

COMPARATIVO ENTRE OS MÉTODOS DE PERFURAÇÃO DIRECIONAL HORIZONTAL E ABERTURA DE VALAS PARA INSTALAÇÃO DE REDES SUBTERRÂNEAS.

Hanna Stefanny Alves de Paiva¹, Daniela da Costa Leite Coelho²

¹Graduanda do Curso Bacharelado em Ciência e Tecnologia, UFRSA, Mossoró - Rio Grande do Norte. Fone (84)999404622. E-mail: hanna.stefanny@gmail.com. Autor(a) apresentador(a) correspondente*.

²Doutora em Manejo de Solo e Água, Professora Adjunta, UFRSA, Mossoró - Rio Grande do Norte. Fone (84)98830-9726. E-mail: daniela.coelho@ufersa.edu.br.

Resumo: Os Métodos Não Destrutivos (MND) são uma opção atrativa para instalação e recuperação de infraestruturas subterrâneas, pois nessa prática se utiliza, basicamente, máquinas especiais que perfuram o subsolo por onde serão passadas as tubulações. Já o Método tradicional de Abertura de Vala (MAV), apesar de ser bastante utilizado e considerado confiável, podem causar grandes interferências no entorno da obra. A fim de verificar a viabilidade dos dois métodos, o presente artigo se propôs a fazer um comparativo, por meio de revisão de literatura baseado em estudos realizados, entre o método tradicional de abertura de vala e o método não destrutivo, especificamente o de perfuração direcional horizontal (HDD), analisando os aspectos de custos diretos, como mão de obra e tecnologia envolvida e também seus impactos sociais e ambientais. Com base nos resultados obtidos pelos dois principais artigos analisados, foi possível verificar que os métodos não destrutivos são na maior parte dos casos mais onerosos, se for levado em consideração apenas os custos diretos. Já em relação aos custos sociais, o método com abertura de vala causa um impacto significativamente maior em comparação aos métodos não destrutivos. Por esse motivo, obras que empregam os métodos tradicionais, apesar de apresentarem um custo direto menor, podem se tornar inviáveis devido aos altos custos sociais. Dessa forma, o método não destrutivo se mostrou uma proposta interessante para obras que necessitam de pouca interferência em seu entorno.

Palavras-chave: Métodos não destrutivos. Método tradicional. Custos diretos. Impactos sociais.

1. INTRODUÇÃO

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) [1], os métodos tradicionais apresentam desvantagens por interferir em outras infraestruturas urbanas, causando congestionamentos, impactos ambientais e danos ao pavimento.

Portanto, a demanda por tecnologias que minimizam a interferência na vida cotidiana das pessoas é cada vez maior. Em vista disso, os métodos não destrutivos tem sido uma opção cada vez mais atrativa 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.

Os Métodos Não Destrutivos (MND) são definidos como sendo uma família de métodos, equipamentos e materiais utilizados para a construção, recuperação, substituição, locação e detecção de vazamentos de infraestruturas subterrâneas, como mínimo ou nenhuma escavação da superfície e mínima interferência no tráfego, no comércio e em outras atividades locais (DEZOTTI, 2008) [1].

Para determinar a melhor técnica – tradicional ou não destrutivo – a ser executada, deve-se observar algumas características de projeto, como o comprimento da rede, tipo de solo a ser escavado, prazo de execução, interferências, custos, precisão requerida, dentre outros. Desse modo, a construção de um duto com o melhor custo-benefício requer uma compreensão clara do seu projeto e de todos os fatores associados à suas condições específicas.

A aplicabilidade do método não destrutivo é destinada à execução de serviços em tubulações de polietileno e aço para trabalhos de vários tipos de serviços, tais como transmissão e distribuição de energia elétrica; telecomunicações; transmissão e distribuição de televisão, via cabo; distribuição de derivados de petróleo e gás; travessia de avenidas, rodovias, rios e ferrovias; sistemas de drenagem de subsolo; instalações industriais; substituição de tubulações, entre outros serviços (MASSARA, 2007) [2].

Ainda de acordo com Massara (2007) [2], 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.

Desse modo, o presente artigo se propôs a fazer um comparativo, por meio de revisão de literatura baseado em estudos realizados, entre o método tradicional de abertura de vala e o método não destrutivo, especificamente o de perfuração direcional horizontal (HDD), analisando os aspectos de custos diretos, como mão de obra e tecnologia envolvida e também seus impactos ambientais e sociais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Métodos Não Destrutivos

De acordo com Sanz (2017) [3], os Métodos Não Destrutivos (MND) podem ser divididos em três grupos: a) reparo e reforma; b) substituição por ruptura *in loco* pelo mesmo caminhamento e c) instalação de novas redes. Dentro da primeira classe, estão compreendidos o método de revestimento por inserção de novo tubo (*Sliplining*); revestimento por inserção apertada de tubulação deformada (*Close-fit lining*); revestimento por aspersão (*Spray lining*); revestimento por inserção com cura *in loco* (CIPP - *Cured-in-place pipe*); reparos e vedações localizados e recuperação de tubos de grande diâmetro e de poços de visita. A categoria de substituição por ruptura *in loco* pelo mesmo caminhamento (*On-line Replacement*) é composta apenas por esse método e refere-se à substituição de uma rede por outra com diâmetro igual ou maior. Por último, a terceira categoria compreende os seguintes métodos: perfuração por percussão e cravação; perfuração direcional (HDD) ou guiada unidirecional e cravação de tubos (*Pipejacking*) e micro-túneis.

