

ANÁLISE DO MÉTODO NÃO DESTRUTIVO (MND) APLICÁVEL AO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

ANALYSIS OF THE NON-DESTRUCTIVE METHOD (NDM) APPLICABLE TO THE SANITARY SEWAGE SYSTEM

Múcio José Teixeira de Luna Júnior

mjtjlj@discente.ifpe.edu.br

Ronaldo Faustino da Silva

ronaldofaustino@recife.ifpe.edu.br

RESUMO

O objetivo do trabalho foi analisar a potencialidade do Método Não Destrutivo (MND) aplicável ao Sistema de Esgotamento Sanitário (SES), o qual consiste na coleta, transporte e tratamento do esgoto sanitário. O transporte é realizado por meio das tubulações da rede coletora, linhas de recalque e emissários, que tradicionalmente utilizam o método construtivo vala a céu aberto (VCA). Esse método demanda um tempo de implantação considerável e grande movimentação de terra, gerando impactos socioambientais e, em alguns casos, inviabilizando a execução das obras. Com o desenvolvimento de novos métodos construtivos, destaca-se o Método Não Destrutivo (MND), que considera a mínima abertura de valas, sendo indicado para obras de implantação, manutenção e recuperação de tubulações subterrâneas, proporcionando menor dano ambiental e redução dos custos sociais, além de representar economia no custo de execução. O presente artigo analisa o Método Não Destrutivo (MND) em obras de saneamento, com o objetivo de avaliar a viabilidade econômica desses métodos, apresentar seus princípios e características e comparar os resultados obtidos em termos de eficiência e custo-benefício. A pesquisa foi realizada através dos dados coletados durante toda a execução da obra de implantação de coletora no bairro de Boa Viagem, Recife-PE e levantadas informações em campo, por meio de anotações e elaboração de relatório sobre a implementação do método. O trabalho avalia a aplicação do Método Não Destrutivo (MND) na implantação de redes de esgotamento sanitário em Recife-PE, a partir do acompanhamento de obra executada por perfuração direcional. São analisados os principais aspectos técnicos do método e realizada uma comparação com o sistema convencional, considerando produtividade, execução e custos. Os resultados indicam que, para profundidades superiores a 4 m, o MND apresenta maior viabilidade econômica, com redução significativa de escavações, menor

necessidade de escoramentos e produtividade até cinco vezes superior, resultando em custo total cerca de 9% inferior ao método tradicional. O MND apresenta elevado potencial de aplicação em áreas urbanas, destacando vantagens econômicas, ambientais e sociais.

Palavras-chave: Saneamento. Vala a céu aberto. Método não destrutivo.

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the potential of the Non-Destructive Method (NDM) applied to Sanitary Sewer Systems (SSS), which comprise the collection, conveyance, and treatment of sanitary wastewater. Conveyance is typically carried out through collector networks, force mains, and outfalls, which traditionally rely on the open-cut trenching method. This conventional approach requires considerable implementation time and extensive earthworks, resulting in socio-environmental impacts and, in some cases, making construction unfeasible. With the development of new construction techniques, the Non-Destructive Method (NDM) has emerged as an alternative that minimizes trench excavation and is suitable for the installation, maintenance, and rehabilitation of underground pipelines, providing reduced environmental impact and lower social costs, in addition to execution cost savings. This article analyzes the application of NDM in sanitation works in order to evaluate its economic feasibility, present its principles and characteristics, and compare its performance in terms of efficiency and cost-effectiveness. The research was conducted using data collected throughout the execution of a sewer collector installation project in the Boa Viagem district, Recife, Brazil, based on field observations, technical records, and the preparation of an implementation report. The study evaluates the application of NDM in the installation of sanitary sewer networks in Recife through the monitoring of a project executed using horizontal directional drilling. The main technical aspects of the method were analyzed and compared with the conventional system in terms of productivity, execution, and costs. The results indicate that for depths greater than 4 m, NDM demonstrates higher economic feasibility, with a significant reduction in excavation volumes, reduced need for shoring, and productivity up to five times higher, resulting in a total cost approximately 9% lower than that of the traditional method. The Non-Destructive Method shows strong potential for application in urban areas, highlighting its economic, environmental, and social advantages.

Keywords: Sanitation. Open-cut trenching. Non-destructive method.

