



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA - UEPB
CAMPUS VIII
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE – CCTS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL – DEC**

JOSICLÁUDIA GOMES PEREIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA DA VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E
FINANCEIRA UTILIZANDO MANILHAS DE CONCRETO E TUBO CORRUGADO
PEAD PARA DRENAGEM URBANA**

**ARARUNA - PB
2019**

JOSICLÁUDIA GOMES PEREIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA DA VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E
FINANCEIRA UTILIZANDO MANILHAS DE CONCRETO E TUBO CORRUGADO
PEAD PARA DRENAGEM URBANA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Recursos Hídricos

Orientadora: Profa. Dra. Maria Adriana de Freitas Mágero Ribeiro.

**ARARUNA - PB
2019**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

P436a Pereira, Josicláudia Gomes.

Análise comparativa da viabilidade técnica, econômica e financeira utilizando manilhas de concreto e tubo corrugado pead para drenagem urbana [manuscrito] / Josicláudia Gomes Pereira. - 2019.

48 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde, 2019.

Orientação : Profa. Dra. Maria Adriana de Freitas Mágero Ribeiro, Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS.

1. Drenagem. 2. Infraestrutura. 3. Análise estrutural. I.

Título

21. ed. CDD 628.21

IOSICLÁUDIA GOMES PEREIRA

ANÁLISE COMPARATIVA DA VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E
FINANCEIRA UTILIZANDO MANILHAS DE CONCRETO E TUBO CORRUGADO
PEAD PARA DRENAGEM URBANA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de
Engenharia Civil da Universidade
Estadual da Paraíba (UEPB), como
requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Recursos
Hídricos

Aprovada em: 19 / 06 / 2019

BANCA EXAMINADORA

uf - Adriana de F. uf. Ribeiro

Profa. Dra. Maria Adriana de Freitas Mágero Ribeiro (Orientadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Luiz Marques de Oliveira

Prof. Me. Lauandes Marques de Oliveira
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Maria das Vitórias do Nascimento

Profa. Ma. Maria das Vitórias do Nascimento
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente à Deus por olhar por mim, aos meus pais e irmãos que estiveram comigo me dando força e motivação para seguir todo esse tempo e amigos que sempre me incentivaram.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, alicerce da minha vida. Sou grata pelos momentos fáceis e difíceis pois foram estes que me fizeram crescer.

Agradeço à minha família, em especial aos meus pais, Joana Darck e Severino que sempre estiveram do meu lado e foram meus maiores incentivadores, que batalharam por anos para proporcionar a melhor educação para seus filhos. Aos meus irmãos Joedson e Joedna, pela compreensão e por acreditarem no meu sonho e pela força todos os dias.

Agradeço as trigêmeas da Turma 8 (Jardelly e Viviane) pela convivência e companheirismo. A minha amiga Bianca, a qual sou muito grata pela ajuda e irmandade que em muitos momentos me ajudou e me deu o conforto que precisei. Aos meus amigos pela parceria e apoio de sempre (Romel e Emanuel).

Agradeço a Lettycia, Barbarah, Mary e Ailton e todos que fizeram parte do grupo nos momentos de descontração e tornaram os dias menos difíceis longe da minha família.

Agradeço as minhas amigas de infância, (Alê, Morenaide e Adriana) que estiveram comigo desde o começo dessa jornada e me deram todo apoio.

Agradeço a todos da Turma 8 de Engenharia Civil, os meus colegas pela amizade e companheirismo.

A minha orientadora, professora Maria Adriana, por ter aceitado a proposta em orientar e prestar seus esclarecimentos, que foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores, pelo compartilhamento de seus valiosos conhecimentos durante todos estes anos de curso.

Representando todos os funcionários da UEPB, agradeço a Joaline pela prontidão em sempre ajudar a todos.

Enfim, agradeço a todos aqueles que de alguma forma participaram da minha formação.