Ainda de acordo com Sanz (2017) [3], no Brasil e especificamente no Estado do Rio Grande do Norte, o método mais utilizado para implantação de novos dutos é o de perfuração direcional horizontal (HDD), e por isso será abordado com mais detalhes no presente trabalho.

2.1.1 Perfuração direcional horizontal

O método de perfuração direcional horizontal (*Horizontal Directional Drilling – HDD*) é realizado através de duas etapas. Primeiramente, com uma máquina de perfuração se executa 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) [1]. No entanto, em algumas condições adversas de solo, a etapa do alargamento pode ser subdividida em diversas outras, aumentando o diâmetro do furo gradativamente.

As máquinas de perfuração direcional podem ser de lançamento na superfície ou de lançamento em poço. As primeiras, embora não exijam poço de entrada, ainda necessitam de escavações para a execução das conexões em cada extremidade. Já as de lançamento em poço solicitam uma escavação nas extremidades, mas operaram satisfatoriamente em espaços confinados. Estas são geralmente utilizadas em perfurações praticamente retas, mas apresentam maiores limitações para contornar obstáculos (ABRATT, 2014) [4]. Ademais, o método tem a capacidade especial de rastrear a cabeça de corte e guiá-la durante o processo de perfuração, permitindo contornar obstáculos, passar sob rodovias, rios e ferrovias (ABRATT, 2014) [4].

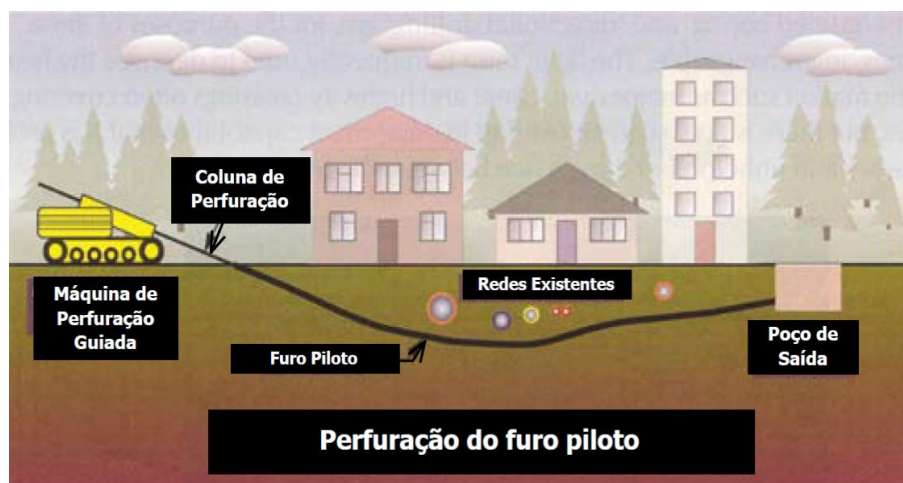


Figura 1: Primeira etapa na implantação de rede pelo método HDD (ABRATT, 2014).

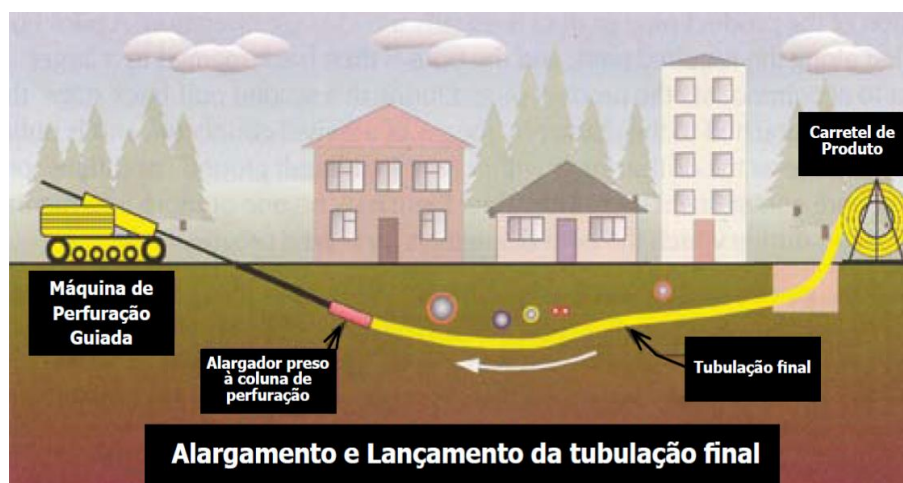


Figura 2: Segunda etapa na implantação de rede pelo método HDD (ABRATT, 2014).

O procedimento de perfuração necessita de um conjunto de fluidos viscosificantes que tem o objetivo de lubrificar e estabilizar as paredes do furo, de acordo com o relato abaixo:

Uma mistura de bentonita e água é o tipo mais comum de fluido ou “lama” de perfuração. A bentonita é um tipo de argila com propriedades tixotrópica, o que significa que permanece fluida enquanto estiver sendo bombeada ou agitada, mas forma um gel se for deixada em repouso. Se for agitada novamente, volta a ser um fluido. Esse material atua, portanto, como um lubrificante e transportador durante a execução da perfuração, e se solidifica para estabilizar o furo quando a perfuração para. Durante o alargamento, a lama ajuda a garantir a lubrificação entre a tubulação final e as paredes do furo, e reduz a regressão e o atrito com o solo (ABRATT, 2014) [4].

