



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Escola de Engenharia**  
**Curso de Especialização em Construção Civil**

**Ivan Oliveira Afonso**

**ANÁLISE DO PROCESSO EXECUTIVO DA REDE DE  
INTERCEPTORES DE ESGOTO UTILIZANDO  
TUBULAÇÃO EM POLIETILENO DE ALTA  
DENSIDADE**

**Belo Horizonte,  
2020.**

**Ivan Oliveira Afonso**

**ANÁLISE DO PROCESSO EXECUTIVO DA REDE DE  
INTERCEPTORES DE ESGOTO UTILIZANDO  
TUBULAÇÃO EM POLIETILENO DE ALTA  
DENSIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Especialização no departamento de Engenharia de Materiais e Construção, da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

**Orientador: Sidnea Eliane Campos Ribeiro**

**Belo Horizonte,  
2020.**

A257a

Afonso, Ivan Oliveira.

Análise do processo executivo da rede de interceptores de esgoto utilizando tubulação em polietileno de alta densidade [recurso eletrônico] / Ivan Oliveira Afonso. - 2020.

1 recurso online (53 f. : il., color.) : pdf.

Orientadora: Sidnea Eliane Campos Ribeiro.

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG.

Bibliografia: f. 51-53.

Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Construção civil. 2. Polietileno. 3. Saneamento I. Ribeiro, Sidnéa Eliane Campos. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 69



## ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA

ALUNO: IVAN OLIVEIRA AFONSO

MATRÍCULA: 2018717990

### RESULTADO

Aos 16 dias do mês de dezembro de 2020 realizou-se a defesa da MONOGRAFIA de autoria do aluno acima mencionado sob o título:

“ANÁLISE DO PROCESSO EXECUTIVO DA REDE DE INTERCEPTORES DE ESGOTO UTILIZANDO TUBULAÇÃO EM POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE”

Após análise, concluiu-se pela alternativa assinalada abaixo:

**APROVADO**

**APROVADO COM CORREÇÕES**

**REPROVADO**

NOTA: 85

CONCEITO: B

**BANCA EXAMINADORA:**

Nome

Assinatura

Profª. Drª. Sidnea Eliane Campos Ribeiro

Nome

Assinatura

prof. Dr. Aldo Giuntini de Magalhães

O candidato faz jus ao grau de "ESPECIALISTA NA ÁREA DE "SUSTENTABILIDADE E GESTÃO DO AMBIENTE CONSTRUIDO"

Belo Horizonte, 16 de dezembro de 2020

Coordenador do Curso  
Prof. Antonio Neves  
de Carvalho Júnior  
Coordenador do Curso

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à Deus por todo apoio dedicado à mim, no qual me proporcionaram a oportunidade de chegar até aqui.

Agradecimento especial ao meu pai, mãe e irmã por estarem sempre me incentivando com seu amor incondicional, carinho e compreensão.

Agradeço também ao corpo docente da instituição, em especial à minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sidnea Eliane Campos Ribeiro pela dedicação e auxílio em todos os momentos.

## EPÍGRAFE

*“Deus quer, o homem sonha, a obra nasce.”  
(Fernando Pessoa)*

## RESUMO

Nota-se hoje que a construção civil encontra-se em constante desenvolvimento para promoção de novas tecnologias, onde visam otimizar a implementação e manutenção de diversos sistemas sanitários. A necessidade por inovação, tem o intuito de minimizar custos e prazos, obtendo resultados satisfatórios entre materiais e técnicas na área de saneamento e infraestrutura urbana. O pead tem sido bastante utilizado neste segmento, por ser amplamente conhecido por suas propriedades relacionadas a corrosão, resistência à desgastes e à abrasão, além de excelente tenacidade, ductilidade, flexibilidade e de seu custo relativamente baixo. Fatores que trazem como vantajoso seu uso quando se utilizado em sistemas de interceptores, e de redes de abastecimento água. Este estudo tem por objetivo a identificação das características do processo executivo da rede de interceptores de esgoto na cidade de Oliveira-MG. Com o propósito de verificar e acompanhar sua eficiência em todos os processos que envolvem a execução da rede utilizando a tubulação em PEAD; apontando seus atributos quanto sua praticidade, custos, aspectos construtivos e segurança em toda operação. Resultados que apontam na utilização dos tubos em PEAD como o mais indicado para execução destes serviços, por apresentar menor uso de mão obra, maior agilidade na execução, e economia em comparação aos tubos pré-fabricados, que ainda são comumente utilizados neste segmento. Fica evidente que o saneamento básico no Brasil, ainda é um tema delicado e que necessita de atenção e investimento para o desenvolvimento de novas tecnologias. Portanto através deste estudo, define-se que os tubos fabricados em polietileno de alta densidade trazem maior segurança, por apresentarem aspectos de maior garantia quanto a manutenções, vida útil da rede, instalação, vedação e produtividade de todo o sistema. Pâmetros que possibilitam maior celeridade nos processos de operação e segurança sobre a execução do serviço. Tornando os sistemas de rede de interceptores que utilizam tubos em pead mais eficientes do que os sistemas que ainda possuem os tubos pré-fabricados como principal condutor da rede.

**Palavras-chave:** Rede de interceptores. Saneamento básico. Polietileno de alta densidade. Tubos pre-fabricados.

## ABSTRACT

Today it is noted that civil construction is in constant development to promote new technologies, which aim to optimize the implementation and maintenance of various sanitary systems. The need for innovation aims to minimize costs and deadlines, obtaining satisfactory results among materials and techniques in the area of sanitation and urban infrastructure. The pipe has been widely used in this segment, for being widely known for its properties related to corrosion, wear and abrasion resistance, besides its excellent toughness, ductility, flexibility and its relatively low cost. These factors make its use advantageous when used in interception systems and water supply networks. This study aims to identify the characteristics of the executive process of the sewer interceptor network in the city of Oliveira-MG. With the purpose of verifying and following its efficiency in all processes involving the execution of the network using HDPE pipes, pointing out its attributes regarding its practicality, costs, constructive aspects and safety throughout the operation. Results that point to the use of HDPE pipes as the most suitable for the execution of these services, because it presents less use of manpower, greater agility in execution, and economy in comparison to prefabricated pipes, which are still commonly used in this segment. It is evident that basic sanitation in Brazil is still a delicate subject that needs attention and investment for the development of new technologies. Therefore, through this study, it is defined that the pipes made of high-density polyethylene bring greater safety, for presenting aspects of greater guarantee as to maintenance, useful life of the network, installation, sealing and productivity of the entire system. They allow for greater speed in the operation processes and safety over the execution of the service. Making the interceptor network systems that use pipe pipes more efficient than systems that still have prefabricated pipes as the main conductor of the network.

**Keywords:** Interceptor network. Basic sanitation. High density polyethylene. Prefabricated pipes.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Soldagem do tubo PEAD por extrusão.....	33
Figura 2: Fundação/Estabilização de fundo da vala.....	43
Figura 3: Execução de dreno com material granular Dn 0,01 m.....	44
Figura 4: Aplicação de lona para impermeabilização de vala.....	45
Figura 5: Assentamento do tubo PEAD.....	46

# SUMÁRIO

<b>Introdução .....</b>	<b>11</b>
<b>Capítulo 1: SANEAMENTO BÁSICO E INFRAESTRUTURA URBANA</b>	<b>14</b>
1.1 Importância do Saneamento Básico.....	15
1.2 Legislação do Saneamento Básico.....	17
1.2.1 Fiscalização e recursos para Infraestrutura urbana.....	18
1.3 Serviços que envolvem o Saneamento Básico.....	19
1.4 Rede de Interceptores.....	22
<b>Capítulo 2: POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE</b>	<b>26</b>
2.1 Características do Polietileno de Alta Densidade.....	28
2.1.1 Propriedades do Polietileno de Alta Densidade.....	30
2.1.2 Uso do tubo PEAD na rede de Interceptores.....	30
2.1.3 Desvantagens do tubo PEAD.....	34
2.2 Uso do tubo Pré-fabricado na rede de Interceptores.....	35
<b>Capítulo 3: METODOLOGIA APLICADA</b>	<b>39</b>
<b>Capítulo 4: EXECUÇÃO DA REDE DE INTERCEPTORES DE ESGOTO UTILIZANDO TUBOS EM POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE</b>	<b>41</b>
4.1. Escavação.....	42
4.2 Escoramento de vala.....	43
4.3 Estabilização e Drenagem da vala.....	44
4.4 Impermeabilização de vala.....	47
4.5 Assentamento da tubulação.....	47
<b>Considerações finais .....</b>	<b>50</b>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>53</b>

## INTRODUÇÃO

O saneamento básico pode ser compreendido como o controle e a manutenção de todos os meios físicos que possam afetar prejudicialmente a saúde da população. Portanto, em questões práticas a importância do saneamento básico está ligada à implantação de sistemas e modelos públicos que promovam a qualidade de vida.

É perceptível a busca crescente por materiais e processos cada vez mais eficazes e eficientes na indústria da construção civil, de um modo geral, na área de saneamento e infraestrutura urbana. A fim de atender esta demanda, a cada dia, aumenta a necessidade de investimentos em inovações tecnológicas com o intuito de melhorar os mecanismos de produção, e operação, bem como diminuir prazos e custos. Outro aspecto relevante, envolve as questões de segurança e durabilidade destes sistemas de esgotamento sanitário. Como no caso de tubos e materiais que são utilizados na execução de redes interceptoras de esgoto.

Os tubos pré-fabricados ainda são comumente utilizados em serviços de drenagem e escoamento urbano, redes coletoras e interceptoras de esgoto, e sistemas de obras de arte, como galerias e caixas de passagem para águas pluviais. As tubulações de transporte de esgoto doméstico e água pluvial, assim como qualquer outra estrutura, necessitam de manutenção preventiva, a fim de evitar o aparecimento de patologias tão comuns a esse meio. Os efeitos da deterioração do concreto nas citadas tubulações são basicamente causados por ataques químicos, físicos e biológicos, como a corrosão biogênica, o desgaste superficial e o ataque causado por sulfatos.

As estruturas de concreto desse sistema sofrem desgaste gradual pelo escoamento das águas, que normalmente possuem sedimentos sólidos e contaminações químicas oriundas de efluentes industriais. Além das patologias comuns, tão características do concreto, soma-se o fato de que o sistema utilizando tubos pré-fabricados são mais suscetíveis ao aparecimento das anomalias, havendo a necessidade realizar constantes manutenções preventivas, e corretivas do sistema.

No ramo do saneamento e infraestrutura, o polietileno de alta densidade polietileno de alta densidade pode ser uma solução interessante devido as suas propriedades relacionadas a resistência ao desgaste e à abrasão de produtos químicos, além de excelente tenacidade, ductilidade e flexibilidade. Seu custo é relativamente baixo quando se utilizado em sistemas de interceptores e de redes de abastecimento água.

O uso do polietileno de alta densidade como tubulação em sistemas de abastecimento e esgoto tem sido cada vez mais adotado, substituindo aos outros materiais tradicionalmente usados, como no caso dos tubos pré-fabricados. Portanto com a necessidade de aumentar o desempenho e eficiência destes sistemas, os tubos em polietileno de alta densidade apresentam maior praticidade neste segmento de esgotamento de redes sanitárias, como no caso da utilização destes tubos na execução de rede de interceptores de esgoto.

