

# Comparação de custos de assentamento de redes de esgoto

## Cost comparison of sewer construction technologies


• **Data de entrada:**  
09/05/2018

• **Data de aprovação:**  
05/07/2018


Patrício da Silva Rodrigues<sup>1\*</sup> | Sandra Lacouth Motta<sup>2</sup> | Marcelo Obraczka<sup>1</sup>

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2020.014>

### ORCID ID

Rodrigues, P.S.  <https://orcid.org/0000-0002-8966-6487>

Motta, S.L.  <https://orcid.org/0000-0002-8638-8311>

Obraczka, M.  <https://orcid.org/0000-0002-7322-9223>

### Resumo

O assentamento de redes de esgotos sanitários é uma obra de custo elevado e complexa execução, considerando-se o emaranhado de sistemas de infraestrutura existentes no subsolo de áreas urbanas. O presente estudo objetiva avaliar métodos de implantação/substituição de redes coletoras, comparando custos de assentamento de Métodos Não Destrutivos (MND) com o método convencional de abertura de vala, incluindo custos diretos e sociais. São apresentadas as principais vantagens e desvantagens de distintas metodologias. A pesquisa enfatiza duas tipologias de MND, analisando aspectos como diminuição do tempo de interdição, rapidez no assentamento e menor área de recapeamento do asfalto, o que minimiza o impacto dessas obras. Os resultados demonstram que os MND podem apresentar custos competitivos e, em alguns casos, mesmo inferiores aos de execução por meio de vala. Uma vez que os MND vêm sendo crescentemente empregados, seu custo de execução tende a se reduzir, tornando-se ainda mais viável.

**Palavras-chave:** Assentamento de redes de esgotos. Métodos Não Destrutivos. Custos diretos e indiretos.

### Abstract

*The construction of sewer systems actually involves both high costs and complex execution, due to the infrastructure systems and networks which is spread throughout the subsoil of urban areas. The present study aims to access some of the technologies used, comparing non-destructive digging (NDD) methods costs with the conventional method of trenching, including their direct and indirect costs. The research emphasizes two types of NDD, analyzing aspects such as the reduction of the roads and sidewalks interdiction time, less area of asphalt recapping demands and also more speed in the system commissioning, which contributes to reduce the general impact of those interventions in the community. The results demonstrate that NND may have competitive costs, in some cases even lower than those through conventional ditches. Since NND has been increasingly employed, its execution costs have a tendency to decrease, thus making them even more feasible.*

**Keywords:** Sewer systems construction. Trenchless installation of conduits. Direct and indirect installation costs.

<sup>1</sup> UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro) - Depto. de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente. Rio de Janeiro - RJ - Brasil.

<sup>2</sup> UERJ (Universidade do Estado do Rio de Janeiro). Rio de Janeiro - RJ - Brasil.

\*Autor correspondente: [eng.patricio@gmail.com](mailto:eng.patricio@gmail.com).

---

## 1 INTRODUÇÃO

Os investimentos em saneamento básico no Brasil ocorreram de forma espacialmente heterogênea e concentrada em alguns períodos específicos. Destacam-se as décadas de 1970 e 1980, quando existia um “predomínio da visão de que avanços nas áreas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário nos países em desenvolvimento resultariam na redução das taxas de mortalidade” (Soares et al., 2002).

Com a expansão da oferta de serviços e de infraestrutura, as tubulações de saneamento compartilham o subsolo crescentemente congestionado das cidades com sistemas de outras companhias/concessionárias nos segmentos de gás, eletricidade, telefonia, TV a cabo, internet e outros. A partir dessa situação e visando no sentido mais amplo a ampliação dos sistemas de saneamento pela necessidade de universalização do setor (conforme reiterado pela Política Nacional de Saneamento Básico), há uma demanda crescente pelo emprego de novos métodos alternativos de execução e assentamento de tubulações, inclusive de forma a viabilizar a execução dessas redes em determinadas situações mais complexas, em que os métodos usuais não são aplicáveis.

Em muitos casos, o método tradicional de execução por abertura de vala gera diversas externalidades, como interrupções indesejáveis no tráfego, aumento do nível de ruídos, além de outros impactos, inclusive ambientais. Na abertura de vala perde-se ainda muito tempo em função da necessidade de execução de diversas etapas, tais como a retirada da pavimentação, a escavação e escoramento da vala, o bombeamento/rebaixamento do nível d’água, o reaterro, a compactação e a reposição do pavimento (Motta et al., 2017).

A terminologia “Métodos Não Destrutivos” aplica-se à operação de instalação subterrânea de dutos por meio de diversas metodologias, evitando rompimento de calçadas, ruas e estradas,

daí a denominação “Não Destrutiva”. Os Métodos não Destrutivos (MND) se configuram como uma alternativa para a execução de novas instalações ou ainda para reabilitar/substituir dutos, tubos e cabos subterrâneos utilizando métodos que diminuam ou eliminam a necessidade de escavações características dos métodos tradicionais (Najafi et al., 2005; Abraham et al., 2002). Um dos fatores relevantes para a utilização da metodologia de MND é justamente a diminuição dos impactos gerados no entorno urbano, característicos do método de abertura de valas (Rodrigues, 2016).

Muitos desses impactos geram custos indiretos, geralmente pouco tangíveis, como por exemplo os custos sociais a eles inerentes. Esses custos dizem respeito a itens não diretamente ligados à obra propriamente dita, como escavação, escoramento, reaterro e recomposição de pavimento, sendo esses últimos apropriados nos custos diretos da referida intervenção.

Segundo Campos (1996), na linguagem econômica o custo social expressa os sacrifícios impostos à sociedade para que o processo produtivo se concretize. A população é onerada pelo custo monetário do produto em si enquanto bem de consumo, assim como pelos encargos decorrentes dos descartes de resíduos e seus impactos no meio ambiente. No caso da abertura de vala \_que implica na necessidade de remoção e recomposição do pavimento\_, esses custos sociais são representados por impactos indiretos (tais como danos a utilidades adjacentes) bem como pelos transtornos gerados pelas interdições para viabilizar o assentamento da canalização sob a via, como perdas para os negócios e comércio, insatisfação da população afetada e outros (Dezotti, 2008). Por apresentarem alguns aspectos pouco tangíveis, alguns desses custos só podem ser quantificados de maneira estimada.

Por proporcionarem uma execução mais rápida, em alguns casos os MND podem reduzir os custos sociais, e essa vantagem pode se refletir diretamente na diminuição do custo global da obra (Motta et al., 2017).