É importante salientar que o fluido de perfuração deve cumprir seu papel sem causar prejuízos ao solo. Segundo Thomas et al. (2001) [5], um fluido de perfuração deve ser estável quimicamente, facilitar a separação dos cascalhos na superfície, ser inerte (não reagir) com as rochas produtoras, ser capaz de aceitar tratamento físico e/ou químico, ser passível de bombeamento, e ainda deve apresentar baixo grau de corrosão e abrasão (esfoliamento) em relação à coluna de perfuração e a outros equipamentos da coluna de perfuração, além de não ser agressivo ao meio ambiente.

Alguns sistemas são projetados para executar a instalação sem o uso de fluido de perfuração, denominada operação a seco. Embora sejam mais simples de operar e criem menos sujeira, podem ter restrições quanto ao tamanho das máquinas e as condições de solo.

A tubulação final é, na maioria das vezes, de polietileno de alta densidade (PEAD) ou aço, uma vez que o método necessita de um tubo suficientemente flexível e ao mesmo tempo resistente, capaz de suportar as cargas e tensões que surgem durante a instalação e operação. É importante ainda ressaltar que para a escolha de qual o melhor material a ser utilizado no duto, não se faz necessário considerar as propriedades térmicas do solo.

2.2 Método de Abertura de Vala

O método de abertura de vala (MAV) também pode ser chamado de método tradicional ou corte e aterro, em decorrência da sequência construtiva. A execução desse método se resume à escavação de uma trincheira no terreno, implantação do duto e reaterro com compactação da vala. 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.

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) [1].

2.3 Custos em obras de duto enterrado

Os custos envolvidos em uma obra de duto enterrado requerem uma compreensão consciente de todos os fatores associados à sua execução. De acordo com Sanz (2017) [3], o projetista deve considerar todas as categorias de custo no orçamento, as quais incluem custos de planejamento e engenharia (também denominados custos de pré-construção), 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, tais como custos de mão de obra, equipamentos e materiais. Já os custos indiretos englobam os custos auxiliares à execução da obra. São exemplos destes últimos os custos com administração e custos gerais de serviço, como taxas, mobilização de equipamentos, controle de tráfego, seguro, utilidades temporárias, dentre outros (DEZOTTI, 2008) [1].

Os custos sociais, ainda dentro da categoria de custos de construção, vêm ganhando mais importância à medida que a população almeja uma melhor qualidade de vida, aliado à conscientização pública e a necessidade de conservar e proteger o meio ambiente. De acordo com Dezotti (2008) [1], os custos sociais incluem o dano à rodovia e pavimento (redução da vida útil); danos a infraestruturas adjacentes; ruído e vibração; poluição do ar; perturbação do tráfego veicular; segurança dos pedestres; perda comercial; danos às estradas utilizadas como desvio; insatisfação de cidadãos e impactos ambientais.

Segundo Gangavarapu (2003) [6], construções realizadas em áreas comerciais estão associadas a perdas nas vendas do comércio. As pessoas tendem a evitar áreas de comércio quando estas estão em obras, utilizando métodos convencionais de aberturas de valas, o que pode resultar em uma redução das vendas ou até mesmo o fechamento de lojas e outros comércios durante o período da construção.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1 Metodologia

O presente trabalho caracterizou-se como uma revisão de literatura, bem como uma análise comparativa entre os resultados obtidos a partir de obras já realizadas, através do método não destrutivo de perfuração direcional e o método tradicional de abertura de valas, para a implantação de redes de gás e redes de 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.

Posterior a isso, foi realizada uma análise comparativa, com foco maior entre dois artigos de maior relevância sobre o tema, que utilizaram estudos de caso para obtenção dos resultados. Também foram citados outros trabalhos para agregar valor à discussão e aumentar o nível de conhecimento a respeito do assunto abordado. No Quadro 1 estão dispostos os títulos e os autores dos artigos que foram escolhidos para compor a análise deste trabalho.

Quadro 1. Títulos e autores dos artigos selecionados como análise do estudo.

Nº ARTIGO	TÍTULO	AUTORES
01	COMPARATIVO DE CUSTOS DIRETOS ENTRE PERFURAÇÃO DIRECIONAL HORIZONTAL E ABERTURA DE VALA PARA INSTALAÇÃO DE DUTOS	SANZ, M. A. (2017) [3]
02	COMPARATIVO ENTRE PERFURAÇÃO DIRECIONAL HORIZONTAL (MND) X MÉTODO DESTRUTIVO (VALA), PARA IMPLANTAÇÃO DE REDE DE GÁS NATURAL URBANA. ESTUDO DE CASO.	CORAL, D. B; STEINER, L. R. (2015) [7]

Fonte: Autoria própria.

O primeiro artigo analisado, de título “Comparativo de custos diretos entre perfuração direcional horizontal e abertura de vala para instalação de dutos”, tem como responsável o graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Milagros Alvarez Sanz. Neste trabalho, como o título sugere, o autor optou por realizar um comparativo dos custos diretos de construção para verificar se o MAV apresenta vantagens econômicas em relação ao HDD.

