

## II-419 - COMPARAÇÃO DE CUSTOS DE UTILIZAÇÃO DE MÉTODOS NÃO DESTRUTIVOS – MND E DE ABERTURA DE VALA EM OBRAS LINEARES DE SANEAMENTO

### **Patricio da Silva Rodrigues<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Augusto Motta – UNISUAM. Engenheiro da Construtora Medeiros Carvalho de Almeida LTDA.

### **Sandra Lacouth Motta**

Engenheira Civil-Sanitarista pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Mestre em engenharia Civil – Recursos Hídricos pela COPPE / UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Diretora da Paralela I Consultoria em Engenharia.

### **Marcelo Obraczka**

Engenheiro Civil-Sanitarista pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Mestre em Ciência Ambiental pelo PGCA/UFF, Doutor pelo Programa de Planejamento Energético PPE/COPPE/UFRJ – Prof. Adjunto do Depto. de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente da Faculdade de Engenharia da UERJ.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Doutor Manoel Teles, 1500 bloco 2 apto 1304 - Centro – Duque de Caxias - RJ - CEP: 25010-090 - Brasil - Tel: (21) 99385-3867 - e-mail: [eng.patricio@gmail.com](mailto:eng.patricio@gmail.com)

### **RESUMO**

O presente estudo tem como objetivo abordar e comparar alguns dos métodos utilizados para a implantação e a substituição de dutos subterrâneos em obras de saneamento, em especial o método tradicional de abertura de vala e os “Métodos Não Destrutivos” (MND). A terminologia MND aplica-se a instalação subterrânea de dutos através de diversas metodologias, evitando rompimento de calçadas, ruas e estradas, daí a denominação “Não Destrutivos”. Após apresentar alguns tipos de métodos utilizados, o trabalho foca em três metodologias, sendo duas por MND, comparando-as com a de assentamento convencional por abertura de vala. Nessa comparação são contabilizados custos diretos e sociais (indiretos), considerando entre esses últimos o tempo de interdição, em função da rapidez na execução da inserção dos tubos, área de recapeamento do pavimento, ou seja, muitos dos impactos dessas obras nas vias públicas e no cotidiano da população. Constata-se que os MND podem se apresentar como alternativa economicamente viável em muitos casos, o que de certa forma justifica sua crescente aplicação no mercado. Além da redução do atual custo de MND - que pode ser esperada em função da maior disseminação do seu emprego - prevê-se que haverá uma tendência ainda maior na utilização de MND se forem levadas ainda em consideração as atuais dificuldades de se escavar valas mais profundas em um solo urbano bastante “saturado”, pleno de interferências.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistemas de esgotamento sanitário, Métodos não Destrutivos, obras lineares de esgoto, execução de redes coletoras, custos diretos e indiretos.

### **INTRODUÇÃO**

A rápida e desordenada urbanização verificada no país a partir da 2ª metade do século XX levou boa parte da população brasileira do campo para a cidade, adensando especialmente as áreas metropolitanas das capitais, como o RJ e SP.

Nesse mesmo período, os investimentos em saneamento básico no Brasil ocorreram de forma heterogênea e concentrados em alguns períodos específicos. Destacam-se as décadas de 1970 e 1980, quando havia 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, Bernardes e Cordeiro Netto, 2002).

Em função desse crescimento e da necessidade de expansão da infraestrutura nas cidades, redes de sistemas de saneamento foram sendo implantadas para atendimento da demanda. Assim, as tubulações de água, esgoto e

drenagem dividem o subsolo crescentemente congestionado das cidades com as redes de infraestrutura de outras companhias/concessionárias nos segmentos de gás, eletricidade, telefonia, TV a cabo, internet e outras.

A complexidade da situação atual se transformou em um grande obstáculo a ampliação dos sistemas de saneamento, inclusive para atender a necessidade de universalização do setor (conforme reiterado pela Política Nacional de Saneamento Básico). Há, portanto, uma crescente demanda pela adoção de métodos alternativos de execução e assentamento de tubulações, que viabilizem a execução dessas redes em determinadas condições em que os métodos mais convencionais são menos 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 poluição e de ruídos, além de outros impactos para a população. Na abertura de vala, perde-se muito tempo em função da necessidade de execução de diversas etapas como na escavação e escoramento da vala, bombeamento/rebaixamento do nível d'água, reaterro, compactação e reposição do pavimento.

Por outro lado, os Métodos não Destrutivos (MND) se configuram modernamente como uma alternativa para execução de novas instalações ou ainda para reabilitar/substituir dutos, tubos e cabos subterrâneos utilizando metodologias que diminuem ou eliminam a necessidade das várias etapas características dos métodos tradicionais de construção. A terminologia “Métodos Não Destrutivo” aplica-se a instalação subterrânea de canalizações e dutos, evitando escavações, rompimento de calçadas, ruas e estradas, advinda daí a denominação de “Não Destrutiva”.

Um dos fatores mais relevantes para a utilização da metodologia de MND é justamente a diminuição dos impactos gerados no entorno urbano característicos da abertura de valas. Muitos desses impactos geram custos indiretos geralmente pouco tangíveis como, por exemplo, os custos sociais a eles inerentes.

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 da aquisição do produto em si enquanto bem de consumo, assim como pelos encargos decorrentes dos resíduos descartados para o meio (externalidades).

De acordo com Dezzoti (2008), entre os custos sociais podem ser mencionados aqueles relativos a: (1) Interrupção ao tráfego veicular; (2) Danos à rodovia e pavimento; (3) Danos às utilidades adjacentes; (4) Danos às estruturas adjacentes; (5) Barulho e vibração; (6) Segurança dos pedestres; (7) Perdas para negócios e comércios; (8) Danos às estradas utilizadas com desvios; (9) Segurança local e pública; (10) Insatisfação dos cidadãos e (11) Impactos ambientais.