Os tubos em polietileno de alta densidade podem proporcionar instalações mais simples e rápidas, por serem leves e utilizarem menor número de mão de obra para seu manejo, como carga, transporte e assentamento. O polietileno de alta densidade, também conhecido como PEAD, apresenta alta resistência ao impacto, maior flexibilidade, baixa rugosidade, alta resistência à corrosão e a agentes químicos. Além disso o polietileno de alta densidade é caracterizado por sua excelente soldabilidade e atoxidade, possuindo longa vida útil, e excelentes características hidráulicas. Estes fatores que se destacam por serem mais vantajosos quando se comparado aos tubos pré-fabricados, que ainda são comumente utilizados nestes sistemas.

Logo, este estudo tem a finalidade de discutir o processo executivo da rede de Interceptores do sistema de esgotamento sanitário da cidade de Oliveira, MG, utilizando tubos fabricados em material de polietileno de alta densidade. Apontando através de estudos, e análises de execução sobre a versatilidade deste material, sua metodologia aplicada na operação e o seu desempenho quando utilizado para esta finalidade.

O presente estudo tem por objetivo geral identificar as características da execução da rede de interceptores utilizando tubos em polietileno de alta densidade. Para alcançar esse objetivo, definiu-se os seguintes específicos: analisar a praticidade de aplicação, custos, aspectos construtivos, assentamento e segurança na execução do sistema de esgotamento sanitário da cidade de Oliveira, Minas Gerais.

## **CAPÍTULO 1:**

### **SANEAMENTO BÁSICO E INFRAESTRUTURA URBANA**

De acordo com o site Trata Brasil (2019), saneamento é o conjunto de medidas que visam preservar ou modificar as condições do meio ambiente, com a finalidade de prevenir doenças e promover a saúde da população. Ter saneamento básico é um fator essencial para um país ser considerado desenvolvido. Os serviços de água tratada, coleta e tratamento dos esgotos levam à melhoria da qualidade de vidas das pessoas, sobretudo na saúde infantil com a redução de mortalidade. Outro fator importante, são as melhorias na educação, turismo, na valorização dos imóveis, despoluição dos rios e preservação dos recursos hídricos.

O processo de urbanização brasileira deu-se praticamente no século XX, as cidades eram vistas como a possibilidade de avanço e modernidade. Porém, junto com as cidades veio a desigualdade sócio-espacial, verificada mais nitidamente com a expansão das periferias urbanas, que por configurar regiões de pobreza expressam a segregação espacial e ambiental (MARICATO, 2003).

Mesmo no Brasil onde a grande maioria da população vive em centros urbanos, os serviços de saneamento básico, de responsabilidade pública, não são oferecidos amplamente nessas localidades, sobretudo nas periferias. Pereira (2003) cita que “entre os principais sistemas de infra-estrutura urbana estão os de saneamento básico, que são diretamente relacionados com a preservação do meio físico e com a saúde da população” (PEREIRA, 2003, p. 23). Segundo o autor, a implantação e operação dos sistemas de saneamento são formas de assegurar aquilo que está previsto na Constituição Federal do País de 1988, no capítulo primeiro “ Dos direitos e deveres individuais e coletivos”, que assegura no artigo 5º que “todos são iguais perante a lei, sem distinção de qualquer natureza”.

O artigo 225º completa:

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1988).

No Brasil, o saneamento básico é um direito assegurado pela Constituição, definido pela Lei do Saneamento Básico, lei nº. 11.445/2007(Brasil, 2007), como o conjunto dos serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana, manejos de resíduos sólidos e de águas pluviais. Conforme informações da revista SANEAS (ed. 56 – Ano XIII), somente no nosso continente, cerca de 100 milhões de pessoas são desprovidas de saneamento básico e as áreas rurais são as que mais sofrem com a falta de água e saneamento.

Logo, é possível afirmar que a interação entre os aspectos do meio físico, do meio biótico e os elementos socioeconômicos caminham junto com a qualidade ambiental, que necessita, entre outras questões, de técnicas e práticas de saneamento que envolva as diferentes esferas do governo e agentes sociais.

Portanto, para a professora Simone Cynamon (2019) em uma reportagem publicada pela Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio (EPSJV/Fiocruz), define que saneamento é basicamente o estudo do comportamento da sociedade quanto à produção e descarte de resíduos que causam algum tipo de agressão à saúde do ser humano. Onde são utilizadas ferramentas e elementos que proporcione qualidade de vida que minimizem os riscos à saúde. Cada um desses serviços tem peculiaridade própria e deve ser tratado dentro de tecnologias atualizadas compatíveis com o grau de desenvolvimento do município. “Independentemente do estágio socioeconômico, o zelo e cuidados pela boa funcionalidade desses sistemas indicam o estágio cultural, organizacional e de desenvolvimento de seus habitantes.” (CYNAMON, 2019). Com o crescimento da população é necessário a priorização das necessidades de saneamento básico das grandes metrópoles através de políticas públicas, conclui Cynamon, 2019.

## **1.1 Importância do Saneamento Básico**

De acordo com o EOS Organizações e Sistemas (2020), todos os serviços de saneamento tem ligação direta com a saúde. Estudos mostram que quanto maior o acesso ao saneamento, menor o índice de mortalidade infantil, menor a taxa de internações por doenças gastrointestinais e maior a longevidade da população.A

ONU (Organização das Nações Unidas) instituiu o ano de 2008 como o ano Internacional do Saneamento, já que os dados do PNUD (Programa das Nações Unidas Para o Desenvolvimento) confirmam que 41% da população mundial não tem acesso ao saneamento básico. Com o objetivo de promover um alerta mundial para essa situação, a Organização das Nações Unidas, promoveu uma sensibilização no intuito de acelerar o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM). Este fato acena para a gravidade do problema em âmbito mundial, e para o descaso em que vivem milhões de pessoas pela falta dos serviços básicos de saneamento.

No Brasil, foi criado dentro do Ministério das Cidades (2003), a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, tendo como missão “assegurar os direitos humanos fundamentais de acesso à água potável e à vida em ambiente salubre nas cidades e no campo, mediante a universalização do abastecimento de água e dos serviços de esgotamento sanitário, coleta e tratamento dos resíduos sólidos, drenagem urbana e controle de vetores reservatórios de doenças transmissíveis” (OTTARAN, 2007). Sendo assim, constata-se que há algumas iniciativas em âmbito nacional e internacional visando melhorias no setor.

Constata-se que a qualidade de vida depende da interação entre os aspectos do meio físico, do meio biótico e dos elementos socioeconômicos, e caminha junto com a qualidade ambiental, devendo haver um equilíbrio entre ambas, porque “a melhoria da qualidade de vida passa, necessariamente, pelo atendimento do contexto ambiental onde se insere uma determinada população” (SILVA, 2006).

Considera-se que “os problemas ambientais, são problemas eminentemente sociais, gerados e atravessados por um conjunto de processos sociais”, (LEFF, 2000). Tal colocação é complementada com o pensamento de Giddens (1990) onde diz que atualmente, o que é natural se confunde com o social. Assim sendo, os problemas ambientais configuram simultaneamente como problemas de saúde pública, já que as sociedades são afetadas em múltiplas escalas e dimensões. A palavra ambiente já não remete somente à idéia de natureza, é encarado como “produto social resultante da relação sociedade-natureza no processo de construção do espaço” (GALVÃO, 1992 apud FEU, 2007).

Os problemas ambientais podem ser encarados como todos aqueles que atingem negativamente a qualidade de vida das pessoas, a partir da sua interação com o ambiente (SOUZA, 2000). Dessa forma, conclui-se que as questões ambientais devem levar em consideração a forma como as sociedades se organizam no espaço. A qualidade de vida é uma abordagem de diversos campos disciplinares, mas sobre o prisma geográfico é considerada a partir da construção social e histórica do espaço: “Em uma perspectiva geográfica, o conceito de qualidade de vida e seu uso como instrumento à gestão do território (através de seus indicadores) permite a detecção de desigualdades espaciais que um determinado território apresenta, constituindo-se em uma base de diagnóstico e perspectiva útil aos processos de planejamento e formulação de políticas públicas para o desenvolvimento” (FEU, 2007, p. 2).

A população tem o direito não somente ao saneamento básico, mas principalmente ao saneamento ambiental que, conforme Kobiyama (2008), visa o aproveitamento do meio ambiente para obter um bom saneamento, pois possui alta potencialidade no alcance do desenvolvimento sustentável. Conclui-se que tanto os elementos ambientais quanto os socioeconômicos servem para qualificar a vida da população, Para Souza (2002), o desenvolvimento urbano, deve levar ao aumento da justiça social, o autor afirma que “a finalidade última do planejamento e da gestão é a superação de problemas, especialmente fatores de justiça social, e a melhoria da qualidade de vida” (p. 73).

Segundo o mesmo, se analisarmos do ponto de vista da habitação, veremos que a salubridade, no tocante à habitação é um indicador útil para avaliar a qualidade de vida. Logo, medidas coletivas de saneamento ambiental podem resultar em melhorias habitacionais, fundamentais para o equilíbrio da saúde humana. Trata-se de medidas sanitaristas que devem ser planejadas em parceria com a sociedade civil organizada.

## **1.2 Legislação do Saneamento Básico**

A Lei do Saneamento Básico, instaurada pelo nº 11.445 (BRASIL, 2007) foi aprovada depois de quase duas décadas marcadas pela ausência de regulamentação e ordenamento jurídico, e estabeleceu as diretrizes nacionais para o

saneamento básico, que passa a ser compreendido como o conjunto das ações de abastecimento de água (AA), esgotamento sanitário (ES), manejo dos resíduos sólidos (MRS) e manejo das águas pluviais (MAP).

A partir de 2007, os municípios brasileiros deparam-se com o novo desafio colocado pela Lei no 11.445, que trouxe uma nova organização para a gestão do setor de Saneamento Básico, assumindo-a não só como a prestação dos serviços mas também integrando-a ao planejamento, à regulação, à fiscalização e ao controle social. A Lei também definiu novas atribuições para os municípios, como titulares dos serviços, entre elas a implantação da política e a elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB).

A gestão dos serviços passa a englobar o conjunto das atividades de planejamento, prestação dos serviços, regulação e fiscalização, todas elas acompanhadas e submetidas à participação e ao controle social. Além disso, o saneamento passa a ser orientado pelos princípios da universalização, integralidade, intersetorialidade, adoção de tecnologias apropriadas, consideração das peculiaridades locais e regionais, eficiência e sustentabilidade econômica, transparência, segurança, qualidade e regularidade (BRASIL, 2007).

O plano municipal de saúde básica consiste em um dos principais instrumentos da política municipal, além de ser uma condição para a validade dos contratos de prestação dos serviços e um requisito para o acesso a recursos federais a partir de 2014 (BRASIL, 2007; BRASIL, 2010a). Em função disso, os municípios têm iniciado a implementação da Lei por meio da elaboração do plano (SILVA, 2012).

### **1.2.1 Fiscalização e recursos para Infraestrutura urbana**

A Fundação Nacional de Saúde (Funasa) é o órgão executivo do Ministério da Saúde, onde atua como uma instituição governamental na esfera federal. Tem por objetivo a responsabilidade em promover a inclusão social por meio de ações de saneamento para prevenção e controle de doenças. De acordo com a Fundação (2020), as ações de inclusão social, por meio da saúde são realizadas com a prevenção e controle de doenças e agravos ocasionados pela falta ou inadequação nas condições de saneamento básico em áreas de interesse especial.