Há atualmente diversos exemplos de redes sendo executadas por MND, tanto para pequenos diâmetros – é o caso de ligações domiciliares de água em PEAD e de redes de distribuição de gás – como para grandes diâmetros, tendo como exemplo clássico o assentamento de coletores tronco do Programa de Despoluição da Baía de Guanabara (PDBG) no RJ, com DN de até 2.000 mm ([https://www.cedae.com.br/despoluicao\\_baia\\_guanabara](https://www.cedae.com.br/despoluicao_baia_guanabara), acesso em 08/01/2017).

Diversas empresas que trabalham no segmento de assentamento e instalação de redes vêm optando crescentemente pela aplicação dessa tecnologia. Em uma primeira análise, os custos de construção podem se apresentar geralmente mais elevados do que os custos com assentamento por meio de abertura de valas contínuas, mas, por outro lado, a metodologia não destrutiva pode dispor de vantagens, tais como a precisão e a redução de prazos na execução da obra e ainda a não interrupção das vias de trânsito na área/frente de trabalho.

Segundo Motta et al. (2017) e Rodrigues (2016), em determinados casos, além de viabilizar obras que pelos métodos tradicionais, como o de vala a céu aberto, seriam praticamente impossíveis, o custo de execução por MND vem gradativamente ficando mais competitivo no mercado, a partir de aspectos como diminuição do tempo de interdição, rapidez na execução da inserção dos tubos e de sua mínima área de recapeamento do asfalto, minimizando o impacto dessas obras nas vias e áreas públicas. Além disso, os custos vêm se reduzindo em função da maior disseminação e aplicação/aperfeiçoamento da referida metodologia.

## 2 OBJETIVO

O presente estudo tem como objetivo principal abordar a utilização dos métodos disponíveis para a implantação e a substituição de dutos/canalizações subterrâneas em obras de saneamento (redes coletoras), apresentando algumas das principais metodologias de MND.

## 3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Com base em um estudo de caso, o estudo objetiva realizar uma comparação expedita entre duas das principais tecnologias de MND (*PIPE BURSTING* e HDD) e o método tradicional de vala a céu aberto, agregando-se a essa avaliação os custos denominados como custos sociais ou indiretos, além dos custos diretos convencionais, quais sejam, aqueles referentes à construção e assentamento das redes propriamente ditas.

## 4 METODOLOGIA

Primeiramente são apresentadas as diversas alternativas de MND, caracterizando-as e citando suas vantagens e desvantagens em relação aos métodos tradicionais (vala a céu aberto). Em sequência, realiza-se um estudo de caso, onde são analisados de forma comparativa os custos de execução e substituição de coletores de esgotamento sanitário, utilizando tanto a metodologia convencional (vala) como MND.

Para o método de abertura de vala são adotadas como premissas as profundidades médias de vala de 2,0 m, 2,5 m, 3,0 m, 3,5 m e 4,0 m, tendo sido utilizada largura de vala variável, de acordo com o diâmetro da tubulação e dentro dos parâmetros estabelecidos pela norma da NBR 12266/92, e considerando-se ainda uma escavação em solo não rochoso.

Para os outros métodos avaliados (MND), são utilizadas como base as mesmas profundidades e

considerada a execução em terreno com tipo de solo sem interferência, também em solo sem material rochoso. No desenvolvimento da pesquisa são adotados/detalhados dois tipos de básicos de metodologia não destrutiva: o HDD (*Horizontal Directional Drilling*) ou perfuração direcional para implantação de redes novas e o *PIPE BURSTING* ou substituição por arrebentamento para substituição de rede existente.

A faixa de diâmetros considerada varia de 150 a 400 mm. No cálculo dos custos referentes aos métodos não destrutivos adota-se uma tubulação em PEAD com SDR 17, sendo esse material usualmente empregado devido às suas características adequadas aos esforços necessários para a inserção da tubulação. Sua resistência ao atrito lateral do solo sobre a tubulação a ser utilizada e a junção entre um tubo e outro é bem superior à dos tubos de PVC, evitando, portanto, que os tubos se desprendam durante a “puxada” da tubulação.

No caso do método tradicional de abertura de vala, os tubos de PVC para redes de esgoto (EB-644/NBR-7362 da ABNT) são de longe os mais utilizados para diâmetros até 250 mm. Acima dessa faixa (diâmetros de 350 e 400 mm), são empregados tubos de concreto armado (NBR – 8890/03).

Sendo assim, esses materiais são adotados na compilação dos custos no caso do método de abertura de vala. Para a comparação entre as duas metodologias, toma-se como base no cálculo dos custos referentes ao método tradicional o diâmetro nominal (DN) de tubulação correspondente em PEAD.

Enquanto o tubo junta elástica, ponta e bolsa (de PVC ou concreto) é instalado basicamente com o auxílio de alavancas e as conexões são executadas por meio de anéis de borracha e argamassa de areia e cimento, respectivamente, o assentamento do tubo de PEAD ocorre por meio da execução de solda de termofusão ou com a

utilização de luvas de eletrofusão, devendo ser respeitados os tempos para aquecimento e resfriamento da solda.

Os tubos são comercializados em distintos comprimentos. Enquanto os de PVC são fornecidos em varas de 6 m e os de concreto em tubos de 2 m, as canalizações de PEAD acima de 160 mm são confeccionadas em barras com 6 ou 12 m de extensão.

Especificamente em relação ao tempo de instalação da canalização, considerou-se que tanto as vantagens como as desvantagens das duas metodologias se equivalem, e dessa forma esse aspecto foi relegado a um plano secundário na presente comparação.

Em ambos os métodos é adotada uma extensão média de execução de 100 metros de canalização, por se tratar de uma extensão facilmente obtida em uma “puxada” de tubo pelo método HDD nos diâmetros comparados. Além disso, essa é considerada uma distância média comumente encontrada em casos que envolvam a transposição de obstáculos como rios, canais, ferrovias e outros.

Os custos diretos se referem aos itens de construção, como escoramento, esgotamento de valas, fornecimento e assentamento dos tubos propriamente ditos e demais custos inerentes à implantação da rede coletora.

O orçamento é calculado a partir da quantificação dos serviços, adotando-se a tabela de preços EMOP – RJ, de maio/2017, como base para os preços unitários. Adicionalmente, para o preço dos serviços especiais referentes ao MND, são utilizadas as cotações de mercado, por meio de consulta a uma empreiteira. Em todos os orçamentos são considerados os custos, incluindo o BDI.

Já os custos sociais ou indiretos são calculados com base na metodologia desenvolvida por Dezotti (2008), tanto no que se refere ao método de abertura de vala como no método não destruti-

vo, usando como base os mesmos critérios e cenários. São eles:

- Interrupção ao tráfego veicular
- Danos à rodovia e pavimento
- Danos às utilidades adjacentes
- Danos às estruturas adjacentes
- Barulho e vibração; segurança dos pedestres
- Perdas para negócios e comércios
- Danos às estradas utilizadas com desvios
- Segurança local e pública
- Insatisfação dos cidadãos
- Impactos ambientais.

