

XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
IX Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
IX Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
VI Conferência Sul Americana de Engenheiros Geotécnicos Jovens
XI Congresso Luso Brasileiro de Geotecnia
23 a 26 de Agosto de 2022 – Campinas – SP



Implantação de Redes Subterrâneas, Qual Metodologia Adotar?

João Vitor Morgado Francisco de Paula

Eng.º Civil, UFRJ-Macaé, Rio de Janeiro, Brasil, joaov.morgado@poli.ufrj.br

Gustavo Vaz de Mello Guimarães, D.Sc.

Docente, UFRJ, Macaé, Brasil, gvmg@poli.ufrj.br

Lucas Marques Pires da Silva

Mestrando, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, lucas.silva@coc.ufrj.br

Beatriz Rohden Becker, M.Sc.

Docente, UFRJ, Macaé, Brasil, beatrizrbecker@gmail.com

RESUMO: A implantação de rede coletora de esgoto em grandes centros urbanos a partir das técnicas convencionais gera impactos sociais, ambientais e, por vezes, econômicos. A utilização do método destrutivo provoca interdições no trânsito, gera ruído, emissão de material particulado, além de oferecer maior risco à segurança dos trabalhadores, veículos e pedestres que circulam pelo local. Esses são alguns dos fatores que incentivaram, a partir do avanço tecnológico, o desenvolvimento de metodologias não destrutivas que apresentassem menor impacto social e ambiental. Hoje em dia, já existe uma ampla variedade de técnicas não destrutivas presentes no mercado e, neste contexto, o presente trabalho busca apresentar os métodos de escavação para implantação de redes subterrâneas disponíveis num estudo de caso em uma obra no bairro de Jacarepaguá, cidade do Rio de Janeiro. De modo a saber qual a solução construtiva mais adequada a ser empregada, um trecho considerado crítico foi utilizado como referência para a elaboração de critérios práticos de escolha para a implantação de uma nova rede coletora de esgoto.

PALAVRAS-CHAVE: Redes Subterrâneas, Método Destrutivo, Métodos Não-Destrutivos.

ABSTRACT: This research shows possible solutions in the installation of sewage collection in large urban centers, where some traditional activities are restricted because of the high-density population and structures. The use of the traditional destructive method can cause traffic jams, noises, large amounts of trash, and safety risks for the workers, vehicles, and pedestrians. These are some of the factors that have encouraged technological advances to develop trenchless technologies with less social and environmental impact. Nowadays, a wide variety of trenchless techniques can already be found. In this context, this work seeks to present the excavation methods for the implementation of available underground networks and perform an analysis on a real case located in Jacarepagua, Rio de Janeiro, a huge urban center in Brazil. In order to know the most suitable constructive solution to be used, a section considered critical was used as a reference for the elaboration of practical selection criteria for the implementation of a new sewage collection network.

KEYWORDS: Sewage Collection Network, Traditional Techniques, Trenchless Techniques.

1 Introdução

A preocupação com os impactos que uma obra pode causar em um grande centro urbano é cada vez mais uma realidade, além de ser uma necessidade. O Brasil possui muitos lugares que cresceram sem um planejamento adequado, ou seja, de forma desordenada e nestes locais ainda existem muitas necessidades básicas, principalmente relacionadas com obras de infraestrutura, como por exemplo: redes de abastecimento de água e redes coletoras de esgoto (BRASIL, 2020).

Os métodos tradicionalmente utilizados para instalação destas redes fazem uso de escavações com máquinas pesadas (e.g.: retroescavadeiras mecânicas ou hidráulicas). A questão a ser observada é que nos grandes centros urbanos o espaço reservado para o esquema logístico deste tipo de obra é muito reduzido.

Assim, novas tecnologias vêm sendo desenvolvidas, dentre elas destacam-se os métodos não destrutivos (ABRATT, 2006).

A comparação entre o método tradicional destrutivo (MD) e os métodos não-destrutivos (MNDs) para a instalação de redes subterrâneas não é trivial. Nesta comparação é muito importante que três aspectos sejam considerados simultaneamente: econômicos, sociais e ambientais. Naturalmente o MD apresenta tecnologias mais simples de serem empregadas quando comparadas aos MNDs. Por outro lado, ao considerar os possíveis transtornos causados durante uma obra de implantação de rede subterrânea, os MNDs realizam menores intervenções quando comparados ao convencional MD. Assim, os MNDs podem imprimir uma maior agilidade na execução dos serviços. Segundo Righi (2015), “de maneira geral, o MD ainda apresenta um custo de execução menor, porém os transtornos que ele causa, principalmente nos centros urbanos, têm inviabilizado o seu uso em detrimento dos MNDs”.