Além de viabilizar obras em locais que pelos métodos tradicionais - como o de vala a céu aberto - isso seria praticamente impossível, o custo de execução por MND vem gradativamente se tornando mais competitivo no mercado. Em que pese ser a grande maioria dos assentamentos de tubulações de saneamento ainda executados através de abertura de valas, diversas empresas que trabalham no segmento de instalação de redes têm optado de forma crescente pela aplicação da tecnologia não destrutiva tendo em vista as muitas vantagens na sua aplicação. Entre elas podem ser citadas: uma obra mais “limpa”, mínima área de recapeamento do asfalto, redução de prazos e precisão na execução da obra, redução do tempo de interdição ou mesmo não interrupção das vias de trânsito na área de trabalho, entre outras.

Além desses fatores, os custos vêm se reduzindo em função da maior disseminação e aplicação/aperfeiçoamento da referida metodologia.

## **OBJETIVO**

O presente estudo tem como objetivo principal realizar uma abordagem geral sobre a utilização dos métodos disponíveis para a implantação e a substituição de dutos/canalizações subterrâneas em obras de saneamento, apresentando algumas das principais metodologias de MND.

## 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 nessa avaliação outros custos que não somente os custos diretos de construção/assentamento das redes, custos esses ora denominados como custos sociais ou indiretos.

## METODOLOGIA UTILIZADA

São apresentadas primeiramente as diversas alternativas de MND, caracterizando-as e citando suas vantagens e desvantagens em relação aos métodos tradicionais. 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 a céu aberto) como MND.

Para o método de abertura de vala foi adotada como premissa uma profundidade média da vala de 2 metros, utilizando uma largura de vala variável, de acordo com o diâmetro da tubulação e dentro dos parâmetros estabelecidos pela norma da NBR 12266/92, considerando-se ainda uma escavação em solo não rochoso.

Para os outros métodos (MND), foi utilizada como base essa mesma profundidade e considerada a execução em terreno com tipo de solo sem interferência, também em solo sem material rochoso. No desenvolvimento da comparação são considerados/detalhados dois tipos de básicos de MND: o HDD (*Horizontal Directional Drilling*) ou perfuração direcional, para implantação de redes novas, e o *PIPE BURSTING* ou substituição por arrebitamento, para a substituição de redes existentes.

No caso do cálculo dos custos referentes aos métodos não destrutivos, é utilizada uma tubulação em PEAD, material que é empregado devido as suas adequadas características mecânicas para fazer frente aos esforços necessários para a inserção da tubulação. Para o método de abertura de vala, como o PVC é o material de canalização mais utilizado para diâmetros até 300 mm e será ele o adotado na compilação dos custos, adotando-se um diâmetro nominal (DN) de tubulação correspondente em PEAD. Acima dessa faixa é utilizado o tubo de concreto armado. A faixa de diâmetros considerada varia de 150 a 400 mm.

Em ambos os métodos, é adotada uma extensão de 100 metros, por ser uma extensão facilmente obtida em uma “puxada” de tubo pelo método HDD nos diâmetros comparados. Além disso, pode ser considerada como uma distância segura/razoável nos casos de 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 de implantação. O orçamento foi realizado a partir da quantificação dos serviços e foi adotada a tabela de preços EMOP – RJ, como base para os preços unitários. Adicionalmente, para o preço dos serviços especiais referentes ao MND, foram utilizadas as cotações de mercado. Em todos os orçamentos foi adotado o custo com BDI.

Já os custos sociais ou indiretos foram calculados com base na metodologia desenvolvida por Dezotti (2008).

## METODOLOGIA NÃO DESTRUTIVA PARA IMPLANTAÇÃO DE TUBULAÇÕES

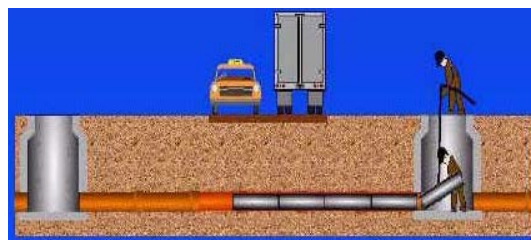
A utilização dos métodos não destrutivos (MND) pode ser dividida em três grandes categorias: reabilitação e recuperação de redes, que pode ser feita utilizando os métodos *SLIPLINING* ou *CLOSE-FIT LINING*; substituição in loco, como por exemplo, o *PIPE BURSTING*; e instalação de novas redes, como é o caso do HDD e *SHIELD*.

No *SLIPLINING* (Figura 1), a recuperação é feita através de inserção de nova tubulação, usualmente de PEAD, dentro da existente. No método *CLOSE-FIT-LINING*, o revestimento interno da tubulação é feito através da inserção de tubulação deformada que após ser introduzida retorna ao tamanho original (Figura 2). Para ambos os métodos há uma redução de diâmetro em relação a tubulação original.



**Figura 1 - Método CLOSE-FIT-LINING**

Fonte: Infraestrutura Urbana – Edição 27- maio 2013



**Figura 2 - Método SLIPLINING**

Fonte: Palazzo, Apresentação ABRATT/2007

Já o *PIPE BURSTING* aproveita o espaço de canalização existente para aumentar o furo e inserir uma nova tubulação, rompendo a antiga (Figuras 3 e 4). Com este tipo de tecnologia, o diâmetro da nova rede pode ser superior ao da rede existente. O HDD (método de perfuração horizontal direcional) é uma técnica de construção/assentamento de uma rede através de uma perfuração inteiramente nova no solo, onde a implantação se dá de forma dirigida em duas etapas: inicialmente é feita a perfuração de um furo piloto que posteriormente é alargado para o diâmetro proposto (Figuras 5 e 6). As Figuras 7 e 8 apresentam o *SHIELD*, que normalmente é utilizado para tubulações de grande diâmetro por gravidade, onde as perfurações são guiadas a laser por controle remoto. A máquina avança, escavando, e atrás dela é instalada a tubulação através de cravação.