Para o método de abertura de vala, foram utilizados os custos relacionados à interdição de duas faixas de rolamento, enquanto para o método não destrutivo foi considerada a interdição de apenas uma faixa de rolamento. Para o cálculo de interdição foi considerado um período de 40 horas. Como critério para assentamento da rede a céu aberto foi adotada uma produção diária de 25 metros em 10 horas de trabalho, sendo necessários 4 dias para a execução do assentamento dos 100 metros de rede convencionados. Para o MND foi considerada uma produção diária de 100 metros, portanto com um dia de duração.

Segundo Najafi (2016; 2004), os parâmetros que influenciam a produtividade de assentamento podem ser divididos em quatro grupos:

- Condições do solo;
- Condições do projeto;
- Condições do empreiteiro;
- Condições das máquinas.

Tais parâmetros não são os únicos, mas eles tendem a ser comuns a todos os projetos de MND, além de possuírem um maior impacto sobre a produtividade.

## 5 METODOLOGIAS NÃO DESTRUTIVAS PARA IMPLANTAÇÃO DE TUBULAÇÕES

A utilização dos métodos não destrutivos (MND) pode ser dividida basicamente em três categorias: a) reabilitação e recuperação de redes; b) substituição in loco, como por exemplo, o *PIPE BURSTING* (Figs. 1 e 2); e c) instalação de novas redes, como é o caso do HDD e *SHIELD* (Figs. 3 e 4).

O método *PIPE BURSTING* aproveita o espaço de canalização existente para aumentar o furo e inserir uma nova tubulação, rompendo-se a antiga. Já o HDD e o *SHIELD* são técnicas de construção/assentamento de rede por meio de uma perfuração inteiramente nova no solo.



**Figuras 1 e 2** – Execução do Método PIPE BURSTING e sua chegada da tubulação ao poço de visita de jusante



Fontes: <http://www.tttechnologies.com/methods/pipe-bursting/> e Construtora Medeiros Carvalho de Almeida

**Figuras 3 e 4** – Execução do Método HDD e chegada da tubulação PEAD onde será construído o poço de desague



Fontes: <http://www.vermeer.com.au/equipment/utility-installation/horizontal-directional-drills-utility/> e Construtora Medeiros Carvalho de Almeida

**Figura 5 e 6** – Poço de cravação para perfuração com o método SHIELD



Fonte: <http://www.enotec.com.br/mnd.htm>

Para execução dos serviços utilizando MND é necessário que seja preliminarmente realizado em campo o levantamento cadastral das diversas interferências que possam existir ao longo do percurso da tubulação a ser executada, assim como o tipo de solo no local de implantação. O detalhamento do plano de furo deve ser realizado da forma mais embasada possível, a fim de evitar maiores imprevistos na execução/perfuração propriamente dita (ABRATT, 2007; Bennet et al., 2004). Nos casos de substituição utilizando o espaço já disponível pela existência de uma tubulação antiga (PIPE BURSTING), esses imprevistos são minimizados.

Os Métodos Não Destrutivos – MND necessitam de máquinas especiais para a execução da perfuração que ocorre no subsolo de forma horizontal, entre dois poços de serviço \_um de entrada e outro de saída\_ por onde passarão os tubos. Desta forma, não é necessário escavar, escorar, esgotar e realizar outros serviços inerentes ao método tradicional de abertura de vala ao longo de toda a extensão do solo por onde passará a tubulação.

## 6 RESULTADOS

A comparação entre os custos de implantação de uma tubulação utilizando a metodologia de

vala aberta e os métodos não destrutivos é apresentada a seguir, na forma de tabelas e gráficos, tanto para execução de redes novas (Método HDD) como para a substituição de redes existentes (inservíveis e/ou a serem remanejadas) (Método PIPE BURSTING).

### 6.1 Custos diretos

Como já citado, os custos diretos se referem aos itens de construção, como escavação, escoramento, esgotamento de valas, fornecimento e assentamento dos tubos propriamente ditos, além dos demais custos de implantação/assentamento de redes.

O orçamento foi elaborado a partir da quantificação dos serviços, adotando-se um BDI de 16%, valor usual para esse tipo de serviço.

A Tabela 1, a seguir, apresenta os custos totais diretos em reais para assentamento de rede pelo método convencional (execução por abertura de vala), para diâmetros variando entre 150 e 400 mm e profundidades de 2,0 m, 2,5 m, 3,0 m, 3,5 m e 4,0 m, considerando uma extensão de 100,0 m de rede. O orçamento foi feito com base na Tabela EMOP de Maio de 2017.

**Tabela 1** – Custos diretos para execução do método (convencional) por abertura de vala.

Método Construtivo	DE (mm)	Extensão (m)	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)	(R\$)
			H=2,0 m	H=2,5 m	H=3,0 m	H=3,5 m	H=4,0 m
Abertura de Vala	150	100	63.837,9	91.005,0	105.696,1	120.160,1	133.360,7
	200		68.874,0	99.935,1	111.628,5	126.711,7	140.425,8
	250		81.150,4	113.276,3	125.752,2	142.073,9	156.815,1
	300		88.030,2	120.092,2	132.568,1	148.889,8	163.631,0
	400		97.401,8	132.754,1	147.577,7	167.614,4	185.436,8

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Tabela 2, a seguir, apresenta os custos totais diretos em reais para execução de rede pelo Método Não Destrutivo HDD, para os diâmetros variando entre 160 e 400 mm, e profundidades de 2,0 m, 2,5 m, 3,0 m, 3,5 m e 4,0 m, considerando-se um

trecho base de 100,0 m de rede. O orçamento foi feito com base na Tabela EMOP de Maio de 2017. Alguns itens não disponíveis nessa base de preços foram cotados junto à empresa DRACHMA, empreiteira especializada neste tipo de serviço.

**Tabela 2** - Custos diretos para execução de rede pelo método não destrutivo - HDD.

Método Construtivo	DE (mm)	Extensão (m)	(R\$) H=2,0 m	(R\$) H=2,5 m	(R\$) H=3,0 m	(R\$) H=3,5 m	(R\$) H=4,0 m
HDD	160	100	66.568,5	68.481,7	70.717,6	81.707,3	83.856,9
	225		93.094,2	95.007,4	97.243,3	112.115,5	114.265,1
	280		116.230,4	118.143,6	120.379,5	138.538,0	140.687,6
	355		152.633,6	154.546,7	156.782,6	179.421,0	181.570,6
	400		174.687,5	176.600,6	178.836,5	204.163,8	206.313,4

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Tabela 3, a seguir, apresenta os custos totais diretos em reais para execução (substituição) de rede coletora pelo método *PIPE BURSTING*, para os diâmetros variando de 160 a 400 mm, e profundidades de 2,0 m, 2,5 m, 3,0 m, 3,5 m e 4,0 m, considerando um trecho de 100,0 m de rede.

