



COMPARATIVO DOS MÉTODOS NÃO DESTRUTIVO (MND) X DESTRUTIVO (MD) NA IMPLEMENTAÇÃO DE REDES SUBTERRÂNEAS URBANAS

Comparison of non-destructive (NDM) versus destructive (MD) methods in the implementation of urban underground networks

Ana Caroline Drumont Lacerda (1); Erick Eiji Hayashi Borges (2); Gabriella Oliveira Castilho (3); Guilherme Adolfo Lino (4); Kathleen Braga Perim (5); Yasmim Mendonça Andrade (6).

UAM- Universidade Anhembi Morumbi

(1) caroldrumont2@gmail.com (2) erickejborges@gmail.com (3) gaby.oliveiracastilho@gmail.com
(4) gadolfolino@gmail.com (5) kathleenbragaperim@gmail.com (6) yasmim.andradee@hotmail.com

RESUMO

Contraposto aos métodos destrutivos, os métodos não destrutivos de instalação de dutos reduzem ou eliminam a necessidade de escavação na superfície, assim, preservando a integridade do pavimento e diminuindo as interferências no tráfego e em atividades locais e comerciais. Antigamente, os métodos não destrutivos (MND) eram limitados e muitas vezes descartados por conta do valor ou acessibilidade. A fim de expor resultados obtidos através de análises comparativas de custos diretos de execução da obra de um condomínio residencial localizado na Barra Funda – SP, o presente artigo avalia se o método de abertura de vala e reaterro apresenta vantagens econômicas e sociais em relação ao método não destrutivo por perfuração direcional horizontal. A partir dos resultados obtidos através de análises comparativas pode-se concluir que a técnica de perfuração direcional horizontal se mostrou 57% mais vantajosa, financeiramente, que o tradicional método de abertura de vala. Os métodos não destrutivos (MND) são uma opção atrativa para instalação e recuperação de infraestrutura subterrâneas, pois nesta prática utiliza-se de máquinas especiais que perfuram o subsolo por onde serão passadas as tubulações.

PALAVRAS-CHAVE: Método destrutivo; Método não destrutivo; Comparativo de custos; Análise de Tráfego.

ABSTRACT

As opposed to destructive methods, non-destructive pipeline installation methods reduce or eliminate the need for surface excavation, thereby preserving pavement integrity and decreasing interference with traffic and local and commercial activities. In the past, non-destructive methods (MND) were limited and often dismissed because of value or affordability. In order to expose results obtained through comparative analyzes of direct costs of execution of the work of a residential condominium located in Barra Funda - SP, this article evaluates if the trench opening and backfill method presents economic and social advantages in relation to the method non-destructive by horizontal directional drilling. From the results obtained through comparative analysis, it can be concluded that the horizontal directional drilling technique proved to be 57% more financially advantageous than the traditional trench opening method. Non-destructive methods (MND) are an attractive option for installation and recovery of underground infrastructure, as in this practice special machines are used that drill the subsoil through which the pipes will be passed.

KEYWORDS: Destructive method; Non destructive method; Cost comparison; Traffic Analysis.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo, o Brasil passou por um crescente desenvolvimento urbano e enfrentou importantes mudanças sociais, principalmente com a transição dos homens do campo para os grandes centros. Começando assim o investimento em saneamento básico, destacando-se, principalmente, 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, B. e CORDEIRO, 2002).

Essa mudança de perspectiva foi importante para a expansão de infraestrutura nas cidades, em razão dessa transformação, foi possível implementar redes de sistemas subterrâneas como as redes de água, esgoto, gás, eletricidade, telefonia, TV a cabo, internet e outras. Para execução de redes subterrâneas existem vários métodos construtivos e suas aplicações, sendo dividido em dois grandes grupos: métodos destrutivos, que são por aberturas de valas e os métodos não destrutivos, por meio de furos direcionais. (CAMPOS, 2008).

No Brasil, o método mais comum para instalação das tubulações é mediante à abertura de vala a céu aberto (MD). É um método mais antigo, porém, não é o mais eficaz e nem com o melhor custo/benefício. Segundo Dezzoti (2008), apresenta uma maior desvantagem de interferência na rotina urbana e em outras infraestruturas, causando congestionamentos, impactos ambientais e danos ao pavimento, instalações e estruturas adjacentes.

Como a engenharia sempre está em busca de inovações e tecnologia, o método não destrutivo vem ganhando o mercado e tem revolucionado as indústrias de instalações subterrâneas. Nessa prática, basicamente, se utilizam máquinas especiais que perfuram o subsolo horizontalmente, entre dois poços de acesso, por onde serão passadas as tubulações de forma que haja o mínimo ou nenhuma escavação da superfície e menor interferência no tráfego, no comércio e em outras atividades locais (DEZOTTI, 2008).

Para escolher a melhor técnica – destrutivo ou não destrutivo – a ser utilizada, é necessário levar em conta alguns pontos do projeto, como por exemplo, o comprimento da rede, tipo de solo a ser escavado, prazo de execução, interferências, custos, precisão requerida, dentre outros. De acordo com Massara (2007), os custos diretos dos dois métodos, para a maioria dos casos, já são equivalentes, porém as vantagens do método não destrutivo são enormes: precisão na execução da obra; redução de prazos; não interrupção do trânsito na área de trabalho e grande redução do custo social.

Segundo Paulo Dequech, presidente da Associação Brasileira de Tecnologias Não-Destrutivas (ABRATT, 2013), o sistema já é economicamente mais viável que a abertura de valas nas obras executadas em ambiente urbano ou em locais cuja condição do solo impõe dificuldades às escavações.

Construir o pipeline mais econômico, portanto, requer uma compreensão clara do seu projeto e de todos os fatores relacionados às suas circunstâncias específicas. A aplicação de métodos não destrutivos é projetada para servir em tubos de polietileno e aço para diversas utilizações de manutenção. Ao abrir uma vala, muito tempo é perdido devido as várias etapas que precisam ser executadas, como cavar e apoiar a vala, bombear/rebaixar o nível da água, aterrar, compactar e repor a superfície da estrada.

Analisando esses pontos, o presente estudo tem como objetivo principal realizar uma comparação sobre a utilização dos métodos não destrutivo (MND) especificamente a perfuração direcional (HDD) e o método de abertura de vala (MD) baseando-se em um estudo de caso de uma construtora de São Paulo, demonstrando as técnicas utilizadas e suas aplicações, avaliando os custos diretos suas vantagens e desvantagens para cada aplicação e suas interferências na via de tráfego, impactos ambientais e sociais. Por fim, propõe-se identificar qual método é o mais eficaz e benéfico para a sociedade.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Vários métodos estão disponíveis para instalação, restauração, substituição e reparo de infraestrutura urbana subterrânea. De acordo com Dezzoti (2008), a escolha para o melhor método a ser utilizado depende das condições específicas de cada projeto, tais como: (i) características do solo ao longo do percurso (ii) diâmetro do tubo (iii) comprimento máximo do tubo (iv) a acurácia exigida; (v) tempo de execução e; (v) disponibilidade local do método construtivo.