RESUMO

Com o desenvolvimento urbano, é perceptível as necessidades da infraestrutura urbana. Uma ação fundamental para melhorar os problemas que possivelmente venham causar à população e o meio ambiente com esse desenvolvimento é a drenagem pluvial urbana. Este trabalho apresenta uma técnica de utilização de tubos para drenagem pluvial que vem ganhando destaque no mercado brasileiro, os tubos de polietileno de alta densidade (PEAD), comparando-a com a técnica já conhecida na qual são os tubos rígidos de concreto, diante de questões técnicas e econômicas. A metodologia é embasada em pesquisas bibliográficas acerca do progresso da drenagem urbana, os elementos constituintes de um adequado sistema de drenagem, apresentando também as características dos tubos de concreto e PEAD, fatores comparativos dos mesmos. Posteriormente, é apresentado um estudo de caso, fazendo-se um comparativo dos custos de execução de uma obra de drenagem de águas pluviais utilizando-se os dois sistemas e apresentando as vantagens e desvantagens da utilização de cada um.

Palavras-Chave: Drenagem urbana. Infraestrutura. Corrugado PEAD. Manilhas de concreto.

ABSTRACT

With urban development, the needs of urban infrastructure are perceptible. A key action to improve the problems that may possibly cause the population and the environment with this development is urban stormwater drainage. This work presents a technique for the use of pipes for stormwater drainage that has been gaining prominence in the Brazilian market, the high density polyethylene pipes (HDPE), comparing it with the already known technique in which are the rigid concrete pipes, before technical and economic issues. The methodology is based on bibliographical research about the progress of urban drainage, the constituent elements of an adequate drainage system, also presenting the characteristics of the concrete and HDPE pipes, comparative factors of the same. Subsequently, a case study is presented comparing the costs of executing a rainwater drainage project using both systems and presenting the advantages and disadvantages of using each one.

Keywords: Urban drainage. Infrastructure. Corrugated HDPE. Concrete shackles.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Elemento poço de visita.....	19
Figura 02 – Elementos de um sistema de uma microdrenagem: sarjeta, sarjetões e galeria...20	
Figura 03 – Processo de instalação e localização dos tubos.....	21
Figura 04 – Tubos de manilhas de concreto.....	22
Figura 05 – Processo de instalação da tubulação de manilhas de concreto.....	23
Figura 06 – Tubos corrugado PEAD.....	25
Figura 07 – Tubos de concreto com fibras de aço recém deformados.....	26
Figura 08 – Mapa do estado da Paraíba.....	30
Figura 09 – Localização da área de estudo.....	30
Figura 10 – Área de análise de dados do estudo.....	31

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Especificação Técnica da Tubulação DrenPro e Ponta e Bolsa, Aplicação Drenagem Pluvial.....	26
Quadro 02 - Larguras mínimas da vala recomendadas para maioria das instalações padrão....	27
Quadro 03 - Vantagens do tubo corrugado PEAD.....	29
Quadro 04 - Dimensionamento da rede de drenagem com tubos de concreto.....	33
Quadro 05 - Dimensionamento da rede de drenagem com tubos PEAD.....	33
Quadro 06 – Custos dos tubos de concreto.....	38
Quadro 07 - Custos dos tubos corrugado PEAD.....	39
Quadro 08 - Resumo comparativo de custos.....	40

LISTA DE TABELA

Tabela 01 – Resumo volume escavação.....	35
Tabela 02 – Comprimento da rede.....	35
Tabela 03 – Resumo lastro de brita.....	36
Tabela 04 – Resumo volume de bota-fora.....	36
Tabela 05 – Resumo volume de reaterro.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

ABTC - Associação Brasileira de Tubos de Concreto;

cm – Centímetro;

DN – Diâmetro Nominal;

ha – Hectare;

km² – Quilômetros quadrados;

m³/s – Metros cúbicos por segundos;

mm – Milímetro;