Também nesse caso o orçamento foi feito com base na Tabela EMOP, de Maio de 2017. Alguns itens não disponíveis nessa base de preços foram cotados junto à empresa DRACHMA, empreiteira especializada neste tipo de serviço.

**Tabela 3** - Custos diretos para substituição de rede pelo método não destrutivo – *PIPE BURSTING*.

Método Construtivo	DE (mm)	Extensão (m)	(R\$) H=2,0 m	(R\$) H=2,5 m	(R\$) H=3,0 m	(R\$) H=3,5 m	(R\$) H=4,0 m
<i>PIPE BURSTING</i>	160	100	40.741,1	41.873,9	43.006,6	44.139,3	45.272,0
	225		59.500,6	60.633,4	61.766,1	62.898,8	64.031,6
	280		76.065,4	77.198,2	78.330,9	79.463,6	80.596,4
	355		103.507,6	104.640,3	105.773,0	106.905,8	108.038,5
	400		120.184,9	121.317,6	122.450,3	123.583,1	124.715,8

Fonte: Elaborado pelos autores.

## 6.2 Custos Indiretos (Sociais e Ambientais)

A Tabela 4, a seguir, apresenta os custos indiretos (sociais e ambientais) referentes ao método de abertura de vala, no qual se prevê a interdição

de duas faixas de rolamento e tempo total de interdição de 40 horas. Foram adotados distintos tempos parciais para cinco faixas de razão/vazão de tráfego ora consideradas.

**Tabela 4** - Custos indiretos para interdição de duas faixas (Abertura de vala)

Vol. Tráfego (veículos/h)	Tempo (h)	Custos indiretos (R\$/h)	Total (R\$)
2392	2,5	41,36	103,40
4784	4	301,91	1.207,64
7176	18,5	850,96	15.317,28
9568	7	949,92	6.649,44
11960	8	1.039,97	8.319,76
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>	<b>-</b>	<b>31.597,52</b>

Fonte: Baseado em Dezotti (2008).



No presente estudo foi adotado como critério para assentamento da rede por MND uma produção diária de 100,0 metros, sendo necessário um dia para o término do assentamento de rede

e um período total de 10 horas de interdição de apenas uma faixa de rolamento, sem contar a mobilização e desmobilização (Tabela 5).

**Tabela 5** – Custos indiretos para interdição de uma faixa (MND – HDD e PIPE BURSTING)

Vol. Tráfego (veículos/h)	Tempo (h)	Custos indiretos (R\$/h)	Total (R\$)
2392	1	41,36	41,36
4784	1	301,91	301,91
7176	4,5	850,96	3.829,32
9568	1,5	949,92	1.424,88
11960	2	1.039,97	2.079,94
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>-</b>	<b>7.677,41</b>

Fonte: Baseado em Dezotti (2008).

Por terem sido utilizados no cálculo dos custos diretos os preços dos serviços baseados na tabela EMOP de maio de 2017, os custos indiretos calculados com base em Dezotti (2008) foram

atualizados, utilizando o índice da família EMOP 05.100 (índice de construção civil), considerando a variação encontrada no período entre os meses de julho de 2008 a maio de 2017 (Tabela 6).

**Tabela 6** – Variação do Índice EMOP 05.100 (período de julho de 2008 a maio de 2017).

Método Construtivo	ÍNDICE EMOP 05.100 JUL/2008 IO	ÍNDICE EMOP 05.100 MAI/2017 I1	11/IO - 1	Custos indiretos (Sociais e ambientais) 2008	Custos indiretos (Sociais e ambientais) 2017
Abertura de Vala	2.798	4.841	73,01%	31.597,52	54.666,86
MND	2.798	4.841	73,01%	7.677,41	13.282,68

Fonte: Elaborado pelos autores

### 6.3 Custos totais

A seguir é apresentada uma compilação dos dados obtidos pelos orçamentos realizados, considerando os custos diretos, indiretos (Tabelas 7 a 9) e totais (Tabelas 10 e 11), quando em-

pregados o método de execução tradicional de abertura de vala e os métodos não destrutivos (MND) elencados (HDD e PIPE BURSTING), para as profundidades e os diâmetros adotados por essa pesquisa.

**Tabela 7** – Custos indiretos e diretos para execução de rede pelo método por abertura de vala.

Método Construtivo	DN (mm)	Custos Indiretos (R\$)	Diretos (R\$) H=2,0m	Diretos (R\$) H=2,5 m	Diretos (R\$) H=3,0 m	Diretos (R\$) H=3,5 m	Diretos (R\$) H=4,0 m
Abertura de Vala	150	54.666,9	63.837,9	91.005,0	105.696,1	120.160,1	133.360,7
	200		68.874,0	99.935,1	111.628,5	126.711,7	140.425,8
	250		81.150,4	113.276,3	125.752,2	142.073,9	156.815,1
	300		88.030,2	120.092,2	132.568,1	148.889,8	163.631,0
	400		97.401,8	132.754,1	147.577,7	167.614,4	185.436,8

Fonte: Elaborado pelos autores.

**Tabela 8** – Custos indiretos e diretos para execução de rede pelo método não destrutivo HDD.

Método Construtivo	DE (mm)	Custos Indiretos (R\$)	Diretos (R\$) H=2,0m	Diretos (R\$) H=2,5 m	Diretos (R\$) H=3,0 m	Diretos (R\$) H=3,5 m	Diretos (R\$) H=4,0 m
HDD	160	13.282,7	66.568,5	68.481,7	70.717,6	81.707,3	83.856,9
	225		93.094,2	95.007,4	97.243,3	112.115,5	114.265,1
	280		116.230,4	118.143,6	120.379,5	138.538,0	140.687,6
	355		152.633,6	154.546,7	156.782,6	179.421,0	181.570,6
	400		174.687,5	176.600,6	178.836,5	204.163,8	206.313,4

Fonte: Elaborado pelos autores.

**Tabela 9** – Custos indiretos e diretos para execução (substituição) de rede pelo método não destrutivo PIPE BURSTING.

Método Construtivo	DE (mm)	Custos Indiretos (R\$)	Diretos (R\$) H=2,0m	Diretos (R\$) H=2,5 m	Diretos (R\$) H=3,0 m	Diretos (R\$) H=3,5 m	Diretos (R\$) H=4,0 m
PIPE BURSTING	160	13.282,7	54.023,8	55.156,5	56.289,3	57.422,0	58.554,7
	225		72.783,3	73.916,1	75.048,8	76.181,5	77.314,2
	280		89.348,1	90.480,9	91.613,6	92.746,3	93.879,0
	355		116.790,2	117.923,0	119.055,7	120.188,4	121.321,2
	400		133.467,6	134.600,3	135.733,0	136.865,8	137.998,5

Fonte: Elaborado pelos autores.