**Figuras 3 e 4 - Método PIPE BURSTING e sua chegada da tubulação ao Poço de Visita**



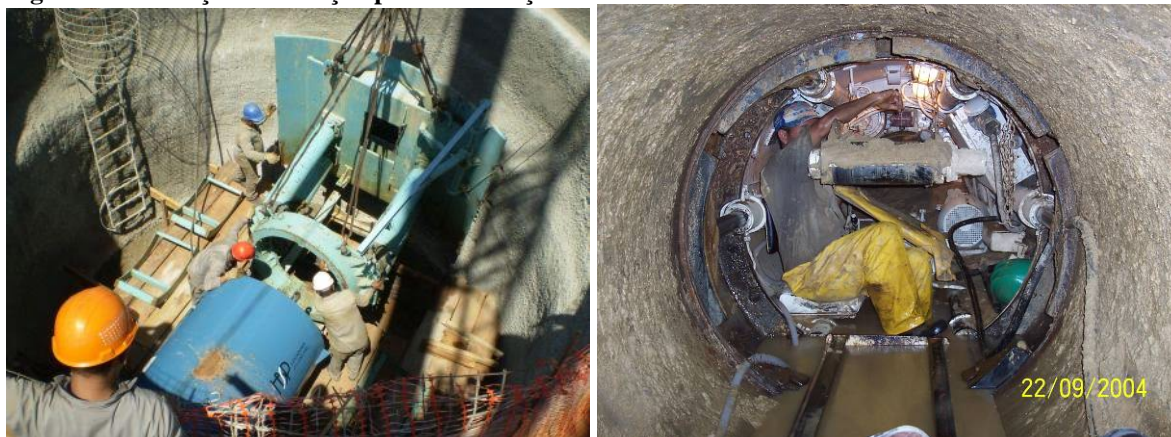
Fontes: <http://www.tttechnologies.com/methods/pipe-bursting/> e Construtora Medeiros Carvalho de Almeida

**Figura 5 e 6 - Método HDD e chegada da tubulação PEAD onde será construído o poço de desague**



Fontes: [http://worldwide.chat/VERMEER\\_HDD](http://worldwide.chat/VERMEER_HDD) e Fonte: Construtora Medeiros Carvalho de Almeida

Figura 8 e 9 – Poço de cravação para Perfuração com método SHIELD



Fonte: <http://www.daebauru.com.br/2014/imprensa/imprensa.php?id=558&highlight> e <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 o mais criteriosamente possível, a fim de se evitar maiores imprevistos na execução/perfuração propriamente dita. Nos casos de substituição utilizando o espaço já disponível pela existência de uma tubulação antiga (como *PIPEBURSTING*), esses imprevistos são minimizados.

Os Métodos Não Destrutivos – MND necessitam de máquinas especiais para 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. Há atualmente diversos exemplos de redes sendo executadas por MND, tanto de pequeno diâmetro - como no caso de ligações domiciliares água em PEAD e de redes de distribuição de gás - como para grandes diâmetros, tendo como exemplo clássico os coletores tronco do Programa de Despoluição da Baía de Guanabara (PDBG), com DN de até 2.000 mm e a grandes profundidades. Segundo informações colhidas junto a técnicos da CEDAE, a empresa está viabilizando a retirada de operação da Elevatória Parafuso na orla de Copacabana – obra essa planejada há décadas - através da interligação do Interceptor oceânico diretamente a EE André Rocha por meio de um emissário a ser construído por MND.

## RESULTADOS OBTIDOS

A Tabela 1, a seguir, apresenta o custo em reais por metro linear de rede construída para diâmetros variando entre 150 e 400 mm, considerando uma extensão de 100 m de rede. O orçamento detalhado é apresentado no Anexo 1.

Tabela 1 - Custo para execução por método por abertura de vala.

Método Construtivo	DN (mm)	Quantidade (m)	Custo/m (R\$)	Total (R\$)
Abertura de Vala	150	100	521,99	52.199,11
	200		563,89	56.389,24
	250		663,47	66.347,21
	300		732,62	73.261,63
	400		801,32	80.131,91

Fonte: Elaborado pelo autor.

As Tabelas 2 e 3, a seguir, apresentam respectivamente os custos (em reais por metro linear de rede construída) pelos métodos não destrutivos HDD e *PIPEBURSTING*, para os diâmetros variando entre 160 e 400 mm, considerando um trecho de 100 metros de rede. O orçamento feito foi o com base nos índices/tabela EMOP e as demais cotações foram feitas pela DRACHMA, uma empresa especializada neste tipo de serviço. (Os orçamentos detalhados se encontram nos Anexos 2 e 3).

**Tabela 2 - Custo para execução por Método não Destrutivo - HDD**

Método Construtivo	DE (mm)	Quantidade (m)	Custo/m (R\$)	Total (R\$)
MND – HDD	160	100	635,79	63.579,37
	225		900,62	90.062,17
	280		1.144,91	114.490,61
	355		1.513,68	151.368,17
	400		1.751,97	175.196,89

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 3 - Custo para execução por Método não Destrutivo - *PIPEBURSTING*.**

Método Construtivo	DE (mm)	Quantidade (m)	Custo/m (R\$)	Total (R\$)
<i>PIPEBURSTING</i>	160	100	468,75	46.875,37
	225		665,72	66.572,17
	280		852,59	85.258,61
	355		1143,06	114.306,17
	400		1.334,37	133.436,89

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o levantamento dos custos indiretos foi utilizado como base o mesmo cenário que ele utilizou para obtenção dos custos diretos. Para o método de abertura de vala foram utilizados os custos relacionados à interdição de duas faixas de rolamento, sendo que para o MND foi considerada a interdição de apenas uma faixa. Para o cálculo referentes a interdição, foi considerado um período de 40 horas. Foi adotado como critério para assentamento da rede a céu aberto uma produção diária de 25 metros em 10 horas de trabalho, sendo, portanto, necessários 4 dias para a execução/assentamento dos 100 metros de rede convencionados (Tabela 4). Adotou-se ainda como premissa que não há variações significativas nos custos sociais em função dos diferentes diâmetros, para todas as metodologias consideradas.

