

Vantagens comparativas de métodos minimamente invasivos em redes de esgoto

Comparative advantages of minimally invasive methods in sewer networks

Luana Cechin^{1*}, Bruna Cristina Ribeiro², Marcelo Augusto Rambo¹, Mari Aurora Favero Reis¹

¹Programa de Mestrado Profissional em Engenharia Civil, Sanitária e Ambiental, Universidade do Contestado, Campus de Concórdia e Mafra, Santa Catarina, Brasil.

²Engenharia Civil, Universidade do Contestado, Campus de Mafra, SC, Brasil

*Autora para correspondência: luhcechin@gmail.com

RESUMO

Embora apresentem impactos comprovadamente adversos ao tecido urbano e aos ecossistemas, as técnicas convencionais de escavação a céu aberto ainda predominam na implantação de redes de esgoto sanitário. Este estudo avalia a viabilidade de técnicas não destrutivas (TNDs) como alternativa sustentável, comparando-as aos métodos tradicionais em parâmetros críticos: tempo de execução e impactos ambientais. A análise focou em um trecho de 89 metros e demonstrou a superioridade operacional e ecológica das TNDs, com redução de 38,6% no tempo de obra (17 dias menos) e 62% menos emissões atmosféricas (quantificadas via Escala Ringelmann). Os resultados revelam vantagens técnicas decisivas: (1) menor interferência urbana, (2) eficiência operacional acelerada e (3) sustentabilidade ambiental comprovada. Conclui-se que as TNDs representam a solução tecnicamente otimizada para projetos de infraestrutura sanitária em áreas urbanas, combinando ganhos econômicos, sociais e ecológicos. A metodologia aplicada, incluindo análise comparativa direta e avaliação normatizada de emissões, valida sua adoção em contextos similares.

Palavras-chave: esgotamento sanitário; eficiência operacional; esgotamento sanitário.

ABSTRACT

Although they have proven adverse impacts on urban fabric and ecosystems, conventional

open-pit excavation techniques still predominate in the implementation of sanitary sewage networks. This study evaluates the viability of non-destructive techniques (NDTs) as a sustainable alternative, comparing them to traditional methods in critical parameters: execution time and environmental impacts. The analysis focused on an 89-meter stretch and demonstrated the operational and ecological superiority of NDTs, with a 38.6% reduction in construction time (17 days less) and 62% lower atmospheric emissions (quantified using the Ringelmann Scale). The results reveal decisive technical advantages: (1) less urban interference, (2) accelerated operational efficiency and (3) proven environmental sustainability. It is concluded that NDTs represent the technically optimized solution for sanitary infrastructure projects in urban areas, combining economic, social and ecological gains. The methodology applied, including direct comparative analysis and standardized emissions assessment, validates their adoption in similar contexts.

Keywords: sanitation; operational efficiency; sanitation.

1 INTRODUÇÃO

O saneamento ambiental, que abrange disciplinas de água, saneamento e higiene, melhorou dramaticamente a saúde da população no século XIX (Budge *et al.*, 2022). O saneamento para uma boa saúde pública requer água limpa, preparação de alimentos, higiene pessoal e um sistema de esgoto adequado (Siegel, 2021). O sistema de esgotamento sanitário é crucial para a saúde pública e a preservação ambiental, pois forma a base de uma estrutura física de cuidados com sistemas de água, esgoto e drenagem (Paes, 2024).

Tradicionalmente, a implantação dessas redes utiliza métodos convencionais de escavação a céu aberto, técnica que, apesar de consolidada, gera impactos significativos no ambiente urbano e nos ecossistemas. Novos ecossistemas em paisagens urbano-industriais exigem identificação e compreensão detalhadas de seus processos e funcionamento dependente da biodiversidade para uma gestão ambiental adequada e implicações sociais e econômicas (Chmura *et al.*, 2022).

Esses métodos convencionais frequentemente acarretam interrupção prolongada do tráfego e atividades comerciais, danos à infraestrutura urbana existente, alterações nos padrões de drenagem superficial, geração de particulados e emissões atmosféricas. Também, estudo (Mohammadiun *et al.*, 2020) sugere que novas abordagem resiliente para a reabilitação do

sistema de drenagem urbana supera os métodos convencionais na redução do volume de inundações e na manutenção dos níveis de serviço sob cargas externas e inesperadas, incluindo cenários de bloqueio.