Para realizar a análise, foi feito um levantamento de 12 obras localizadas no estado brasileiro do Rio Grande do Norte, que foram construídas através da técnica de perfuração direcional horizontal (HDD), como pode ser observado na Tabela 1.

Em seguida, os mesmos trechos executados por furo direcional foram dimensionados considerando-se o MAV, utilizando-se as mesmas características de instalação como diâmetro, extensão, profundidade e finalidade. Daí,

realizou-se uma comparação de custos entre as técnicas, para condições similares, em cada caso estudado (SANZ, 2017) [3].

Para a obtenção dos custos das redes por abertura de vala e reaterro, foram considerados os serviços principais em termos de custo para o MAV, quais sejam, demolição do pavimento, escavação mecanizada de vala, escoramento de valas, reaterro mecanizado, regularização e compactação de subleito e reconstrução do pavimento. Além disso, o tipo de escoramento escolhido foi o de blindagem pesada, ou popularmente denominado escoramento tipo gaiola, por ser amplamente utilizado na prática local (SANZ, 2017) [3].

Tabela 1. Características das obras avaliadas na pesquisa de Sanz (2017).

OBRA	LOCAL	TIPO DE TUBO	DIÂMETRO EXTERNO (mm)	EXTENSÃO (m)	PROFUNDIDADE ATÉ A BASE (m)	FINALIDADE
1	Currais Novos	Aço	600	26	2,5 a 2,8	Adutora
2	Pipa	PEAD	400	120	2,8 a 8	Adutora
3	Natal	PEAD	315	683	1,8 a 3	Adutora
4	BR-110	Aço	300	24	2,8	Adutora
5	Natal	Aço	300	24	3 a 5	Adutora
6	Natal	PEAD	630	18	2,8	Adutora
7	Natal	PEAD	315 e 400	371	1,5	Saneamento
8	Natal	PEAD	200	24	3,8	Saneamento
9	Natal	PEAD	400	100	5	Saneamento
10	Natal	PEAD	150	206	3,8	Saneamento
11	Natal	PEAD	150	120	2,8 a 3	Saneamento
12	Natal	PEAD	200	120	4,8 a 5	Saneamento

Fonte: Adaptada pela autora de Sanz (2017) [3].

Ainda de acordo com Sanz (2017) [3], foram consultadas as normas *NBR 12266 – Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana* e *NBR 9814 – Execução de rede de coleta de esgoto sanitário* para, de acordo com os diâmetros das tubulações, determinar a dimensão das valas. Após isso, consultou-se as tabelas de preço da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte – CAERN e do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI, referentes ao mês de agosto e setembro de 2017, respectivamente, para identificar os valores vigentes dos serviços e insumos avaliados.

O segundo artigo analisado, de título “Comparativo entre Perfuração Direcional Horizontal (MND) X Método Destrutivo (Vala), para implantação de rede de Gás Natural Urbana. Estudo de caso.” foi desenvolvido por Danielle de Bona Coral e Luiz Renato Steiner com a finalidade de obtenção de título de Engenheiro Civil pela Universidade do Extremo Sul Catarinense.

Diferente do primeiro artigo citado, que levava em consideração apenas os custos diretos para a análise, o segundo artigo analisa não só a viabilidade econômica, como também os impactos sociais envolvidos em ambos os métodos, enfatizando principalmente as consequências sob o tráfego.

Por conseguinte, foi acompanhado uma obra para implantação de rede de gás natural, e posteriormente, proposto que o mesmo trecho executado por furo direcional fosse executado hipoteticamente por vala, utilizando ambos a mesma tubulação de polietileno (PEAD) e empregando todas as mesmas características de instalação. A SCGAS – COMPANHIA DE GÁS DE SANTA CATARINA foi a responsável pela instalação e distribuição de gás natural no estado, com a execução da obra efetuada pela prestadora de serviço citada pelos autores. Portanto, os custos diretos para ambos os métodos foram calculados a partir da tabela de preços das empresas (CORAL; STEINER, 2015) [7].

A tubulação utilizada em ambos os métodos foi de PEAD com diâmetro de 125 mm, e possui extensão de 206,00 m. O trajeto foi localizado à 30 cm da calçada, durante toda extensão, e a profundidade da tubulação variou de 1,51 m a 3,04 m abaixo da superfície (CORAL; STEINER, 2015) [7].

Para a implantação da rede pelo método não destrutivo de perfuração horizontal, foi necessário executar dois diferentes furos para implantar a rede. O primeiro furo teve início na estaca 0+0,00 e fim na estaca 5+0,00, totalizando 100 m de rede. O segundo furo teve início na estaca 5+0,00 e fim na estaca 10+6,00, totalizando 106 m de rede. O alargador do furo, utilizado na execução foi de 8” de diâmetro, e o processo se faz no sentido inverso a perfuração, ao passo que a tubulação a ser implantada é puxada (CORAL; STEINER, 2015) [7].

Ainda de acordo com o procedimento realizado por Coral e Steiner (2015) [6], depois da execução dos furos, instalação e soldagem da tubulação nos pontos de trincheira, é feito a recomposição dos poços de entrada e saída da rede. Primeiramente é feita a recomposição dos poços com solo compactado até próximo a superfície, em seguida a cavidade é completada com paralelepípedos até ao nível de pavimentação, permitindo o tráfego até mesmo antes da restauração completa do pavimento com o revestimento existente na via. Após finalização da rede, é necessário a instalação de dispositivos de sinalização, que é feito a cada 30 m ao longo de toda via, por meio da

fixação de tachões de sinalização contendo informações da concessionária. O tempo total para a execução foi de dois dias consecutivos.