1 INTRODUÇÃO

O saneamento básico desempenha papel fundamental no alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente o ODS 6, que visa assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e do saneamento para todos. No Brasil, o novo Marco Legal do Saneamento Básico estabelece diretrizes para a universalização do abastecimento de água e esgotamento sanitário até 2033, promovendo eficiência, competitividade e sustentabilidade na prestação dos serviços. A convergência entre os ODS e o marco regulatório fortalece políticas públicas voltadas à redução das desigualdades sociais, à melhoria da saúde pública e à proteção ambiental, além de incentivar investimentos e inovação tecnológica no setor.

Uma forma eficaz de controlar os problemas decorrentes da falta de saneamento básico é através da implantação de sistemas de esgotamento sanitário, o sistema é subdividido em quatro, que consiste na coleta, transporte, tratamento e disposição final adequada de esgotos sanitários.

As tubulações, caracterizadas pelas redes coletoras, linhas de recalque e emissários são os responsáveis por receber e transportar o esgoto, no qual utilizam o método de vala a céu aberto (VCA) como o principal método construtivo em que exige uma demanda de tempo muito grande, que geram impactos socioambientais, transtornos de mobilidade, movimentação de solo, maior risco de acidentes e, muitas vezes, sua execução torna-se inviável devido a particularidades de execução de projetos e interferências.

Novos aspectos construtivos e tecnológicos vêm sendo desenvolvidos e empregados, destacando-se o método não destrutivo (MND). Este consiste no mínimo de abertura de valas, destinado a qualquer infraestrutura subterrânea e aplicado tanto para redes novas, quanto para reabilitação e renovação das tubulações. Também, o MND é utilizado como alternativa pela redução de danos ambientais, custos sociais e representa uma opção econômica para execução de obras com vala a céu aberto. Neste contexto, o trabalho tem como principal objetivo analisar a potencialidade do MND aplicável ao SES em comparativo com o método tradicional em VCA.

2 Sistema de Esgotamento Sanitário (SES)

A crescente demanda das comunidades por sistemas de esgotamento sanitário está associada à necessidade de proteção da saúde pública e do meio ambiente, exigindo o adequado planejamento das ações, a elaboração de projetos, a captação de recursos financeiros e a implantação das unidades de coleta, elevação, tratamento e disposição final dos esgotos sanitários (FUNASA, 2023; Tsutiya; Alem Sobrinho, 2021).

O sistema de esgotamento sanitário (SES) pode ser classificado em **dinâmico** ou **estático**, conforme diretrizes técnicas atuais de saneamento (FUNASA, 2023):

Esgotamento Sanitário Dinâmico: sistema responsável pelo transporte coletivo dos esgotos sanitários por meio de redes coletoras, interceptores e emissários,

conduzindo os efluentes até uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), sendo característico de áreas urbanas com maior densidade populacional;

Esgotamento Sanitário Estático: sistema individual ou descentralizado de tratamento de esgoto sanitário, projetado para assegurar a adequada disposição final dos dejetos, exigindo limpezas periódicas do lodo para manter a eficiência do tratamento. São exemplos desse sistema as fossas sépticas, filtros anaeróbios e sumidouros, comumente aplicados em áreas rurais ou locais sem atendimento por rede coletora. Tsutiya (2011) detalha os componentes de um sistema de esgoto sanitário dinâmico:

- Rede coletora: Conjunto de canalizações destinadas a receber e conduzir os esgotos dos edifícios; o sistema de esgotos predial se liga diretamente à rede coletora por uma tubulação chamada coletor predial. A rede coletora é composta de coletores secundários, que recebem diretamente as ligações prediais, e, coletor tronco. O coletor tronco é o coletor principal de uma bacia de drenagem, que recebe a contribuição dos coletores secundários, conduzindo seus efluentes a um interceptor ou emissário.

- Interceptor: Canalização que recebe coletores ao longo de seu comprimento não recebendo ligações prediais diretas;

- Emissário: Canalização destinada a conduzir os esgotos a um destino conveniente (estação de tratamento e/ou lançamento) sem receber contribuições em marcha;

- Sifão invertido: Obra destinada à transposição de obstáculo pela tubulação de esgoto, funcionando sob pressão;

- Corpo de água receptor: Corpo de água onde são lançados os esgotos;

- Estação elevatória de esgotos (EEE): Quando as profundidades das tubulações se tornam demasiadamente elevadas, quer devido à baixa declividade do terreno, quer devido à necessidade de se transpor uma elevação, torna-se necessário bombear os esgotos para um nível mais elevado. A partir desse ponto, os esgotos podem voltar a fluir por gravidade. As unidades que fazem o bombeamento são denominadas estações elevatórias (Chernicharo et al., 2008).

- Estação de tratamento de esgotos (ETE): conjunto de instalações destinadas à depuração dos esgotos, antes de seu lançamento;

Na Figura 1 segue um esquema resumido de um sistema de esgoto sanitário.