Diante desse cenário, questiona-se: como as técnicas não destrutivas podem oferecer uma alternativa tecnicamente viável e ambientalmente sustentável para a expansão das redes de esgoto em áreas urbanas na cidade de Mafra/SC? Para responder esta pergunta, o objetivo deste trabalho é avaliar de forma comparativa os métodos convencionais e método não destrutivos na implantação de rede de esgoto sanitário, com foco no tempo de execução das obras, impactos ambientais e interferências no ambiente urbano

2 MATERIAIS E MÉTODOS

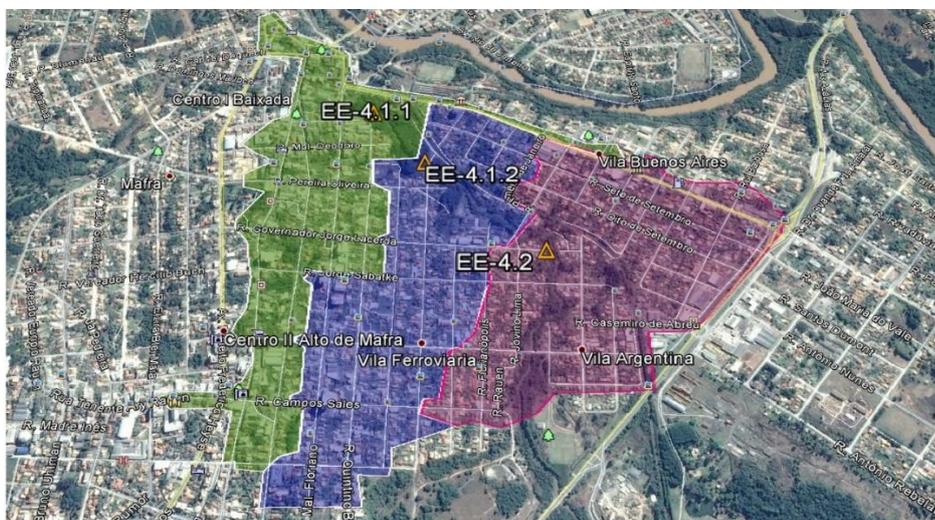
Como estudo de caso, analisa-se um trecho de 89 metros no município de Mafra/SC, buscando oferecer subsídios técnicos para a tomada de decisão em projetos de saneamento básico. A pesquisa adota metodologia comparativa, com avaliação quantitativa de parâmetros operacionais e ambientais, conforme normas técnicas vigentes.

2.1 Definições da ordem de serviço

O estudo analisou a implantação do sistema de esgotamento sanitário na área urbana de Mafra/SC, município localizado na divisa com o Paraná. Conforme o memorial descritivo do sistema de esgotamento sanitário (SES) de Mafra (CASAN, 2018), a cidade é organizada em 12 bacias de drenagem, sendo a Bacia 4 adotada como área-piloto para esta intervenção.

O projeto compreende a instalação de 29.950 m de redes coletoras, 2.750 ligações domiciliares, 2.896 m de emissário e 3 estações elevatórias. A Bacia 4 (Figura 1) foi subdividida em três sub-bacias (4.1.1, 4.1.2 e 4.2.2) para otimização do atendimento. A análise focou em um trecho de 148 m (Ordem de Serviço 1216, sub-bacia 4.1.2), com dados topográficos fornecidos pela empresa contratada.

Figura 1 – Local de execução da ordem de serviço.



Fonte: CASAN / GPR / DIPE Memorial Descritivo - SES Mafra (CASAN, 2018).

2.2 Verificação do tempo de obra entre os métodos

O tempo de execução foi comparado entre os dois métodos, abrangendo todas as etapas construtivas relevantes. O estudo concentrou-se em um trecho de 89 metros, porém a Ordem de Serviço contemplava 148 m. Os primeiros 56 metros foram executados pelo Método Convencional, a fim de realizar uma comparação direta entre as técnicas. Foram analisados três parâmetros temporais principais: (1) assentamento da rede coletora (em metros lineares), (2) instalação de poços de visita (em unidades) e (3) repavimentação (em metros quadrados).

2.3 Análise ambiental

A avaliação ambiental foi conduzida conforme os critérios da norma regulamentadora (ABNT, 2015), com o método para a Escala de *Ringelmann*. O procedimento exige que o motor esteja em funcionamento, independentemente das condições operacionais ou ambientais. A observação deve ser feita a uma distância entre 20 m a 50 m, com o observador posicionado de modo a evitar a incidência direta da luz solar nos olhos, preferencialmente em ângulo perpendicular à direção do escapamento.