PEAD - Polietileno de Alta Densidade.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	16
2.1	Objetivo geral	16
2.2	Objetivos específicos	16
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
3.1	Sistema de drenagem urbana	17
3.2	Elementos constituintes de um sistema de drenagem	18
3.2.1	<i>Componentes de instalação</i>	20
3.3	Tubulação em manilhas de concreto armado	21
3.3.1	<i>Juntas</i>	23
3.3.2	<i>Durabilidade</i>	23
3.3.3	<i>Custos</i>	24
3.3.4	<i>Tempo de serviço</i>	24
3.4	Tubos corrugados PEAD	25
3.4.1	<i>Instalação dos tubos corrugado PEAD</i>	27
3.4.2	<i>Vantagens da utilização de tubos corrugados PEAD</i>	28
3.5	Sistemas de distribuição da rede pública	28
3.6	Comparativo de tubos PEAD e outra tecnologia	28
4	METODOLOGIA	29
4.1	Caracterização da área de estudo	29
5	RESULTADOS	32
5.1	Comparativo de custos entre tubos de concreto e tubos corrugado PEAD para drenagem pluvial	32
5.2	Dimensionamento da rede com tubo de concreto	32
5.3	Dimensionamento da rede com tubo corrugado PEAD	32
5.4	Comparativo do quadro de custos	34
5.4.1.1	<i>Escavação das valas</i>	34
5.4.1.2	<i>Assentamento dos tubos</i>	35
5.4.1.3	<i>Lastro de brita</i>	35
5.4.1.4	<i>Bota-Fora</i>	36
5.5	Preços dos materiais e serviços	37
5.6	Quadro Comparativo de Custos	37
5.7	Análise dos resultados	40
5.7.1	<i>Custos</i>	40
5.7.2	<i>Equipamentos</i>	40
5.7.3	<i>Tempo de obra</i>	41

5.7.4	<i>Manutenção</i>	41
5.7.5	<i>Normalização</i>	41
6	CONCLUSÃO	42
7	SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	43
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
	APÊNDICE A - Quantidades de serviços para os tubos de concreto	48
	APÊNDICE B - Quantidades de serviços para os tubos corrugado PEAD	49

1 INTRODUÇÃO

No país nos últimos tempos há um grande indício de falta de infraestrutura, a prova disso são os inúmeros efeitos que se observam de alagamentos em diversas regiões do Brasil. Cada vez mais as cidades vem crescendo e com o uso e ocupação do solo vem causando transtorno pelo crescimento desenfreado, ocupações essas que daria o espaço para áreas verdes e áreas de infiltrações. Desta forma, observa-se um acúmulo de volumes de água do escoamento superficial, sobrecarregando a rede de captação de água pluvial.

Há novas tecnologias para substituir a maneira convencional de projetar e executar uma rede de drenagem, sendo uma delas a utilização de tubos corrugados a qual é constituído de um material PEAD (Polietileno de Alta Densidade). E vem sendo utilizada em grandes obras como drenagem urbana, rodovias, saneamento, campos esportivos entre outros.

As tubulações PEAD mais leves promovem vantagem de instalação em relação às tubulações com manilhas de concreto. Alguns dos seus benefícios da qual ocorre redução de diâmetro devido a menor rugosidade interna, como também na redução de declividade, para vazões iguais de tubos fabricados com outros tipos de materiais que não seja o PEAD.

Segundo Kanaflex (2016), a confecção de tubos de Polietileno de Alta Densidade ou PEAD para uso na área de drenagem urbana se iniciou na década de 50. Desde então, foram realizados diversos testes, apresentando resultados significativos quanto à sua durabilidade, sendo capazes de resistir a grandes alturas de aterramento quando comparados aos tubos de concreto, utilizados em larga escala nas redes de águas pluviais quanto em redes de esgotos sanitários no Brasil.

A necessidade de um sistema de drenagem urbana adequado para cidades que vem crescendo e somadas às alterações que o meio sofre em decorrência do uso inadequado do solo, constituem ingredientes favoráveis à geração de problemas urbanos muitas vezes de difíceis soluções e, na maioria das vezes, que requerem medidas estruturais (obras) onerosas.

Neste trabalho, será realizado uma análise comparativa dos serviços de duas técnicas, tubos de concreto e tubos PEAD, visando sua durabilidade, custos, instalação e tempo de serviço, recorrentes na região escolhida.