Na área de engenharia de Saúde Pública, a Funasa possui experiência em ações de saneamento no país e atua com base em indicadores sanitários, epidemiológicos, ambientais e sociais. A Funasa tem atuação no desenvolvimento, planejamento e prevenção de doenças com controle de agravos, exercendo a liberação de verbas para a construção e ampliação de sistemas de infraestrutura urbana, agindo no abastecimento e captação de água e no esgotamento sanitário, além da implantação de melhorias sanitárias domiciliares.

Fazem parte das prioridades da Funasa, a promoção, o apoio técnico e financeiro ao controle de qualidade da água para consumo humano; o estímulo e financiamento de projetos de pesquisa em engenharia de saúde pública e saneamento; e o apoio técnico a estados e municípios para a execução de projetos de saneamento, passando por estratégias de cooperação técnica.

### **1.3 Serviços que envolvem o Saneamento Básico**

O saneamento pode ser compreendido em quatro grandes serviços que passam a ser imprescindíveis para o uso seguro dos recursos hídricos. Estes que são serviços compreendidos como conjunto de ações de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo dos resíduos sólidos e manejo das águas pluviais. A importância destes serviços está logo em seu nome, visto que a água potável é necessidade de todos os seres vivos. O acesso seguro à água potável é feito por meio do tratamento e distribuição disponibilizados por uma companhia de saneamento.

O baixo investimento em saneamento leva a população a criar meios locais para ter acesso a água e descarte da rede doméstica de esgoto. Esta que não é uma prática aconselhável e nem sempre é saudável. Pois se utilizam de poços artesianos ou diretamente de rios, por exemplo, que não possuem qualquer tipo de tratamento para purificação da água.

Um forte impasse no acesso à água potável e fornecimento do esgotamento sanitário são os locais de moradia irregulares, que inviabilizam obras de saneamento. A forma em que as casas são construídas não permitem que água encanada chegue até as residências, e tão pouco que o esgoto seja canalizado e destinado ao local correto para seu tratamento. As pessoas mais afetadas são as

que detêm menor poder aquisitivo, onde a grande maioria ocupam estas casas em locais desapropriados.

Os prejuízos sócio-ambientais causados pelo esgoto doméstico não coletado é uma realidade em vários países do mundo, e a ausência na coleta e tratamento do esgoto doméstico contribui para a contaminação do meio e para a proliferação de doenças, que interferem na qualidade de vida das pessoas. A degradação ambiental percebida na destruição de ecossistemas naturais, na poluição causada por indústrias, na contaminação dos recursos, entre outros, muitas das vezes, aparece associada aos problemas sociais, e os pobres das cidades são responsabilizados pela degradação do meio. Porém, são eles também que menos tem condições de se proteger dos efeitos negativos que derivam dos impactos ambientais, além de ganhar bem menos com as atividades geradoras dos impactos (SOUZA, 2007).

Os espaços não estão degradados simplesmente por usufruto de seus habitantes, mas também porque em grande parte há uma grande defasagem no recebimento de investimentos públicos em saneamento e equipamentos urbanos. Sendo assim, a preservação do meio ambiente, assim como a coleta do esgoto doméstico deve ser uma questão de parceria entre o Poder Público e a sociedade civil, promovendo seu desenvolvimento. Segundo Souza (2007), o desenvolvimento não é a expansão do tecido urbano, e não pode ser meramente econômico, e sim, sócioespacial, e esse desenvolvimento deve combinar uma melhora da economia com uma modernização tecnológica. “O desenvolvimento é, nos seus termos mais simples, um processo de mudança para melhor, um processo incessante de busca de mais justiça social e melhor qualidade de vida para o maior número possível de pessoas” (SOUZA, 2007. p. 100).

Conforme a Lei Número 11.445, (05/01/2007), que aborda como princípio a universalidade do acesso aos serviços de saneamento e a integralidade, no Artigo 3º determina que o saneamento básico baseia-se num conjunto de serviços de infraestrutura e instalações operacionais de:

a) abastecimento de água potável: constituído pelas atividades, infra-estruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição;

b) esgotamento sanitário: constituído pelas atividades, infra-estruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final

adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente;

c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: conjunto de atividades, infra-estruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas;

d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: conjunto de atividades, infra-estruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas; O saneamento básico pode ainda ser definido como o conjunto de serviços e ações com o objetivo de alcançar níveis crescentes de salubridade ambiental.

Como uma questão essencialmente de saúde pública, o acesso aos serviços de saneamento básico deve ser tratado como um direito do cidadão, fundamental para a melhoria de sua qualidade de vida. Com base na Lei número 11.445/2007, que estabelece as diretrizes nacionais para a política de saneamento, é possível constatar que existe um déficit na oferta desses equipamentos em todo o país, principalmente com relação ao esgotamento sanitário, considerado o mais precário e deficiente dos serviços pelos seus baixos índices e pela extensão da rede coletora.

De acordo com Maria da Piedade Morais, através do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), a partir dos dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (Pnad), do IBGE, no Brasil apenas 48% do esgoto é coletado, e somente 32% desse volume é tratado, a maioria dos resíduos é enterrado, ou lançado diretamente em rios, contaminando o solo e os corpos hídricos. Como uma questão essencialmente de saúde pública, o acesso aos serviços de saneamento básico deve ser tratado como um direito do cidadão, fundamental para a melhoria de sua qualidade de vida. A ausência de coleta e tratamento dos esgotos é um dos fatores que explicam a contaminação do meio ambiente (PEREIRA, 2003).

O esgoto é constituído por 99,9% de água e 0,1% de matéria sólida orgânica ou mineral, além de bactérias aeróbias. Suas características físicas (temperatura, sólidos totais, sólidos suspensos, sólidos sedimentáveis), químicas (pH, alcalinidade, teor de matéria orgânica, metais) e biológicas (bactérias, protozoários e vírus) variam de acordo com o padrão sócio-econômico dos moradores do local,

dependem também das condições climáticas, das características da rede coletora e do volume de consumo de água. É imprescindível que seja dada atenção a esse setor no planejamento urbano, principalmente em áreas em expansão, porque o esgoto sem tratamento facilita a disseminação e proliferação de doenças, interferindo na qualidade de vida da população.

Há muito tempo o homem já reconhece a importância do esgotamento sanitário, mas o sistema ainda é muito deficiente. De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB/IBGE, 2000) dos 9.848 distritos brasileiros, 42% tinham rede coletora de esgoto, porém, apenas 14% contavam com estações de tratamento e só 118 realizavam a desinfecção dos esgotos. Ou seja, na maioria dos lugares o esgoto é lançado diretamente na natureza, indo parar nos canais fluviais e nas redes de águas pluviais. Segundo os índices da Organização das Nações Unidas (ONU), 40% da população mundial não têm acesso aos serviços de coleta e tratamento de esgoto e à água potável. Isso significa que mais de 200 milhões de toneladas de esgoto são despejadas no meio ambiente anualmente sem a coleta e tratamento adequados.

No Brasil, conforme dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), a coleta atende cerca de 50,3% da população brasileira. Atualmente, mais de 100 milhões de brasileiros não têm acesso a este serviço básico. E mais de 3,5 milhões de pessoas despejam esgoto irregularmente mesmo tendo redes coletoras disponíveis.

Atualmente no Brasil os serviços de tratamento de esgotos são prestados por associações comunitárias, governos municipais, municípios assistidos pela Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), companhias estaduais de saneamento básico e empresas concessionárias privadas. Geralmente utilizam tecnologias convencionais que seguem o modelo dos países desenvolvidos, utilizam pouca mão-de-obra e baixa participação social, que não seria o ideal para a maioria dos municípios brasileiros.

#### **1.4 Rede de Interceptores**

O interceptor é uma canalização, onde faz parte integrante do sistema de esgotamento sanitário, que recolhe contribuições de uma série de coletores

primários (rede coletora) diretamente ao longo do seu comprimento, não recebendo ligações prediais diretas, conduzindo os esgotos até uma estação de tratamento de tratamento de esgotos de modo a evitar que desaguem em uma área a proteger, por exemplo, uma praia, um lago, um rio, etc. Os interceptores são canalizações destinadas a interceptar e receber o fluxo de esgoto dos coletores ao longo do seu comprimento (ECIVIL, 2018).

Conforme Pires (2018), “rede interceptora de esgoto é um componente do sistema sanitário que ajuda a controlar o fluxo que recebe das linhas principais, onde o direciona para a estação de tratamento de águas residuais, denominada Estação de Tratamento e Esgoto (ETE)”.

O projeto hidráulico sanitário de uma rede interceptora é feito conforme a norma técnica ABNT NBR 12207:1992 (ABNT, 1992), onde fica fixado as condições exigíveis para elaboração de projeto hidráulico sanitário de interceptores sanitários, onde é observada a regulamentação específica das entidades responsáveis pelo planejamento e desenvolvimento do sistema de esgoto sanitário (ALEM SOBRINHO; TSUTIYA, 2000).

Redes de interceptores de esgoto, são instaladas para conduzir toda a contribuição através de gravidade e, às vezes, estações de bombeamento para mover as águas residuais para tubos e componentes do sistema cada vez maiores. Em função de maiores vazões transportadas, e recebidas das redes secundárias, os diâmetros dos interceptores são normalmente maiores do que da rede coletora. Os interceptores ainda tem a função de amortecer a vazão proveniente dos coletores. A rede de coletores secundários recebem diretamente as ligações prediais e os coletores tronco ou coletores primários, que por sua vez, tem a finalidade de conduzir o esgoto a um emissário ou a um interceptor. O sistema de esgotamento sanitário possui órgãos complementares, onde fazem parte Poços de Visita (PV), Estações elevatórias, extravasores e outros dispositivos ou instalações permanentes incorporados ao interceptor.

“Depois do uso da água, seja no banho, na limpeza de roupas, de louças ou na descarga do vaso sanitário, o esgoto começa a ser formado. O volume vindo das residências, são caracterizados como esgoto doméstico, e os formados em fábricas recebem o nome de esgotos industriais” (SABESP 2020).

Esta diferenciação é importante para que seja adotado o tipo de tratamento específico para cada sistema residual. A Sabesp destaca que o esgoto não tratado contém vários transmissores de doenças, micro-organismos, resíduos tóxicos e nutrientes que provocam o crescimento de outros tipos de bactérias, vírus ou fungos. Os sistemas de coleta e tratamento de esgotos são importantes para a saúde pública, porque evitam a contaminação e transmissão de doenças, além de preservar o meio ambiente. São responsáveis pelo transporte dos esgotos gerados na sua sub-bacia, evitando que sejam lançados diretamente na água, conduzindo-os para estações de tratamento.

“A concepção dos interceptores está sujeita ao projeto de toda a rede coletora. É preciso ser feito um levantamento topográfico com curvas de nível de metro em metro, além da listagem de interferências, acidentes e obstáculos, tanto superficiais como subterrâneos na faixa em que o interceptor vai ser provavelmente executado. Devem ser feitas, ainda, sondagens do terreno e dos níveis do lençol freático. (MOURÃO, 2019 apud Revista AD Normas 2019)

Para cada trecho do interceptor, devem ser estimadas as vazões inicial e final. Para a avaliação das vazões do trecho final do interceptor, pode ser considerada a defasagem das vazões das redes afluentes a montante – mediante a composição dos respectivos hidrogramas com as vazões dos trechos imediatamente anteriores, ABNT NBR 12.207:2016 (ABNT, 2016). O escoamento, assim como em outros tubos da rede, é normalmente feito pela ação da gravidade.