Já para implantar a rede pelo método destrutivo, foi aberto uma vala ao longo de toda a extensão da rede, começando na estaca 0+0,00 e fim na estaca 10+6,00, totalizando 206,00 m. A vala terá 0,50 m de largura em toda sua extensão e profundidade de 1,50 m, definido pela fiscalização e pelos órgãos envolvidos. Os tubos são perfilados ao longo da via, onde é feita a soldagem e em seguida o abaixamento de toda a tubulação dentro da vala, a mesma ficará sobre um berço de areia de 0,10 m (CORAL; STEINER, 2015) [7].

Assim como no método de HDD, no método de vala aberta também é necessário sinalizar o trecho de forma adequada, para evitar posteriores acidentes. Portanto, durante o reaterro da vala, é inserido em todo o trecho uma tela de segurança com fita de aviso e placas de concreto com a finalidade de proteção e alerta sobre a existência de rede de gás natural. Para finalizar, faz-se a recomposição total da vala e a reconstrução do revestimento de acordo com o pavimento existente. Coral e Steiner (2015) [7] ainda informam que o tempo previsto de execução da obra pelo método destrutivo é de quatro dias consecutivos, em condições climáticas favoráveis.

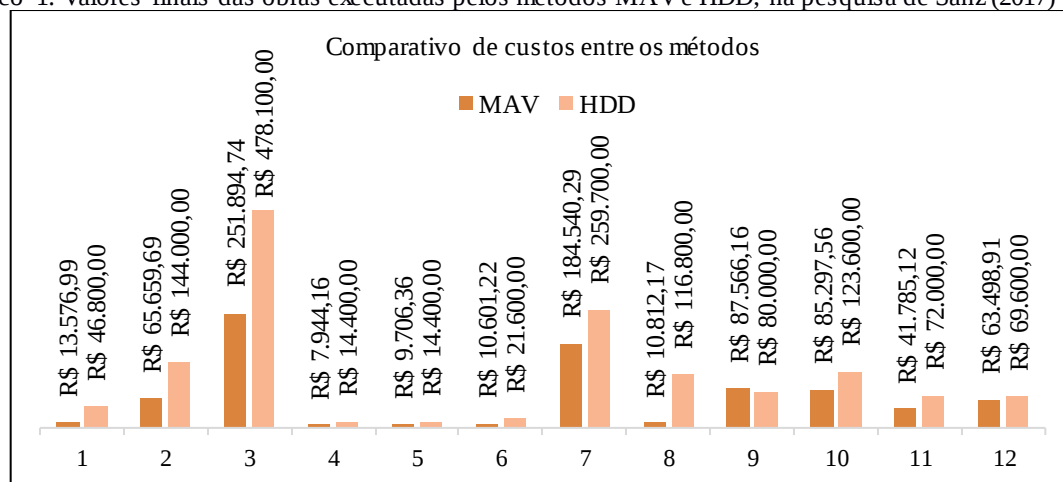
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Gráfico 1 apresenta um resumo dos custos totais de construção, tanto pelo MAV quanto por HDD, para as 12 obras analisadas pelo artigo nº 1.

Nos custos das obras executadas por HDD estão englobados os tubos, serviços de recebimento, inspeção e armazenamento do PEAD, os serviços de soldagem da coluna, a execução do furo e alargamento com puxamento simultâneo da tubulação. O valor do serviço da perfuração é medido por metro linear, sendo seu custo dependente da profundidade da instalação e do tipo de solo. Sendo assim, quanto mais profunda e difícil a escavação, mais caro será o metro linear.

Já nos valores para a técnica MAV, estão englobados os serviços principais desse método, como demolição da pavimentação asfáltica, escavação mecanizada, escoramento de valas, reaterro mecanizado e manual, regularização e compactação do subleito, construção do pavimento com aplicação de CBUQ e o valor da tubulação. As composições de custos realizadas para as obras apresentam os mesmos itens, variando apenas a profundidade e largura da vala escavada, tipo da tubulação utilizada, atreladas a variações de preço unitário de serviços específicos também discriminados nas tabelas do SINAPI e da CAERN.

Gráfico 1. Valores finais das obras executadas pelos métodos MAV e HDD, na pesquisa de Sanz (2017) [3].



Fonte: Adaptado pela autora de Sanz (2017) [3].

Ao realizar uma análise comparativa de custos diretos de construção entre os métodos, pode-se observar que de uma forma geral, os custos supondo as obras executadas por furo direcional são superiores ao custo para execução por abertura de vala. No entanto, apenas para a nona obra o HDD se mostrou 9% mais barato que o MAV. Para as demais obras analisadas, o MAV é no geral 41% mais econômico que o HDD. Analisando-se as obras separadamente, as diferenças de preço entre os métodos variam até 71%, no caso da obra 1, sendo o MAV mais vantajoso economicamente (SANZ, 2017) [3].