Os métodos construtivos de instalação e recuperação de tubulações podem dividir-se em dois grandes grupos: métodos com abertura de valas ou métodos destrutivos (MD) e métodos não destrutivos (MND). Abaixo está uma breve descrição de cada um desses métodos.

2.1. MÉTODO DE ABERTURA DE VALA OU DESTRUTIVO

Também denominado como método destrutivo (MD), em decorrência da sequência construtiva, a execução do método de abertura de vala (MAV) consiste na escavação de uma trincheira no terreno, implantação do duto e reaterro com compactação da vala (BUENO e COSTA, 2012). Dessa forma, este método implica escavações ao longo da extensão longitudinal da rede proposta, sendo necessário realizar, na maioria das vezes, recomposição do piso ou pavimento após a instalação (NAJAFI, 2017).

Embora seja considerado um método confiável, pode ter um custo elevado, principalmente em áreas urbanas movimentadas. Isso ocorre, geralmente, pela necessidade de restaurar as superfícies e executar o assentamento do solo. Além disso, os operários devem escavar cuidadosamente enquanto manobram outros serviços para alcançar a profundidade requerida, o que diminui a produtividade e eficiência (ARIARATNAM, 1999). Por esses motivos este método de instalação e recuperação tem sido desencorajado em centros urbanos (DEZOTTI, 2008), apesar de ser o mais utilizado no Brasil.

Antes do início de qualquer escavação em vias públicas, é necessário a autorização dos órgãos competentes, além do mapeamento de interferências que poderão atrapalhar a execução, implantação e os possíveis impactos, geridos pelo que diz na norma NBR 15. Além disso, segundo o *artigo 30 da Lei 9503/97*, que institui o Código Brasileiro de Trânsito, a presença de qualquer obstáculo à circulação e à segurança de veículos e pedestres, seja no leito da via ou nas calçadas, deve ser sinalizado.

Considerando todos os parâmetros de projeto, o método de abertura de vala é mais demorado e, na maioria das vezes, é o método de instalação e manutenção de tubulação com pior relação custo-benefício (NAJAFI, 2004).

2.2. MÉTODO NÃO DESTRUTIVO

De acordo com a NASTT (Sociedade Norte-Americana de Tecnologia Sem Trincheira) e a ABRATT (Associação Brasileira de Tecnologias Não Destrutivas), os métodos não destrutivos podem ser definidos como uma família de métodos, equipamentos e materiais utilizados para a construção, recuperação, substituição, locação e detecção de vazamentos de infraestruturas subterrâneas, com mínima ou nenhuma escavação da superfície e menor interferência no tráfego, no comércio e em outras atividades locais. As principais utilidades subterrâneas que vêm sendo instaladas e reabilitadas através de métodos não destrutivos (MND) são: tubulações de esgoto, adutoras de água potável, sistema de drenagem, oleodutos, canalização de gás, cabos elétricos e de telecomunicações. A realização deste método é feita com uma máquina de perfuração onde é executado um furo piloto de aproximadamente 25 mm a 125 mm ao longo do percurso previsto. Em seguida, esse furo é alargado no sentido inverso para acomodar a tubulação final, a qual é puxada simultaneamente (DEZOTTI, 2008). No entanto, em algumas condições adversas de solo, a etapa do alargamento pode ser subdividida em diversas outras, aumentando o diâmetro do furo gradativamente.

Ao analisar os métodos destrutivos e não destrutivos, pode-se observar que ao utilizar o MND, geralmente, os custos sociais podem ser minimizados. Quando são avaliados e incluídos nos custos globais dos projetos, percebe-se que o uso de tecnologias não destrutivas torna os projetos mais econômicos de 3 a 10% do valor total. Em alguns casos, o aterro, compactação e recomposição do pavimento chegam a representar até 70% do custo total do projeto (NAJAFI, 2004).

Assim como citado por NUVOLARI, 2003: “[...] os custos diretos, em muitos casos, são equivalentes ao método com abertura de valas contínuas, mas as vantagens são enormes: precisão na execução da obra; redução de prazos; ínfima interrupção do trânsito na área de trabalho; grande redução do custo social.”

2.3. CUSTOS EM INSTALAÇÕES DE REDES SUBTERRÂNEAS

Para uma obra de duto enterrado é necessária uma compreensão de todos os agentes envolvidos em sua execução. De acordo com Sanz (2017), o projetista deve levar em consideração todas as categorias de custo no orçamento, as quais incluem custos desde o planejamento e engenharia (também denominados custos de pré-construção), até os custos de construção, que incluem os custos diretos e indiretos, e custos pós-construção (também chamados custos de operação e manutenção).

Os custos diretos são aqueles relacionados diretamente com a execução do serviço, ou seja, aquele que é mais fácil atribuir um certo valor, é mensurável sem dificuldade e é relacionado diretamente ao produto final, os tais como: custos de mão de obra, equipamentos e materiais. Já os custos indiretos englobam os custos auxiliares à execução da obra. Ao contrário dos custos diretos, são aqueles em que é custoso atribuir um valor final. São exemplos destes os custos com administração, como por exemplo, um determinado funcionário trabalha naquele projeto, mas além deste projeto em específico, ele trabalha em muitos outros, é insociável atribuir um custo exato àquele funcionário, mas ele continua sendo um custo indispensável à obra, além dos custos gerais de serviço, como taxas, mobilização de equipamentos, controle de tráfego, seguro, utilidades temporárias, dentre outros.

Os custos sociais, fazendo parte da categoria de custos de construção, vêm cada dia mais ganhando importância à medida que a população almeja uma melhor qualidade de vida, em conjunto à conscientização pública e a necessidade de preservar e proteger o meio ambiente. Segundo Gangavarapu (2003), construções realizadas em áreas comerciais estão associadas a perdas nas vendas do comércio. É comum que as pessoas tendem evitar áreas de comércio quando estas estão em obras, o que pode resultar em um declínio das vendas ou até mesmo o fechamento de lojas a depender do tempo de obra.

De acordo com Najafi (2004) e Rahman, Vanier e Newton (2005), os custos sociais, devido a construção, manutenção e substituição de infraestruturas urbanas subterrâneas, abrangem, principalmente, as seguintes categorias: 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 como desvio; segurança local e pública; insatisfação dos cidadãos; impactos ambientais.

Segundo Najafi (2004), mesmo que de forma indireta, esses custos sociais fazem parte do custo total, tradicionalmente, esses custos sociais costumam ser desconsiderados nas análises de viabilidade econômico-financeira dos projetos, principalmente, em países que ainda estão em desenvolvimento, como o Brasil.

2.4. TUBOS DE POLIETILENO – PEAD

O material PEAD (polietileno de alta densidade) vem sendo cada vez mais empregado e sua utilização é ideal no MND graças à sua alta resistência a solventes, corrosão e químicos, além de fácil manuseio e grande flexibilidade. Podendo também ser aplicado ao MD.