O traçado do interceptor deve ter trechos retos em planta e em perfil. Se for necessário, podem ser usados trechos curvos em planta. O ângulo máximo de deflexão em planta entre trechos adjacentes deve ser de 30°. Ângulos maiores devem ser justificados técnica e economicamente. Para o dimensionamento hidráulico de um interceptor, seu regime de escoamento pode ser considerado permanente e uniforme. Cada trecho do interceptor deve ser dimensionado para conter a vazão final (ALVES, 2019).

O relatório de apresentação do projeto de um interceptor deve contar com esses pontos: apreciação comparativa em relação às diretrizes da concepção básica; memória da avaliação de vazões, do dimensionamento e da análise de funcionamento; memória do dimensionamento dos órgãos complementares;

aspectos construtivos; especificações de materiais, serviços e equipamentos; orçamentos; aspectos de operação e manutenção; e desenhos. Os efeitos de agitação excessiva devem ser sempre evitados, não sendo permitidos degraus e alargamentos bruscos; quando necessário, devem ser projetados dispositivos especiais de dissipação de energia e estudadas a formação de sulfetos, suas consequências, medidas de proteção do condutor e a utilização de materiais resistentes à sua ação.

## **CAPÍTULO 2:**

### **POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE**

A indústria química passa continuamente por processos de modernização, gerando com isso instalações com novas tecnologias, o que inclui novos materiais. Por isso, cresce o número de empresas interessadas em investir em pesquisas e melhorias dos mesmos, principalmente os que são ditos como não convencionais. Devido sua eficiência em sistemas de abastecimento, os polímeros, de uma maneira geral vêm ganhando um espaço considerável nas indústrias como alternativa para construção de tubulações (CARVALHO, 2014 e TELLES, 2003).

“Os polímeros podem ser divididos em duas grandes classes, os termoplásticos, que quando aquecidos amolecem e se comportam como líquidos viscosos antes de fundir totalmente, e os termofixos que se decompõem ou queimam em vez de fundir quando aquecidos. Como exemplo de materiais termoplásticos tem o Polietileno (PE), Polipropileno (PP) e o Cloreto de Polivinil (PVC)” (CASTRO; MEGGIOLARO, 2009, p.11).

Dentre os principais materiais plásticos utilizados em tubulações está o PEAD, este tem excelente resistência aos ácidos minerais, aos álcalis e aos sais, elevada resistência ao impacto, imune à corrosão galvânica e química, impermeável e atóxico, conforme colocação de Carvalho, e Danielle (2014).

O Polietileno de alta massa específica, conhecido como Polietileno de alta densidade é primariamente um polímero linear. Visto que polímeros lineares são aqueles nos quais as unidades repetidas estão unidas entre si pelas suas extremidades em uma única cadeia. Contudo, nos polímeros lineares podem existir grandes quantidades de ligações de Van der Waals e de hidrogênio entre as cadeias (CALLISTER, 2012).

Este material apresenta versatilidade em seu segmento, comparado aos outros materiais utilizados para a mesma função. Sua capacidade econômica em prol da execução do serviço, não refutando em desperdícios, técnicas utilizadas na execução, questões ambientais e sociais de emprego tem sido cada vez mais um diferencial deste produto. Sendo assim, atende a norma que estabelece parâmetros

de desempenho para tubulação em Polietileno de Alta Densidade (PEAD) para redes de interceptores é a NBR 21138:2016 (ABNT, 2016), que entrou em vigor em maio de 2016. Esta legislação avalia:

“Sistemas de tubulações plásticas para drenagem e esgoto subterrâneos não pressurizados — Sistemas de tubos com paredes estruturadas de policloreto de vinila não plastificado (PVC-U), polipropileno (PP) e polietileno (PE) .Parte 1: Especificações de materiais e critérios de desempenho para tubos, conexões e sistemas.”(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2016, p. 19)

Considerado quimicamente inerte, o polietileno é o polímero mais simples encontrado. Danieletto (2007) cita que o PEAD é fabricado da polimerização, através de uma reação química dando origem aos polímeros, processo no qual é utiliza-se dos gases eteno e o propileno, respectivamente, na presença de catalisadores, fazendo com que as substâncias acelerem as reações sendo expostas à determinadas condições de temperatura e pressão.

Os termoplásticos amolecem, e eventualmente se liquefazem, quando são aquecidos e endurecem quando resfriados. Estes processos são totalmente reversíveis e podem ser repetidos. São exemplos de polímeros termoplásticos o Polietileno, Polipropileno e o Cloreto de Polivinila. Já os termofixos são polímeros em rede, eles se tornam permanentemente duros durante a sua formação e não amolecem com um aquecimento subsequente. Todavia, os polímeros termofixos são, em geral, mais duros e resistentes do que os termoplásticos e possuem melhor estabilidade dimensional (CALLISTER, 2012).

No aspecto de resistência, a tubulação em PEAD, não apresenta como a maioria dos materiais na construção civil, baseado na lei de Hook. Devido a sua deformação não ser proporcional ao esforço, independentemente sobre o tempo de duração, nem da aplicação da carga.O Polietileno de Alta Densidade apresenta uma diminuição da resistência conforme o tempo, portanto a escolha da tensão de projeto a ser adotada no material passa a ser em função da vida útil desejada, cita Danieletto (2007).

## 2.1 Características do Polietileno de Alta Densidade

O PEAD possui macromoléculas com estrutura linear com poucas ramificações curtas, grau de cristalização de 60 a 80%. Densidade de 0.941 a 0.965 g cm<sup>3</sup> (Polietileno de Alto Peso Molecular), que apresenta alta resistência à abrasão e baixíssimo coeficiente de atrito. Os graus de polietileno de maior densidade são mais rijos e com limites mais altos de temperatura de serviço, entretanto, a temperatura mínima é de -50 °C, e o coeficiente de atrito é muito baixo (TELLES, 2003).

O Polietileno de Alta Densidade (PEAD), é considerado um termoplástico por apresentar características de alta viscosidade, deformação e soldabilidade.

“Além de possuir alta resistência ao impacto mesmo em baixas temperaturas, sendo resistente à agentes químicos. Fator que o diversifica sobre os demais produtos, que são utilizados na implantação de redes de interceptores de esgoto. (PEREIRA, p. 71)

Tendo um custo benefício maior que as manilhas armadas de concreto, utilizadas também para o mesmo segmento, de interceptores de esgoto. Referindo-se sobre a estrutura molecular dos plásticos, segundo Correia (2007) são constituídos por átomos de carbono em que

“As cadeias de átomos de carbono apresentam ramificações ou cadeias laterais, em maior ou menor quantidade. O grau de ramificações e o comprimento dessas cadeias laterais exercem considerável influência sobre as características do material, por constituírem um obstáculo à formação dos cristais.” (CORREIA, 2007, p. 29).

Os Polietilenos têm ampla faixa de resistência química, sendo praticamente inertes ao contato com a atmosfera, águas e solo de quaisquer naturezas e, também, com muitos meios altamente corrosivos, tais como sais minerais diluídos (exceto sais oxidantes), bases fortes, soluções salinas, dentre outros. São atacados por solventes e outros produtos orgânicos, bem como pelos raios ultravioletas da luz solar, por este motivo é que se adiciona negro de fumo na 23 composição do polietileno, a fim de que melhore suas propriedades quando o mesmo trabalha exposto aos raios UV, relata Telles (2003).

O material específico Etileno presente no Polietileno de Alta Densidade (PEAD), deve ser polimerizado a baixas pressões e basicamente por dois tipos de processo: o processo ZIEGLE E PHILIPS . No processo ZIEGLE a polimerização é feita com pressão de 3 a 4 bar, com temperatura determinada entre 50°C e 75°C, já no processo PHILIPS a pressão é da ordem de 30 a 40 bar com temperatura entre 120°C e 175°C , pondera Danieletto (2007).

Danieletto (2007) reitera que o polietileno tende a se cristalizar quando resfriado. Sendo a cristalização dos polímeros de maneira única e exclusiva da quantidade de ramificações presentes na macromolécula. Obtendo os resultados do produto apresentar características mais cristalinas e com maior densidade, rigidez, maciez e flexibilidade na proporção conforme seu número de ramificações.

“A estrutura de cada polímero tem influência direta sobre a sua densidade e suas propriedades mecânicas. Ramificações longas, como as presentes no polietileno de baixa densidade, por exemplo, aumentam a resistência ao impacto, diminuem a densidade e facilitam o processamento, enquanto que as ramificações curtas, presentes no polietileno linear de baixa densidade, aumentam a cristalinidade e a resistência à tração em relação ao polietileno de baixa densidade (obtido via radicais livres). As principais aplicações, assim como o tipo de processamento usado para cada tipo de polietileno, são apresentadas neste estudo. Por último, é feita uma comparação entre catalisadores Ziegler-Natta e catalisadores metal ocênicos. O polietileno produzido por catalisador metal ocênico apresenta uma estreita distribuição de peso molecular e uma distribuição mais uniforme de monômeros incorporados às cadeias poliméricas do que o polietileno produzido por catalisadores Ziegler-Natta. Essas características propiciam uma melhora na resistência à tração do produto final.” (COUTINHO, 2003 P.1)

Conforme citação da Associação Brasileira de Polímeros (2010), a construção civil consome cerca de 15% dos produtos em PEAD, para aplicação em diversos segmentos da área. O PEAD vem sendo usado cada vez mais na construção civil, como substituição de materiais comumente encontrados de maneira convencional, devido as suas propriedades e por sua resistência.

Segundo Cintra (2011), os plásticos feitos de polímeros artificiais apresentam várias vantagens no que diz respeito à durabilidade, resistência e baixo custo de produção. Eles são praticamente inertes, impermeáveis, podem ser moldados a

baixas temperaturas e são flexíveis e rijos o bastante a ponto de resistirem a impactos. Entretanto, referindo-se aos impactos ambientais, os materiais fabricados com polímeros de alta densidade mostram-se desvantajosos por sua grande maioria apresentarem propriedades que não são biodegradáveis. Ou seja, eles não são decompostos por microrganismos, como fungos e bactérias. Isso significa que mesmo depois de descartados, os plásticos tendem a continuar por anos conservando suas propriedades físicas no meio ambiente. Dessa forma, a incineração e ou reciclagem passam a ser maneiras coerentes para reutilização deste material, sendo a reciclagem a forma correta e mais indicada para este caso.

### **2.1.1 Propriedades do Polietileno de Alta Densidade**

O *Plastics Pipe Institute* (2010), salienta que “ o PEAD é um material que oferece um vasto campo de propriedades na qual podem ser utilizadas afim de melhorar o desempenho de determinadas características em prol da engenharia.” O Polietileno de Alta Densidade (PEAD) possui diversas propriedades em sua consistência. Como característica do material, a reologia é uma das propriedades na qual é reconhecida pelas normas específicas da ASTM para PEAD.

Portanto, segundo Callister (2010), referente a sua condução térmica o PEAD é característico por possuir cerca de um centésimo a mais em relação ao cobre e ferro. Os elementos metálicos apresentam melhor condutibilidade elétrica, devido a sua estrutura atômica e cristalina disponibilizarem mais elétrons livres para participar do processo de condução. O PEAD tem baixa condução elétrica, impedindo que as cargas eletro-estáticas dissipem-se facilmente.