**Tabela 4 - Custos Sociais para tempo de interdição de 2 faixas (Método de Abertura de vala)**

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

Fonte: Dezotti (2008)

Para o cálculo de interdição das faixas no assentamento por MND foi considerado um período de 10 horas (Tabela 5). Foi adotado como critério uma produção diária de 100 metros de rede, sendo necessário 1 dia para sua total execução. Convencionou-se ainda que essas premissas valem tanto para execução por HDD como para *PIPEBURSTING*.

**Tabela 5 - Custos Sociais para interdição de 1 faixa (MND – HDD)**

Vol. Tráfego (veic/h)	Tempo 40(h)	Custos Sociais (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>7.677,41</b>

Fonte: Dezotti (2008).

Como no cálculo dos custos diretos os preços dos serviços foram efetuados com base na tabela EMOP referente a julho de 2016, os custos sociais calculados por Dezotti (2008) foram atualizados, utilizando-se o índice da família EMOP 05.100 (índice de construção civil), considerando a variação encontrada no período entre os meses de julho de 2008 e julho de 2016 (Tabela 6).

**Tabela 6 – Custos Sociais atualizados (julho/2016)**

Método Construtivo	ÍNDICE	ÍNDICE	I1/I0 - 1	Custos Sociais	Custos Sociais
	EMOP 05.100	EMOP 05.100		e ambientais	e ambientais
	JUL/2008	JUL/2016		(indiretos)	(indiretos)
	I0	I1		2008	2016
Abertura de Vala	2.798	4.727	68,94%	31.597,52	<b>53.380,85</b>
MND	2.798	4.727	68,94%	7.677,41	<b>12.970,22</b>

Fonte: Elaboração própria

A Tabela 7 a seguir apresenta os resultados da comparação entre os custos de instalação/assentamento de uma rede nova, utilizando os métodos construtivos de abertura de vala e o MND-HDD, com base nos custos diretos, indiretos (sociais) e totais.

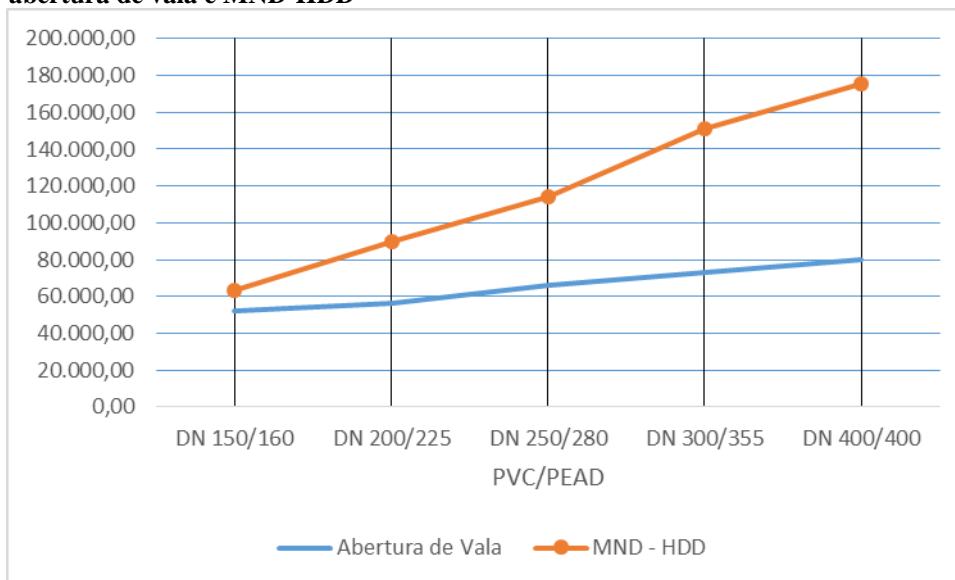
**Tabela 7 - Comparação entre os custos diretos, sociais e totais entre os métodos de abertura de vala e HDD para implantação de redes novas (em R\$/100 m)**

Método Construtivo	DN/DE	Custos diretos	Custos Sociais	Total
	(mm)	(R\$)	(R\$)	(R\$)
Abertura de Vala	150	52.199,11		105.579,96
	200	56.389,24		109.770,09
	250	66.347,21	53.380,85	119.728,06
	300	73.261,63		126.642,48
	400	80.131,91		133.512,76
MND – HDD	160	63.579,37		76.549,59
	225	90.062,17		103.032,39
	280	114.490,61	12.970,22	127.460,83
	355	151.368,17		164.338,39
	400	175.196,89		188.167,11

Fonte: Elaborado pelo autor.