**Tabela 10** – Custos totais (Diretos + Indiretos) referentes à execução de rede pelo método de vala aberta em comparação com método não destrutivo HDD

Método Construtivo	DN/DE (mm)	(R\$) H=2,0 m	(R\$) H=2,5 m	(R\$) H=3,0 m	(R\$) H=3,5 m	(R\$) H=4,0 m
Abertura de Vala	150	118.504,8	145.671,9	160.363,0	174.827,0	188.027,5
	200	123.540,9	154.601,9	166.295,3	181.378,6	195.092,7
	250	135.817,2	167.943,2	180.419,1	196.740,7	211.481,9
	300	142.697,0	174.759,1	187.235,0	203.556,6	218.297,8
	400	152.068,6	187.421,0	202.244,6	222.281,3	240.103,7
HDD	160	79.851,2	81.764,3	84.000,2	94.990,0	97.139,6
	225	106.376,9	108.290,1	110.526,0	125.398,2	127.547,8
	280	129.513,1	131.426,3	133.662,1	151.820,7	153.970,3
	355	165.916,2	167.829,4	170.065,3	192.703,7	194.853,3
	400	187.970,2	189.883,3	192.119,2	217.446,5	219.596,1

Fonte: Elaborado pelos autores.

**Tabela 11** - Custos totais (Diretos + Indiretos) referentes à execução de rede pelo método de abertura de vala em comparação ao método não destrutivo PIPE BURSTING

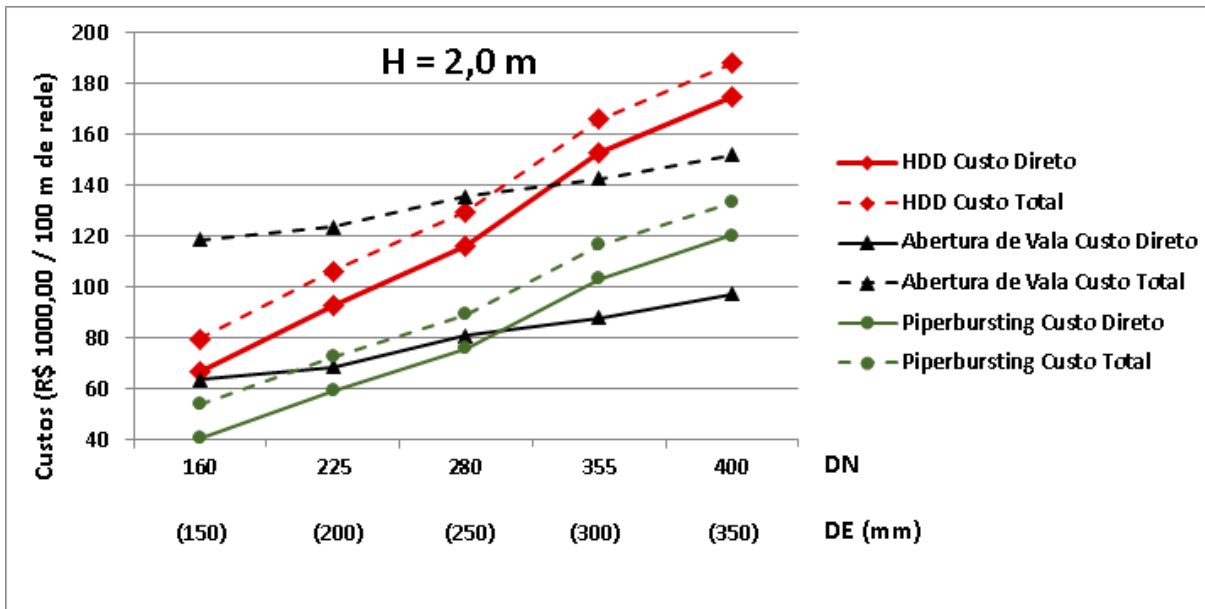
Método Construtivo	DN/DE (mm)	(R\$) H=2,0 m	(R\$) H=2,5 m	(R\$) H=3,0 m	(R\$) H=3,5 m	(R\$) H=4,0 m
Abertura de Vala	150	118.504,8	145.671,9	160.363,0	174.827,0	188.027,5
	200	123.540,9	154.601,9	166.295,3	181.378,6	195.092,7
	250	135.817,2	167.943,2	180.419,1	196.740,7	211.481,9
	300	142.697,0	174.759,1	187.235,0	203.556,6	218.297,8
	400	152.068,6	187.421,0	202.244,6	222.281,3	240.103,7
PIPE BURSTING	160	54.023,8	55.156,5	56.289,3	57.422,0	58.554,7
	225	72.783,3	73.916,1	75.048,8	76.181,5	77.314,2
	280	89.348,1	90.480,9	91.613,6	92.746,3	93.879,0
	355	116.790,2	117.923,0	119.055,7	120.188,4	121.321,2
	400	133.467,6	134.600,3	135.733,0	136.865,6	137.998,5

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os Gráficos 1 a 5, a seguir, apresentam a evolução dos custos direto e total para implantação de rede coletora pelo método de abertura de vala em comparação aos não destrutivos (HDD

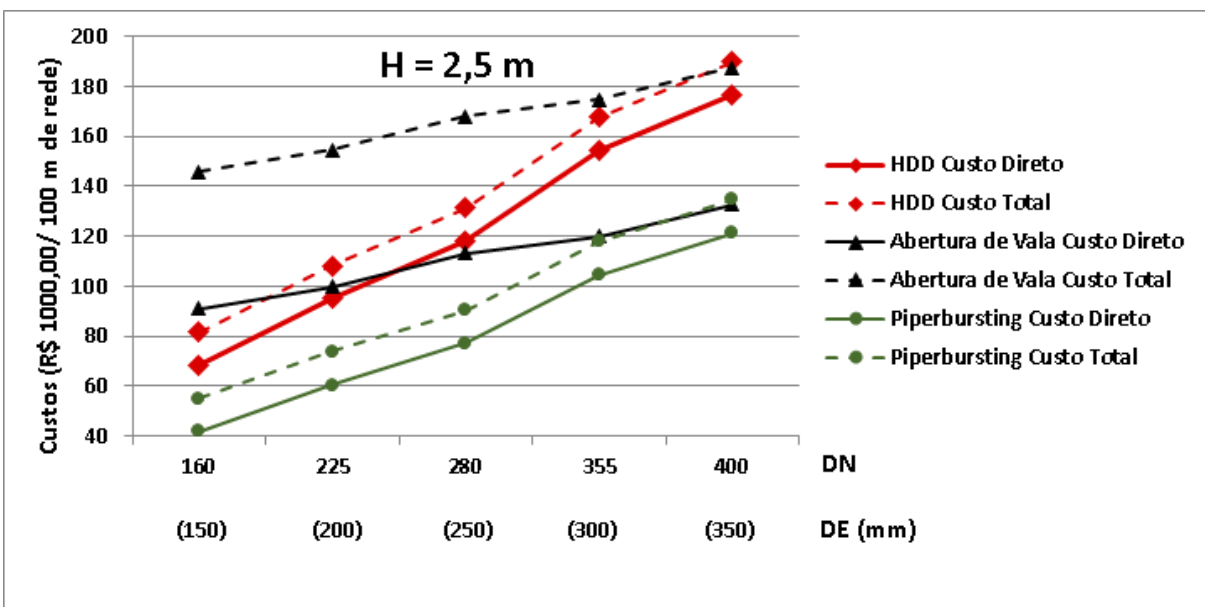
e PIPE BURSTING), considerando as distintas profundidades e diâmetros de canalização adotados como premissas no presente trabalho, para uma extensão padrão de 100,0 m de rede.