Segundo Campos (1996), na linguagem econômica o custo social expressa os sacrifícios impostos à sociedade para que o processo produtivo se concretize. A população é onerada pelo custo monetário da aquisição do produto em si enquanto bem de consumo, assim como pelos encargos decorrentes dos resíduos descartados para o meio (externalidades). De acordo com Dezotti (2008), entre os custos sociais podem ser mencionados aqueles relativos a: interrupção ao tráfego veicular, danos à rodovia e pavimento, danos às utilidades adjacentes, danos às estruturas adjacentes, barulho e vibração, segurança dos pedestres, perdas para negócios e comércios, danos às estradas utilizadas com desvios, segurança local e pública, insatisfação dos cidadãos e impactos ambientais.

Rodrigues *et al.* (2017) menciona que “a complexidade da situação atual se transformou em um grande obstáculo para a ampliação dos sistemas de saneamento, inclusive para atender a necessidade de universalização do setor, conforme reiterado pela Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB). Há, portanto, uma crescente demanda pela adoção de métodos alternativos de execução e assentamento de tubulações, que viabilizem a execução dessas redes em determinadas condições em que os métodos mais convencionais são menos aplicáveis”.

Uma ferramenta que auxiliasse nessa escolha seria muito importante para a assertividade de um projeto de engenharia. Nesse contexto, o presente trabalho propõe a criação de um critério prático de escolha para eleger qual método (MD versus MND) utilizar em determinados trechos de obras de implantação de redes subterrâneas. Este critério considera as características do local que devem ser levantadas durante o projeto básico da rede subterrânea.

2 Implantação de Redes Subterrâneas

Uma das etapas mais importantes e de maior impacto econômico, social e ambiental nas obras de implantação de redes subterrâneas é a escavação. Essa etapa compreende a remoção do solo para implantação/substituição/reabilitação da rede. Ressalta-se que este trabalho só aborda a parte referente à escavação para a implantação de novas redes coletoras de esgoto.

De uma forma geral, a escavação pode ser feita através de duas metodologias: da superfície natural do terreno até a cota especificada no projeto (com a abertura de vala), ou apenas ao longo do trajeto do tubo. A primeira metodologia está relacionada ao Método Destrutivo (MD), e a segunda aos Métodos Não Destrutivos (MNDs).

2.1 Método Destrutivo

O método destrutivo também pode ser classificado como método Convencional ou Tradicional, pois é largamente utilizado para instalação, substituição e reparo de redes subterrâneas. Sua execução envolve: serviços preliminares, retirada do pavimento (na maioria dos casos), serviços de escavação de vala ao longo de toda a extensão da rede, escoramento para suporte das paredes da vala, assentamento da tubulação, reaterro e compactação do material utilizado e, se necessário, reconstituição da pavimentação. (adaptado de NAJAFI; GOKHALE, 2004)

A NBR 12.266/1992 trata do projeto de valas para assentamento de tubulações de água, esgoto ou drenagem urbana, e dentre outras coisas, resume as condições ideais para locação das tubulações, conforme Tabela 1 (ABNT, 1992). Cabe lembrar que a rede de abastecimento de água deve sempre ser instalada, no mínimo, 20 cm acima da rede coletora de esgoto.

Tabela 1. Distâncias mínimas das redes em relação a sua localização, de acordo com a NBR 12.266/1992.

Localização	Distância horizontal entre redes
Via	1,0m
Passeio	0,6m
Divisa lote	0,5m (água) 0,8m (esgoto)

Em relação à largura adotada para a escavação, a NBR 14.486/2000 especifica que: (i) valas com até 1,50 m de profundidade a largura deverá ser de 0,60 m e (ii) valas com profundidades superiores a 1,50 m deverão ter largura de 0,80 m (ABNT, 2000).