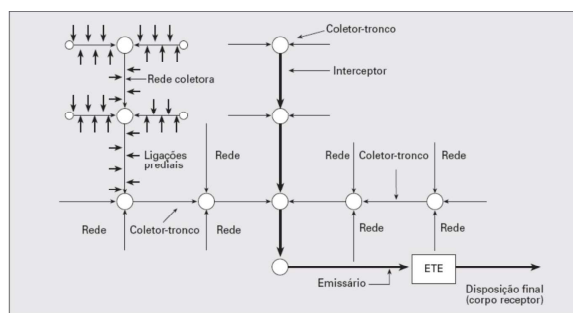


Figura 1: Concepção resumida de um sistema de esgotamento sanitário (FONTE: Elaborado pelo autor).

2.1 Fases para a implantação de um SES

A primeira etapa a ser desenvolvida em um projeto de Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) é o **estudo de concepção**, o qual consiste no conjunto de análises técnicas necessárias para a definição das diretrizes, parâmetros e critérios que caracterizam o sistema a ser implantado. De acordo com as diretrizes atuais de saneamento, essa etapa tem como finalidade subsidiar a escolha da alternativa mais adequada aos objetivos e às necessidades da comunidade atendida, considerando aspectos técnicos, econômicos, ambientais e operacionais (FUNASA, 2023).

O estudo de concepção deve contemplar, entre outros aspectos, a definição do corpo receptor, a localização das unidades de tratamento, o traçado preliminar das redes coletoras e o sentido de escoamento do esgoto sanitário, assegurando a viabilidade técnica e a sustentabilidade ambiental do sistema proposto, em conformidade com as normas técnicas vigentes e com o planejamento do setor de saneamento básico (ABNT, 2022; Tsutiya; Alem Sobrinho, 2021).

O projetista deve atentar-se às diretrizes estabelecidas pelas normas técnicas vigentes e pelos manuais de saneamento, em especial a ABNT NBR 9649:2022, que trata do projeto de redes coletoras de esgoto sanitário, bem como às orientações do Manual de Saneamento da FUNASA (2023). Essas referências estabelecem os critérios técnicos exigíveis para a concepção de sistemas de esgotamento sanitário do tipo separador absoluto, garantindo condições adequadas para o desenvolvimento do projeto de todas ou de quaisquer de suas partes constituintes, em conformidade com a regulamentação específica das entidades responsáveis pelo planejamento e gestão do Sistema de Esgotamento Sanitário (ABNT, 2022; FUNASA, 2023).

Um levantamento abrangente, confiável e detalhado das características básicas do local de implantação, bem como da região circundante, assegura que o projeto e a obra sejam conduzidos sem tumultos ou surpresas indesejáveis. Em auxílio aos profissionais integrados em tais empreendimentos, detalham-se, a seguir, os principais assuntos que devem ser investigados na fase embrionária dos estudos (FUNASA, 2019; FUNASA, 2023).

Os tópicos mais relevantes a serem considerados nesta fase, conforme diretrizes atuais de planejamento de sistemas de esgotamento sanitário, são os seguintes (FUNASA, 2019; ABNT, 2022):

- Consultas à concessionária: as consultas aos órgãos responsáveis pelos sistemas de água e esgoto devem ser completas e pertinentes. As definições de início de projeto somente poderão ser assumidas após pleno conhecimento das peculiaridades da infraestrutura da empresa concessionária;

- Levantamento topográfico: o levantamento topográfico da área destinada à implantação do sistema de esgotos deve manter o nível de referência para todos os componentes do sistema: sistema de coleta, estações elevatórias e estação de tratamento de esgotos. Desencontros provocados por referenciais distintos exigem, posteriormente, demoradas rotinas de harmonização de cotas;

- Investigação geológica: As características do subsolo são informações importantes para garantir um projeto confiável e completo. Os parâmetros de projeto que poderão ser determinados somente após o completo conhecimento da configuração do subsolo são: dificuldades na escavação, os modelos de

escoramento, as profundidades máximas e mínimas recomendáveis, se é terreno rochoso ou lençol freático raso. A investigação é realizada através de furos de sondagem, em regiões cujo solo seja rochoso, instáveis ou com água subterrânea é recomendado uma investigação geológica mais apurada, seguramente com furos mais próximos.

