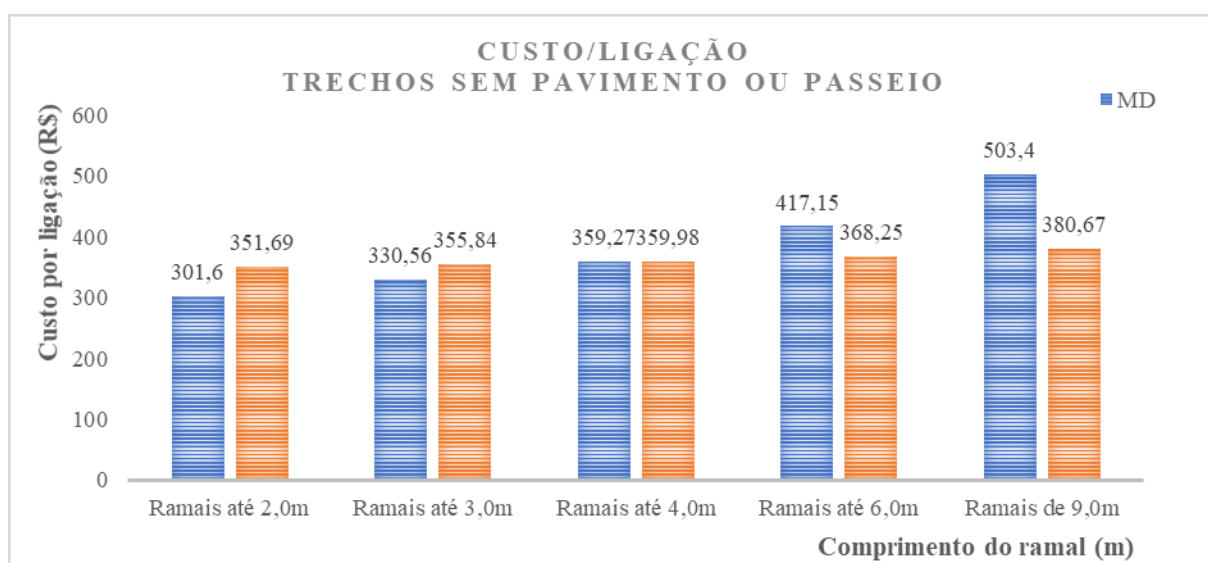


Figura 20 - Custo por unidade de ligação executada em trechos sem pavimento e passeio.

Fonte: Adaptado de Parente e Silva (2016).

A partir de valores maiores ou iguais a 6,0m os custos com movimentação de terra, ou seja, escavações acertos de fundo de vala e reaterros, adotados na metodologia destrutiva, suplantam o custo de perfuração subterrânea do método não destrutivo, que se mantém um custo quase constante.

5 CONCLUSÃO

Os levantamentos feitos indicam que noventa e cinco por cento (95%) das ligações da cidade em estudo são atendidas por redes simples, o que implica em ramais mais longos, cerca de 70% das prováveis ligações estão há uma distância de 9,00 metros. Redes longas assentadas no passeio viabilizam a utilização do método não destrutivo, que demanda de maiores extensões para introdução das hastes pneumáticas de perfuração subterrânea.

Tratando-se da escolha de um método que seja economicamente satisfatório em relação ao outro, havendo a necessidade de intervenção em pavimentos e passeios, no método destrutivo haverá maior superfície cortada e maior volume de material a ser transportado, a movimentação de terra é responsável pelo aumento considerável no custo se comparado ao método não destrutivo, devido as técnicas de execução terem conceitos opostos em abertura de valas.

É pertinente ressaltar que o custo da ligação está relacionado com comprimento dos ramais e condições das vias e passeios, as vias pavimentadas e passeios calçados, associado a maiores comprimento de ramais resultam em maiores movimentações de terra, mais corte e recomposição de asfalto e calçadas, essas que por sua vez, podem aumentar consideravelmente o custo, dependendo do material do calcamento implicando em um maior custo por unidade de ligação.

Em contraponto, a execução de ramais curtos, em trechos sem pavimento e sem calçadas, pode economicamente inviabilizar a prática de execução de ligações pelo método não destrutivo, em razão da minoração dos serviços com maior expressão de custo, o corte e a recomposição de pavimento e passeio. Optar por não utilizar abertura de valas na execução de redes e ligações seria economicamente factível em locais sem pavimento e passeio a partir de comprimentos superiores a 4,0m.

Para a situação de Miracema, onde há maior percentual de redes secundárias simples de abastecimento, a técnica de instalação de ligações potenciais pelo processo não destrutivo torna-se viável. Os grandes vãos a serem cortados, favorecem o uso do MND, com a redução no custo total de quase 30% se comparado com MD, levando-se em consideração ramais de 9 metros, que são cerca de 70% das ligações da cidade.