Nos estudos realizados pelo Instituto Botânico da Escola Superior de Karlsruhe, foi constatado que o polietileno de alta densidade não constitui terreno de cultivo adequado para a proliferação de bactérias, fungos e esporos. Por isso, é resistente a qualquer corrosão microbiana (MAXWEEL, 2018).

As soldas feitas no PEAD são a prova de vazamento, visto que são fundidas e criam uma peça única, eliminando, assim, infiltrações e vazamentos. Essas soldas são feitas a cada 100 metros de extensão.

O método solicita um tubo flexível que resista às cargas e tensões que surgem durante a instalação e operação. A Tabela 1 apresenta a relação recomendada entre o diâmetro do tubo e o diâmetro de alargamento.

Tabela 1: Diâmetro de alargamento.

Diâmetro do tubo (mm)	Diâmetro de alargamento (mm)
< 200	Diâmetro do tubo + 100 mm
200 a 600	Diâmetro do tubo x 1,5
> 600	Diâmetro do tubo + 300 mm

Fonte: Dezotti, 2008

O PEAD só é permitido em construções de rede enterradas, pois, se exposto ao sol, pode ocorrer fotoxidação, provocando reação de degradação da tubulação, tendo sua vida útil de, aproximadamente, 50 anos, após isso, pode ocorrer o “creep”, situação em que a tubulação não se recupera sozinha, causando a deformidade permanente. A tabela 2 apresenta algumas características positivas e negativas nas técnicas de inserção da tubulação de polietileno.

Tabela 2: Vantagens e desvantagens do PEAD.

Vantagens	Desvantagens
-Alta resistência ao impacto, corrosão, resistência química e à abrasão.	-Não é resistente à oxidação de ácidos, cetonas e hidrocarbonetos clorados.
-Facilidade de montagem, manutenção e conexão dos tubos.	-Degradação na presença de raios ultravioletas, perda na vida útil.
-Menor custo final da obra e tempo gasto.	-Material inflamável
-Leveza e Flexibilidade.	-Com muitas aberturas de vala ao longo do trecho a instalação passa a ser inviável.

Fonte: Dos autores, 2022

2.5. TUBOS DE POLICLORETO DE VINILA – PVC

As tubulações de PVC têm sua elevada utilização graças ao seu baixo custo, baixa probabilidade de corrosão, fácil manuseio, resistência ao desgaste e são facilmente maleáveis, além de proporcionarem maior segurança e possuem uma vida útil de, aproximadamente, 60 anos, entretanto, por ser um material frágil, podem estar suscetíveis a ocorrência de danos à sua integridade. Para instalação, é necessário que ocorra uma proteção durante o processo. A tabela 3 apresenta algumas características positivas e negativas nas técnicas de inserção da tubulação de policloreto de vinila.

Tabela 3: Vantagens e desvantagens do PVC.

Vantagens	Desvantagens
-São leves, alta resistência, resistentes a ataques químicos, intempéres e outros agentes.	- Indicado para água fria, podendo suportar até 25°C.
-Excelente isolante, coeficiente de condutividade baixa.	-Extremamente frágil.
-Possui boa propriedade de flexibilidade.	- Baixa resistência a altas pressões.

Fonte: Dos autores, 2022

3. METODOLOGIA

O presente artigo caracterizou-se em uma pesquisa exploratória em campo, bem como uma análise comparativa entre o método destrutivo que se dá por meio de abertura de valas e o método não destrutivo por furos direcionais (HDD), para implementação de água e esgoto.

A primeira etapa deste trabalho foi a realização de uma pesquisa bibliográfica através de dissertações, artigos e sites, visando não só compreender melhor o que é e quais as etapas dos métodos

destrutivos e não-destrutivos, como também sua utilização e importância no âmbito da construção civil.

Foi acompanhado uma obra localizada na Av. Antártica, Rua Federação Paulista e Rua Dr. Bento Teobaldo Ferras- Barra Funda /SP, que está sendo executada por meio dos dois métodos. A rede de água sucedeu-se por meio do método não destrutivo com um trajeto de 450,72 metros com a duração de 16 dias. A rede de esgoto desenvolveu-se através da abertura de vala com um trajeto de 291,96 metros com a duração de 28 dias.

Pelo MND foi necessário um trajeto que atravessasse a Avenida Antártica para realizar a interligação no outro ponto, contudo, o restante do trecho conta com implementação de água e esgoto juntos. Na imagem 1 é possível visualizar o caminho que os métodos foram traçados.

Figura 1: Rota traçada pelo google maps.



Fonte: Dos autores, 2022.

Para o método não destrutivo na implantação da rede de água utilizou-se PEAD com diâmetro de 90mm e 250mm, já para o método destrutivo, para implantação de esgoto, utilizou-se PVC de 200mm, 300mm e 400mm a construtora dividiu a obra por trechos com a intenção de causar menor impacto no cotidiano dos moradores ao redor.

Devido a metragem não ser correspondente para possibilitar fazer uma análise comparativa assertiva dos custos entre as técnicas, foi limitado um valor de 291,96 metros, pois corresponde ao caminho onde os dois métodos percorrem juntos.

Neste trabalho, optou-se por realizar um comparativo dos custos diretos de construção a fim de verificar se o MD apresenta vantagens econômicas em relação ao MND, além de avaliar os impactos sociais, enfatizando principalmente as consequências sob o tráfego de automóveis. Para o tráfego, foi realizado um estudo por meio da contagem de veículos e informações disponibilizadas pela CET para obtenção do volume de hora/pico (VHP) e o volume médio diário (VMD) onde foi possível demonstrar a quantidade de veículos durante o período das obras e o impacto que as vias sofreram. Por último, uma análise das vantagens e desvantagens estruturado em artigos científicos junto com os acontecimentos que ocorreram diretamente na obra.

3.1.1. EXECUÇÃO PELO MÉTODO NÃO DESTRUTIVO

Para correta elaboração do plano de furo horizontal (HDD), foi realizado uma análise do terreno a fim de detectar possíveis interferências, essa análise é feita a partir da medição da profundidade das redes existentes que possam impactar na nova rede a ser implantada, foi possível

constatar tubulações de outras concessionárias, nesse caso, a Comgás. O próximo passo é o planejamento da perfuração, após o projeto devidamente elaborado, segue-se com a execução da perfuração propriamente dita.

Para dar início a perfuração, é necessário fazer a devida sinalização de obra por todo esse trajeto, assim como as devidas autorizações dos órgãos competentes de gerenciamento do trânsito.

O furo foi iniciado na Avenida Marquês de São Vicente, onde contém a rede de água existente, locaram à estaca 0+0,00m e finalizou-se o primeiro trecho na Rua Federação Paulista de Futebol com a estaca 13+0,0m, sendo que este trecho contabilizou 282 metros de tubulação PEAD. Nesta implantação, foram executados dois furos, saindo de lugares distintos e se encontraram formando um único trajeto, a segunda perfuração executada continuou da estaca 17+13,00m até a 13+0,00m. Começou-se um novo furo na rua Doutor Bento Teobaldo Ferraz, tendo início na estaca 17+13,00m e final 22+0,00m, totalizando 180 metros de tubulação PEAD, está foi a execução do furo piloto. Durante a execução do furo piloto (primeira etapa) foi feita a injeção do fluido no trajeto da perfuração, o qual é definido de acordo com o terreno do local. Neste caso, foi utilizado o polímero, pois evita a dilatação da argila presente no solo.