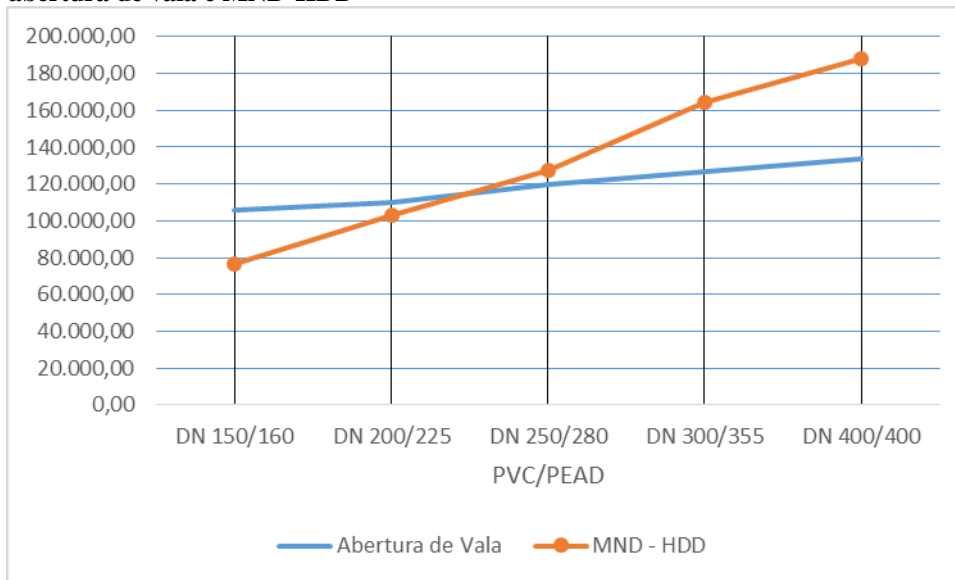
As Figuras a seguir apresentam graficamente a evolução/comparação dos custos diretos (Gráfico 1) e dos custos totais (Gráfico 2) para implantação de rede nova, executada por meio do método de abertura de vala e por MND - HDD.

**Gráfico 1 – Evolução/comparação dos custos diretos para implantação de rede nova por abertura de vala e MND-HDD**



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Gráfico 2 – Evolução/comparação dos custos totais para implantação de rede nova por abertura de vala e MND-HDD**



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 8 apresenta os resultados referentes aos custos de execução de uma rede utilizando os métodos construtivos de abertura de vala e o de substituição por MND-PIPEBURSTING, com base nos custos diretos e indiretos.



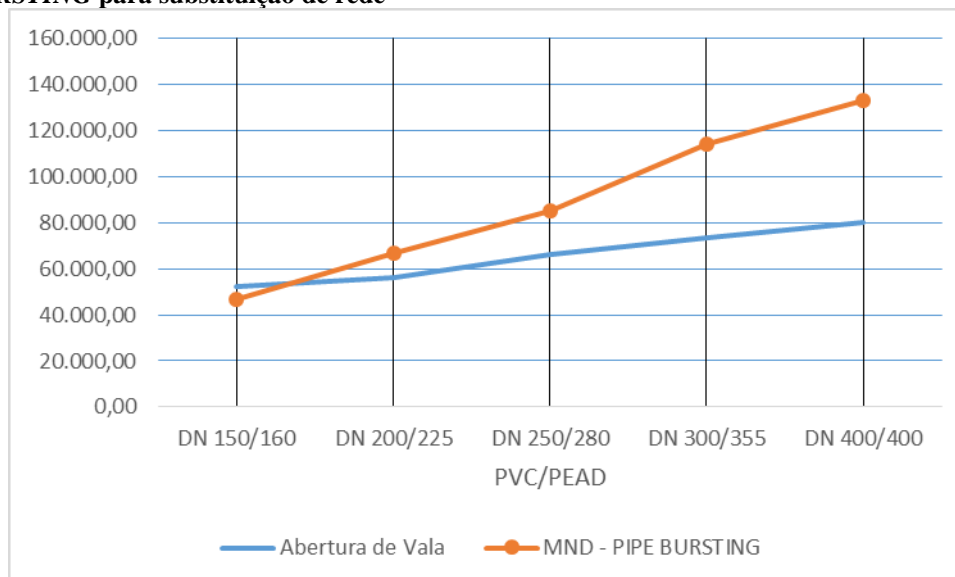
Tabela 8 - Custos dos métodos de vala aberta x *PIPE BURSTING* para substituição de redes (em R\$/100 m)

Método Construtivo	DN/DE (mm)	Custos diretos (R\$)	Custos Sociais (R\$)	Total (R\$)
Abertura de Vala	150	52.199,11		105.579,96
	200	56.389,24		109.770,09
	250	66.347,21	53.380,85	119.728,06
	300	73.261,63		126.642,48
	400	80.131,91		133.512,76
PIPERBURSTING	160	46.875,37		59.845,59
	225	66.572,17		79.542,39
	280	85.258,61	12.970,22	98.228,83
	355	114.306,17		127.276,39
	400	133.436,89		146.407,11

Fonte: Elaborado pelo autor.

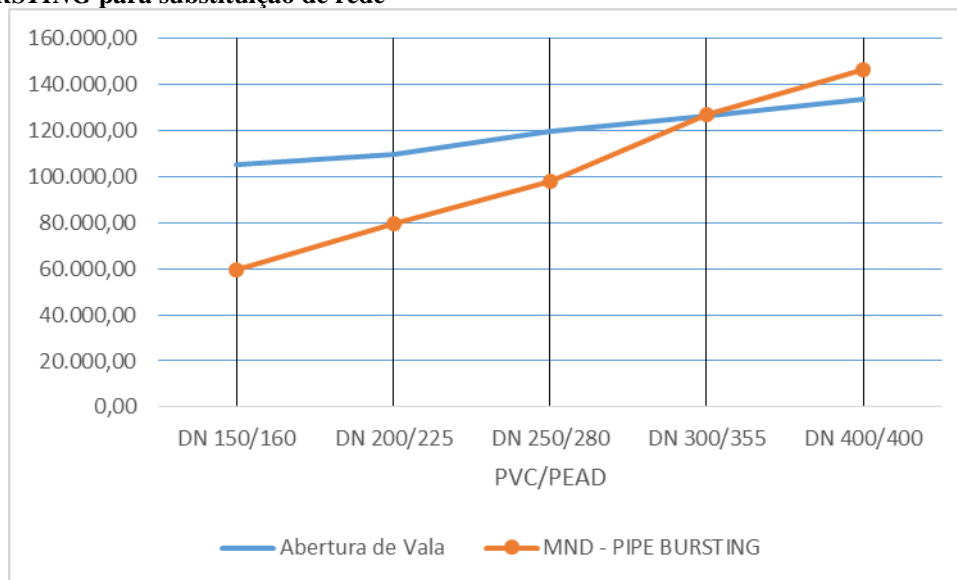
As Figuras 3 e 4 a seguir apresentam graficamente a evolução dos custos diretos e totais, comparando-se o método de abertura de vala e o MND – *PIPERBURSTING* para substituição de rede.