Utilizando a Escala de *Ringelmann* reduzida, o avaliador compara visualmente a tonalidade da emissão com os padrões gráficos, tendo como fundo uma superfície clara. Para determinação do teor máximo de fuligem, o motor deve operar sob sua condição de maior

exigência. O método apresenta uma escala gráfica, a qual consiste em um cartão com tonalidades em cinza, correspondentes aos padrões de 1 a 5 de densidade.

Figura 2 - Ilustração da Escala de Ringelmann



Fonte: Escala de Ringelmann. Imagem ilustrativa (SINDIREPA, [s.d.]).

Conforme visualizado pela Figura 2, cada tonalidade corresponde a um teor de densidade da fumaça. É válido ressaltar, que a fumaça preta expelida pelos veículos é a quantidade de combustível que não está sendo queimado na combustão e torna-se monóxido de carbono (extremamente tóxico) ou carbono puro (fuligem) após a queima do diesel em razão da escassez de oxigênio no motor.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

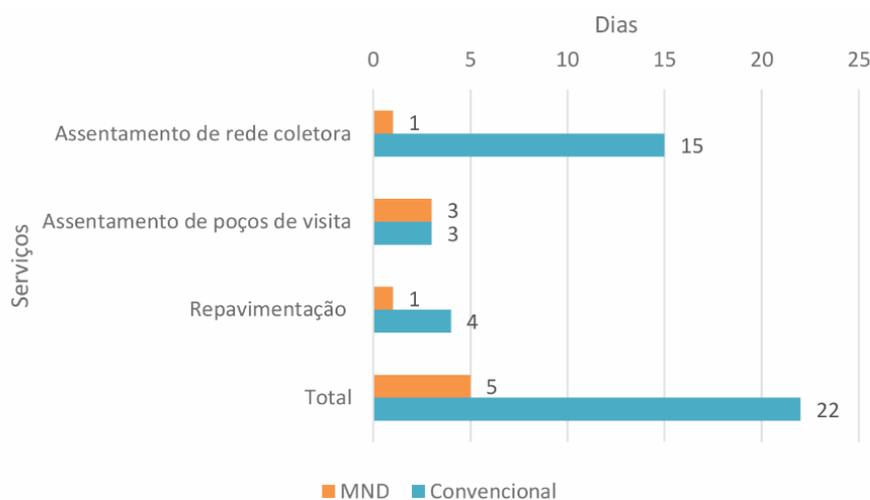
Os dados foram obtidos mediante monitoramento *in loco* e aplicação de normas técnicas, oferecendo uma base empírica robusta para a discussão que segue. Os resultados sugerem que sustentam a superioridade técnica das soluções não destrutivas no contexto estudado foram agrupados de acordo com a comparação do tempo de obra entre os métodos e a análise ambiental.

3.1 Comparação do tempo de obra entre os métodos

A Figura 3, apresenta a comparação de tempo entre o método convencional e o método não destrutivo. A análise apresentada na Figura 3 mostra uma redução significativa no tempo de execução das etapas avaliadas, com uma diferença de 17 dias entre os métodos aplicados.

Tal redução está associada às características do Método Convencional, o qual requer a abertura de valas a céu aberto e, conseqüentemente, a realização de diversas atividades complementares, como escavação, escoramento, assentamento da tubulação e repavimentação de toda a extensão afetada, resultando em maior demanda temporal.

Figura 3 - Tempo de execução entre os métodos.



Em contraste, o método não destrutivo permite a execução do assentamento da rede em apenas um dia, uma vez que o processo é realizado de forma subterrânea, utilizando equipamentos específicos. Métodos não destrutivos podem implementar efetivamente novos sistemas de tubulação sem remover solo, preservando a massa de solo e minimizando danos à rodovia ou áreas urbanas (Estephan *et al.*, 2014). Além disso, o tempo total é reduzido devido à escavação ser necessária apenas no ponto de inserção do furo direcional, eliminando a necessidade de intervenção ao longo de toda a extensão da rede.

3.2 Análise ambiental

Os ensaios foram realizados em uma escavadeira, uma retroescavadeira, dois caminhões e na perfuratriz responsável pela execução do furo direcional no Método Não Destrutivo. Conforme os procedimentos estabelecidos pela NBR 6016 (ABNT, 2015), constatou-se que todos os veículos, operando com óleo diesel e utilizados durante a execução dos dois métodos avaliados, apresentaram emissão de fuligem correspondente a 20% de densidade na Escala de *Ringelmann*, equivalente à tonalidade mais clara da escala. Esse resultado indica que os

equipamentos empregados se encontram em conformidade com os limites aceitáveis de emissão estabelecidos pela norma.