Assim, este trabalho destaca a análise de uma tecnologia que vem conseguindo destaque no mercado, apresentando uma alternativa de tubos para serem utilizados em redes de drenagem pluvial, denominado tubos de polietileno de alta densidade (PEAD), averiguando assim a verificação da viabilidade para substituição dos tubos de concreto que já são existentes no país, por esta nova técnica.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Analisar a viabilidade de custos, tempo de serviço, segurança, vantagens e desvantagens na utilização do tubo corrugado PEAD comparando os tubos de manilhas de concreto em sistemas de drenagem urbana.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar a análise de desempenho do sistema PEAD;
- Realizar a análise de desempenho do sistema atual;
- Fazer uma análise comparativa entre os dois sistemas, ressaltando as vantagens e desvantagens no uso das tubulações de drenagem urbana;
- Comparar os materiais analisados e destacar sua importância na construção civil.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Sistema de drenagem urbana

A drenagem urbana é o conjunto de medidas que tem como objetivo minimizar os riscos que a população está sujeita, diminuir os prejuízos causados por inundações e possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável. Ou seja, a drenagem nada mais é do que o gerenciamento da água da chuva que escoar no meio urbano (VAZ,2017).

Segundo Larentis (2017), a drenagem urbana representa com fidelidade a prática de décadas passadas em que o problema de águas pluviais nas cidades era resolvido apenas tratando de fazer com que os volumes gerados pelas chuvas fossem drenados o mais rapidamente possível para jusante. O princípio era impermeabilizar o solo com pavimentação e canalizar córregos o máximo possível, para que a água da chuva, uma vez no solo, fosse afastada da cidade rapidamente. Quando as cidades não eram tão grandes, esta técnica funcionava razoavelmente bem. Na medida em que foram surgindo grandes áreas urbanizadas ao longo de córregos, os efeitos nocivos da prática adotada começaram a ser notados.

Drenagem urbana pode ser classificada em dois níveis: macrodrenagem e microdrenagem. De acordo com Tucci e Bertoni (2003), a microdrenagem é definida pelo sistema de condutos pluviais ou canais a nível de loteamento ou de rede primária urbana. Este tipo de sistema de drenagem é projetado para atender à drenagem de precipitações com risco moderado. E a macrodrenagem envolve os sistemas coletores de diferentes sistemas de microdrenagem. A macrodrenagem envolve áreas de pelo menos 2 km² ou 200 ha. Estes valores não devem ser tomados como absolutos porque a malha urbana pode possuir as mais diferentes configurações. Este tipo de sistema deve ser projetado para acomodar precipitações superiores as da microdrenagem com riscos de acordo com os prejuízos humanos e materiais potenciais.

Diante da definição dos sistemas de drenagem, é possível classificar que a microdrenagem é adaptada aos sistemas viários e de acesso, sendo sua construção e aplicação garantindo um bom desempenho do mesmo, e também servindo como início para ingressar a macrodrenagem, que recebe o impacto total da ação urbana sobre a bacia.

É recomendado o sistema de drenagem com manilhas de concreto para grandes áreas com grandes volumes de água. “As manilhas são tubulações de concreto com encaixe ponta e bolsa empregadas para drenagem profunda ou coleta das águas drenadas.” (ESCARIZ, 2012).

Em geral são construídas pré-moldadas em concreto simples ou armado, de seção circular, podem receber juntas rígidas (com argamassa) ou elástica. Com diâmetro nominal

geralmente variando entre 300 e 3000 mm. Essa variação, além da restrição de capacidade resistente, também limita a seção utilizável de vazão da rede. As manilhas podem ser perfuradas ou porosas (para absorção da água para drenagem) ou, ainda, não perfuradas (estas têm a função apenas de coletar a água) (VAN ACKER,2002).

A importância de um serviço adequado de drenagem urbana torna-se mais clara para a população das grandes cidades à medida em que se acumulam os efeitos negativos das chuvas, tais como alagamentos, inundações e deslizamentos. Não se deve esquecer que grande parte dos efeitos prejudiciais das chuvas deve-se à ação do homem. A ocupação desordenada de áreas urbanas e a consequente cobertura de grandes áreas, tomando-as impermeáveis, ocasionam redução de infiltração das chuvas no solo (JPA,2013).

Conforme apresentado por Cruz (2007), a gestão da drenagem urbana na maioria dos municípios brasileiros ainda não é vislumbrada com a devida importância, dada a ausência de um planejamento específico para o setor. De forma geral, o gerenciamento da drenagem urbana é realizado pelas Secretarias de obras municipais e apresenta-se desvinculado das ações planejadas para os demais setores relacionados, como água, esgoto e resíduos sólidos.