Gráfico 3 – Evolução/comparação dos custos diretos para execução por abertura de vala e por MND – *PIPERBURSTING* para substituição de rede



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Gráfico 4 – Evolução/comparação dos custos totais para execução por abertura de vala e por MND – PIPEBURSTING para substituição de rede**



Fonte: Elaborado pelo autor.

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir dos resultados apresentados, constata-se que no caso de implantação de redes novas, o Método não Destrutivo HDD apresenta custos diretos sempre superiores ao de abertura de vala. Quanto nessa comparação são incluídos também os custos sociais (e ambientais), a metodologia não destrutiva passa ser vantajosa, somente para o diâmetro de 160 mm e 225 mm.

Nos casos de substituição de rede, o MND *PIPERBURSTING* apresenta custos diretos superiores ao de abertura de vala para os diâmetros de 225 mm a 400 mm. Todavia, apresenta custos totais inferiores ao método tradicional - quando são considerados os custos sociais e ambientais (indiretos) - para os diâmetros de 160 a 280 mm e equivalentes para o diâmetro de 300 mm.

Cabe salientar que grande parte da rede coletora de esgotos (secundária) é usualmente executada em diâmetros dessa ordem, ou seja, na faixa que abrange os diâmetros de 150, 200 e 250 mm.

Os custos indiretos se apresentam como bem mais representativos no valor total da obra pelo método tradicional (variando de cerca de 40 a 50%, em função do diâmetro adotado) do que na execução por MND (variando cerca de 9 a 20% para substituição/*PIPEBURSTING* e de 7 a 17% para HDD).

## CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Com base na análise dos custos levantados neste trabalho, contata-se a viabilidade de emprego de MND para execução de redes de sistemas urbanos de esgotamento sanitário.

Considerando a existência de uma infinidade de canalizações de saneamento obsoletas e/ou desativadas no subsolo urbano, a opção de *PIPE BURSTING* deve ser sempre avaliada como alternativa de método construtivo nos projetos de construção e assentamento de novas redes coletoras, troncos e emissários, em especial em áreas urbanas mais densas.

De acordo com os resultados obtidos, constata-se que os custos indiretos (sociais) referentes aos métodos não destrutivos são menores que os custos indiretos do método tradicional de abertura de vala, sendo boa parte da economia apresentada pelos MND ainda concentrada nos custos sociais (indiretos) referentes as obras de assentamento de canalizações.

Apesar de muitas vezes não serem considerados nos custos das obras, os custos sociais e ambientais (indiretos) têm grande importância na elaboração do preço final (real) aumentando a viabilidade econômica do emprego de MND. Isso é válido especialmente 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. Assim sendo, a utilização de MND pode reduzir os danos ambientais e os custos sociais e, ao mesmo tempo, representar uma alternativa econômica para os métodos de instalação, reforma e reparo se comparados com o método de escavação de vala a céu aberto.

Os MND se apresentam ainda como solução ideal para obras que seriam inviáveis com abertura de vala, como ruas de tráfego intenso, travessias sobre rodovias, ferrovias, rios, grandes troncos a grandes profundidades e outras situações similares.

Por outro lado, a maior parte dos MND possui custos de construção (diretos) ainda elevados também devido à uma demanda que pode ser considerada ainda como pequena, se comparada ao método tradicional de execução de abertura de vala. No entanto, à medida que houver uma maior demanda por execução de redes através dos (MND) pode se esperar uma redução gradual dos seus custos, tornando-os mais competitivos.

Cabe ainda ressaltar que a utilização de metodologia não destrutiva é ainda limitada para alguns tipos de solo como também para localidades muito afastadas dos grandes centros por questões de logística e deslocamentos necessários.

Com base no desenvolvimento do trabalho, constata-se a necessidade de um maior aprofundamento dos estudos em relação aos custos mencionados/apresentados, especialmente os indiretos, pois existem custos relacionados aos impactos gerados pelas intervenções citadas - tanto do ponto de vista social quanto ambiental - que são difíceis de serem mensurados monetariamente. Estes custos são de grande importância, pois podem elevar bastante o custo final (real) de uma obra, tornando inclusive o emprego de MND mais atraente/viável não somente para o empreendedor como para a própria população/sociedade.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12266/92. Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana. Rio de Janeiro, 1992.
2. 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).
3. ABRATT - Associação Brasileira de Tecnologia Não Destrutiva. Manual Técnico de Métodos Não Destrutivos. ABRATT: ABNT, 2007.
4. 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.
5. ISELEY, T.; GOKHALE, S. B. Trenchless installation of conduits beneath roadways. National Cooperative Highway Research Program Synthesis of Highway Practice 242. Washington, D.C: Transportation Research Board, National Research Council, National Academy Press, 1997. 76 p.
6. NAJAFI, M. Trenchless technology: pipeline and utility design, construction, and renewal. 1 a ed. New York: McGraw-Hill Professional, 2004. 489 p.
7. 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.
8. BENNETT, D.; ARIARATNAM, S.; COMO C. (2004). Horizontal directional drilling: Good practices guidelines. Arlington: HDD Consortium, 2004, 144p.
9. NRC - National Research Council. Selection of technologies for sewer rehabilitation and replacement: A best practice by the national guide to sustainable municipal infrastructure. National Guide to Sustainable Municipal Infrastructure. 2003. 45 p.