Na segunda etapa da execução do furo foi utilizado um alargador de 8" de diâmetro, fazendo o caminho inverso do furo piloto. Após a utilização desse alargador, a tubulação pode ser posicionada no local planejado.

Finalizado as etapas da perfuração, inicia-se a fase de pavimentação das vias, onde foram abertas pequenas valas de verificação do furo e possíveis interferências, a primeira parte inicia-se com a solo sendo retirado do local, em seguida, coloca-se as pedras e britas retiradas do local e finaliza-se com o concreto asfáltico. A finalização da obra se dá pela execução das sinalizações, informando a existência de rede de água no local.

Para perfurações em HDD é possível que aconteçam variações do plano de furo para execução da perfuração. Na perfuração analisada, foram planejados 462 metros de tubulação PEAD, na execução foram utilizados 450,72 metros, estas variações estão distribuídas por todo o trajeto da perfuração, podendo ocorrer devido aspectos na via, como: desvios de interferências, curvas fechadas e ou abertas, entre outros.

3.1.2. EXECUÇÃO PELO MÉTODO DESTRUTIVO

O método de abertura de vala deu início na Rua Federação Paulista de Futebol e na Rua Doutor Bento Teobaldo Ferraz, no MD foram construídos 291,96 metros de rede, variando o distanciamento da calçada do empreendimento durante seu trajeto, indo de 7,70m a 9,20m, durante o trajeto da rede foi possível constatar uma variação dos diâmetros da tubulação, diâmetro de 200mm tendo 6,86 metros, 300mm tendo 143,13 metros e 400mm tendo 141,37 metros, a profundidade da vala foi de 1,5 metros e largura de 1,0 metro conforme a norma ABNT NBR 9061.

Os tubos foram distribuídos ao longo da via para fixação da tubulação, após a preparação da vala, por ser uma tubulação de esgoto, foram construídos quatro poços de visita de 1000mm localizados do ponto de interligação, o primeiro em 13,01 metros, o segundo em 72,6 metros, o terceiro em 125,01 metros e o quarto em 141,37 metros, após a construção dos postos de visitas, foram construídos três poços de inspeção de 600mm, o primeiro em 201,24 metros, o segundo em 284,5 metros, o último, já localizado dentro do empreendimento, foi construído no ponto final da tubulação em 291,96 metros, após colocação da tubulação dentro da vala e feito sua ligação na rede existente de esgoto, foi colocado uma tela de segurança para proteção da tubulação, dado isso, iniciou-se a nova pavimentação por toda a extensão da abertura da vala.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. CUSTOS

Para fins de comparação, serão apresentados os custos dos serviços pelo método destrutivo e método não destrutivo através do orçamento real e do orçamento analítico. Os resultados apresentados são baseados no orçamento realizado pela construtora e a determinação dos custos são relativos para cada método de construção adotado.

4.1.1. ORÇAMENTO REAL

A tabela 4 e 5, respectivamente, demonstra o orçamento discriminado os serviços de instalação de rede de água e esgoto com valores reais disponibilizado pela construtora. Os valores discriminados como empreitada representam mão de obra e materiais.

Durante o estudo, foi possível notar que na execução do projeto “As Built” a construtora optou por utilizarem tubos de 90mm e 250mm de PEAD na rede de água (MND) e tubos de 200mm, 300mm e 400mm de PVC na rede de esgoto (MD), porém, é importante ressaltar que não consideraram esses diâmetros no orçamento disponibilizado antes do início da obra, essa mudança sucedeu durante o processo.

Os serviços necessários para execução da rede de distribuição de esgoto e água, assim como, cadastro, projeto, materiais, mão de obra e encargos contratuais como sinalização, recuperação do passeio e via pública foram contratados a partir de empreitadas negociadas pela própria construtora.

Tabela 4: Custos da rede de água pelo método não destrutivo.

Insumo	Un.	Quantidade	Preço Unitário	Valor total	%
Empreitada Água - Locação e Cadastro, Inclusive "as built"	m	750,00	R\$ 4,20	R\$ 3.150,00	0,8%
Empreitada Terraplanagem - Escavação Mecânica Inclusive Bota - Fora	m³	654,00	R\$ 108,00	R\$ 70.631,97	18,6%
Empreitada - Execução de MND	vb	1,00	R\$ 108.240,00	R\$ 108.239,99	28,5%
Empreitada Água - Empreitada de tubo PEAD Ø 315 mm	m	700,00	R\$ 180,00	R\$ 126.000,00	33,2%
Empreitada - Interligação de Água com a Rede Pública	vb	1,00	R\$ 13.089,92	R\$ 13.089,92	3,5%
Empreitada - Interligação da rede ao caivete	un.	4,00	R\$ 5.000,00	R\$ 20.000,00	5,3%
Empreitada - Recomposição de Passeio e Via Pública	m²	41,60	R\$ 680,00	R\$ 28.287,93	7,5%
Empreitada - Sinalização	m²	1,00	R\$ 10.000,00	R\$ 10.000,00	2,6%
Valor total				R\$ 379.399,81	100%

Fonte: Tabela de orçamento e medições pela construtora.

Tabela 5: Custos da rede de esgoto pelo método destrutivo.

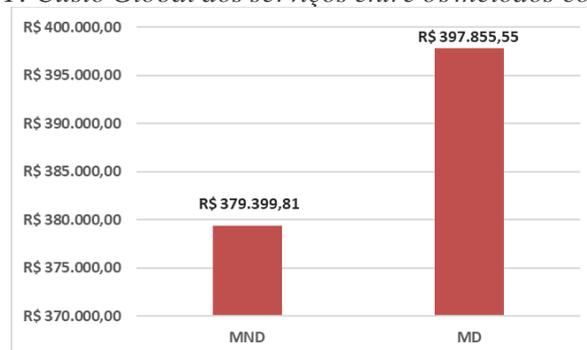
Insumo	Un.	Quantidade	Preço Unitário	Valor total	%
Empreitada Esgoto - Locação e Cadastro, Inclusive "as built"	m	442,00	R\$ 4,20	R\$ 1.856,40	0,5%
Empreitada Terraplanagem - Escavação Mecânica Inclusive Bota - Fora	m³	873,00	R\$ 108,00	R\$ 94.284,08	23,7%
Empreitada - Execução de MD	vb	3,00	R\$ 4.200,00	R\$ 12.600,00	3,2%
Empreitada Esgoto - Empreitada de tubo PVC - Ø 200 mm	m	39,75	R\$ 80,00	R\$ 3.180,02	0,8%
Empreitada Esgoto - Empreitada de tubo PVC - Ø 300 mm	m	352,54	R\$ 120,00	R\$ 42.304,80	10,6%
Empreitada - Execução de Poço de Visita - Ø 1,00 m (Prof. até 2,00 m) - Inclusive colocação de tampão	m	1,00	R\$ 74.510,32	R\$ 74.510,32	18,7%
Empreitada - Recomposição de Passeio e Via Pública	m²	442,00	R\$ 360,00	R\$ 159.119,93	40,0%
Empreitada - Sinalização	m²	1,00	R\$ 10.000,00	R\$ 10.000,00	2,5%
Valor total				R\$ 397.855,55	100%

Fonte: Tabela de orçamento e medições pela construtora.