“A propriedade dos plásticos de serem bons isolantes fazem com que haja o acúmulo de carga estática através do atrito. Lembrando que as fontes de fricção podem ser pelo manuseio, carregamento ou instalação.” (GORN, Antônio 2003, fl. 1)

### **2.1.2 Uso do tubo PEAD na rede de Interceptores**

Uma das vantagens da tubulação em Polietileno de Alta Densidade (PEAD), é por ter a parte interna do tubo lisa, facilitando o transporte de materiais com diversas formas granulométricas, diminuindo o coeficiente de atrito do material em transporte

sobre o tubo. Por possuir resistência às desgastes, suas propriedades elásticas permitem que as partículas não infiltrem no material, não comprometendo sua estrutura. Esta característica juntamente com a resistência dos polietilenos ocasionando prolongamento da vida útil do material em si, sendo superior aos demais materiais utilizados para rede de interceptores, como é o uso de tubos em concreto armado, e tubos metálicos, relata Pereira (2011).

Outro fator importante é a resistência química aplicada ao PEAD. O efeito entre este material com os fluídos presentes em sua superfície interna depende de vários fatores, entre eles sobre o efeito químico e físico da sua concentração, temperatura de operação, tempo de contato e tensão de operação.

“Por possuir baixa condutibilidade elétrica, o Polietileno de Alta Densidade (PEAD), portanto, é imune à corrosão eletrolítica, fator ocasionado pelo contato direto e constante com sais, ácidos e álcalis. Sendo assim, agentes oxidantes podem atacar as moléculas do material diretamente e levar a um grau de deterioração das propriedades. Alguns produtos orgânicos, químicos através do processo de solvatação podem ser gradualmente absorvidos pelo polietileno. A solvatação é ocasionado pela dissolução em que íons negativos e positivos ficam envoltos por moléculas de solvente, resultando na diminuição da resistência em longo prazo, fator no qual é ligado ao processo de configuração química do material orgânico.”  
(CALLISTER, Plastic Pipe Instituto, 2010, Ed. 2 fl. 1)

Por ter maior resistência à corrosão, além de ser imune à reações galvânicas e eletromecânicas, o polietileno pode ser aplicado de forma segura nos solos ou efluentes que apresentem variações de pH de 1,5 a 14. O PEAD possui uma vida útil mínima de 50 anos, e esperada de 75 anos. Portanto a permeabilidade do Polietileno, apresenta baixo índice de permeabilidade de fluidos, até mesmo à vapores de água e outros. Como uma regra geral, o vapor da água apresenta moléculas de maiores que as do polietileno, por isso a baixa permeabilidade (PPI, 2010).

Santos (2011), relata que outros fatores podem afetar a permeabilidade do material, é a “ diferença entre a concentração ou na pressão parcial do permeável entre os dois lados de uma membrana, também pela espessura da membrana, por sua temperatura levando em consideração sua área total de contato”. Os polímeros que tem sua superfície de contato continuamente exposta a radiação dos raios

ultravioletas (UV), apresentam maiores chances de deteriorarem gradualmente. Os ataques biológicos, ocasionados por microorganismos como bactéria e fungo, são inertes em componentes de plásticos devido ao material apresentar propriedades bastante resistentes.

O Polietileno de Alta Densidade (PEAD) vem se tornando cada vez mais comum na utilidade em conexões e tubulações na construção civil. Por ser um material com maior facilidade em mobilidade, seu mercado vem crescendo cada vez mais com o passar do tempo, no que se refere à substituição das tubulações de redes de água e esgoto construídas no passado em manilhas de concreto armado.

Dentre as vantagens de utilização de tubos em PEAD na rede de interceptores de esgoto, pode-se citar a leveza do material, flexibilidade e fácil manuseio, assentamento em menor tempo, melhoria na qualidade do serviço final permitindo reduções refletidas nos custos e tempo de execução comparando com outros materiais utilizados com mesmos fins. A performance de instalação é excelente, devido ao produto unir leveza, resistência e aliando a uma melhor trabalhabilidade com material já assentado.

Com alto desempenho na condução dos fluidos, resolve problemas nos grandes centros urbanos, e obras com dificuldades de desemboque. Em suas aplicações além de utilizado nas redes de interceptores, pode-se citar a utilização dos tubos em drenagens pluviais, barragens e diques, campos e pistas esportivas, obras de contenção, parques, rodovias, valas de absorção, pátios drenagem subterrânea, aterros, ferrovias e subsolos.

Para utilização da tubulação em Polietileno de Alta Densidade (PEAD) em redes de interceptores de esgoto, o tubo é fornecido em barra de 6 metros, diminuindo a necessidade de emendas, tendo maior resistência ao impacto, reduzindo perdas por quebras e menor custo de instalação. Por ser 100% estanque, o PEAD tem maior resistência química em relação a manilha de concreto, usadas no mesmo segmento na função de redes interceptores de esgoto. Com menor suscetibilidade à abrasão o PEAD tem alta eficiência hidráulica, segurança e economia na instalação.

A ductibilidade do PEAD, é um fator que impulsiona na utilização da tubulação em redes de interceptores de esgoto, por apresentar uma capacidade de deformação do material em resposta a tensão sem ocorrer eventual fratura, ou até

mesmo em sua ruptura. Em sua fabricação o PEAD pode ser liso ou corrugado, uma vez que, sua resistência mecânica é intensificada pelo exterior corrugado, aumentando em sua força estrutural. Devido a capacidade de condução da tubulação ser inversamente proporcional à sua rugosidade interna, o baixo índice de rugosidade do interior dos tubos PEAD aumenta sua eficiência hidráulica ao conduzir água e fluidos à base d'água. Sendo esta, chamada de fricção, em oposição, da superfície do tubo ao fluxo do líquido. O índice que indica a velocidade d'água em canais e tubulações é o coeficiente de *Manning*. O PEAD apresenta um coeficiente de *Manning* igual à 0,010, sendo o *Manning* do concreto 0,013. Neste caso, possibilitando a aplicação até mesmo em baixas declividades e também a redução do diâmetro de galerias previamente tratadas com produtos de rugosidade maior.

O Polietileno utilizado em redes de interceptores de esgoto é fornecido em barras de 6 metros, assentando em menor tempo e em grande extensão comparado a outros tubos do mesmo segmento. Desenvolvido para resistir aos esforços mecânicos e ao ataque dos agentes químicos encontrados nos líquidos captados ou do entorno tendo contato direto com o solo. Aplicado para condução de grande volume de água ou esgoto.

O PEAD possui maior facilidade de adequação, sendo fácil de cortar em tamanhos ideais conforme projeto, e não tendo a necessidade de chanfrar nas junções, ou vedar suas conexões por já possuir o sistema de ponta e bolsa, que quando batidos vedam automaticamente. Segundo Santos (2011), "os tubos em PEAD são 50% a 75% mais leves em comparação com os tubos de representando cerca de um décimo do peso dos tubos de concreto armado." Paulo Eduardo Santos, da Embasa, descreve como é feita uma instalação típica de um sistema de tubulação PEAD.

"É uma tubulação fácil de ser manuseada. Após escavação da vala, assenta-se os tubos. Eles são unidos um ao outro pela ponta e bolsa, ou seja, pela junção de ambas. Sendo esse processo de vedação, impedindo que qualquer líquido vaze ou infiltre." (SANTOS, Infraestrutura Urbana, Edição 2, Abril/2011).

"O PEAD é um material muito prático, leve para se trabalhar, de fácil manuseio, e que agiliza bastante a execução das obras", completa Santos (2011).

### 2.1.3 Desvantagens do tubo PEAD

Apesar das inúmeras vantagens associadas com os tubos de polietileno, a tubulação em PEAD, não é resistente à oxidação de ácidos, cetonas e hidrocarbonetos clorados, de acordo com Manufacturers Monthly (2016).

Entretanto, as desvantagens são: elevadas espessuras de parede, menores pressões de serviço quando sujeitas temperaturas mais elevadas, não colável, não aceita pintura, e possui baixa resistência aos raios ultravioletas (UV). Esta última desvantagem é um dos fatores pelo qual não utilizaremos este produto no estudo de caso, visto que as tubulações aqui estudadas são aéreas (PEREIRA, 2011 apud DANIELETTO, 2014).

Dentre as desvantagens estão à dificuldade de desmontagem da tubulação, necessidade de mão de obra especializada para sua execução, além do fato da operação de soldagem ser um “trabalho a quente”, o que requer cuidados especiais de segurança em ambientes com combustíveis, inflamáveis ou explosivos (TELLES, 2001).

Na Figura 1 mostra-se como é realizado o processo de soldagem da tubulação em polietileno de alta densidade, utilizando a extrusão. O processo de solda por extrusão em materiais plásticos consiste em um aquecedor que sopra ar quente para o material plástico. Este é um processo de soldagem no qual as conexões de tubos recebem o aquecimento por meio de placa de temperatura precisamente controlada de maneira que o resultado tenha maior vedação em suas junções montante e justante da tubulação.

A extrusão é um processo onde o tubo montante é conectado ao tubo jusante a matriz conformadora, conforme apresentado na Figura 1. A parte ainda não extrusada fica contida num recipiente ou cilindro. Neste caso apresentado, a extrusão é feita a quente, entretando há a possibilidade de realiza-la a frio, dependendo da ductilidade do material.



**Figura 1:** Soldagem do tubo PEAD por extrusão.

**Fonte:** Arquivo Pessoal

Na Figura 1, apresenta-se a tubulação em processo de soldagem pertencente a da rede de interceptores diâmetro 200 mm, do córrego Maracanã 1º Trecho do sistema de esgotamento sanitário de Oliveira, Minas Gerais.

## **2.2 Uso do tubo Pré-fabricado na rede de Interceptores**

Pelo grande uso do concreto em todo o mundo, Maia (2012) cita que fica evidente a necessidade de um cuidado maior com a durabilidade deste material. Torná-lo mais durável significa confeccioná-lo menos susceptível ao desgaste, conferindo assim, melhor desempenho às estruturas, por um período de tempo maior. Hoje já pode-se constatar que estruturas que possuem acompanhamento e manutenção constantes, são mais duráveis e menos dispendiosas que aquelas que não os tem. Portanto, fica evidente que substituindo os gastos com reparos e reconstruções, por gastos com manutenção, é possível obter um considerável aumento da vida útil do sistema, relata Maia (2012).

As tubulações de transporte de esgoto doméstico e água pluvial, assim como qualquer outra estrutura, necessitam de manutenção preventiva, a fim de evitar o aparecimento de patologias tão comuns a esse meio. Os efeitos da deterioração do concreto nas citadas tubulações são basicamente causados por ataques químicos,

físicos e biológicos, como a corrosão biogênica, o desgaste superficial e o ataque causado por sulfatos. Entretanto existem formas de minimização de riscos do desgastes, mas quase sempre, as intervenções feitas são apenas de caráter emergencial. O prejuízo econômico é grande em questões como essa, e a consciência da importância de uma metodologia de manutenção preventiva precisa ser adquirida.

O concreto é o material de construção mais utilizado mundialmente e para tanto é necessário que haja grande preocupação do ponto de vista da sua vida útil, devido à grande possibilidade de surgimento de diversas patologias, comuns a esse material. É de grande importância que se conheça os conceitos de durabilidade e os mecanismos de deterioração do concreto, a fim de conferir melhor desempenho às estruturas, tornando constante as atividades de manutenção, e mínimos os gastos com elas, uma vez que os custos associados a falhas prematuras e repentinas podem ser muito altos.