- **Infraestrutura sanitária:** As informações são tanto mais importantes à medida que se constate a necessidade de integrar o sistema existente ao sistema projetado; devem-se considerar os planos de novas urbanizações e novos conjuntos habitacionais, desde que devidamente aprovados pelos órgãos competentes; um sistema de lixo, inexistente ou ineficiente, poderá sugerir a presença de um maior volume de sólidos grosseiros integrando o sistema de coleta de esgotos; e por fim, o consumo de água potável juntamente com os planos de expansão da concessionária são importantes e devem ser consideradas na avaliação da vazão máxima de projeto;

- **Infraestrutura técnica:** Tanto nas fases de projeto quanto nas fases de construção e operação do novo sistema, o levantamento deve escutar a disponibilidade do elemento humano com formação universitária. Essas consultas permitirão conhecer a possibilidade de recrutar engenheiros, arquitetos, economistas, químicos, biólogos etc. A massa operária deverá ser classificada e quantificada de modo estimativo.

- **Infraestrutura comercial:** Os materiais empregados na rede de coleta, nas estações elevatórias e nas estações de tratamento, devem ser definidos a partir dos insumos usados nas construções da cidade. O levantamento dos custos unitários da mão-de-obra qualificada, dos materiais a serem empregados e dos imóveis a serem eventualmente desapropriados representará para o projetista um conjunto de informações valiosas para elaborar a estimativa de custo de implantação do sistema.

- **Serviços públicos de energia elétrica e telecomunicações:** Os serviços públicos, especialmente os de energia elétrica e telecomunicações, devem ser previamente consultados. As tarifas de consumo energético aplicáveis às categorias industrial ou institucional constituem dados fundamentais para a avaliação do balanço econômico-financeiro entre as diferentes alternativas de tratamento de esgotos. Adicionalmente, as normas técnicas e regulamentações estabelecidas pelas concessionárias de energia elétrica e pelos órgãos reguladores setoriais representam diretrizes essenciais para a elaboração dos projetos elétricos das Estações de Tratamento de Esgotos (ETE) e das Estações Elevatórias de Esgotos (EEE) (ABNT, 2020; ANEEL, 2023).

- **Características urbanísticas:** O levantamento de informações urbanísticas refere-se à obtenção de dados relativos à regulamentação municipal dentro da área urbana do município. Normalmente esse documento identifica-se como a Lei de Uso e Ocupação do Solo. As áreas reservadas para parques industriais, para novas urbanizações, áreas de lazer, reservas de qualquer espécie etc., deverão ser convenientemente identificadas como um valioso subsídio às definições de projeto.

2.2 Métodos Construtivos de um SES

Para execução de projetos de esgotamento sanitário, há diversos métodos para instalação, substituição e reparos de infraestruturas urbanas subterrâneas, Dezotti

(2008) refere como devem ser feitas as escolhas partindo de condições específicas de cada projeto, citando-se:

- Características do solo ao longo do traçado;
- Comprimento máximo da tubulação;
- Diâmetro da tubulação;
- Disponibilidade local do método construtivo;
- Prazo de execução;
- Precisão requerida.

O método existente para a execução de um SES que, tradicionalmente, é utilizado no Brasil é o de abertura de valas, no entanto devido as tecnologias recentes, a implantação do método pode ser mista envolvendo o método não destrutivo (MND).

2.3 Método de Vala a Céu Aberto (VCA)

Este método é amplamente utilizado no Brasil por décadas, Najafi (2010) explica que “é o método convencional de construção, substituição e renovação de utilidades subterrâneas que exigem abertura de valas ou trincheiras, é um método indireto de instalação de tubulação”. É a forma mais comumente utilizada, apesar dos transtornos que traz para o trânsito de veículos e de pedestres (Nuvolari, 2003).

O método, envolve escavação de uma trincheira ao longo de todo o trecho por onde a instalação passa, necessitando então de escoramento, construção de fundação, colocar a tubulação na trincheira, e preencher a vala novamente e realizar as operações de compactação (Najafi, 2010, traduzido pelo autor).

Apesar de ser um dos métodos mais utilizados, não necessariamente implica na melhor escolha, pois geram transtornos tanto para a população e para o meio ambiente e pelo fato de ser uma aplicação antiga, não houve um desenvolvimento tecnológico nos últimos anos referente ao método.

Na execução de abertura de valas deve-se seguir as normas:

- ABNT NBR 15645 – Execução de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 2020.
- ABNT NBR 12266 – Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana. Rio de Janeiro, 2012 (norma vigente).

A Figura 2 demonstra resumidamente os processos de execução de um SES pelo método de vala a céu aberto.