Os sistemas de drenagem existem em 78,6% dos municípios brasileiros, com incrementos de valores de acordo com o aumento da população. Considerando municípios com até de 20 mil habitantes, este valor passa a 74,6%, enquanto que, ao se considerar os municípios com mais de 500 mil habitantes, 100 % apresentam rede de drenagem implantada (CRUZ, 2007).

De acordo com Andrade (2017), no Brasil a infraestrutura de microdrenagem é reconhecida como de competência dos governos municipais, ampliando-se esta competência em direção aos governos estaduais, à medida em que crescem de relevância as questões de macrodrenagem, cuja referência fundamental para o planejamento são as bacias hidrográficas. Isto é, deve ser de competência da Administração Municipal, ou seja, da Prefeitura, os serviços de infraestrutura urbana básica relativos à microdrenagem e serviços correlatos.

3.2 Elementos constituintes de um sistema de drenagem

De acordo com Ceap (2014), um sistema de microdrenagem é composto por uma série de unidades e dispositivos hidráulicos para os quais existe uma terminologia própria e cujos elementos mais frequentes são sarjeta, sarjetões, galerias de águas pluviais, poços de visita, entre outros.

De acordo com a NTS 025, poços de visita são definidos como uma câmara visitável através de abertura existente em sua parte superior, destinado à execução de trabalhos de manutenção e inspeção. O poço de visita se apresenta ilustrado na figura 01 a seguir.

Figura 01- Elemento poço de visita.



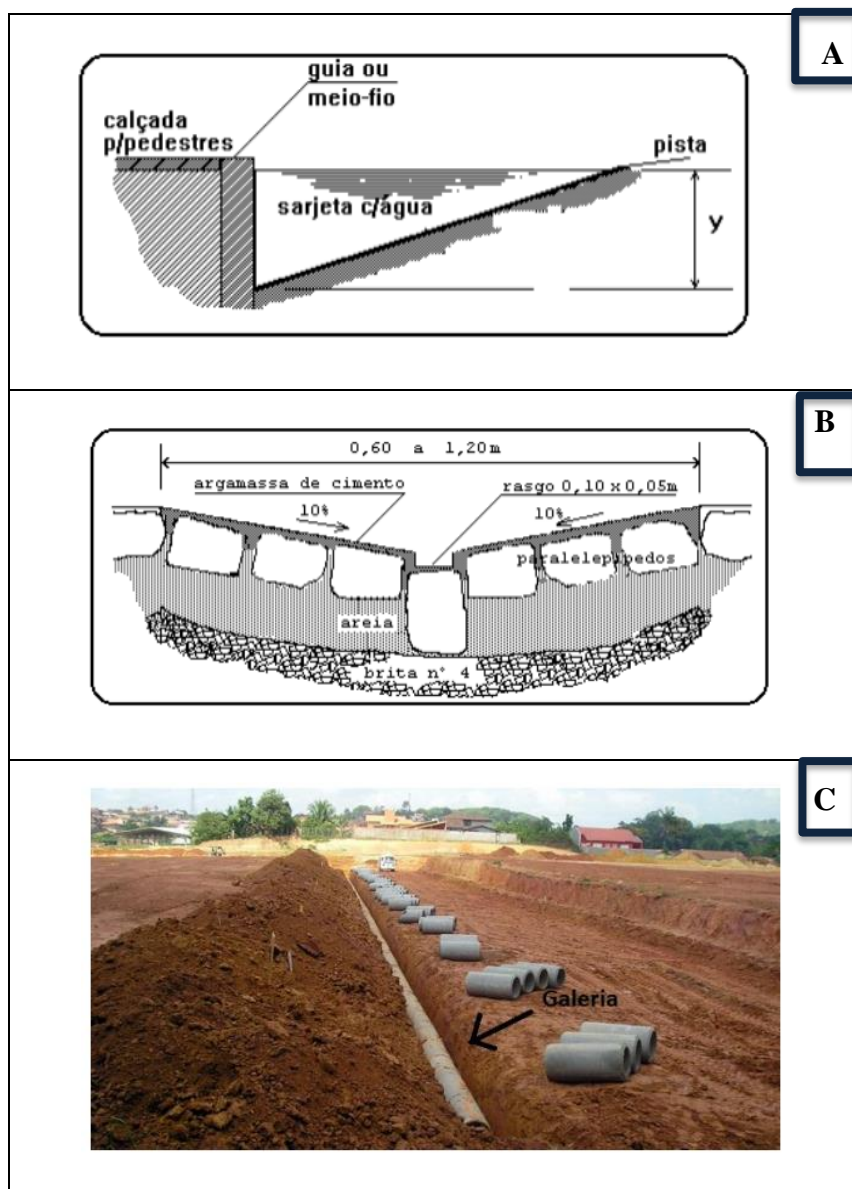
Fonte: Google imagens, 2019.