Para o caso das tubulações de concreto em sistemas de esgoto sanitário, isso não é diferente. Além das patologias comuns, tão características do concreto, soma-se o fato de que o sistema de coleta e transporte de esgoto sanitário apresenta elevado potencial de formação de produtos passíveis de gerar odores ofensivos e corrosão dos condutos de concreto, agravando assim o aparecimento das anomalias.

Estes produtos quando em concentrações elevadas são, também, tóxicos ao homem e representam perigo de vida aos operadores desses sistemas de esgoto. Além do sistema de esgotamento sanitário podemos também, incluir nessa situação, o transporte de águas pluviais no sistema de macrodrenagem urbana. As estruturas de concreto desse sistema sofrem desgaste gradual pelo escoamento das águas, que normalmente possuem sedimentos sólidos, esgotos transportados clandestinamente e contaminações químicas oriundas de efluentes industriais.

Geralmente, os desgastes físicos e químicos causados nos tubos pré-fabricados acabam comprometendo toda rede de interceptores. Ocorridos os desgastes físicos, há um aumento da exposição da superfície de concreto aos agentes agressivos, e, conseqüentemente, aos ataques pelos compostos químicos presentes nestes. Ocorridos os desgastes químicos, o concreto torna-se mais poroso, facilitando o processo de erosão, e assim sucessivamente. “Estes fatos

fazem com que ambos os processos de deterioração, físicos ou químicos, resultem em um ciclo de difícil dissociação ou estabilização.” (AGUIAR; BAPTISTA, 2009)

Em vista ao exposto, os processos de deterioração do concreto em sistemas de esgoto sanitário e de macrodrenagem urbana, bem como as patologias comuns a esse meio, mostram-se menos viáveis quando se comparado aos tubos em polietileno de alta densidade, usados para mesma finalidade.

A execução das obras não acompanhou o avanço tecnológico. Para facilitar o lançamento do concreto em peças cada vez mais estreitas e mais armadas, utilizou-se concretos mais fluidos e compostos com materiais mais finos, resultando em um produto final de qualidade inferior (VASCONCELOS, 2005 apud LAPA, 2008). Segundo Ferreira (2000), até o final da década de 80, a resistência à compressão ainda era, praticamente, o único parâmetro adotado para avaliar a qualidade do concreto.

Em função disto, está ocorrendo uma degradação mais acelerada nas estruturas de concreto armado, obrigando a comunidade que trabalha com este material a definir novos parâmetros, de forma a garantir a sua performance. Para isto deve-se atuar em todas as fases: projeto (arquitetônico e estrutural), execução da obra, inspeção e manutenção. Além dos cuidados com a composição do traço do concreto, é necessário adotar procedimentos adequados para o lançamento, adensamento e cura do concreto. Mas o cuidado com a manutenção das obras acabadas é também muito importante. Surge então um conceito até então pouco conhecido e praticamente não utilizado: a durabilidade do concreto. Este novo parâmetro é a capacidade do concreto de resistir às intempéries e aos demais processos de degradação (LAPA, 2008).

De acordo com Souza & Ripper (1998), é inevitável a associação dos conceitos de vida útil e durabilidade. Deve-se entender que a concepção de uma construção durável implica a adoção de um conjunto de decisões e procedimentos que garantam à estrutura e aos materiais que a compõem um desempenho satisfatório ao longo da vida útil da construção.

Segundo Andrade (2005) apud Ribeiro (2010), concreto durável é aquele que, quando submetido ao trabalho, durante vida útil, possui capacidade de resistir às intempéries, aos agentes agressores, aos processos de deterioração, mantendo sua qualidade, forma, utilidade, segurança e estabilidade.

Cuidados e procedimentos específicos relativos à durabilidade devem ser tomados em todas as etapas de vida da estrutura, desde a etapa de levantamento de dados para elaboração do projeto, visando assegurar o bom desempenho da estrutura e prevenir as patologias. Souza & Ripper (1998) define vida útil e desempenho como; “Por vida útil de um material entende-se o período durante o qual as suas propriedades permanecem acima dos limites mínimos especificados (...) Já por desempenho entende-se o comportamento em serviço de cada produto, ao longo da vida útil (...)”.

Ainda segundo Souza & Ripper (1998), no entanto, as estruturas e seus materiais deterioram-se mesmo quando existe um programa de manutenção bem definido, sendo esta deterioração, no limite, irreversível. O ponto em que cada estrutura, em função da deterioração, atinge níveis de desempenho insatisfatórios varia de acordo com o tipo de estrutura.

Algumas delas, por falhas de projeto ou de execução, já iniciam as suas vidas de forma insatisfatória, enquanto outras chegam ao final de suas vidas úteis projetadas ainda mostrando um bom desempenho. Por outro lado, o fato de uma estrutura em determinado momento apresentar-se com desempenho insatisfatório não significa que ela esteja necessariamente condenada.

A avaliação desta situação é, talvez, o objetivo maior da Patologia das Estruturas, posto que esta é a ocasião que requer imediata intervenção técnica, de forma que ainda seja possível reabilitar a estrutura (SOUZA & RIPPER, 1998).

Segundo Vilasboas (2004), as causas físicas da deterioração do concreto podem ser agrupadas em duas categorias:

- Desgaste superficial, ou perda de massa devida à abrasão, à erosão e à cavitação;
- Fissuração, devido à gradientes normais de temperatura e umidade, à pressões de cristalização de sais nos poros, à carregamento estrutural e à exposição a extremos de temperaturas, tais como congelamento ou fogo.

## **CAPÍTULO 3**

### **METODOLOGIA APLICADA**

Este estudo tem por objetivo apresentar um estudo da viabilidade sobre a utilização de tubulações fabricadas em polietileno de alta densidade na rede de Interceptores sendo abordada todas as etapas que envolvem o processo executivo do sistema de esgotamento sanitário da cidade de Oliveira, Minas Gerais.

A metodologia aplicada a este estudo se baseia em uma revisão bibliográfica em literaturas sobre o tema e suas vertentes, através de pesquisas específicas em documentos da obra, normas internacionais e nacionais, projetos, arquivos eletrônicos, monografias, catálogos, padrões operacionais e normas vigentes sobre tubulações industriais, assim como, consulta a fabricantes, sobre a versatilidade deste material, sua metodologia aplicada na execução e o seu desempenho quando utilizado para esta finalidade. Sendo, também, feito um estudo de caso, da execução da rede de interceptores de esgoto, do sistema sanitário da cidade de Oliveira, Minas Gerais.

Foi realizado o acompanhamento “in loco” dos serviços executados, e também através da orientação técnica, onde, ressalta-se a extrema importância para conhecimento e aprimoramento de informações para dar base na realização deste estudo. Através de análise de projetos, materiais empregados para estabilidade da tubulação, planejamento, cronogramas físicos e financeiros da obra, e seu respectivo levantamento topográfico, pôde-se concluir que os aspectos hidráulicos e métodos construtivos, utilizando a tubulação em polietileno de alta densidade traz maior celeridade a execução da obra, por depender de menor uso de mão de obra em operação, e o material ter maior vida útil quando se comparado as manilhas pré-fabricadas.

Para este estudo, todas as etapas foram acompanhadas de forma analítica, a fim de verificar os métodos que envolvem a execução da rede de interceptores com a tubulação de polietileno de alta densidade. Sendo abordado sobre os materiais que envolvem no processo de fabricação do PEAD, analisando sua aplicação nos sistemas de interceptores, em função do seu custo benefício, na entrega do produto final. Sendo avaliado qual material se mostra mais viável sob o ponto de vista de

segurança, durabilidade da rede, uso de mão de obra, agilidade na execução, e valores financeiros para aquisição de ambos os materiais. As considerações finais serão expostas no último capítulo com base em todas as informações mencionadas nos capítulos anteriores.

## **CAPÍTULO 4**

### **EXECUÇÃO DA REDE DE INTERCEPTORES DE ESGOTO DA CIDADE DE OLIVEIRA, MG UTILIZANDO TUBOS EM POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE**

A instalação e execução da rede de interceptores, é um dos fatores determinantes no comportamento a longo prazo de qualquer sistema de esgotamento sanitário. Os procedimentos básicos de instalação, manipulação e armazenagem são feitos de forma muito parecida às tubulações de outros materiais, como concreto, porém seu custo benefício fica muito além dos outros tipos de materiais usados neste segmento de redes de interceptores, conforme verificado “*in loco*”.

O sistema de esgotamento sanitário da cidade de Oliveira, Minas Gerais, possui extensão de 2.130 m de interceptores de diâmetro 150 mm, 1.326 m de diâmetro 250 mm, 948 m de diâmetro 300 mm, 2.820 m de diâmetro 400 mm e por fim 1.776 m de diâmetro 500 mm, totalizando na execução de 9 km de rede de interceptores entre os córregos Maracanã, Matadouro e Figuiinha. O sistema também conta com a construção da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), sendo de iniciativa da Prefeitura Municipal de Oliveira juntamente com a autarquia provedora dos recursos, SAAE (Sistema de Abastecimento de Água e Esgoto) em colaboração e supervisão do Governo Federal, através da Fundação Nacional da Saúde (FUNASA), órgão fiscalizador no âmbito financeiro.

Os interceptores são as canalizações destinadas a interceptar e receber o fluxo de esgoto dos coletores ao longo do seu comprimento até chegar em seu tratamento localizado na ETE. Com a necessidade de aumentar o desempenho e agilidade, veio a possibilidade de utilizar a tubulação em PEAD neste segmento, por obter uma performance de instalação excelente aliando leveza, resistência e grande facilidade de assentamento em valas. Com alto desempenho na condução dos fluidos, substituindo as manilhas de concreto armado, desenvolvendo o presente estudo, expondo os procedimentos realizados na execução de uma rede de interceptores de esgoto utilizando tubulação em Polietileno de Alta Densidade

(PEAD). Demonstrando a fabricação do material, de onde surgiu, e qual e sua aplicação na construção civil.

O processo de assentamento da tubulação envolve as etapas de escavação, fundação, na qual constituído por materiais granulares em diferentes diâmetros sendo o enrocamento utilizado com pedra de mão, berço no qual utiliza brita diâmetro 1, e, o contra berço sendo utilizado areia média grossa; após estas etapas é realizado o reaterro e compactação de vala.

#### **4.1 Escavação**

Antes do processo de assentamento da tubulação, é feito a escavação da vala, executando a movimentação de terra de forma mecânica ou manualmente, operação na qual compreende na remoção de qualquer material abaixo da superfície natural do terreno, até as linhas e cotas especificadas no projeto executivo.

Foi realizado a escavação através de escaveira hidráulica, valas que variavam de 45 à 60 m de extensão. Logo é realizado o processo de estabilidade da vala, utilizando pedras “calçada média”, como base para ancoragem dos tubos. Respectivo a este processo, é feito o serviço de drenagem, utilizando uma carregadeira para bascular com a concha britas de dn 0,02 m em toda a extensão da vala. As britas servem para direcionar e drenar possíveis locais que estiverem presença de água. Sendo feito os processos de escavação, estabilização e drenagem de vala, é feito o serviço de assentamento dos tubos. Todos os tubos fabricados em polietileno de alta densidade possuem 6,00 m de extensão, com variação de peso com seus respectivos diâmetros.