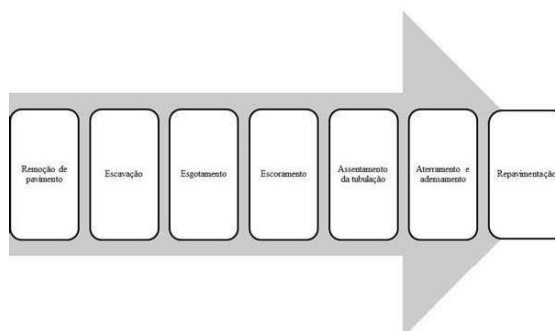


Figura 2: Passos para execução da rede coletora (Fonte: Elaborado pelo autor).



Figura 3 - Escavação mecanizada pela metodologia VCA. (Fonte: HC Panini, 2025).

2.4 Método Não Destrutivo (MND)

O MND é um método construtivo pela qual exige o mínimo de abertura de valas para futuras instalações de infraestrutura subterrâneas como, por exemplo: água, esgoto, drenagem, gás, entre outros. Najafi (2010) cita que o método não se destina somente para novas tubulações, é utilizado também para renovação ou substituição de tubulações subterrâneas.

Conforme Roberto (2014), nos grandes centros urbanos já respondem pela maioria das instalações, por conta de sua menor intervenção e distúrbio ao tráfego e à população. Dayal e outros (2011) destacam que é uma solução atrativa em áreas onde o acesso subterrâneo é difícil, quando há uma profundidade grande ou quando a urbanização se torna um dos fatores de difícil acesso. Essas configurações podem incluir as tubulações abaixo de rios, aeroportos, estradas ou ferrovias.

A perfuração direcional horizontal (HDD) é um método construtivo de menor impacto no ambiente e na natureza do que qualquer método de abertura de vala. É também aplicado em casos em que qualquer outra instalação técnica seja impossível ou possível somente com o custo muito alto (Karlsruhe, 2002, traduzido pelo autor). Estes métodos são chamados assim, devido a sua habilidade de informar a localização da cabeça de perfuração e de guiá-la durante o processo de perfuração. A sequência de operação da perfuração dirigida é exemplificada na Figura 3.

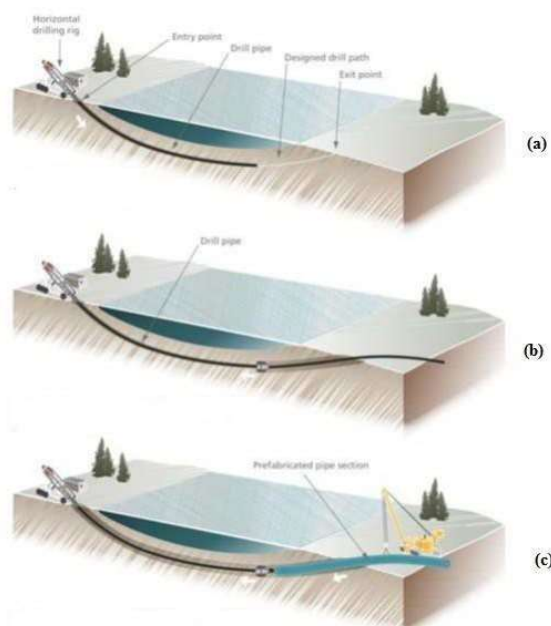


Figura 4: Sequência de operação de HDD (Fonte: Alberto, 2012).

A execução por esse método consiste em inicialmente construir um poço de entrada, se em caso de escavação mecânica, o espaço deve ser suficientemente grande para a entrada de máquinas e um poço de saída, com base de estudo preliminarmente realizados (topográficos e geotécnicos), é feito a escavação horizontal partindo do poço de entrada até o poço de saída, em seguida é inserido o tubo camisa mesma finalidade do qual utilizado no HDD e o tubo condutor conforme mostrado na figura 4.



Figura 5: Instalação de redes por micro túnel (Fonte: Abratt, 2004).

3 METODOLOGIA

O município de Recife localiza-se na região do estado de Pernambuco. O projeto executivo foi concluído no ano de 2020, porém as obras iniciaram somente em junho de 2021 e em dezembro de 2022, já tinham sido executados cerca de 90% da rede coletora, restando somente a estação elevatória de esgoto e resultante da ampliação do SES Cabanga, com implantação de Rede coletora, Estação Elevatória de Esgoto e Linha de Recalque, que levam o esgoto para serem tratado na ETE Cabanga.

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram feitas revisões bibliográficas com o intuito de apontar o ganho de produtividade de uma obra de rede coletora de esgoto com a utilização do Método Não Destrutivo (MND) em comparação com o método tradicional de vala a céu aberto (VCA). Foram apresentados os conceitos de

ambos os métodos e as suas características relacionadas, apontando os índices comparativos de produtividade, custo e impacto.