Apesar de em muitas pesquisas de custo não levar em consideração os custos sociais e ambientais (indiretos), têm grande importância na elaboração do preço final, aumentando assim a viabilidade econômica do emprego do MND, principalmente na execução de redes em locais com movimentação intensa de pedestre e veículos, futuramente é interessante correlacionar os custos indiretos, a medida que houver maior solicitação por execução de

redes pelo MND, pode esperar uma diminuição gradual dos seus custos, tornando-os mais competitivos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBATE, V. Revista Técnica. **Tecnologia - Método não destrutivo**, 2004. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/85/artigo285309-1.aspx>>. Acesso em: 2019.

ABNT. NBR 12266/92 - **Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água esgoto ou drenagem urbana - Procedimento**. Rio de Janeiro: [s.n.], 1992.

Ali, Sameh, Tarek Zayed, and Mohamed Hegab. 2007. “**Modeling the Effect of Subjective Factors on Productivity of Trenchless Technology Application to Buried Infrastructure Systems.**” *Journal of Construction Engineering and Management* 133(10): 743–48.

AS TÉCNICAS DE PERFURAÇÃO NÃO DESTRUTIVAS E COMO CONTRATÁ-LAS: Conheça as técnicas para realizar intervenções em redes subterrâneas sem a necessidade de abrir valas. São Paulo: Pini, maio 2013. Mensal. Edição 27. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/27/artigo288517-3.aspx>>. Acesso em: 15 jan. 2019.

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

Almeida, A.T. & Costa, A.P.C.S. (2002). **Modelo de Decisão Multicritério para Priorização de Sistemas de Informação Baseado no Método PROMETHEE**. *Gestão & Produção*, 9(2), 201-214, Brasil.

CORDEIRO, F. R. F. S. **Orçamento e controle de custos na construção civil**. 2007. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

DEZOTTI, M. C. **Análise da utilização de métodos-não destrutivos como alternativa para redução dos custos sociais gerados pela instalação, manutenção e substituição de infraestruturas urbanas subterrâneas**. 2008. 231 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008. Disponível em:

<www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18143/tde-03102008-000200/.../diss_mcd.pdf>.

Acesso em: 25 fev. 2019.

DRÖSEMAYER, A. **CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA EXECUÇÃO DE TÚNEIS. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil.** Rio de Janeiro: [s.n.], 2004.

Fernando, Antonio, De Pádua Sousa, Rafael Vieira Saba, and Rodrigo Isaac Borges. 2011. “RESIDENCIAIS Antonio Fernando de Pádua Sousa Silva.” GANDRA, Alana. **Índice de Perda de Água Tratada no Brasil é Elevado, 2011.** Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/noticia/2011-09-11/indice-de-perda-de-agua-tratada-no-brasil-e-elevado>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

J, Steven R Kramer William, and Mcdonald James C. 1992. “Www.springer.com Índice.” 9. Matsui, Marcelo Massaki, and Roberto Kochen. 2003. “Em Tubo Cravado.” Sarzedas, Guaraci Loureiro. 2009. **Planejamento Para a Substituição de Tubulações Em Sistemas de Abastecimento de Água. Aplicação Na Rede de Distribuição de Água Da Região Metropolitana de São Paulo.**”

KERN, A. P.; FORMIGA, A. S.; FORMOSO, C. T. **Considerações sobre o fluxo de informações entre os setores de orçamento e produção em empresas construtoras.** 8 p. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. São Paulo, 2004.

MASSARA, Vanessa Meloni ; FAGÁ, Murilo Tadeu Werneck ; UDAETA, Miguel Edgar Morales. **The Importance of the nondestructive method (trenchless technology) in Natural Gas Networks Deployment in Consolidated Cities,** 2007, Campinas. 4 P&D Trabalhos Técnicos. Campinas: Associação Brasileira de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás e Unicamp, 2007.

NAJAFI, M. **Trenchless technology: pipeline and utility design, construction, and renewal,** 1ª ed. New York: MCGraw-Hill Professional, 2004.

PARENTE, D. C.; SILVA, R. R. **Comparativo financeiro entre o método destrutivo e não destrutivo de execução de ramais de ligação de água**. Pg. 164. ed. Palmas - TO: Liberato, 2015.

PIPE BURSTING PARA SUBSTITUIÇÃO DE TUBULAÇÕES: Veja como funciona o **método de arremontagem de tubos antigos para instalação de novas redes, sem necessidade de abertura de valas**. São Paulo: Pini, jun. 2014. Mensal. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoestecnicas/39/pipeburstingparasubstituicao-de-tubulacoes-312877-1.aspx>>. Acesso em: 15 abr. 2019

ROSAS, H. - **Substituição por Rompimento Dinâmico de Tubulações em Concreto Armado de 375mm: Caso Inédito** – Sabesp, V. Encontro; I No Dig Show.

RAMEIL, M. - **Handbook of Pipe Bursting Practice; Vulkan Verlag, Essen 2007**. Ariaratnam, Samuel T. e Bennett, R. David; Pipe e Bursting Good Practice, NASST 2005.

TSUTIYA, M.T. (2004). **Abastecimento de água. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**, São Paulo, 2004. 643p.

TORRES, G. S., THOMÉ FILHO, R. U., BARROS, T. M. **Diretrizes para apoio da elaboração de indicadores de desempenho orçamentários**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás. Orientadora: Maria Carolina Gomes de Oliveira Brandstetter.