Uma das vantagens do MD é que não existe limitação quanto ao tipo de material, diâmetro e comprimento do tubo que será assentado, tornando-o mais conhecido e difundido na área de saneamento e infraestrutura (água, esgoto, drenagem, gás e telecomunicações). A Figura 1 apresenta alguns equipamentos utilizados para escavação no método convencional, como pás, enxadões, picaretas, retroescavadeiras, escavadeiras hidráulicas, dentre outros.



Figura 1 – (a) Pá, enxada, picareta e cavadeiras; (b) valadora; (c) retroescavadeira; (d) escavadeira hidráulica, adaptado de Francisco de Paula, 2021.

2.2 Métodos Não Destrutivos

Segundo MATSUI E KOCHEN (2003), obras modestas são inviabilizadas devido ao alto custo social inerente aos atrasos e perturbações que ocasionam em milhares de pessoas, muitas vezes por longos períodos. Portanto, o método não destrutivo se tornou uma solução mais atraente, principalmente para construção de novas redes de esgotos, por minimizarem os impactos e oferecerem maior produtividade com menor risco técnico e econômico.

No Brasil, as principais instruções técnicas e informações sobre os métodos não destrutivos são apresentadas pela Associação Brasileira de Tecnologias Não Destrutivas (ABRATT), que é filiada ao ISTT (*The International Society for Trenchless Technology*).

Segundo a Sociedade Internacional de Tecnologias Não Destrutivas (ISTT), os MNDs podem ser considerados como: “uma família de métodos, materiais e equipamentos adequados para serem utilizados na instalação de redes novas ou substituição/reabilitação de infraestrutura subterrânea existente com o mínimo transtorno ao trânsito, comércio e outras atividades.” Já a Associação Brasileira de Tecnologias Não Destrutivas (ABRATT, 2006) classifica os MNDs como: “a ciência referente à instalação, reparação e reforma de tubos, dutos e cabos subterrâneos utilizando técnicas que minimizam ou eliminam a necessidade de escavações”.

Najafi (2016) apresenta uma classificação para os métodos não destrutivos divididas em dois grupos: métodos não destrutivos de implantação (MNDI) e métodos não destrutivos de renovação (MNDR). Neste mesmo trabalho, Najafi (2016) menciona que “o MNDI inclui todos os métodos para novas instalações de

serviços públicos e tubulações e o MNDR inclui todos os métodos para a renovação e/ou substituição de uma tubulação ou sistema de serviços públicos existente”.

Cabe ressaltar que este trabalho só aborda os MNDs referentes à instalação de novas redes subterrâneas, pois o estudo de caso apresentado se assemelha a esta hipótese. Assim, segundo a ABRATT (2006), a implantação de novas redes subterrâneas abrange os seguintes métodos: (i) perfuração por percussão; (ii) perfuração por cravação; (iii) perfuração horizontal direcional; (iv) cravação de tubos (*pipejacking*) e (v) micro-túneis. A Figura 2 apresenta os MNDs utilizados para a instalação de novas tubulações subterrâneas.



Figura 2 – MNDs utilizados para a instalação de novas tubulações subterrâneas: (a) perfuração por percussão – “mole”; (b) perfuração por cravação – “*pipe ramming*”; (c) perfuração horizontal direcional – “*HDD*”; (d) cravação de tubos – “*pipe jacking*” e (e) micro-túneis, adaptado de Francisco de Paula, 2021.

2.3 Proposta de Critério de Escolha entre MD e MND

Uma das fases de concepção de um projeto de instalação de redes subterrânea consiste na escolha da metodologia de escavação a se utilizar: MD ou MND. Nos projetos convencionais, a primeira providência a ser tomada, antes do início da execução da rede, segundo Rodrigues *et al.* (2017), é a identificação das possíveis interferências de outros sistemas já instalados. Fonseca *et al.* (2014) propõe um “*checklist*” para ser preenchido antes do início das obras de execução de redes coletoras de esgoto.

Seria de grande valia que um critério de escolha entre MD e MND fosse empregado após a elaboração do projeto básico, onde pelo menos a investigação geotécnica preliminar, composta por sondagens de simples reconhecimento, identificasse as características básicas do subsolo (areia, silte, argila ou rocha), além do nível d'água. Dessa forma, partindo do pressuposto que existe uma dificuldade inicial de decisão entre metodologias, este trabalho propõe um critério prático para a escolha entre as metodologias para instalação de redes subterrâneas de esgoto.