Através dos dados obtidos a partir das obras executadas pelo MAV, Sanz (2017) [3] identificou que, analisando-se apenas o custo da implantação da rede, desconsiderando-se o valor da tubulação, a recuperação da pavimentação chega a representar 23% do valor dos serviços. No entanto, o serviço que apresentou maior influência sobre o custo total foi o escoramento de vala, chegando a representar 61% do custo total em uma das obras analisadas. Além disso, em todas as obras o escoramento de valas foi a atividade com maior custo. Portanto, através dessas informações, pode-se concluir que os MND podem se tornar mais vantajosos em situações em que há necessidade de se executarem longos trechos.

Apesar do HDD ter apresentado valores de custo direto maiores que o MAV para a maioria dos casos, este pode ser considerado mais vantajoso em detrimento do MAV, se avaliado os impactos ambientais reduzidos, tais como a pouca interferência nas atividades adjacentes à obra e a preservação da integridade do pavimento e das outras estruturas subterrâneas já instaladas (ATALAH et al., 2009) [8].

Foi por motivos de exigências construtivas e pelos impactos ambientais citados anteriormente que, de acordo com Sanz (2017) [3], as obras foram executadas por furo direcional, apesar do método de abertura de valas ser mais barato para a maioria dos casos. As obras não possuíam características que permitissem ser executadas pelo método destrutivo, seja por serem localizadas em rodovias federais, áreas de proteção ambiental ou por possuírem a necessidade de desviar de obstáculos, como trilhos ferroviários.

A fim de também comparar os custos gerados por cada um dos métodos para uma mesma obra, são apresentadas as tabelas orçamentárias (Tabelas 2 e 3), apresentadas pelo artigo nº 2, com a descrição dos valores para a execução de cada serviço.

Primeiramente, foi analisado o serviço da execução do furo feito pelo método HDD, que é medido por metro linear e seu custo total foi de R\$38.571,44. Neste item, estão inclusas as tubulações, serviços de recebimento, inspeção e armazenamento do PEAD, a soldagem completa da coluna, o teste pneumático para verificar vazamentos, a execução do furo, alargamento com puxamento simultâneo da tubulação e inertização da rede. Além disso, também consta neste serviço a entrega final e aprovação da rede pela fiscalização do *As Built* e entrega de do *Data Book* (CORAL; STEINER, 2015) [7].

Tabela 2. Custos dos serviços de instalação de rede pelo método não destrutivo, na pesquisa de Coral e Steiner (2015) [7].

Item	Serviços	Unid.	Valor unitário (R\$)	Qntd.	Total (R\$)
1	Furo direcional – 125 mm	m	187,24	206,00	38.571,44
2	Fornecimento de material	m	60,35	9,02	544,36
3	Asfalto (CBUQ) e=5 cm	m²	49,20	9,02	443,78
4	Tachão de sinalização	un	42,54	7,00	297,78
Total					39.857,36

Fonte: Adaptada pela autora de Coral e Steiner (2015) [7].

O serviço de fornecimento de material utilizado na recomposição dos poços de entrada e saída é medido por metro quadrado e seu custo foi de R\$544,36, o que engloba a compactação e aplicação de paralelepípedo por exigência da fiscalização. A recomposição definitiva dos poços com asfalto é medida por metro quadrado e seu custo foi de R\$443,78. Neste item estão inclusos pintura de ligação e a colocação da capa asfáltica, devendo obedecer aos requisitos das normas para recuperação de pavimentos e aval dos órgãos público. Por último, são fixadas as sinalizações de advertência com a implantação de tachões ao longo da rede, mensurado pelo valor unitário de cada tachão, com custo de R\$297,78. Portanto, o custo total da obra foi de R\$39.857,36 (CORAL; STEINER, 2015) [7].

Para a execução do serviço pelo MAV, o item de assentamento de tubulação também é medido por metro linear, e neste custo estão inclusos o recebimento, inspeção e armazenamento dos tubos, abertura e preparo da vala, solda completa da tubulação, abaixamento e cobertura da vala, toda a mão de obra, teste pneumático, limpeza e inertização da linha. Inclui também a entrega final e aprovação da rede pela fiscalização do *As Built* e entrega do *Data Book*, com custo total de R\$21.934,88 (CORAL; STEINER, 2015) [7].

Tabela 3. Custos dos serviços de instalação de rede pelo método destrutivo na pesquisa de Coral e Steiner (2015) [7].

Item	Serviços	Unid.	Valor unitário (R\$)	Qntd.	Total (R\$)
1	Assentamento de tubulação – 125 mm	m	106,48	206,00	21.934,88
2	Reaterro de vala com areia	m³	42,50	10,30	437,75
3	Fornecimento de material	m²	60,35	103,00	6.216,05
4	Asfalto (CBUQ) e=5 cm	m²	49,20	103,00	5.067,60
5	Placa de concreto	un	8,02	207,00	1.660,14
6	Tachão de sinalização	un	42,54	7,00	297,78
Total					35.614,20

Fonte: Adaptada pela autora de Coral e Steiner (2015) [7].

O reaterro de 10 cm de berço com areia ao longo da vala é medido por metro cúbico, sendo seu custo total de R\$437,75. O fornecimento de material utilizado na recomposição da vala é medido por metro quadrado e seu custo foi de R\$6.216,05, incluindo a compactação e aplicação de paralelepípedo por exigência da fiscalização (CORAL; STEINER, 2015) [6].