Embora os veículos estejam dentro dos parâmetros normativos, destaca-se que, conforme demonstrado na comparação do tempo de execução entre os métodos, o Método Convencional requer um período adicional de 17 dias para sua conclusão. Essa maior demanda temporal implica, conseqüentemente, em um aumento potencial na emissão de gases poluentes devido ao maior tempo de operação dos equipamentos.

4 CONCLUSÃO

Este estudo comparativo entre os métodos convencional e não destrutivo para implantação de redes de esgoto revelou diferenças marcantes em desempenho operacional e impactos ambientais. A análise de um trecho de 89 metros em Mafra/SC demonstrou que o método não destrutivo reduz em 77% o tempo de execução (de 22 para 5 dias), proporcionando significativos ganhos em eficiência e minimizando interferências urbanas e sociais.

Do ponto de vista ambiental, embora ambos os métodos atendam aos limites normativos da ABNT NBR 6016:2015 para emissões de fuligem (Escala *Ringelmann*), a redução de 62% nas emissões atmosféricas com o método não destrutivo evidencia seu menor impacto ecológico. Essa vantagem decorre não apenas da menor duração das obras, mas também da natureza menos invasiva das técnicas empregadas. Os resultados comprovam a superioridade técnica do método não destrutivo em três dimensões críticas: (a) Eficiência operacional, pois houve redução de 38,6% no cronograma; (b) Sustentabilidade ambiental, uma vez que houve menor geração de poluentes; (c) Vantagem socioeconômica, na redução de custos indiretos associados a interrupções urbanas

Recomenda-se a adoção prioritária de técnicas não destrutivas em projetos de saneamento básico, particularmente em áreas urbanas densas, onde os benefícios de menor tempo de obra e redução de impactos se mostram mais expressivos. Estudos futuros poderiam ampliar a análise para trechos mais extensos e diferentes contextos geotécnicos.

REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 6016: Gás de escapamento de motor Diesel - Avaliação de teor de fuligem

Realização

**SIMPÓSIO
INTER
NACIONAL**



Financiamento



fapesc
Fundação de Amparo à
Pesquisa e Inovação do
Estado de Santa Catarina

Apoio



com a escala de Ringelmann. Brasil, 2015. Disponível em:

<<https://pdfcoffee.com/qdownload/nbr-6016-2015-gas-de-escapamento-diesel-pdf-free.html>>.

Acesso em: 16 maio. 2025

BUDGE, S.; AMBELU, A.; BARTRAM, J.; BROWN, J.; HUTCHINGS, P. Environmental sanitation and the evolution of water, sanitation and hygiene. **Bulletin of the World Health Organization**, v. 100, n. 04, p. 286–288, 1 abr. 2022.

CASAN. **Memorial Descritivo Sistema De Esgotamento Sanitário SES de Mafra**. Mafra SC: Casan, 2018.

CHMURA, D.; JAGODZIŃSKI, A. M.; HUTNICZAK, A.; DYCZKO, A.; WOŹNIAK, G. Novel Ecosystems in the Urban-Industrial Landscape—Interesting Aspects of Environmental Knowledge Requiring Broadening: A Review. **Sustainability**, v. 14, n. 17, p. 10829, 30 ago. 2022.

ESTEPHAN, C. I. *et al.* Método não destrutivo pelo processo de cravação de tubos na instalação de novas redes. **Revista Monografias Ambientais**, v. 13, n. 4, p. 3756–3760, 26 nov. 2014.

MOHAMMADIUN, S. *et al.* Effects of bottleneck blockage on the resilience of an urban stormwater drainage system. **Hydrological Sciences Journal**, v. 65, n. 2, p. 281–295, 25 jan. 2020.

PAES, A. F. O saneamento básico como fator preponderante na saúde pública das comunidades. **RCMOS - Revista Científica Multidisciplinar O Saber**, v. 2, n. 2, p. 261–267, 22 jan. 2024.

SIEGEL, F. R. Sanitation 2050. *In: The Earth's Human Carrying Capacity*. Cham: Springer International Publishing, 2021. p. 109–115.

SINDIREPA. **Escala de Ringelmann**. Disponível em: <https://www.fiepr.org.br/sindicatos/sindirepatoledo/escala-de-ringelmann-1-11560-301452.shtml>. Acesso em: 10 maio. 2025.