Cabe ressaltar que os critérios práticos, quando utilizados, devem ser aplicados de forma a abranger as características da região/trechos específicos e, para isto, seria interessante que profissionais experientes, além de conhecedores das técnicas locais, fossem consultados. Com isso, seria possível evitar transtornos após o início do processo executivo, que, certamente, geram custos não orçados no projeto inicial.

Com efeito, o critério que está sendo sugerido considera diversas particularidades da região onde haverá o assentamento da rede coletora, objeto do estudo de caso. Os pontos selecionados para serem investigados se relacionam a aspectos econômicos, sociais e ambientais essenciais para a execução de uma obra desse porte. Além disso, para embasar o preenchimento do critério, as seguintes perguntas devem ser feitas: A região é povoada? Pode ser considerado centro urbano? Existe transporte público no entorno? Qual é o tipo de pavimentação existente? Existem redes subterrâneas? Existe previsão de travessias? Existe nível d'água elevado? Qual a previsão da profundidade das redes a serem instaladas? Quais são as características do subsolo?

A Tabela 2 apresenta uma sugestão de critério prático de escolha entre MD e MND para a execução de redes subterrâneas, adaptada de Fonseca *et al.* (2014), realizado por Francisco de Paula (2021).



Tabela 2¹. Sugestão de critério de escolha entre MD e MND, Francisco de Paula, 2021.

Item	Características	Obra: Esgotamento Sanitário em Jacarépaguá - RJ		
		Trecho:		
		Responsável: Autor		
		Situação		OBSERVAÇÕES
		SIM	NÃO	
1	Região povoada	x		cerca de 25 mil habitantes
1.1	Casas		x	
1.2	Condomínios de casas		x	
1.3	Edifícios Residenciais		x	
1.4	Condomínio de prédios residenciais	x		cerca de 26 condomínios
1.5	Edifícios Comerciais/Empresariais	x		cerca de 12 Edifícios
1.6	Outros		x	
2	Centro urbano	x		
2.1	Lojas comerciais	x		2 centros comerciais
2.2	Shoppings centers		x	1 shopping de grande porte
2.3	Supermercados	x		2 supermercados
2.4	Casas de shows	x		1 Arena multiuso
2.5	Estádios	x		
2.6	Posto de combustível	x		1
2.7	Outros	x		rede de fast food, agências bancárias
3	Transporte público	x		
3.1	Ônibus	x		cerca de 6 paradas
3.2	BRT	x		2 estações
3.3	Metro		x	
3.4	Trem		x	
3.5	Outros	x		transporte alternativo e por app
4	Pavimentação	x		
4.1	Asfáltica	x		100% da pista
4.2	Pavers	x		35% do passeio
4.3	Concreto	x		60% do passeio
4.4	Outros	x		5% do passeio em grama
5	Redes Subterrâneas	x		
5.1	Água	x		PVC DN200 e ramal (passeio)
5.2	Esgoto	x		PVC DN150 (passeio)
5.3	Gás	x		PEAD DN150 (passeio)
5.4	Drenagem Pluvial	x		CA 600 (pista)
5.5	Rede Elétrica	x		Alta e Média Tensão (passeio e pista)
5.6	Telecomunicações	x		Fibra óptica e CET-Rio (passeio e pista)
5.7	Outros		x	
6	Travessias	x		
6.1	Ruas	x		Cruzamento Rua Jorge Faraj e Aroazes
6.2	Estradas/Avenidas	x		Estrada Pedro Correa
6.3	Rodovias		x	
6.4	Rios		x	
6.5	Ferrovias		x	
6.6	Portarias/Garagens	x		cerca de 40 portarias
6.7	Outros		x	
7	Previsão profundidade rede			
7.1	0m-2,5m	x		cerca de 60% (1.320 metros)
7.2	2,5m-6m	x		cerca de 40% (905 metros)
7.3	maior que 6m		x	
8	Nível D'água elevado	x		cerca de 2,0m
9	Característica do terreno			Predominantemente arenoso
9.1	Areia	x		
9.2	Silte	x		Silte arenoso
9.3	Argila	x		Argila arenosa
9.4	Rocha		x	Não foi encontrada

¹ A tabela contém os dados referentes ao estudo de caso da obra de implantação da rede de esgotamento sanitário em Jacarepaguá – RJ