Os serviços de recomposição do asfalto no trecho em vala a céu aberto, medido por metro quadrado e seu custo foi de R\$5.067,60. Neste item, estão inclusos a pintura de ligação e a colocação da capa asfáltica. Antes da recomposição definitiva e depois que a tubulação está enterrada, é colocado no interior da vala placas de concreto de proteção contra escavações não programadas, sendo medido por unidade seu custo foi de R\$1.660,14 (CORAL; STEINER, 2015) [7].

Após o término dos serviços e a recuperação do pavimento e de mais intervenções são fixadas as sinalizações de advertência com a implantação de tachões, estes materiais são apropriados em unidades tendo um custo para este serviço de R\$297,78. Assim, os serviços de execução da rede de gás natural pelo método destrutivo, vala a céu aberto, foi de R\$35.614,20 (CORAL; STEINER, 2015) [7].

Fazendo uma análise comparativa com base nos dados apresentados pelo artigo nº 2, pode-se observar que o método destrutivo, para essa obra, é 10,64% mais barato que o método não destrutivo. Considerando-se apenas o custo da implantação da rede, sem os serviços de recuperação do pavimento e recomposição de cavas, o custo de implantação por metro linear de MND é 43,13% maior. Entretanto, levando em consideração os serviços de recuperação e sinalização, para o MND os custos se mostraram 90,60% menor, em comparação ao método tradicional por vala. Esses dados reforçam o que foi apresentado no artigo nº 1, que para serviços extensos, o MND pode se mostrar mais favorável.

Ainda de acordo com Coral e Steiner (2015) [7], o método não destrutivo se mostrou mais viável em relação aos impactos sociais envolvidos. Na análise realizada pelos respectivos autores, o método destrutivo necessita do dobro do tempo para executar o projeto, além de precisar um isolamento da área onde ocorre o serviço, causando grande impacto no fluxo de veículos e consequentemente no cotidiano das pessoas. Já no caso do método HDD, não é necessário o isolamento de uma grande área para que ocorra o serviço, promovendo somente uma redução da velocidade.

Reforçando os resultados obtidos por Coral e Steiner (2015) [7], Dezotti (2008) [1], em sua pesquisa sobre custos diretos e sociais associados para os dois métodos abordados, identificou que o custo total de uma construção utilizando o método com abertura de vala foi de 127,14% maior do que quando utilizando o método não destrutivo, para o mesmo tipo de serviço. Esse resultado foi principalmente justificado pelo alto custo social, que para o MAV correspondeu 201,83% do custo total da construção, enquanto para o HDD correspondeu 27,55%.

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 se utiliza métodos tradicionais de abertura de vala. Estes congestionamentos contribuem significativamente para o aumento da poluição do ar, pois, segundo Azuaga (2000) [9], os veículos são os principais responsáveis pela poluição atmosférica. Desta forma, os métodos construtivos tradicionais são muito mais danosos ao meio ambiente, pois além de provocarem congestionamentos, utilizam maquinários pesados, que contribuem para a poluição atmosférica e sonora.

Além da emissão de gases, Dezotti (2008) [1] 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) [10].

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 et al., 2002) [11].

Ainda é necessário ressaltar que a construção de infraestruturas subterrâneas pode causar alterações na estrutura física do solo, que pode ocasionar deslocamento e descarregamentos desiguais em estruturas vizinhas. Muitos destes problemas são gerados devido a atividades como excesso de escavação e uso de técnicas impróprias em estruturas de escoramento e suporte, sendo a maioria destes problemas, associados às construções utilizando abertura de valas (NAJAFI, 2004) [12].

Portanto, fazendo uma análise interpretativa das informações apresentadas, observa-se que o custo social se faz alto na execução pelo método destrutivo, pois gera uma maior interferência no trânsito local, mais barulho e vibrações, gerando insatisfação dos usuários, impactos ambientais, danos a estruturas adjacentes entre outros. Já o método não destrutivo terá pouca influência no trânsito, causando pouco ou quase nada de problemas relacionados ao tráfego.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos por ambos os artigos analisados, concluiu-se que os métodos não destrutivos são, na maior parte dos casos, mais onerosos, se for levado em consideração apenas os custos diretos. Já em relação

aos custos sociais, é consenso através dos resultados analisados que o método com abertura de vala causa um impacto significativamente maior em comparação aos métodos não destrutivos.

Essa conclusão sobre os custos diretos fica evidente através dos resultados dos dois artigos analisados, onde para o artigo nº 1, apenas para a nona obra o HDD se mostrou 9% mais barato que o MAV, e para as demais obras analisadas o MAV se mostrou 41% mais econômico que o HDD. Para o artigo nº 2, pode-se observar que o método destrutivo para a obra analisada se tornou 10,64% mais barato em comparação ao método não destrutivo.

A principal justificativa para uso de métodos não destrutivos é que as obras de instalação, manutenção e substituição de tubulações, em áreas urbanas, utilizando-se desses métodos, provocam poucas alterações ambientais e no tráfego de veículo, o que gera custos sociais consideravelmente menores, comparados aos métodos com abertura de vala. Por esse motivo, obras empregando os métodos tradicionais, apesar de apresentarem um custo direto menor, podem se tornar inviáveis devido aos altos custos sociais.