As principais fontes de dados utilizadas foram monografias e dissertações existentes que citam a trabalhabilidade do uso do MND (Método Não Destrutivo) e do método tradicional em obras de rede coletora de esgoto. A pesquisa foi realizada através dos dados coletados durante toda a execução da obra de implantação de coletora no bairro de Boa Viagem, Recife-PE e levantadas informações em campo, por meio de anotações e elaboração de relatório sobre a implementação do método.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

• PASSOS EXECUTIVOS DO MÉTODO NÃO DESTRUTIVO PARA INSTALAÇÕES DE TUBULAÇÕES DE ESGOTO

Antes de iniciar a execução da rede, o operador da máquina e o engenheiro responsável da obra devem estar cientes de todo o projeto. Após análise do projeto, prepara-se para a implantação da rede, que são divididas em 4 etapas:

-Etapa preliminar: Execução dos poços de serviço; preparação das tubulações (caso houver); canteiro de obras e/ou localização da perfuratriz dirigida;

- Início do furo piloto;
- Fim do furo piloto;
- Inserção da tubulação;
- Conclusão da perfuração

• Execução dos poços de serviço

A dimensão dos poços de serviço de emboque (de entrada) e de desemboque (de saída), também conhecidos como poços de ataque ou de visita (pois ao finalizar a execução da travessia, será um poço de visita), variam conforme o porte da rede, do diâmetro da tubulação e do tipo de equipamento.

• Preparação das tubulações

Quando o tamanho da rede coletora a ser executada for superior ao comprimento das tubulações que as fornecedoras do material dispõem, é necessário realizar solda nas tubulações.

Neste caso, a solda deverá ser realizada conforme normas:

- **ABNT NBR 14472** – Tubos de polietileno PE 80 e PE 100 – Qualificação do soldador. Rio de Janeiro, 2021;
- **ISO 21307** – Plastics pipes and fittings — Butt fusion jointing procedures for polyethylene (PE) pipes and fittings used in the construction of gas and water distribution systems. Geneva, 2021;
- **DVS 2207-1** – Welding of thermoplastics — Heated tool welding of pipes, pipeline components and sheets made of PE, PP and PVDF — Part 1: Welding instructions. Düsseldorf, 2020;
- **DVS 2202-1** – Testing of semi-finished products made of thermoplastics — Evaluation of welded joints. Düsseldorf, 2020;

- **ABNT NBR 15824** – Sistemas de tubulações plásticas — Tubos e conexões de polietileno — Procedimentos de inspeção visual de juntas soldadas. Rio de Janeiro, 2022.

- **Localização da Perfuratriz**

Um fator importante é a localização da perfuratriz, a definição em campo com a prévia em projeto. Outro ponto importante é o ajuste mínimo da declividade a ser executado, principalmente quando são executadas redes com baixas declividades (menores do que 2%), recomenda-se a máquina (perfuratriz direcional) a uma distância suficiente ($i=5\%$) para calibrar com o transmissor, que é baseado em uma sonda ou gerador de sinal localizado numa carcaça situada atrás da cabeça de perfuração, que emite um sinal de rádio para um receptor situado na superfície. Para aumentar a precisão do traçado e reduzir interferências externas, recomenda-se a utilização de sistemas de direcionamento com fio rígido (wireline) ou transmissores dotados de bússola eletrônica integrada, conforme diretrizes técnicas atuais para obras de perfuração direcional (NASTT, 2020; ASTM, 2022).

Os portes das perfuratrizes direcionais são definidos em função da força de arraste requerida, considerando-se o atrito ao longo do furo piloto e o esforço necessário para o alargamento. Dessa forma, quanto maior a capacidade de arraste, maior o porte do equipamento. As perfuratrizes disponíveis no mercado apresentam capacidades que variam aproximadamente de **20 kN a 500 kN**, sendo a escolha do equipamento diretamente relacionada às condições geotécnicas, ao diâmetro da tubulação e ao comprimento da travessia (NASTT, 2021).