10. SOARES, S.R.A.; BERNARDES, R.S.; CORDEIRO NETTO, O.M. 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, 2002.
11. [https://www.cedae.com.br/despoluicao\\_baia\\_guanabara](https://www.cedae.com.br/despoluicao_baia_guanabara), acesso em 08/01/2017
12. CAMPOS, L. M. de S. (1996). Um estudo para definição e identificação dos custos da qualidade ambiental. Dissertação (MSC em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 1996.
13. <http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/27/artigo288517-2.aspx>
14. RODRIGUES, Patricio da Silva. Utilização de métodos não destrutivos – MND em obras de saneamento / Patricio da Silva Rodrigues – 2016. Dissertação (Pós Graduação) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, RJ, 2016.

**ANEXO 1 – Orçamento para execução de rede de esgoto sanitário pelo método de abertura de vala (DN 150, 200, 250, 300 e 400)**

**DN 150**

01.01	SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA	R\$ 2.008,44
01.02	MOVIMENTO DE TERRA	R\$ 17.256,78
01.03	PAVIMENTAÇÃO	R\$ 21.848,01
01.04	FORNECIMENTO DE MATERIAIS	R\$ 2.995,00
01.05	ASSENTAMENTO DA TUBULAÇÃO	R\$ 891,00
CUSTO TOTAL DA OBRA		R\$ 44.999,23
CUSTO TOTAL DA OBRA + BDI 16%		R\$ 52.199,11
CUSTO POR METRO COM BDI		R\$ 521,99

**DN 200**

01.01	SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA	R\$ 2.008,44
01.02	MOVIMENTO DE TERRA	R\$ 18.137,40
01.03	PAVIMENTAÇÃO	R\$ 22.595,57
01.04	FORNECIMENTO DE MATERIAIS	R\$ 4.738,00
01.05	ASSENTAMENTO DA TUBULAÇÃO	R\$ 1.132,00
CUSTO TOTAL DA OBRA		R\$ 48.611,41
CUSTO TOTAL DA OBRA + BDI 16%		R\$ 56.389,24
CUSTO POR METRO COM BDI		R\$ 563,89

**DN 250**

01.01	SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA	R\$ 2.008,44
01.02	MOVIMENTO DE TERRA	R\$ 19.732,22
01.03	PAVIMENTAÇÃO	R\$ 24.090,21
01.04	FORNECIMENTO DE MATERIAIS	R\$ 9.992,00
01.05	ASSENTAMENTO DA TUBULAÇÃO	R\$ 1.373,00
CUSTO TOTAL DA OBRA		R\$ 57.195,87
CUSTO TOTAL DA OBRA + BDI 16%		R\$ 66.347,21
CUSTO POR METRO COM BDI		R\$ 663,47

**DN 300**

01.01	SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA	R\$ 2.008,44
01.02	MOVIMENTO DE TERRA	R\$ 19.936,93
01.03	PAVIMENTAÇÃO	R\$ 24.090,21
01.04	FORNECIMENTO DE MATERIAIS	R\$ 15.506,00
01.05	ASSENTAMENTO DA TUBULAÇÃO	R\$ 1.615,00
CUSTO TOTAL DA OBRA		R\$ 63.156,58
CUSTO TOTAL DA OBRA + BDI 16%		R\$ 73.261,63
CUSTO POR METRO COM BDI		R\$ 732,62

**DN 400**

01.01	SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA	R\$ 2.008,44
01.02	MOVIMENTO DE TERRA	R\$ 24.823,65
01.03	PAVIMENTAÇÃO	R\$ 28.574,14
01.04	FORNECIMENTO DE MATERIAIS	R\$ 10.500,00
01.05	ASSENTAMENTO DA TUBULAÇÃO	R\$ 3.173,00
CUSTO TOTAL DA OBRA		R\$ 69.079,23
CUSTO TOTAL DA OBRA + BDI 16%		R\$ 80.131,91
CUSTO POR METRO COM BDI		R\$ 801,32

**ANEXO 2 – Orçamento para execução de rede de esgoto sanitário pelo Método não Destrutivo – HDD (DE 160, 225, 280, 355 e 400)**

**DE 160**

01.01	SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA	R\$	782,88		
01.02	MOVIMENTO DE TERRA	R\$	2.012,29		
01.03	PAVIMENTAÇÃO	R\$	858,53		
01.04	FORNECIMENTO DE MATERIAIS	R\$	7.383,00		
01.05	FURO DIRECIONAL	R\$	40.900,00		
01.06	EQUIPAMENTOS	R\$	2.873,10		
			<b>CUSTO TOTAL DA OBRA</b>	R\$	54.809,80
			<b>CUSTO TOTAL DA OBRA + BDI 16%</b>	R\$	63.579,37
			<b>CUSTO POR METRO COM BDI</b>	R\$	635,79

**DE 225**

01.01	SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA	R\$	782,88		
01.02	MOVIMENTO DE TERRA	R\$	2.012,29		
01.03	PAVIMENTAÇÃO	R\$	858,53		
01.04	FORNECIMENTO DE MATERIAIS	R\$	14.613,00		
01.05	FURO DIRECIONAL	R\$	56.500,00		
01.06	EQUIPAMENTOS	R\$	2.873,10		
			<b>CUSTO TOTAL DA OBRA</b>	R\$	77.639,80
			<b>CUSTO TOTAL DA OBRA + BDI 16%</b>	R\$	90.062,17
			<b>CUSTO POR METRO COM BDI</b>	R\$	900,62