O fator tempo também é importante na decisão de qual método utilizar, já que os MND exigem menor tempo de execução e necessitam de um número menor de empregados, entretanto que sejam qualificados. A técnica dispensa escoramentos e minimiza bastante a recomposição do pavimento. A geração de resíduos também é significativamente menor, restando apenas a lama de perfuração, que deve ser recolhida e enviada para a devida destinação em bota-foras.

Apesar dos métodos não destrutivos serem algo relativamente recente, os custos de execução têm caído com o aumento da concorrência e disseminação da técnica, tornando-a cada vez mais atrativa. É importante lembrar que cada projeto de construção é único e o custo de cada projeto depende das condições específicas do local.

Por fim, foi possível notar a importância da consideração de todos os custos na etapa do orçamento de um projeto, uma vez que, quando os custos sociais são desconsiderados pelo projetista, não deixam de existir e suas consequências recaem sobre os cidadãos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] DEZOTTI, M. C. Análise da utilização de métodos não destrutivos como alternativa para redução dos custos sociais gerados pela instalação, manutenção e substituição de infraestruturas urbanas subterrâneas. 2008. 231 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil: Transportes) - Escola De Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- [2] 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.
- [3] SANZ, M. A. Comparativo de custos diretos entre perfuração direcional horizontal e abertura de vala para instalação de dutos. 2017. 22 p. Trabalho de conclusão de curso. Universidade federal do rio Grande do Norte, Natal.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA NÃO DESTRUTIVA - ABRATT. Disponível em: <<https://goo.gl/iFvbgY>>. Acesso em 19 de mar. 2020.
- [5] THOMAS, J. et al. Fundamentos de Engenharia de Petróleo. 1 ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência Ltda, 2001.
- [6] GANGAVARAPU, B. S. Analysis and comparison of traffic disruption using open cut and trenchless methods of pipe installation. 2003. 108 p. Master's Thesis – Department of Construction Management, Michigan State University.
- [7] 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. Trabalho de conclusão de curso. Universidade do Extremo Sul Catarinense, Santa Catarina. Disponível em: <<https://goo.gl/1vGuxv>>. Acesso em 10 de mar. 2020.
- [8] ATALAH, A. Cost Comparison between Horizontal Directional Drilling and Open-Cut Construction Methods in Nairobi, Kenya. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/269150296_Cost_Comparison_between_Horizontal_Directional_Drilling_and_Open-Cut_Construction_Methods_in_Nairobi_Kenya>. Acesso em 21 de mar. 2020.
- [9] 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.
- [10] RIGHI, R.; MAGALHÃES, A. Recuperação e implantação de redes subterrâneas pelo Método Não Destrutivo – Perfuração Horizontal Direcional. 2015. Monografia de Especialização. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1843/BUBD-A2SGR8>>. Acesso em 12 de maio 2020.
- [11] TIGHE, S. et al., User cost savings in eliminating pavement excavations through employing trenchless Technologies. Canadian Journal of Civil Engineering. 2002. Vol 29, p. 751-761. Canadian Journal of Civil Engineering.
- [12] NAJAFI, M. Trenchless Technology: Pipeline and Utility Design, Construction, and Renewal. 1.ed. New York: McGraw-Hill Professional, 2004, 489 p.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA
Centro de Ciências Exatas e Naturais – CCEN

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Às quatorze horas (14 horas) do dia quatro de dezembro de dois mil e vinte, na Webconferência pelo Google Meet (meet.google.com/mkb-awhh-cuv), sob a presidência da Profa. Dra. Daniela da Costa Leite Coelho, reuniu-se a Banca Examinadora de defesa de Trabalho de Conclusão de Curso de autoria da aluna **HANNA STEFANNY ALVES DE PAIVA**, aluna do curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia desta universidade, N° de matrícula **2017010886**, com o título **“COMPARATIVO ENTRE OS MÉTODOS DE PERFURAÇÃO DIRECIONAL HORIZONTAL E ABERTURA DE VALAS PARA INSTALAÇÃO DE REDES SUBTERRÂNEAS”**. A Banca Examinadora ficou assim constituída por três membros: Profa. Dra. DANIELA DA COSTA LEITE COELHO, presidente da banca e orientadora do Trabalho de Conclusão de Curso; Profa. MARIA CRISTINA CAVALCANTE BELO e Prof. THAYNON BRENDON PINTO NORONHA, como membros. Após declarada aberta a sessão, a Senhora Presidente passou a palavra à discente para a exposição. Concluída a defesa, foram realizadas as arguições e as sugestões, e procedeu-se o julgamento pelos membros da banca examinadora, tendo a aluna obtido as seguintes notas: **10,0; 10,0; 10,0**. Apuradas as notas verificou-se que a aluna foi **APROVADA** com média geral **10,0**. E para constar, eu, DANIELA DA COSTA LEITE COELHO, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada pelos membros da banca examinadora, foi assinada por todos.

Mossoró, 04 de dezembro de 2020.

Assinatura dos membros da Banca Examinadora.

Daniela da Costa Leite Coelho

Profa. DRA. DANIELA DA COSTA LEITE COELHO – UFERSA/Mossoró-RN
Presidente e orientador

Maria Cristina C. Belo

Profa. MARIA CRISTINA CAVALCANTE BELO – UFERSA/Angicos-RN
Primeiro Membro

Thaynon Brendon Pinto Noronha

Prof. THAYNON BRENDON PINTO NORONHA – CDSL/Mossoró-RN
Segundo Membro