Neste orçamento real não é possível realizar um comparativo assertivo devido a diferença de materiais e metragens utilizadas. Mas com base nos dados de pagamentos efetuados pela construtora, o gráfico apresentado no gráfico 1 representa os valores totais em cada um dos métodos, e é possível identificar que no método destrutivo o custo total saiu 4,63% mais oneroso que o método não destrutivo.

É importante ressaltar os dois insumos que mais se sobressaem para os métodos analisados. No método não destrutivo são; “Empreitada - Execução MND” e “Empreitada Água - Empreitada de tudo PEAD 315mm” representando 61,7% do orçamento total, sendo assim, é possível comprovar que pode sair mais caro por ser mais inovador, necessita de equipamentos mais tecnológicos e específicos, além de uma mão de obra especializada. Já para o método destrutivo, os insumos que mais se destacam são os; “Empreitada Terraplanagem - Escavação Mecânica Inclusive Bota-Fora” e “Empreitada - Recomposição de Passeio e Via Pública” representando 63,3% do orçamento total, onde também é possível comprovar que o maior gasto é graças à necessidade de abertura de vala, sendo necessário a retirada de terra ao longo do trecho e ao finalizar, é necessário fazer a recomposição total da via.

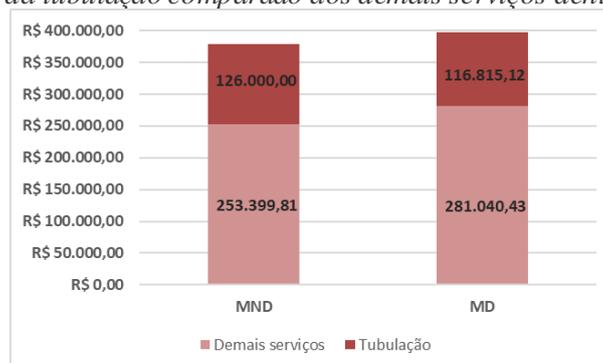
Gráfico 1: Custo Global dos serviços entre os métodos construtivos.



Fonte: Baseado no orçamento e medições pela construtora.

Para ilustrar a diferença nos valores da execução de empreitada da tubulação presente no orçamento, na tubulação de PEAD foi possível constatar um valor de R\$ 180,00 por metro linear para o tubo de 315mm. Já para o tubo de PVC de 200mm seu custo por metro linear é de R\$80,00 e o de 300mm é de R\$120,00. Dentro do gráfico 2, ilustrada abaixo, foi possível identificar que o custo para o serviço realizado em PEAD ultrapassou em 7,28% o PVC, demonstrado assim seus valores reais em comparação aos demais serviços.

Gráfico 2: Custo da tubulação comparado aos demais serviços dentro do custo Global.



Fonte: Baseado no orçamento e medições pela construtora.

Para finalizar, é importante salientar que a recomposição da via pública é um grande ponto a ser analisado, como para a realização do MD é necessário a abertura de uma vala por toda extensão onde será aplicado o método, foi possível identificar que esta etapa acaba sendo um grande custo para obra. Neste caso, foi possível observar que 40% do total do orçamento é apenas para “recomposição de passeio e via pública” sendo até mais caro que a própria execução do método.

4.1.2. ORÇAMENTO ANALÍTICO

Para fins analíticos de comparação mais assertiva a fim de ter valores mais justos, foi adotado para os dois métodos trechos de 291,96 metros de extensão, modificando seu coeficiente de cálculo. Para o método destrutivo, foi alterado o tipo de tubo para o MD, assim como seu diâmetro, que inicialmente era representado por PVC de 200 e 300mm, foi igualado a mesma tubulação de PEAD 315mm para os que dois métodos se encaixem no modelo de análise.

Através da Tabela 6 e 7, é possível analisar os custos totais de construção tanto pelo MND quanto pelo MD.

Tabela 6: Orçamento analítico (291,96 metros) - Método não destrutivo

Insumo	Un.	Quantidade	Preço Unitário	Valor total	%
Empreitada Água - Locação e Cadastro, Inclusive "as built"	m	291,96	R\$ 4,20	R\$ 1.226,23	0,5%
Empreitada Terraplanagem - Escavação Mecânica Inclusive Bota - Fora	m³	423,60	R\$ 108,00	R\$ 45.748,80	19,8%
Empreitada - Execução de MND	vb	1,00	R\$ 69.964,29	R\$ 69.964,29	30,3%
Empreitada Água - Empreitada de tubo PEAD Ø 315 mm	m	291,96	R\$ 180,00	R\$ 52.552,80	22,8%
Empreitada - Interligação de Agua com a Rede Publica	vb	1,00	R\$ 13.089,92	R\$ 13.089,92	5,7%
Empreitada - Interligação da rede ao cavalete	um	4,00	R\$ 5.000,00	R\$ 20.000,00	8,7%
Empreitada - Recomposição de Passeio e Via Publica	m²	26,88	R\$ 680,00	R\$ 18.278,40	7,9%
Empreitada - Sinalização	m²	1,00	R\$ 10.000,00	R\$ 10.000,00	4,3%
Valor total				R\$ 230.860,44	100%

Fonte: Tabela baseada no orçamento da construtora

Tabela 7: Orçamento analítico (291,96 metros) - Método destrutivo

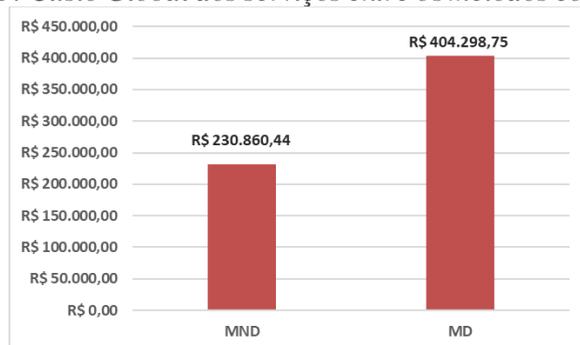
Insumo	Un.	Quantidade	Preço Unitário	Valor total	%
Empreitada Esgoto - Locação e Cadastro, Inclusive "as built"	m	291,96	R\$ 4,20	R\$ 1.226,23	0,3%
Empreitada Terraplanagem - Escavação Mecânica Inclusive Bota - Fora	m³	873,00	R\$ 108,00	R\$ 94.284,00	23,3%
Empreitada - Execução de MD	vb	1,00	R\$ 74.510,32	R\$ 74.510,32	18,4%
Empreitada Esgoto - Empreitada de tubo PEAD Ø 315 mm	m	291,96	R\$ 180,00	R\$ 52.552,80	13,0%
Empreitada - Execução de Poço de Visita - Ø 1,00 m (Prof. até 2,00 m) - Inclusive colocação de tampão	vb	3,00	R\$ 4.200,00	R\$ 12.600,00	3,1%
Empreitada - Recomposição de Passeio e Via Publica	m²	441,99	R\$ 360,00	R\$ 159.116,40	39,4%
Empreitada - Sinalização	m²	1,00	R\$ 10.000,00	R\$ 10.000,00	2,5%
Valor total				R\$ 404.289,75	100%

Fonte: Tabela baseada no orçamento da construtora.