Segundo Cruz e Alberto (2009), os poços de visita possibilitam o acesso aos condutos para limpeza e inspeção:

- Para Utilização: mudança de direção ou declividade da galeria, nas junções da galeria, nas extremidades de montantes;
- Altura mínima: 2,00m; diâmetro usual: 0,60m;
- Máximo 100m entre um e outro.

A sarjeta pode ser definida como o canal longitudinal, em geral triangular, localizado entre a pista de rolamento e a guia da calçada, destinado a coletar e conduzir as águas de escoamento superficial até os devidos pontos de captação ilustrado na Figura 02. (A). Os sarjetões são os canais de seção triangular situados nos pontos baixos ou nos encontros dos leitos viários das vias públicas, destinados a conectar sarjetas ou encaminhar efluentes destas para os pontos de coleta, Figura 02. (B). As Galerias são condutos destinados ao transporte das águas captadas nas bocas coletoras até os pontos de lançamento. Tecnicamente denominada de galerias tendo em vista serem instaladas com diâmetro mínimo de 400 mm, como na Figura 02. (C).

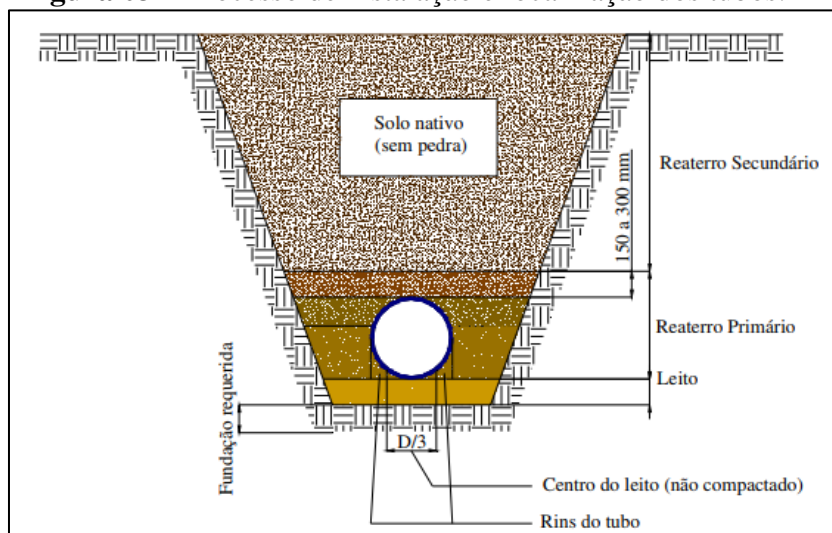
Figura 02– Elementos de um sistema de microdrenagem: sarjeta, sarjetões e galeria.



Fonte: Silva, 2017.

3.2.1 Componentes de instalação

De acordo com Joplas (2011), os tubos enterrados apresentam os componentes típicos da instalação e sua localização. Tendo em vista que o diâmetro externo do tubo é definido pelo projeto. A figura 03 a seguir ilustra o processo de instalação dos tubos.

Figura 03 – Processo de instalação e localização dos tubos.

Fonte: Joplas industrial, 2011.

Conforme Joplas (2011), para o preparo do leito são necessárias algumas etapas, são elas: a) O leito deve ter espessura mínima de 15 cm, podendo usar o solo nativo ou solo de outra região; b) Depositar no fundo da vala uma camada de 15 cm de base, o solo deve apresentar em sua composição total 75% de areia, não apresentando nenhum tipo de matéria orgânica ou outro tipo de impurezas; c) Fazer a compactação total do leito até atingir 90 % proctor, pode adotar o procedimento de compactação (adensamento) com água; d) Verificar se a vala está isenta de pedras, torrões de terra e materiais cortantes; e) Fazer o rebaixo para acomodação das luvas. Se adotado a compactação com água, esse procedimento será feito quase que automaticamente.