**Gráfico 1** - Evolução dos custos diretos e totais para implantação de rede por abertura de vala em comparação com o método não destrutivo HDD e PIPE BURSTING, para H=2,0 m



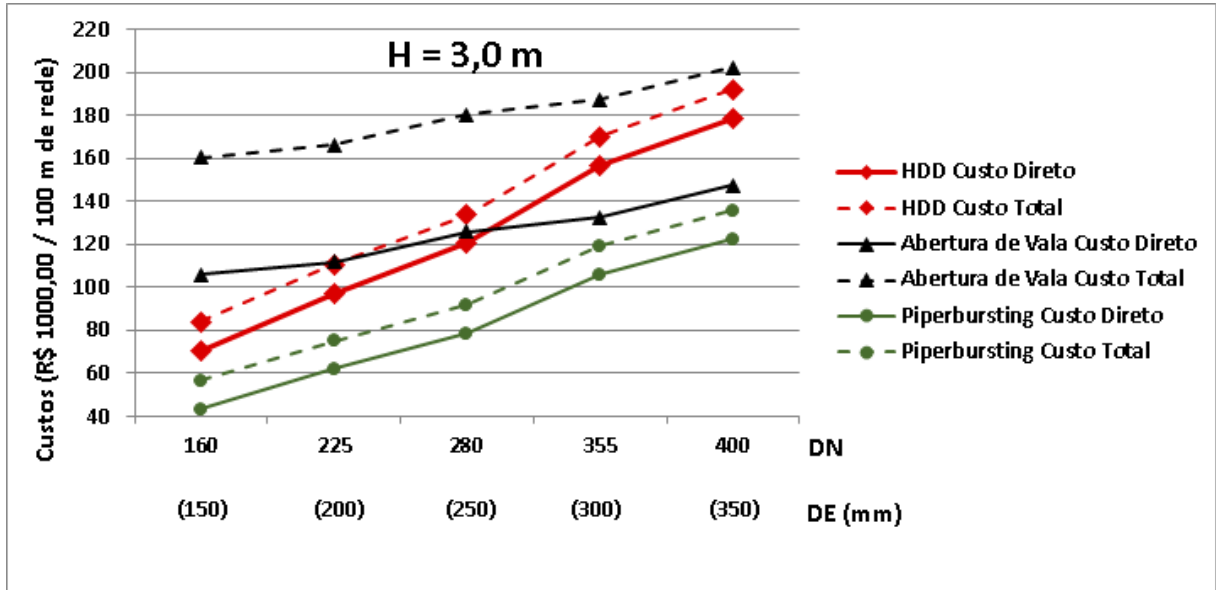
Fonte: Elaborado pelos autores.

**Gráfico 2** - Evolução dos custos diretos e totais para implantação de rede por abertura de vala em comparação com o método não destrutivo HDD e PIPE BURSTING, para H=2,5 m



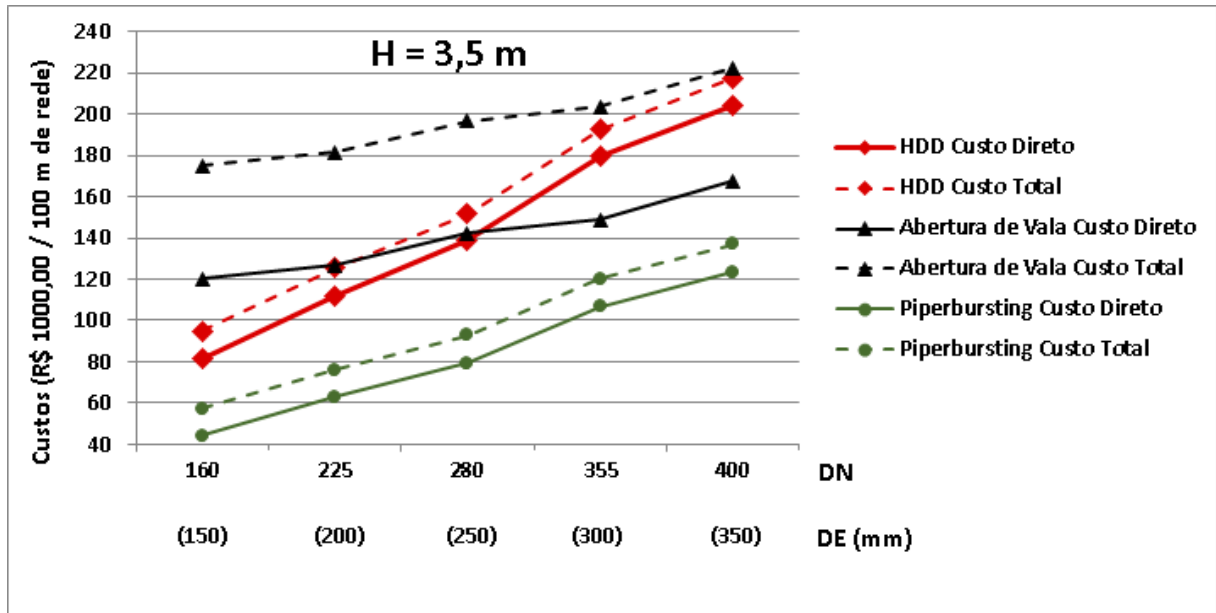
Fonte: Elaborado pelos autores.