3 Estudo de Caso: Implantação de Rede de Esgotamento Sanitário em Jacarepaguá – RJ

3.1 Caracterização do Local da Obra

A obra estudada está associada ao projeto de implantação de rede coletora de esgoto e sua execução no bairro de Jacarepaguá, na cidade do Rio de Janeiro. O trajeto percorre importantes vias de trânsito de veículos e pedestres, tais como a Avenida Embaixador Abelardo Bueno e a Rua Francisco de Paula. Vale mencionar que um dos trechos da obra está situado bem perto da Avenida Salvador Allende, importante via de conexão entre diversos bairros da região, e possui um tráfego de aproximadamente 97 mil veículos por dia (SINFRERJ, 2021). Na região da obra situada na Avenida Embaixador Abelardo Bueno encontram-se: o Parque Olímpico do Rio de Janeiro, o Centro Aquático Maria Lenk, a Jeunesse Arena, o Condomínio Rio 2, além do Supermercado Mundial. Esses empreendimentos possuem capacidade de movimentar milhares de pessoas diariamente. A Figura 3 apresenta um panorama geral da região do local da obra, com um detalhe do traçado da obra de instalação da rede subterrânea.



Figura 3 – Localização da obra de implantação da rede de esgotamento sanitário no bairro de Jacarepaguá (em amarelo), com destaque para grandes empreendimentos do entorno (em vermelho), adaptado de Google Earth, 2021.

3.2 O Projeto Original e o Trecho Escolhido como Crítico para Análise

A obra propõe a implantação, pelo Método Destrutivo, de quase 2,5 km de rede de esgotamento sanitário, passando pela Avenida Embaixador Abelardo Bueno e ruas Francisco de Paula, Jorge Faraj, Aroazes e Queiroz Junior. Os diâmetros das tubulações variam entre 150 mm e 400 mm, todos funcionando em regime de lâmina livre.

O trecho da rede escolhido como crítico e, portanto, para aplicação do critério de escolha entre MD e MND, está localizado na Avenida Embaixador Abelardo Bueno. Ainda, neste trecho, a rede foi projetada para ser executada majoritariamente no passeio, cerca de 340 metros de comprimento, dos quais 90 metros possui tubulação de PVC 300 mm de diâmetro e 250 metros com PVC 250 mm. A maior profundidade do trecho é de aproximadamente 3,66 metros e a menor de cerca de 2,80 metros, portanto uma profundidade média de 3,23 metros. A Figura 4a mostra uma vista aérea com detalhe do trecho crítico escolhido. Já a Figura 4b apresenta a vista desde a pista de veículos da Av. Embaixador Abelardo Bueno em direção a Av. Salvador Allende, altura do cruzamento com a rua Jorge Faraj, próximo à estação do BRT Parque Olímpico.



Figura 4.– Detalhe de localização do trecho crítico, adaptado de Google Earth, 2021.

A figura 5 apresenta algumas das interferências encontradas no trecho crítico durante diversas etapas do projeto executivo, tais como sondagens, escavações da rede e dos PVs etc. É importante frisar que essas interferências impossibilitaram a execução da rede no passeio e motivaram uma alteração no projeto inicial, com efeito, a mesma teve sua localização alterada, passando a ser executada na pista de rolamento.



Figura 5 – Exemplos de interferências encontradas no trecho considerado crítico, Francisco de Paula, 2021.

4 Aspectos Relevantes e Discussões

A deficiência do sistema de saneamento no Brasil é ainda um dos grandes desafios e que causa significativos impactos socioambientais e econômicos. Muitas cidades brasileiras crescem (ou cresceram) desordenadamente e, com isso, não possuem esgotamento sanitário adequado.

As tecnologias não destrutivas estão crescendo cada vez mais no mercado devido aos avanços tecnológicos que proporcionam uma modernização dos padrões convencionais. Acompanhado a esse fator, é extremamente importante padronizar os MNDs e criar um respaldo técnico para projetos de redes subterrâneas através da elaboração de normas (ou diretrizes) publicadas pelos órgãos competentes (p.ex.: ABNT).