3.3 Tubulação em manilhas de concreto armado

De acordo com Escariz (2012, p.51) concreto é um material de construção versátil e pode ser aplicado com grande eficiência em tubos de concreto para águas pluviais e esgotos devido a uma série de características que lhe proporcionam esta condição. No entanto, este material apresenta algumas limitações, como por exemplo, o comportamento marcadamente frágil, ou seja, apresenta pequena capacidade de deformação antes da ruptura quando submetido à tração.

As tubulações de concreto são denominadas de manilhas de concreto, bem como tubos de galeria ou aduelas. Servem para utilizar-se de auxílio para captação e escoamento das águas

pluviais, esgotos sanitários, efluentes industriais, canalização de córregos e galerias e pôr fim a drenagem em áreas propicia a alagamentos ou desmoronamento. Segundo a ABTC - Associação Brasileira de Tubos de Concreto, as tubulações em concreto armado são definidas como peças circulares pré-moldadas em concreto, com encaixe podendo ser ou não armados. As figuras abaixo, representam como são os tubos circulares em concreto armado.

Figura 04 – Tubos de manilhas de concreto.



Fonte: Liberato, T.S. 2015.

Lima, *et al.* (2010) citam que o Brasil tem uma longa tradição na utilização de tubos de concreto em obras de canalização de águas pluviais. Há uma tecnologia capaz de produzir variados diâmetros. A tubulação rígida de concreto é feita com armaduras ou sem armaduras, porém em obras de redes de águas pluviais são utilizados os tubos com concreto armado.

Há toda uma logística, como por exemplo, questões de o fornecedor disponibilizar o material, transporte e local de armazenamento das tubulações, que devem ser analisadas antes de qualquer projeto de drenagem profunda com manilhas de concreto. Para aplicar esse tipo de material, o projeto estrutural das tubulações deve atender aos estados limite de serviços de acordo com os esforços que são solicitados. Além disso, possuem dificuldades por ser de grande complexidade determinar as pressões do solo em contraposição as paredes, assim, são necessárias determinar os carregamentos da instalação, ANDRADE (2017).

De acordo com ABTC, os requisitos para a fabricação das tubulações de concreto são: durabilidade em função das condições de uso, a relação água/cimento não pode ser superior a 0,5 para tubulação em águas pluviais e a resistência mínima do concreto deve ser de 25Mpa. Segundo a ABTC, para a fabricação do tubo pode-se usar qualquer tipo de cimento, assim como na armadura pode-se utilizar barras de aço ou telas soldadas, requerido pelas normas da ABNT - NBR 9794 (Tubo de concreto armado de seção circular para águas pluviais); e NBR 8890

(Tubo de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários - Requisitos e métodos de ensaio).

3.3.1 Juntas

Existem dois tipos de juntas de tubulação em concreto que são as rígidas e as elásticas, diferenciando entre si de acordo com sua finalidade, classes de resistência e seção. Nas juntas rígidas sua utilização é possível para quaisquer tipos de obra relacionadas à drenagem de água pluvial, o método de encaixe, que pode ser é o macho e fêmea, acaba-se fazendo rejuntados com argamassa executada de cimento e areia. Para as tubulações do tipo elásticas utilizam-se anéis de borracha, em suas extremidades, garantindo assim uma melhor estanqueidade no transporte da água, sendo conseqüentemente mais caras. O método de encaixe também é o macho e fêmea. Para o processo de execução da instalação será representado a seguir, pela figura 05.

Figura 05 – Processo de instalação da tubulação de manilhas de concreto.



Fonte: Terraplenagem Engenharia Construções, 2017.

As manilhas de concreto devem ser fabricadas seguindo as recomendações da norma ABNT NBR 8.890:2003 (Tubo de Concreto de Seção Circular para Águas Pluviais e Esgotos Sanitários - Requisitos e Métodos de Ensaio).