Ao realizar uma análise comparativa de custos de construção entre os métodos, averiguou-se que, de uma forma geral, os custos no método não destrutivo são inferiores aos custos para execução por abertura de vala, conforme o gráfico 3. No entanto, essa situação não costuma ser comum, como já citado anteriormente, o MND possui diversas características que se sobressaem ao MD, porém, o custo não costuma ser um deles.

Os dois insumos que mais se sobressaíram para os métodos analisados continuam os mesmos do Orçamento Real, mesmo realizando as devidas alterações comparativas. No método não destrutivo são; “Empreitada - Execução MND” e “Empreitada Água - Empreitada de tubo PEAD 315mm” representando 53,1% do orçamento total. Já para o método destrutivo os insumos que mais se destacam foram os “Empreitada Terraplanagem - Escavação Mecânica Inclusive Bota – Fora” e “Empreitada - Recomposição de Passeio e Via Pública” representando 62,7% do orçamento total, a Empreitada da Tubulação de PVC que se encontrava no orçamento real representava 11,4% do orçamento total, já com a troca para Empreitada de PEAD 315mm continua uma representação pequena no orçamento analítico de apenas 13% do orçamento total, menos de 2% a mais, mesmo com a tubulação sendo muito mais cara, ou seja, por mais que o PEAD seja uma tubulação mais dispendiosa, ela é mais vantajosa, e poderia ser utilizada para o MD sem muita alteração em seu custo.

Gráfico 3: Custo Global dos serviços entre os métodos construtivos.



Fonte: Tabela baseada no orçamento da construtora.

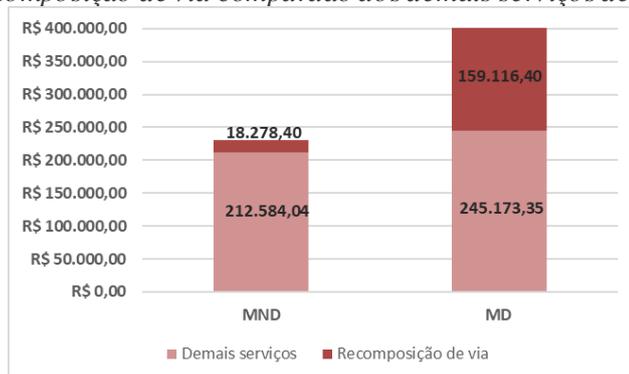
Ao analisar-se a principal condição para essa ocorrência, foi possível constatar o fator tempo, no método destrutivo a obra teve uma duração de 28 dias com uma produtividade diária de 0,07%, já no método não destrutivo constatou-se uma produtividade de 0,023% com uma duração total de 16 dias, ou seja, 12 dias a menos. Dado o fato que a abertura de vala ocorre no período noturno e de acordo com a LEI 546/1969, art. 73 é necessário o pagamento de adicional noturno para os funcionários em operação, esse fator pode impactar diretamente no custo total da obra.

Nos custos pelo método HDD estão inseridos os tubos, serviços de recebimento, inspeção e armazenamento dos tubos PEAD, serviços de soldagem, execução do furo e alargamento com puxamento simultâneo da tubulação. O valor do serviço da perfuração é medido por metro linear, sendo que o custo dependente da profundidade e do tipo de solo. Dessa forma, quanto mais profundo e difícil a escavação, mais caro será o metro linear, nesse caso, seu valor saiu por R\$ 790,73.

Já nos custos para a técnica MAV, estão inclusos serviços como demolição da pavimentação asfáltica, escavação mecanizada, escoramento de valas, reaterro mecanizado e manual, regularização e compactação do subleito e construção do pavimento com aplicação de CBUQ. Seu metro linear saiu pelo valor de R\$1.384,74.

De acordo com a análise apresentada no gráfico 4, o MND se mostrou 57% mais barato que o MD. Ao observar o item 2 da Tabela 7 no método destrutivo, pode-se relatar que os serviços de terraplanagem compõem uma parcela considerável do custo total, sendo cerca de 23%. Analisando-se apenas o custo da recuperação da pavimentação, esse valor chega a representar quase 40% do valor dos serviços. Em contrapartida, no MND, a mesma etapa tem um impacto de apenas 10,23%. Portanto, os MND tornam-se mais atrativos em situações em que há necessidade de se executarem longos trechos.

Gráfico 4: Custo da recomposição de via comparado aos demais serviços dentro do custo Global.



Fonte: Tabela baseada no orçamento da construtora.

Para a obra analisada por meio deste trabalho, através do método construtivo não destrutivo, a construção saiu em média, 57% mais barata, representando um valor total de R\$ 173.429,31 menor em comparação ao MD. Contudo, é preciso destacar que, embora os custos sejam maiores para execuções por abertura de vala, as diferenças identificadas nos resultados encontrados podem ser atribuídas às particularidades do contexto da pesquisa, como por exemplo, a troca do tubo de PVC por PEAD. Vale destacar que além dos custos financeiros, é importante levar em consideração os impactos ambientais, a pouca interferência nas atividades do entorno e a preservação da integridade do pavimento, todos esses impactos são menores no MND.

Além disso, dados encontrados por Coral e Steiner (2015) mostram que o método destrutivo necessita do dobro do tempo para execução e causa grande impacto no fluxo de veículos e conseqüentemente no cotidiano das pessoas. Com a análise em cima da obra foi possível comprovar este dado, sendo que a obra teve um aumento de 57% no tempo total, totalizando 12 dias a mais do que no método não destrutivo.

4.2. ESTUDO DE TRÁFEGO

A análise de viabilidade tem como objetivo esclarecer como esses métodos alteraram o fluxo de veículos, influenciaram no trânsito, na comodidade dos moradores, no comércio e no dia a dia da população. Foi levado em consideração os dois métodos, MND e MD.

Para isso, foi realizado um estudo através do volume médio diário (VMD) de veículos mistos que passam por uma determinada seção viária nos dois sentidos de tráfego, onde seu objetivo é estabelecer a quantidade, direção, sentido e composição do fluxo de veículos que utilizam a seção ou interseção da rede viária, em uma unidade de tempo. Antes de descobrir o VMD, é necessário identificar o volume hora pico (VHP), o qual é o responsável principal para determinação do VMD. Segundo o Manual de Estudo de Tráfego 2006, a fórmula para encontrar o volume de carro está representada na equação 1.

$$\text{Equação 1: } VH = \frac{v}{t} \quad \begin{array}{l} v = \text{quantidade de carros} \\ t = \text{período pré-definido em horas} \end{array}$$

Na tabela 8 são apresentados os resultados desse estudo para as quatro faixas de trânsito na Avenida Antártica, onde ocorreu o MND, e duas faixas para a Rua Federação Paulista e Rua Dr. Bento Teobaldo, onde ocorreu o MD junto com o MND.