Os tubos de dn 500 mm, pesam 29,20 Kg/barra, 400 mm 18,80 Kg/barra, 350 mm 14,80 Kg/barra. Já os tubos pré-fabricados são fundidos em 1,00 m para os respectivos diâmetros utilizados no projeto, possuindo peso de 330 Kg/tubo. Portanto, quando se comparado ao tubo PEAD de dn 500 mm, a manilha pré-fabricada pesa 67,86% a mais do que em 1,00 m do tubo fabricado em polietileno de alta densidade. Isso resultou na diminuição do uso de mão de obra utilizando o tubo em pead, por ter fácil manuseio e ser leve no momento da operação, em contrapartida, as manilha pré-fabricadas necessitam de carga, transporte e descarga

meânica em sua operação, devido a obstruções de acesso e seu peso elevado para manuseio braçal.

#### **4.2 Escoramento de vala**

Após esta etapa, é feito o escoramento da vala levando em consideração a resistência do material escavado, definindo a proteção necessária através de análise táctil e visual, reduzindo assim ao mínimo a possibilidade de que ocorram desmoronamento e/ou deslizamentos. Processo em que permite que o funcionário trabalhe em segurança, preparando o fundo da vala para recebimento dos materiais granulares de fundação e drenagem. Dentre os escoramentos utilizados pode-se citar:

“Pontaletes, são tábuas de 0,027 m x 0,30 m espaçadas de 1,35 m travadas horizontalmente com estronca (madeira roliça) de diâmetro 0,20 m, espaçadas verticalmente de 1,00 m. Escoramento Descontínuo, são tábuas de 0,027 m x 0,30 m espaçadas de 0,30 m travadas horizontalmente por longarinas de 0,06 m x 0,16 m em toda a sua extensão espaçadas de 1,35 m, sendo que a primeira estronca (madeira roliça) é colocada a 0,40 m da extremidade da longarina. Escoramento Contínuo, método em que é usado tábuas de 0,25 m x 0,30 m de modo a cobrir toda a superfície lateral da vala, travadas uma as outras horizontalmente por longarinas de 0,06 m x 0,16 m em toda a sua extensão, espaçadas verticalmente de 1,00 m, com estroncas de diâmetro 0,20m espaçadas de 1,35 m a menos das extremidades das longarinas de onde as estroncas devem estar a 0,40 m. Especial, estacas pranchas de madeira ou aço, dispostas verticalmente, unidas de forma a revestir completamente os taludes da vala, onde as estacas pranchas descarregam os esforços verticalmente unidas de forma a revestir completamente os taludes da vala.” (SANAG, Caderno de Especificações, Maio/2007, p.14).

Feito os processos de escavação e escoramento da vala, é iniciado a etapa de estabilização do fundo do vala. Em alguns trechos, o lençol freático oscila aumentando e diminuindo o n.a. (nível d'água) do terreno. Portanto este processo é necessário, para que a tubulação permaneça estável, não sofrendo alteração na declividade de cada trecho.

### 4.3 Estabilização e Drenagem da vala

Para estabilização da tubulação, é realizado o processo de enrocamento da vala. Esta execução consiste em ser realizado um lastro de pedra no fundo da vala, com alturas determinadas pela fiscalização variando em 0,35 m à 0,50 m, em função do terreno. Este processo é utilizado para o fim de estabilização do fundo da vala. Recebendo a tubulação na cota projetada, eliminando os riscos de recalques do terreno abaixo da tubulação, sem riscos de alteração de cota final da tubulação em função das condições do terreno.

Após o processo de assentamento, é realizado a ancoragem da tubulação, sendo basculhado areia até a metade de sua geratriz externa. Em seguida, a máquina realiza o reaterro utilizando o material que estiver em boas condições para ser aproveitado. Quando o material apresenta alto índice de saturação, o mesmo é descartado e vai para bota-fora, sendo substituído por material de primeira categoria.

Na Figura 2 apresenta-se o enrocamento já finalizado, pronto para recebimento do dreno de brita. O enrocamento é uma determinada camada de fundação conforme dimensionamento, e características do local onde será aplicado. Com o ato ou efeito de estarem em contato com o fundo da vala, a fim de proteger contra os recalques e erosão do terreno provenientes alta do lençol freático.

“ O enrocamento é um dispositivo amortecedor formado por estrutura executada em pedra, destinado à proteção de taludes e canais, contra efeitos erosivos ou solapamentos, causados pelos fluxos de água. O enrocamento deverá ser constituído de blocos provenientes da detonação de bancadas de rocha sã de pedreiras, densos e duráveis, isentos de fissuras, veios e outras imperfeições que possam ocasionar a deterioração do material por causas naturais, bem como, a fragmentação destes devido aos diversos processos necessários à execução do serviço.”(Neves,Revista Solos e Rochas, ABMS-ABGE, v. 25, n.3, pp 161-203., 2002).



**Figura 2:** Fundação/Estabilização de fundo da vala.

**Fonte:** Arquivo Pessoal

Após este processo, é aplicado um dreno feito com material granular utilizando brita, entre variações granulométricas de 0,6 a 0,3 de diâmetro. Lançado em toda a extensão pela largura da vala, com objetivo de escoar a água que em diversos casos afloram no fundo da vala.

Na Figura 3 ilustra-se como é a execução do dreno de brita. É realizado de forma manual o nivelamento do fundo acertando e verificando a camada do dreno para recebimento da tubulação. A drenagem subterrânea emprega basicamente dois tipos de drenos, sendo estes: abertos e fechados(tubulares). Os drenos abertos são valetas com seção transversal no formato trapezoidal, de paredes escoradas, com objetivo de evitar o desmoronamento, conforme ilustrado na Figura acima.



**Figura 3:** Execução de dreno com material granular dn 0,01 m.

**Fonte:** Arquivo Pessoal

Após lançado a brita no fundo da vala e executado o dreno por completo, é necessário verificar o nível de estanqüidade da água entre o dreno. É importante ressaltar que velocidades inferiores a 0,3 m/s proporcionam a sedimentação de materiais sólidos e com isto o assoreamento dos drenos. Já as velocidades superiores a 0,9 m/s podem causar erosão nos drenos.

O tamanho das partículas do material envoltório deve ser tal que 100% das partículas tenham tamanho inferior a 38mm e 90% sejam menores que 20mm. Segundo pesquisadores holandeses, a espessura mínima do material envoltório ao redor do tubo deve ser de 1 centímetro. O Departamento de Drenagem (USBR) dos Estados Unidos, sugere 10cm. Na prática a recomendação atual é de que seja equivalente ao diâmetro do tubo.

“A drenagem é um processo de remoção do excesso de água dos solos de modo que lhes dê condições de aeração, estruturação e resistência. Sempre que a drenagem natural não for satisfatória, pode-se fazer, em complementação, drenagem artificial. Seu objetivo é retirar o excesso de água aplicada na irrigação ou proveniente das chuvas, isto é, controlar a elevação do lençol freático, bem como possibilitar a lixiviação dos sais trazidos nas águas de irrigação, evitando a salinização. Antes porém de

proceder a drenagem de uma área, é preciso avaliar cuidadosamente seus impactos ambientais.” (Lima, Luiz A. Drenagem de terras agrícolas-UFLA, p.1., 2015).

#### **4.4 Impermeabilização de vala**

Na Figura 4 mostra-se como é o processo de aplicação da lona entre o tubo e o berço. Procedimento que consiste na impermeabilização da vala, evitando qualquer contato do tubo com a água proveniente do solo. É realizada esta atividade como forma de impedir que haja infiltração vinda do solo, para dentro da tubulação das junções dos tubos já assentados. Este processo é executado conforme orientação do caderno de especificações da obra.



**Figura 4:** Aplicação de lona para impermeabilização de vala.

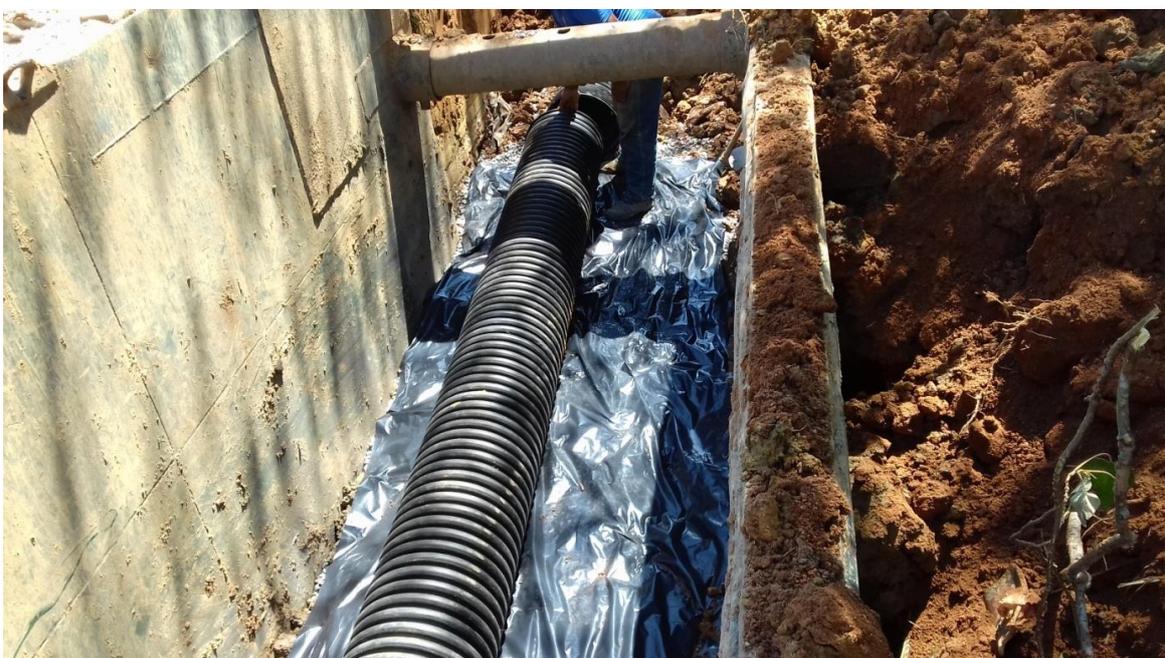
**Fonte:** Arquivo Pessoal

#### **4.5 Assentamento da tubulação**

Posterior a estas etapas, é assentada a tubulação na qual recebe a conferência comprovando ou não se está executada na cota de projeto desejada. Confirmando tal operação, é re-aterrada a vala onde recebe a compactação visual do terreno, deixando-o nas condições visíveis em que se encontrava.

Na Figura 5 mostra-se o assentamento da tubulação em PEAD, diâmetro de 400 mm. Para este sistema de rede de interceptores de esgoto, é utilizado o tubo

corrugado de dupla parede, sendo a parede interna lisa e a externa corrugada, fabricado em PEAD (polietileno de alta densidade), material que facilita na instalação, eliminando a necessidade de maquinário pesado para o manuseio e colocação na vala e também, propiciando maior facilidade de transporte, torna a instalação mais rápida em relação a outros tubos de mesma aplicação. Visto também como característica do tubo em PEAD, é a sua capacidade de utilização em ambientes agressivos e também, para condução de fluidos agressivos tais como esgoto e chorume, devido seu alto fator de resistência química e abrasiva.



**Figura 5:** Assentamento do tubo PEAD.

**Fonte:** Arquivo Pessoal

A tubulação em Politetileno de Alta Densidade possui a mesma resistência à compressão em todo o comprimento da barra, podendo ser utilizável em diversos comprimentos inferiores ao comprimento total da barra, sem alterar suas propriedades químicas e físicas, utilizando de forma rentável na sua aplicação.