**Gráfico 3** – Evolução dos custos diretos e totais para implantação de rede por abertura de vala em comparação com o método não destrutivo HDD e *PIPE BURSTING* para H=3,0 m



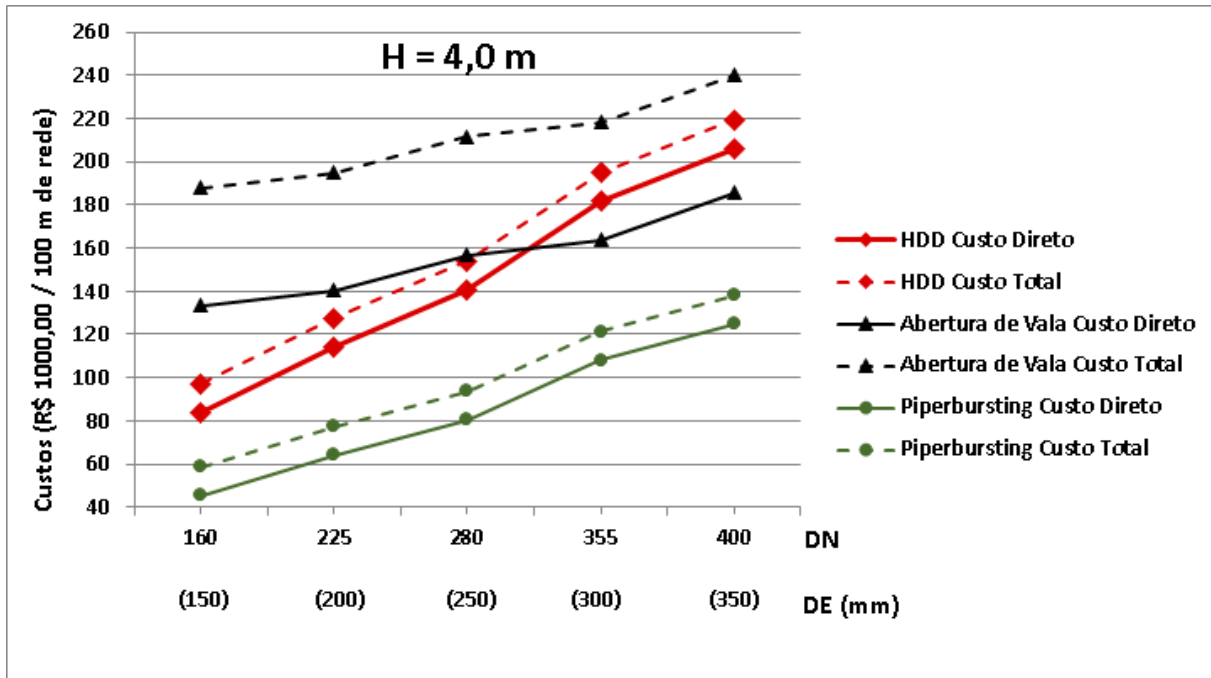
Fonte: Elaborado pelos autores.

**Gráfico 4** - Evolução dos custos diretos e totais para implantação de rede por abertura de vala em comparação com o método não destrutivo HDD e *PIPE BURSTING*, para H=3,5 m



Fonte: Elaborado pelos autores.

**Gráfico 5** - Evolução dos custos diretos e totais para implantação de rede por abertura de vala em comparação com o método não destrutivo HDD e PIPEBURSTING, para H=4,0 m



Fonte: Elaborado pelos autores.

## 7 DISCUSSÃO

Com base na análise dos dados obtidos por essa pesquisa, considerando-se a implantação de redes novas, pode-se concluir que na maior parte dos casos avaliados o MND, notadamente o HDD, possui custos de construção (custos diretos) ainda elevados em relação à metodologia tradicional com abertura de vala, especialmente para os menores diâmetros e maiores profundidades ora considerados.

No assentamento de redes novas utilizando-se o método não destrutivo HDD, considerando-se apenas os custos diretos, essa metodologia se apresenta vantajosa em relação à convencional de vala para as profundidades de 3,0 m, 3,5 m e 4,0 m e para os diâmetros de 160 mm a 280 mm. Quando na comparação são incluídos também os custos indiretos (sociais e ambientais), a metodologia não destrutiva HDD passa ser vantajosa em quase todas as profundidades, com exceção dos diâmetros de 355 e 400 mm, para

a profundidade de 2,0 m, e na profundidade de 2,5 m, para diâmetro de 400 mm.

Quanto ao emprego de *PIPE BURSTING*, se comparado ao método de execução de valas, considerando somente os custos diretos, ele se apresenta como economicamente vantajoso nas seguintes situações: 1) profundidade de 2,0 m, para o diâmetro de 160 mm; 2) para as profundidades de 2,5 m e DN 400 mm, 3) nas profundidades de 3,0 m, 3,5 m e 4,0 m em todos os diâmetros analisados.

Quando são também computados os custos indiretos (sociais e ambientais) das obras, o MND *PIPE BURSTING* é o método mais vantajoso para todos os casos analisados.

Deve ser ressaltado que grande parte da rede coletora de esgotos (rede secundária) é usualmente executada nos diâmetros de 150, 200 e 250 mm. Nesses diâmetros, e a partir da profundidade de 2,5 m, ambas as tecnologias MND são viáveis,



mesmo se forem considerados apenas os custos diretos (de construção).

Constata-se ainda que, em comparação com o método tradicional, os custos de MND apresentam uma maior variação em função dos distintos diâmetros de rede, para todas as profundidades avaliadas.

## 8 CONCLUSÃO

Além de sua capacidade de redução na geração de agravos socioambientais e nos custos a eles inerentes, a utilização dos métodos não destrutivos (MND) pode representar uma alternativa econômica para os métodos de instalação, reforma e reparo de tubulações e redes de esgotamento sanitário, quando comparados com o método tradicional de escavação de vala a céu aberto. A metodologia de MND vem sendo crescentemente aplicada inclusive em outros segmentos, como por exemplo, no assentamento de redes de distribuição de gás.

Por outro lado, os custos de construção ainda elevados dos MND se devem em parte à pequena demanda por este tipo de serviço, se comparada ao método tradicional de execução com abertura de vala, esse largamente difundido. Prevê-se que à medida que houver uma maior demanda por execução de redes por meio dos métodos não destrutivos (MND) pode ser esperada uma redução gradual dos seus custos, tornando-os, portanto, mais competitivos. Apesar de os custos diretos do método de abertura de vala ainda serem inferiores em boa parte dos casos, ele apresenta como desvantagem uma maior morosidade de execução se comparado ao método não destrutivo (MND). Os MND podem se tornar mais vantajosos justamente em função dessa maior prestação de sua execução, que tem influência direta na redução do prazo da obra, diminuindo concomitantemente o transtorno gerado por essas inter-

venções na vida da população. Há uma melhora geral da situação do empreendimento, tanto para pedestre quanto para os veículos, levando assim a uma economia no custo total da obra, por meio da diminuição dos custos indiretos. Os custos indiretos (sociais) referentes aos métodos não destrutivos são inferiores aos custos indiretos inerentes ao método tradicional de abertura de vala. Apesar de normalmente não serem considerados no preço da obra, esses custos sociais e ambientais (indiretos) podem se constituir em um elemento de grande importância na definição do preço final (real) de um empreendimento.