Tabela 8: Representação do volume de tráfego.

Faixas	Volume hora pico (VHP)	Volume diário (VMD)	Volume total
Av Antártica	4	10.108	3.881.472
Rua Federação Paulista	2	76	51.072
Rua Dr. Bento Teobaldo	2	936	628.936
Total de veículos			4.561.480

Fonte: Dos autores, 2022.

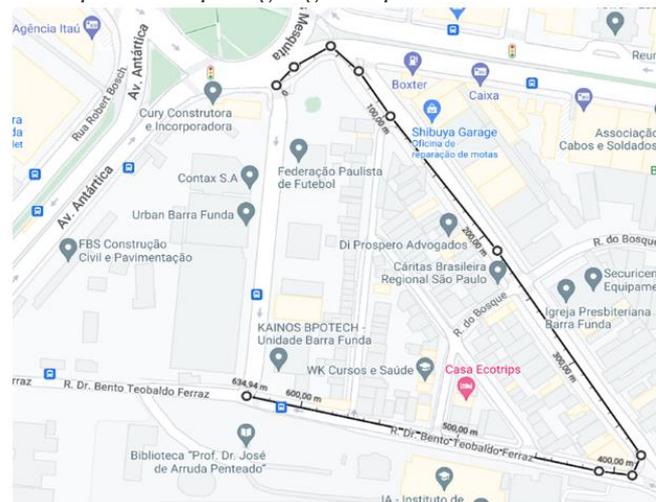
Uma parte do trecho do MND foi realizado na Avenida Antártida sentido Marginal Tietê, devido à alta movimentação do local, foi possível utilizar o relatório de Mobilidade no Sistema Viário Principal - MSVP - 2018 feito pela CET. Nele, consta o índice de VHP da avenida, foi possível identificar que por cada faixa passa cerca de 2.527 veículos/h, com um volume diário de 10.108 veículos. Em teoria, o volume que passou por esse local é de 3.881.472 milhões de veículos durante os 16 dias de obra. O método ocupou 1 faixa da avenida, atrapalhando cerca de 970.368 mil veículos, por consequência, ocorreu um acréscimo de 8,33% desses carros para cada uma das 3 faixas subsequentes, ou seja, 323.456 veículos por faixa.

O trecho MD ocupou a Rua Federação Paulista de Futebol e Rua Dr. Bento Teobaldo Ferraz que são interligadas, para esse caso foi necessário fazer uma contagem de 15 minutos (também em horário de pico) em cada rua para análise de tráfego nesses locais onde contem 2 faixas.

Na rua Federação Paulista de Futebol, foi contabilizado 19 veículos durante esse período, sendo assim, passa cerca de 76 veículos/h em horário de pico com um volume diário de 1.842 veículos. Para a Rua Dr. Teobaldo Ferraz foi contabilizado 234 veículos, seu VHP de 936 veículos/h com o volume diário de 22.462 veículos. Nas duas vias foram ocupadas apenas uma faixa da rua, forçando 50% desse volume se movimentar em uma única faixa de ida com o total de 12.143 veículos percorrendo com maior lentidão.

Porém, no dia 31 de julho que se passou durante um domingo, a Rua Federação Paulista de Futebol foi totalmente fechada devido ao MD, onde é um local com baixa movimentação de carros, mas tem 1 ponto de ônibus nesse local além dos moradores locais. Foi feita uma análise das ruas ao redor, onde foi deduzido uma rota alternativa para esses veículos que vinham da avenida antártica, e precisavam entrar na rua afetada, demonstrada na figura 2. Para essa rota mais próxima foi necessário percorrer 635m a mais, acessada pela Avenida Thomas Edison.

Figura 2: Mapeamento pelo google maps da rota alternativa deduzida.



— Trajeto da rota alternativa

Fonte: Dos autores, 2022.

O MD é a metodologia de saneamento que mais impacta o tráfego veicular, visto que a abertura de valas destrói completamente o pavimento sobre o trecho dos condutos, na obra as tubulações atravessariam completamente um dos sentidos da rua. No caso da obra, foram afetadas as ruas Federação Paulista e Dr. Bento Teobaldo, como são ruas com vias duplas, uma via foi interditada completamente durante um dia inteiro, inviabilizando o fluxo natural de veículos, obrigando os motoristas a encontrarem caminhos alternativos que não são programados para receber essa carga, causando lentidão e engarrafamento.

Em contrapartida, o MND possui um canteiro de obras menor, dado que o local de destruição do pavimento, na metodologia de cravação de tubos, consiste apenas nos poços e na área equivalente a ocupação do maquinário envolvido, além disso, foi interditado um pequeno trecho de um cruzamento da Avenida Antartida de quatro faixas (permitindo seu fluxo, mesmo que reduzido).

É importante também levar em consideração os impactos ambientais envolvidos para ambos os métodos. Como citado anteriormente, a instalação de dutos subterrâneos gera

congestionamentos, principalmente quando utilizado métodos tradicionais de abertura de vala. Estes congestionamentos contribuem significativamente para o aumento da poluição do ar, pois, segundo Azuaga (2000), os veículos são os principais responsáveis pela poluição atmosférica. Desta forma, o método de abertura de vala é muito mais danoso ao meio ambiente, pois além de provocarem congestionamentos, utilizam maquinários pesados, que contribuem para a poluição atmosférica e sonora.

4.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS MÉTODOS APLICADOS

As obras subterrâneas de infraestrutura urbana são instaladas, tradicionalmente, utilizando o processo de abertura de vala. Apesar de ser um método antigo e considerado confiável, na maioria das vezes, não é o método com o melhor custo-benefício. Segundo Dezotti (2008), os métodos destrutivos apresentam desvantagens por interferir em outras infraestruturas urbanas, causando impactos no trânsito, como congestionamentos, podem causar impactos ambientais e danos ao pavimento, devido a abertura do solo.

O método de abertura de vala (MAV) também pode ser chamado de método tradicional ou destrutivo. Embora seja considerado um método confiável, pode-se considerar o seu custo elevado, principalmente em áreas urbanas muito movimentadas. Isso ocorre, geralmente, pela necessidade de restaurar as superfícies e executar o assentamento do solo. Além disso, em alguns casos os operários devem escavar o solo cuidadosamente enquanto manobram outros serviços (utilização de escavadeiras e retroescavadeiras) para alcançar a profundidade requerida, o que diminui a produtividade e eficiência. Por esses motivos este método de instalação e recuperação tem sido desencorajado em centros urbanos (DEZOTTI, 2008).