Para verificação da metodologia ideal a ser utilizada na instalação de uma nova rede coletora de esgoto em um centro urbano, foi realizado um estudo de caso na obra localizada no bairro de Jacarepaguá, cidade do Rio de Janeiro. O projeto original foi elaborado e executado de acordo com os padrões convencionais, ou seja, com emprego do MD. Porém, para análise da viabilidade da adoção de outras metodologias neste trabalho, foi escolhido um trecho crítico do projeto para aplicação de um critério de escolha. A partir de algumas características especiais da região, da experiência dos engenheiros, das dificuldades durante a obra, da profundidade de instalação da rede, do nível d'água elevado, e do tráfego no local, foi possível concluir que o MD não seria recomendado para aquele trecho.

Neste sentido, pode-se dizer que a aplicação do critério de escolha, quando utilizado previamente, apresenta um bom desempenho quanto a auxiliar o Engenheiro na tomada de decisão pelo método ideal. Entretanto, para garantir maior confiabilidade no resultado encontrado, é necessário que o Engenheiro tenha grande experiência na área e conhecimento multidisciplinar de engenharia. É importante reafirmar a necessidade da presença do projetista em campo para observar a dinâmica e as características da região onde o projeto será implantado.

Ao final do trabalho entendeu-se que, com base na eficiência das técnicas construtivas, a solução mais vantajosa seria utilizar os diferentes métodos paralelamente em um mesmo projeto. Assim, nos trechos que

apresentam as características, tais como: baixas profundidades, pequenos diâmetros, regiões não pavimentadas e com poucas interferências; o critério indica utilização do MD, se este apresentar um baixo custo social. Já em regiões de centros urbanos, com grande circulação de veículos e pedestres, redes subterrâneas já existentes, profundidades elevadas e grandes diâmetros, o critério indica como solução mais favorável, devido ao alto custo social envolvido, o emprego de MND para implantação de novas redes subterrâneas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 12.266:1992 - Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana. Rio de Janeiro, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA NÃO DESTRUTIVA. ABRATT - Diretrizes dos métodos não destrutivos. São Paulo, 2006.
- CAMPOS, L. M. de S. Um estudo para definição e identificação dos custos da qualidade ambiental. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 1996.
- DEZOTTI M. C. Análise da utilização de métodos não-destrutivos como alternativa para redução dos custos sociais gerados pela instalação, manutenção e substituição de infra-estruturas urbanas subterrâneas. 231f. Dissertação (Mestrado Escola de Engenharia de São Carlos) - Setor de Engenharia Civil: Transportes, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.
- FONSECA, R. M. C. Práticas executivas de redes coletoras de esgoto sanitário. REEEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil, Vol. 9, N° 3, 61-29, 2014.
- FRANCISCO DE PAULA, J. V. M. Implantação de redes coletoras de esgoto – método destrutivo versus método não destrutivo: estudo de caso de uma obra de esgotamento sanitário em Jacarepaguá – R.J. 148 f. Trabalho final de curso, Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ/Macaé, 2021.
- MATSUI, M. M.; KOCHEN R. Mini e micro túneis com shield (tatzão) e revestimento em tubo cravado (slurry pipe jacking). Engenharia Túneis. 2003. Disponível em: http://geocompany.com.br/public/img/materias/6_-_Artigo7.pdf, acessado em 21/07/2021.
- NAJAFI, M. Tecnologia não destrutiva: Planejamento, equipamentos e métodos. 1º Ed. Arlington, Texas, EUA: Bookman, 2016. 567 p.
- NAFAJI, M; GOKHALE S. Trenchless Technology – Pipeline and utility design, construction and renew. 1.ed. United States of America: McGraw-Hill Companies, 2004.
- O GLOBO. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/rio/brt-do-parque-olimpico-fecha-estacao-de-integracao-por-superlotacao-198889>, acessado em 11/11/2021.
- RIGHI, R. B. S. Recuperação e implantação de redes subterrâneas pelo método não destrutivo – perfuração horizontal direcional. 2015. 64f. Dissertação (Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- RODRIGUES, P. S. Utilização de métodos não destrutivos – MND em obras de saneamento. Dissertação (Pós Graduação) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.
- SINFRERJ. Sindicato das Empresas de Transportes de Passageiros por Fretamento do Estado do Rio de Janeiro. Estatísticas de Volume de Tráfego. Disponível em: <https://www.sinfrerj.org.br/site/index.php/textos/pagina/152/Estatisticas-de-volume-de-traffic>, acessado em 28/07/2021