- **Preparação do furo piloto**

Conforme a avaliação geológica-geotécnica realizada em projeto, avalia-se o tipo de fluido para iniciar o furo piloto, este fluido pode ser bentonita e água ou somente água. A Abratt (2005) cita algumas funções do uso de fluidos de perfuração: Lubrificar a cabeça de corte e reduzir o desgaste; amolecer o solo para facilitar a perfuração; remover o material escavado em suspensão, até o poço de lançamento; estabilizar o furo antes do alargamento; lubrificar a tubulação final durante o alargamento e a inserção; acionar os motores de lama para perfuração através de solos duros. O início do furo piloto se dá pelas hastes, que são elementos tubulares em aço liga capazes de transferir os esforços da máquina perfuratriz até a ferramenta de escavação, seu comprimento varia entre 1,5m e 6,1m e os diâmetros variam entre 25mm para as menores máquinas e 125mm para as máquinas de grande porte (Alberto, 2012). Na execução de tubos em PEAD, as hastes são os grandes fatores limitantes quanto a curvatura.

- **Fim do furo piloto**

O furo deve ser observado continuamente se a declividade está sendo mantida, pois qualquer mudança pode comprometer o projeto hidráulico, havendo a possibilidade de não garantir a eficiência hidráulica de escoamento desejada.

- **Inserção da tubulação**

Ao finalizar o furo piloto, deve-se tirar o excesso de solo na pá de perfuração na ponta da haste, em seguida insere-se o alargador na haste, justamente com o

objetivo de alargar o furo piloto realizado. O alargador varia conforme o diâmetro da tubulação. Alberto (2012) recomenda que a análise da capacidade de tração de uma perfuração deve ser realizada em conjunto com a resistência das hastes, capacidade da perfuratriz e resistência da tubulação que será instalada. Por este motivo os conectores também denominados cabeça de pux ou puxadores, funcionam como fusíveis, devem funcionar como o ponto mais frágil do sistema de forma que, o efeito de maiores tensões aplicadas durante o puxamento provoque o rompimento do conector e não do duto ou das hastes (Alberto, 2012).

Para concluir a rede coletora, o operador retira a pá de perfuração, traciona de volta a haste engatada com a tubulação, geralmente para diâmetros e travessias maiores é necessário um tubo camisa, que basicamente serve para proteção da tubulação que irá transportar o fluido.

- **Conclusão da perfuração dirigida e testes**

Após o término da tração entre os poços de visita, realizam-se medições topográficas, quanto a cota de profundidade do coletor de entrada e saída da profundidade com o intuito de avaliar e garantir a declividade proposta do projeto hidráulico. Em caso de redes gravitacionais, deverão ser realizados testes de escoamento, o fluido deverá escoar partindo do poço de emboque para o desemboque.

- **Custos e orçamento**

Os projetistas devem considerar todos os elementos de custo no orçamento de projeto, para que seja possível determinar qual é o método construtivo com melhor custo-benefício.

Tradicionalmente, nas obras de construção, manutenção e substituição de tubulações enterradas não tem sido considerado os custos sociais. Tais custos desconsiderados no orçamento incidem diretamente sobre a municipalidade, sociedade e cidadão (Dezotti, 2008).

Custos diretos incluem os custos de mão de obra, materiais, subcontratação e equipamentos, necessários para execução obra (Dezotti, 2008). Custo indireto é definido como todo custo que não apareceu como mão de obra, material ou equipamento nas composições de custos unitários do orçamento (Mattos, 2006). Najafi & (2005) afirmam que os custos sociais apresentam grandes variações, podendo chegar a aproximadamente 20% dos custos diretos de uma obra. Dezotti (2008), os custos indiretos são diretamente proporcionais à duração, sendo que, quanto maior a duração, maior serão os custos indiretos. O orçamento foi dividido em obras civis e lista de materiais. Quanto ao critério de orçamento de materiais, foi feito a pesquisa em mercado.

A pesquisa permitiu verificar que tubulações com profundidades a partir de 4 metros são mais viáveis economicamente executar pelo MND. Importante ressaltar que neste estudo não foram quantificados os custos indiretos (sociais e ambientais), citados por Najafi & Gokhale (2004), que podem representar por volta de 20% dos custos diretos no método convencional. Um custo relevante é o de escoramentos, que neste caso foram fornecidos pela contratante, mas seria previstos um custo total de 52% método convencional, e 6% do MND. O que permite demonstrar uma redução quantitativa na escavação. Considerando o tempo de execução de 1 dia

com 8 horas executadas, foi registrado que o MND apresentou uma produtividade 5 vezes mais rápida que o método tradicional. Como a execução pelo método convencional foi 6 vezes maior, a lógica é que este custo seja proporcionalmente superior. O custo do serviço total da execução pelo MND foi cerca de 9% mais barato que o método convencional. Vale ressaltar que o custo de material e Solda para a tubulação representam custos superior ao do método convencional. Deve-se considerar a variação nas declividades, que não são tão precisas comparando com o método tradicional.