A realização da obra executada pela construtora por meio do método destrutivo contou com o auxílio de máquinas pesadas e operários para a escavação do solo e escoramento. O MAV não pode ser executado em uma única etapa por conta da sua extensão, logo, aconteceu em sub etapas, onde foi escavado um trecho, dado sequência na consecução de toda sua tubulação e logo em seguida, fechado com solo e pedrisco para reabertura temporária da via.

Durante a execução do método de abertura de vala (MAV) a Rua Federação Paulista foi interditada parcialmente durante 27 dias e completamente durante o dia 31 de julho de 2022, causando grandes impactos ambientais devido a abertura das valas, e também, impactos sociais, graças a interdição da rua, impossibilitando a passagem de moradores e trabalhadores entorno dessa obra, com essa necessidade de interdição da rua, duas linhas de ônibus tiveram suas rotas alteradas, sendo elas, a linha 209P/1 (Inajar de Souza) e 209P/10 (Cachoeirinha – Terminal Pinheiros), foi necessário a alteração do percurso por conta da execução do método destrutivo naquela região.

Portanto, faz-se necessário o aumento da demanda por tecnologias que minimizam a interferência na vida cotidiana e no meio ambiente. Em vista disso, os métodos não destrutivos têm se tornado uma opção aclamada para as indústrias de instalações subterrâneas. Foi possível constatar através deste estudo como o método não destrutivo está sendo cada vez mais vantajoso financeiramente do que o método tradicional, na obra o MND saiu cerca de 57% mais barato que o método tradicional, e levou 12 dias a menos para ser finalizado, logo, além da vantagem econômica, também foi possível obter uma vantagem temporal, social e ambiental.

Os critérios levados em consideração para a escolha do método de abertura de vala na Rua Federação Paulista e o método não destrutivo optado para a Avenida Antártida, foi, principalmente, o tráfego na via, segundo os dados coletados para o estudo de caso, a Avenida Antártida possui um tráfego diário de aproximadamente 242.592 veículos/dia, ou seja, o impacto de uma interdição nessa via seria imensurável devido ao seu volume intenso de fluxo diário, por isso, o melhor método foi o não destrutivo. Durante a execução do método não destrutivo na Avenida Antártida, a via não foi paralisada e permaneceu intacta sem necessidade de recomposição, sua emissão de gases

poluentes é mínima se comparado ao MAV, visto que para execução foi preciso somente o equipamento utilizado para perfuração e com isso, o solo permaneceu intacto, sem a necessidade de alteração em sua estrutura, logo, não foi constatado nenhum impacto nas estruturas vizinhas, como muros e edificações.

Já na Rua Federação Paulista foi levantado um volume veicular de aproximadamente 1.842 veículos/dia, em comparação à Avenida Antártida, o volume diário da Rua Federação Paulista é 13071,03% menor, e por isso, o método destrutivo tornou-se viável, pois apresenta uma frequência de veículos menores.

Os custos sociais também devem ser levados em consideração, hoje em dia, cada vez mais esses impactos sociais vem chamando atenção, com isso, alternativas que possibilitem menor impacto social vêm se tornando mais atrativas, pois gradativamente tornam-se mais importante a medida que a população busca uma melhor qualidade de vida.

Conforme Coutinho (2010), as vantagens do método não destrutivo são várias e dizem respeito ao menor espaço para execução da obra, com impacto menor para a população; o menor custo de recomposição urbana e ambiental, o menor trabalho de movimentação de solo, bem como trabalho de limpeza local; a maior facilidade de execução de travessias em locais de acesso difíceis; a possibilidade de desvio das interferências identificadas na construção. Propicia alternativa para instalações de dutos no subsolo em áreas congestionadas; a minimização substancial dos resíduos de escavação e diminuição do transporte destes resíduos; a redução do número de pessoas expostas ao risco no local de trabalho; a rapidez na execução das obras e, por fim, a não utilização de recursos naturais para recomposição de valas.

Além da emissão de gases, Dezotti (2008) reforça que o uso de maquinário pesado, como retroescavadeira, pás carregadeiras e caminhões geram um ambiente empoeirado. A preocupação com a melhora da qualidade de vida e saúde, associada com a poluição gerada por estes tipos de obras resultam em uma óbvia perturbação pública, o que se intensifica em áreas críticas como escolas, hospitais e áreas de forte urbanização, enquanto que no método não destrutivo, a geração de resíduos também é significativamente menor, restando apenas lama de perfuração, que deve ser escolhida e enviada para a devida destinação em bota-foras (RIGHI; MAGALHÃES, 2015).

Ademais, alguns estudos realizados em cidades do Canadá e Estados Unidos indicaram que cortes e escavações nas vias de transporte provocam uma redução de aproximadamente 30% na vida do pavimento, gerando aumento nos custos de manutenção e reabilitação. Tais estudos indicaram, também, que o uso de tecnologias não destrutivas tem potencial para reduzir significativamente os custos de manutenção e reabilitação e os custos dos usuários devido a atrasos (TIGHE, 2002).

5. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que para a abordagem não destrutiva, ficou evidenciado que no caso deste trabalho, seu custo ficou 57% mais barato que a abordagem destrutiva, provocando menores alterações ambientais, no tráfego e na pavimentação de vias. O fator tempo é importante ser avaliado na escolha do tipo de método a ser escolhido, nesse caso exige menor tempo de execução e necessitam de um número menor de empregados, entretanto que sejam qualificados.

Embora a abordagem não destrutiva seja relativamente nova, o custo de implementação diminuiu à medida que a concorrência aumentou e a tecnologia se tornou mais difundida, tornando-a cada vez mais atraente. É importante lembrar que cada projeto de construção é único e o preço de cada projeto depende das especificações do local.

6. 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.
- ABNT (1992). **Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana. NBR 12266/92**. Rio de Janeiro, 1992.
- ARIARATNAM, S. T.; LUEKE, J. S.; ALLOUCHE, E. N. **Utilization of Trenchless Construction Methods by Canadian Municipalities**. Virgínia, Estados Unidos. Journal of Construction Engineering and Management, v. 125, n. 2, março 1999.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIAS NÃO DESTRUTIVAS (São Paulo). **Institucional**. Disponível em: <<https://www.abratt.org.br/institucional/>> acessado em abril/2022.
- AZUAGA, D. **Danos ambientais causados por veículos leves no Brasil**. Rio de Janeiro: 2000. 168 p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- 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.
- CORAL, D. B.; STEINER, L. R. **Comparativo entre perfuração direcional horizontal (mnd) x método destrutivo (vala), para implantação de rede de gás natural urbana. Estudo de caso**. 2020. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2015.
- 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**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.
- MASSARA, V. M. **A Dinâmica Urbana na Otimização da Expansão da Infra-Estrutura de Gás Natural**. São Paulo. 2007. 252p. Texto de Qualificação (Doutorado em Energia). Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- NAJAFI, M. **Trenchless Technology: Pipeline and Utility Design, Construction, and Renewal**. 1.ed. New York: McGraw-Hill Professional, 2004, 489 p.
- NAJAFI, Mohammad. **Tecnologia Não Destrutiva: Planejamento, Equipamentos e Métodos**. São Paulo: ABES, 2017.