Na etapa de assentamento da tubulação, é utilizado o direcionamento da ponta do tubo sobre Bolsa com parede interna lisa à jusante. Preparando as superfícies a serem encaixadas. Aplicando uma pasta lubrificante, é alinhado os tubos vertical e horizontalmente. Devido a leveza do material, a junção dos tubos podem ser feitos através de alavancas e anteparo de madeira para facilitar esse

deslocamento, não necessitando de mão de obra qualificada, resultando em mais um ponto positivo, visto que traz economia na hora da execução.

Na compactação da vala, para não afetar a tubulação já assentada o re-aterro deverá adotar altura mínima de 0,60 m, conforme norma, aferido a partir da geratriz superior da tubulação até a superfície da camada de re-aterro ou nível natural do terreno. Porém, em locais onde existem tráfego de veículos intenso, a altura do re-aterro para iniciar a compactação deverá ser de 1,20 metro.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inovação de tais práticas apontou sobre a versatilidade deste material, onde apresentou maiores benefícios quando comparados àqueles que ainda são comumente utilizados para execução de sistemas de interceptores de esgoto. O presente estudo teve como proposta, analisar o custo-benefício da aplicação da tubulação em polietileno de alta densidade (PEAD), em redes de interceptores de esgoto. Objeto de estudo, no qual permitiu a conclusão satisfatória entre vantagens e desvantagens quando utilizados como tubos interceptores em sistemas de esgotamento sanitário. Foram abordados as características do material desde a sua fabricação, até o processo final de assentamento da tubulação.

Diante do mercado atual, onde as buscas por agilidade e otimização de serviços é cada vez mais crescente, há sempre a necessidade de buscas por inovações onde sejam minimizados custos e prazos dos produtos, chegando a um resultado satisfatório entre técnicas de construção com a tubulação em PEAD e sua viabilidade na execução, sem afetar no cronograma físico e financeiro da obra.

A pesquisa foi abordada de forma criteriosa onde houve o acompanhamento de todos os processos necessários para execução da rede de interceptores da cidade de Oliveira-Mg, englobando a verificação de projetos, materiais empregados para estabilidade da tubulação, notas de serviço, métodos executivos utilizados, acompanhamento técnico nos locais de execução e também, sobre a qualidade do serviço finalizado, analisando de forma criteriosa todas as etapas sobre o referido objeto de estudo indicado.

Constatou-se que houve a diminuição de mão-de-obra quando executado a rede de interceptores utilizando tubulação em polietileno de alta densidade. Fator no qual se compete, devido os tubos serem mais leves e terem maior trabalhabilidade em comparação aos tubos pré-fabricados. Os tubos em polietileno de alta densidade são fornecidos com a comprimento de seis metros lineares, motivo no qual agilizava a execução do serviço. Em contrapartida os tubos pré-fabricados são transportadas de forma mecânica, com auxílio de retroescavadeira e escavadeira quando utilizados diâmetros maiores, o que condiciona no uso de maior número de mão de obra para carga, transporte, descarga e manejo do tubo dentro da vala.

A escavação é feita apenas de dois, em dois metros, por demandar maior tempo na operação de assentamento. Portanto, por segurança e garantia são assentados somente de dois em dois metros. Valores que são inferiores quando se comparado a execução de interceptores utilizando tubos em polietileno de alta densidade.

Os valores extraídos da planilha contratual também indicam uma economia de 22,68% para execução da rede de interceptores do sistema de esgotamento sanitário da cidade de Oliveira, Minas Gerais. Portanto, no conceito apenas de aquisição de material, os tubos pré-fabricados ficam R\$ 158.464,68 mais caros, do que para adquirir os tubos em polietileno de alta densidade. Resultados que apontam na utilização dos tubos em polietileno de alta densidade como mais indicado para execução destes serviços, por apresentar menor uso de mão obra, maior agilidade na execução, e economia em comparação aos valores creditados na planilha contratual para utilização de tubos pré-fabricados.

Após a realização do presente estudo fica evidente que o saneamento básico no Brasil, ainda é um tema delicado e que necessita de atenção e investimento para o desenvolvimento de novas tecnologias a fim de alcançar um nível completo de atendimento em todas as áreas de infraestrutura urbana. Para o sistema de esgotamento sanitário da cidade de Oliveira, as manilhas pré-fabricadas ainda continuam sendo o principal material a ser utilizado em execução e substituição de pontos que houverem a necessidade de manutenção. A tubulação em polietileno de alta densidade foi utilizada, exclusivamente apenas para atender ao projeto, sendo solicitado a troca por parte da construtora que estava executando a obra.

Como apresentado no projeto, a execução da rede de interceptores utilizando tubos pead, apresentam maior celeridade em todo o processo executivo de serviços. Não há necessidade de mão de obra especializada, uma vez que, os colaboradores da obra, são solicitados apenas para manuseio da tubulação, do ponto de armazenagem para o ponto de assentamento. Os tubos, como já mencionados, são leves, e sua mobilidade é feita de forma manual; ao contrário das manilhas, que necessitam de maior número de mão de obra, e utilização de maquinário em toda a operação. Desde sua retirada, até o transporte e assentamento em vala.

As manilhas pré-fabricadas apresentam vida útil inferior aos tubos fabricados em polietileno de alta densidade. Os tubos pead possuem sua parede interna lisa,

sendo resistente à desgastes físicos e químicos. Já as manilhas pré-fabricadas apresentam deterioração de sua parede interna, por apresentar porosidade e sua estrutura física não ser 100% estanque, ocasionando em possíveis colapsos da estrutura. A vedação dos tubos são feitos através de massa de concreto moldada “in loco”, com traços padronizados 3:2:1. O sistema de vedação da tubulação em polietileno, é realizado através do sistema ponta/bolsa, onde através de esforço mecânico os tubos são vedados de forma imediata.

Portanto comparando os fatores de execução de obra adotando tubos pead para redes de interceptores, pode-se verificar alguns pontos entre os custos operacionais que envolvem a execução utilizando manilhas pré-fabricadas e tubos pead. Ponderando-se concluir que os tubos fabricados em polietileno de alta densidade utilizados em redes de interceptores trazem mais segurança por apresentarem aspectos de maior garantia quanto a manutenções, vida útil do sistema, instalação, vedação e produtividade. Fatores que tornam os tubos pead mais eficientes e viáveis quando utilizados para esta finalidade.

Por fim, as tubulações em polietileno de alta densidade se mostram uma grande aliada das empresas prestadoras de serviço em busca de maior eficiência, e também no controle de perdas reais. Seguindo as tendências de desenvolvimento e investimento neste ramo de saneamento, espera-se o amadurecimento de empresas que atuam nesta área, consolidando o uso deste material na resolução e substituição de redes que envolvem infraestrutura sanitária.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, J. E., BAPTISTA, M. B. Estudos das patologias nas estruturas de concreto das galerias de águas pluviais de Belo Horizonte. **XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Campo Grande, 2009.

\_\_\_\_\_. Patologias que comprometem a durabilidade do concreto em galerias de águas pluviais. In Anais do 42º Congresso Brasileiro do Concreto, Fortaleza. 15p., 200.

\_\_\_\_\_. Erosões nas estruturas de concreto das galerias de águas pluviais urbanas. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**. 4 v., 1 n., 70-90 p., Mar./2011.

ALEM SOBRINHO, P.; TSUTIYA, M. T. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário, 3 ed.** Rio de Janeiro: ABES, 2011.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12207: **Projeto de interceptores de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1992. 3 p.

\_\_\_\_\_. NBR 21138: **Sistemas de tubulações plásticas para drenagem e esgoto subterrâneos não pressurizados**. Rio de Janeiro, 2016 19 p.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Governo Federal. Brasília, DF. 05 out. 1988.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil. Lei nº 11.445/2007**. Diário oficial da união: Diretrizes nacionais para o saneamento. Governo Federal. Brasília, DF. 05 jan. 2007

CALLISTER, Jr., W.D. **Materials Science and Engineering**. 7<sup>o</sup> ed. New York: John Wiley & Sons, Inc, 2007 . Disponível: < [www.journals.elsevier.com/materials-science-and-engineering-a](http://www.journals.elsevier.com/materials-science-and-engineering-a)>

CYNAMON, Simone. **Brasileiros ainda adoecem por falta de saneamento básico.**

FIOCRUZ - Fundação Osvaldo Cruz. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em:

<<http://www.fiocruz.br/omsambiental/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=262&sid=13>>

Acesso em: 20 jun 2020.

FUNASA – FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de saneamento.** 3ª Ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 408p.

TRATA BRASIL, Saneamento é saúde. **O que é saneamento ?** . Disponível em:

<<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/o-que-e-saneamento>> Acesso em 04 abr. 2020.

EOS, Organização e Saúde. **O que é e quais são os serviços de saneamento básico ?**

**2020.** Disponível em: <<https://www.eosconsultores.com.br/saneamento-basico/>>. Acesso em 27 abr. 2020.

ECIVIL, Descomplicando a engenharia. **Interceptor.** Disponível em:

<<https://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-interceptor-de-esgotos.html>>. Acesso em 27 abr. 2020.

MARICATO, Ermínia. **Metrópole, Legislação e Desigualdade.** 2003. Estud.

av. vol.17 no.48, p. 151-167. São Paulo, 2003.

OTTARAN, Paulo. **Engeplus.** Criciúma, SC. Disponível em:

<<http://www.engeplus.com.br/noticia/direto-de-brasilia/2007/posse-de-tiscoski-sera-as-11-horas>> Acesso em: 15 jun. 2020

PEREIRA, J. A. Rodrigues. **Saneamento em áreas urbanas.** Esgotamento sanitário na região metropolitana de Belém. Belém, 2003. Disponível em:

<[https://books.google.com.br/books/about/Saneamento\\_ambiental\\_em\\_%C3%A1reas\\_urbanas.html?id=7-tjAAAAMAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.br/books/about/Saneamento_ambiental_em_%C3%A1reas_urbanas.html?id=7-tjAAAAMAAJ&redir_esc=y)> Acesso em 24 abr 2020.

PPI, Plastics Pipe Institute . **Handbook of Polyethylene.** EUA: Pipe. 2. Ed. 2010. Disponível em: <[http://plasticpipe.org/publications/pe\\_handbook.html](http://plasticpipe.org/publications/pe_handbook.html)> Acesso em: 01 mai 2020.

REVISTA Digital AD normas. **Os interceptores de esgoto sanitário. 2019.** Disponível em: <<https://revistaadnormas.com.br/2019/09/17/os-interceptores-de-esgoto-sanitario/>> Acesso em 05 mai 2020.

REVISTA SANEAS. **A projeção internacional do saneamento na América Latina.** Ano XIII - ed. 56 - Agosto a Novembro de 2015. Disponível em: <<http://www.aesabesp.org.br/saneas/edicao-atual.html?fbclid=IwAR08jxB9rWmZpUCewwDluHaCVRpfiHPGXcJss5yGs17hI9FeUuAi3QYliQc>> Acesso em 22 abr 2020.

SABESP. **Utilização correta do esgoto.** Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/imprensa/noticias-detalle.aspx?secaid=65&id=8244>> Acesso em: 20 abr. 2020

SANTOS, Paulo Eduardo. **Infraestrutura Urbana.** Edição 2 FEI. Abril/2011. São Bernardo do Campo, 2011.