A potencialidade do método não destrutivo em sistemas de esgotamento sanitário adaptado a realidade brasileira, que será composto primeiramente pela apresentação dos métodos construtivos não destrutivos existentes, em seguida, pela análise comparativa em campo entre os métodos construtivos convencional e não destrutivo em redes de esgoto sanitário, e por fim, avaliar a viabilidade econômica do método não destrutivo conforme a profundidade do coletor.

A avaliação desta potencialidade consistiu em acompanhamento da execução de uma obra de implantação de rede coletora por ambos os métodos em vias de tráfego intenso em Recife-PE.

Devido à escassez da literatura brasileira sobre o assunto, é natural projetistas optarem por métodos já existentes e que tenham sido frequentemente usados, pois transmite uma segurança maior a eles. O resultado esperado para esse trabalho é demonstrar a viabilização do método não destrutivo através de vantagens econômicas, ambientais e sociais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das obras e implementação do MND para assentamento de tubulação de rede coletora, realizado no sistema de esgotamento sanitário em Recife-PE, pode-se concluir: O tempo de execução da obra com profundidade de 4 metros, comparando com o método tradicional, foi 50% menor, considerando: soldagem, furo piloto, inserção da tubulação. Verificou-se a necessidade de estudos geotécnicos mais aprofundados como sondagens, pois durante a execução da obra de rede de esgoto, apresentou presença de interferência com a rede de água e tubulação de gás, que não constavam nos cadastros existentes; O MND é um método que apresenta um grau de segurança a mais, pois diminui as chances de acidentes decorrentes de escavação. O custo de execução de repavimentação da obra pelo MND, é consideravelmente inferior, quando executado pelo método convencional. Para execução do MND, necessita-se de pessoas especialidade nos equipamentos; em grandes cidades e em vias de tráfego intenso, poderiam ter incentivos públicos para a utilização do MND, a fim de evitar transtornos e pela velocidade na execução.

REFERENCIAS

ABRATT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIAS NÃO DESTRUTIVAS. **Perfuração direcional (HDD) ou guiada (unidirecional)**. São Paulo: ABRATT, 2023. Disponível em: <https://www.abratt.org.br>. Acesso em: 17 jun. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Minuta da norma de referência: diretrizes para metas progressivas de universalização**. Brasília, DF: ANA, 2024. Disponível em: <https://participacao-social.ana.gov.br>. Acesso em: 28 jun. 2025.

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA (APAC). **Monitoramento pluviométrico**. Recife: APAC, 2025. Disponível em: <http://old.apac.pe.gov.br>. Acesso em: 25 jul. 2025.

Aguilera, J.; Zuffo, A. **Ciências exatas e da Terra e a dimensão adquirida através da evolução tecnológica**. Ponta Grossa: Atena, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484: Solo — Sondagem de simples reconhecimento com SPT — Método de ensaio**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13133: Execução de levantamento topográfico — Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17004: Método não destrutivo (MND) de perfuração direcional horizontal (mini-HDD) — Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17167: Intervenções próximas a infraestruturas subterrâneas — Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 jan. 2007.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 jul. 2020.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora nº 01**. Brasília, DF, 2020.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora nº 18**. Brasília, DF, 2020.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora nº 33**. Brasília, DF, 2022.

Chericharo, C. A. L. et al. **Esgotamento sanitário: operação e manutenção de estações elevatórias de esgotos**. Brasília: Ministério das Cidades, 2008.

Dias, L. A. **A sondagem SPT na construção civil: procedimentos e importância**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) — Faculdade Pitágoras, Belo Horizonte, 2022.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Manual de saneamento**. 5. ed. Brasília: FUNASA, 2019.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Manual de orientação para elaboração de projetos de sistemas de esgotamento sanitário**. Brasília: FUNASA, 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo demográfico 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Guia do saneamento**. São Paulo: ITB, 2023.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Guia do saneamento**. São Paulo: ITB, 2024.

Sanz, M. A. **Comparativo de custos diretos entre perfuração direcional horizontal e abertura de vala para instalação de dutos**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

Tsutiya, M. T.; Alem Sobrinho, P. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 4. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2021.

Santos Junior, Micaías Antônio dos. **Avaliação dos resíduos de pavimentação e escavação gerados em obras de manutenção de redes coletoras de esgoto: subsídios para gestão ambiental**. 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão Ambiental) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Recife, 27 jun. 2019. Disponível em: <https://repositorio.ifpe.edu.br/xmlui/handle/123456789/1267>. Acesso em: 06 fev. 2026