**DE 280**

01.01	SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA	R\$	782,88		
01.02	MOVIMENTO DE TERRA	R\$	2.012,29		
01.03	PAVIMENTAÇÃO	R\$	858,53		
01.04	FORNECIMENTO DE MATERIAIS	R\$	22.472,00		
01.05	FURO DIRECIONAL	R\$	69.700,00		
01.06	EQUIPAMENTOS	R\$	2.873,10		
			<b>CUSTO TOTAL DA OBRA</b>	R\$	98.698,80
			<b>CUSTO TOTAL DA OBRA + BDI 16%</b>	R\$	114.490,61
			<b>CUSTO POR METRO COM BDI</b>	R\$	1.144,91

**DE 355**

01.01	SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA	R\$	782,88		
01.02	MOVIMENTO DE TERRA	R\$	2.012,29		
01.03	PAVIMENTAÇÃO	R\$	858,53		
01.04	FORNECIMENTO DE MATERIAIS	R\$	36.263,00		
01.05	FURO DIRECIONAL	R\$	87.700,00		
01.06	EQUIPAMENTOS	R\$	2.873,10		
			<b>CUSTO TOTAL DA OBRA</b>	R\$	130.489,80
			<b>CUSTO TOTAL DA OBRA + BDI 16%</b>	R\$	151.368,17
			<b>CUSTO POR METRO COM BDI</b>	R\$	1.513,68

**DE 400**

01.01	SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA	R\$	782,88		
01.02	MOVIMENTO DE TERRA	R\$	2.012,29		
01.03	PAVIMENTAÇÃO	R\$	858,53		
01.04	FORNECIMENTO DE MATERIAIS	R\$	46.005,00		
01.05	FURO DIRECIONAL	R\$	98.500,00		
01.06	EQUIPAMENTOS	R\$	2.873,10		
			<b>CUSTO TOTAL DA OBRA</b>	R\$	151.031,80
			<b>CUSTO TOTAL DA OBRA + BDI 16%</b>	R\$	175.196,89
			<b>CUSTO POR METRO COM BDI</b>	R\$	1.751,97

**ANEXO 3 – Orçamento de rede de esgoto sanitário pelo Método não Destrutivo –  
PIPERBURSTING (DE 160, 225, 280, 355 e 400)**

**DE 160**

01.01	SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA	R\$	782,88
01.02	MOVIMENTO DE TERRA	R\$	2.012,29
01.03	PAVIMENTAÇÃO	R\$	858,53
01.04	FORNECIMENTO DE MATERIAIS	R\$	7.383,00
01.05	FURO DIRECIONAL	R\$	26.500,00
01.06	EQUIPAMENTOS	R\$	2.873,10
		CUSTO TOTAL DA OBRA	R\$ 40.409,80
		CUSTO TOTAL DA OBRA + BDI 16%	R\$ 46.875,37
		CUSTO POR METRO COM BDI	R\$ 468,75

**DE 225**

01.01	SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA	R\$	782,88
01.02	MOVIMENTO DE TERRA	R\$	2.012,29
01.03	PAVIMENTAÇÃO	R\$	858,53
01.04	FORNECIMENTO DE MATERIAIS	R\$	14.613,00
01.05	FURO DIRECIONAL	R\$	36.250,00
01.06	EQUIPAMENTOS	R\$	2.873,10
		CUSTO TOTAL DA OBRA	R\$ 57.389,80
		CUSTO TOTAL DA OBRA + BDI 16%	R\$ 66.572,17
		CUSTO POR METRO COM BDI	R\$ 665,72

**DE 280**

01.01	SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA	R\$	782,88
01.02	MOVIMENTO DE TERRA	R\$	2.012,29
01.03	PAVIMENTAÇÃO	R\$	858,53
01.04	FORNECIMENTO DE MATERIAIS	R\$	22.472,00
01.05	FURO DIRECIONAL	R\$	44.500,00
01.06	EQUIPAMENTOS	R\$	2.873,10
		CUSTO TOTAL DA OBRA	R\$ 73.498,80
		CUSTO TOTAL DA OBRA + BDI 16%	R\$ 85.258,61
		CUSTO POR METRO COM BDI	R\$ 852,59

**DE 355**

01.01	SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA	R\$	782,88
01.02	MOVIMENTO DE TERRA	R\$	2.012,29
01.03	PAVIMENTAÇÃO	R\$	858,53
01.04	FORNECIMENTO DE MATERIAIS	R\$	36.263,00
01.05	FURO DIRECIONAL	R\$	55.750,00
01.06	EQUIPAMENTOS	R\$	2.873,10
		CUSTO TOTAL DA OBRA	R\$ 98.539,80
		CUSTO TOTAL DA OBRA + BDI 16%	R\$ 114.306,17
		CUSTO POR METRO COM BDI	R\$ 1.143,06

**DE 400**

01.01	SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA	R\$	782,88
01.02	MOVIMENTO DE TERRA	R\$	2.012,29
01.03	PAVIMENTAÇÃO	R\$	858,53
01.04	FORNECIMENTO DE MATERIAIS	R\$	46.005,00
01.05	FURO DIRECIONAL	R\$	62.500,00
01.06	EQUIPAMENTOS	R\$	2.873,10
		CUSTO TOTAL DA OBRA	R\$ 115.031,80
		CUSTO TOTAL DA OBRA + BDI 16%	R\$ 133.436,89
		CUSTO POR METRO COM BDI	R\$ 1.334,37