A apropriação destes custos se torna ainda mais difícil uma vez que os custos diretos referentes às obras são pagos pelas prefeituras ou concessionárias responsáveis pela prestação do serviço; já os custos sociais e ambientais normalmente não são contabilizados e são pagos indiretamente pela população afetada.

Se forem considerados, por exemplo, todos os transtornos e prejuízos gerados pelas interdições, muitos dos quais não podem sequer ser quantificados, os métodos não destrutivos podem se configurar como uma solução bastante indicada. Isso é especialmente válido para a execução de redes em locais de grande movimentação, tanto de pedestres como de veículos, pois haverá uma execução mais rápida, gerando menos transtornos.

Embora parte da economia apresentada pelos MND se concentre nessa porção menos tangível dos custos das obras de assentamento de canalizações, pode ser constatado pelo presente estudo que para diâmetros menores e maiores profundidades há viabilidade para aplicação dos MND, mesmo quando comparados somente os custos de assentamento (diretos).

Os MND se apresentam ainda como uma alternativa para obras que seriam inviáveis por abertura de vala, tais como travessias sobre rodovias,

ferrovias, rios, assentamento de grandes troncos coletores a grandes profundidades e outras situações similares.

Outra possível vantagem do MND em relação ao método de abertura de vala é evitar o retrabalho em relação aos serviços de fechamento de vala e pavimentação, considerando a ocorrência frequente de recalque do pavimento na área de intervenção, no caso de abertura de vala.

Considerando as vantagens demonstradas em relação à alternativa do emprego de *PIPE BURSTING*, na existência de uma tubulação em estado precário de conservação ou mesmo que necessite de remanejamento, essa opção deve ser prioritariamente avaliada para minimizar os custos de execução de redes coletoras, troncos e emissários.

Porém é importante mencionar que a utilização de metodologia não destrutiva (MND) é ainda limitada para alguns tipos de solo, como também contraindicada para localidades muito afastadas dos grandes centros, em função das dificuldades relacionadas à logística e aos deslocamentos necessários. Para a execução por meio de MND são necessários equipamentos especiais e um bom conhecimento prévio do solo/terreno onde se dará a intervenção. Existem também restrições quanto à profundidade mínima para os diâmetros usualmente utilizados em coletores de esgoto, uma vez que em alguns casos pode haver levantamento de pavimento durante sua execução.

Cabe ainda ressaltar a necessidade de um maior aprofundamento dos estudos em relação aos custos mencionados/apresentados neste trabalho, especialmente os indiretos, pois existem custos relacionados aos impactos socioambientais gerados pelas intervenções que são difíceis de serem mensurados monetariamente. Esses custos são de grande importância, pois podem elevar bastante o custo final de uma obra, tornando inclusive o emprego de MND mais atraente/competitivo.

Mais estudos também se fazem necessários visando a um refinamento dos dados de entrada em relação ao método de abertura de vala, considerando que a produtividade da obra pode variar em função da profundidade da rede a ser executada, mas que no presente estudo foi adotada como constante por questões de simplificação.

## 9 AGRADECIMENTOS

Às graduandas Skarlat Reynnelly Alves e Luana Oliveira Rangel pela ajuda na elaboração dos gráficos e na formatação final do artigo.

## 10 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Todos os autores contribuíram de forma igualitária.

## 11 REFERÊNCIAS

- ABRAHAM, D. M.; BAIK H. S.; GOKHALE S. (2002). Development of decision support system for selection of trenchless technologies to minimize impact of utility construction on roadways. Springfield, VA: **National Technical Information Service**, 2002. 157 p. (FHWA/IN/JTRP-2002/7, SPR-2453).
- ABRATT - Associação Brasileira de Tecnologia Não Destrutiva. **Manual Técnico de Métodos Não Destrutivos**. ABRATT: ABNT, 2007.
- BENNETT, D.; ARIARATNAM, S.; COMO C. (2004). **Horizontal directional drilling: Good practices guidelines**. Arlington: HDD Consortium, 2004, 144p.
- CAMPOS, L. M. de S. (1996). **Um estudo para definição e identificação dos custos da qualidade ambiental**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 1996.
- DEZOTTI, Mateus Caetano. **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. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, 2008.
- CEDAE, **Despoluição da Baía de Guanabara**. Disponível em: <[https://www.cedae.com.br/despoluicao\\_baia\\_guanabara](https://www.cedae.com.br/despoluicao_baia_guanabara)>. Acesso em 08/01/2017.

DAE BAURU, **Método SHIELD**. Disponível em: < <http://www.daebauru.sp.gov.br/2014/imprensa/imprensa.php?id=558&highlight=> > Acesso em 08/08/2017.

ENOTEC, **Método SHIELD**. Disponível em: <<http://www.enotec.com.br/mnd.htm>> Acesso em 07/05/2018.

MOTTA, S., OBRACZKA, M e RODRIGUES, P., 2017. Comparação de Custos de Utilização de MND e de Abertura de Vala para Execução de Obras de Saneamento. In: Congresso da ABES. São Paulo. **Anais...**

NAJAFI, M., 2016. **Tecnologia não destrutiva: planejamento, equipamentos e métodos**. – Porto Alegre, 186 p.

NAJAFI, M., 2004. **Trenchless technology: pipeline and utility design, construction, and renewal**. 1 a ed. New York: McGraw-Hill Professional, 489 p.

NAJAFI, M.; GUNNICK, B.; DAVIS, G (2005). **Preparation of construction specifications, contract documents, field testing,**

**educational materials, and course offerings for trenchless construction**. University of Missouri-Columbia, 2005. 55 p.

RODRIGUES, Patrício da Silva, 2016. **Utilização de métodos não destrutivos – MND em obras de saneamento**.. Dissertação Mestrado- Universidade do Estado do Rio de Janeiro, RJ, 2016.

SOARES, S.R.A.; BERNARDES, R.S.; CORDEIRO NETTO, O.M, 2002. Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 18, p. 1713-1724.

TT TECHNOLOGIES, **Pneumatic Pipe Bursting**. Disponível em: <<http://www.tttechnologies.com/methods/pipe-bursting/>> Acesso em 07/05/2018

VEERMER BROCAS DIRECIONAIS HORIZONTAIS. **Método HDD**. Disponível em: <[http://worldwide.chat/VERMEER\\_HDD](http://worldwide.chat/VERMEER_HDD)> Acesso em 07/05/2018