3.3.2 Durabilidade

O grau de agressividade é considerado um pouco maior pois os tubos trabalham com esgoto e com água na qual essa condição leva a exigências de durabilidade. De acordo com Figueiredo (2017), essa característica é fixada ainda de maneira empírica. É garantido que os

tubos tenham um nível máximo de absorção de água, ou seja, que o concreto seja bem compacto para evitar a entrada de agentes agressivos. Desta forma, tem-se um limite de absorção máxima de 6% para esgoto e 8% para águas pluviais, o que é verificado em ensaios de absorção de água por imersão e fervura.

Em meio mais agressivo como é o caso dos esgotos, é necessário especificar tubo de concreto resistente aos sulfatos, com baixo teor de C3A (aluminato tricálcico, componente básico do cimento), para aumentar a vida útil da peça.

Destaca-se que ainda não há modelos para a previsão da vida útil dos tubos. Pois esses dados dependem do proprietário da rede de saneamento, sistema que tem que ser monitorado, compondo um mapeamento desde a execução da tubulação. Na falta de modelos, são utilizados apenas os recursos empíricos que envolvem a especificação do cimento com resistência a sulfatos e o nível de absorção máxima, (FIGUEIREDO, 2017).

3.3.3 Custos

A ABNT NBR 8890:2007 estabelece os requisitos mínimos e métodos de ensaio para tubos de concreto, divididos em classes.

É fundamental que a peça mantenha a geometria no estado ainda fresco e depois de endurecido. Isso vai depender da coesão do concreto utilizado que, no caso, é o que se chama de concreto seco. Geralmente a norma é ignorada, o que é o caso muito grave. Pois é comparado os tubos pelo menor preço sem fazer o controle de qualidade que a norma exige.

3.3.4 Tempo de serviço

A fabricação dos tubos de manilhas de concreto depende da produção do concreto e do tempo de cura, e também da transportação do material do fornecedor ao cliente, para então iniciar a instalação das manilhas no local da obra.

Uma vantagem é que a comercialização é mais fácil do que outros materiais, são bastante resistentes. Por outro lado, tem um ponto negativo que é um material muito pesado dificultando o manuseio sendo comparado ao tubo corrugado PEAD.

3.4 Tubos corrugados PEAD

Em 1950 iniciou-se a utilização dos tubos de drenagem de Polietileno de Alta Densidade, que consiste em um tubo de polietileno de alta resistência, durável, mais leve, com expectativa de vida útil superando 50 anos. Desde então, o PEAD tem sido objeto de testes de laboratórios obtendo recordes de rendimento e eficiência

Segundo a Tigre-ADS (2017), uma qualidade do material que chama a atenção dos profissionais da construção civil é a maior eficiência hidráulica, facilidade de manuseio e instalação da tubulação, pois são 30 vezes mais leves que outras tecnologias tradicionais e possuem um exclusivo sistema de encaixe que permite conectar as peças utilizando apenas uma barra de ferro ou retroescavadeira, sem a necessidade da presença de muitas pessoas dentro da vala, reduzindo assim, o esforço da equipe e o risco de acidentes.

Os tubos em PEAD são muito resistentes à corrosão e imunes a muitas reações químicas e eletromecânicas, com durabilidade comprovada em testes realizados nos Estados Unidos com resultados de durabilidade de 75 anos.

Em seu Catálogo de Tubulações Corrugadas, a Tigre-ADS (2017), justifica que os tubos em PEAD são vendidos em trechos de 6 metros para que seu manuseio seja padronizado e esteja de acordo com as medidas de transporte, implicando também em uma quantidade menor de juntas e altos rendimentos de instalação.

A figura 06 abaixo apresenta uma peça de tubo PEAD e o Quadro 01 apresenta as especificações técnicas da tubulação PEAD Tigre-ADS para aplicação em drenagem pluvial.

Figura 06 – Tubo corrugado PEAD.



Fonte: PEAD Tigre-ADS, 2017.

Utilizando a AASHTO com diâmetro de 375 mm pra o tubo PEAD. Assim, a tabela informa usar o diâmetro externo de 448 mm, será mostrado na tabela do diâmetro externo no apêndice A.

Quadro 01 - Especificação Técnica da Tubulação DrenPro e Ponta e Bolsa, Aplicação Drenagem Pluvial.

NORMA		Diâmetro (mm)	Diâmetro Nominal Interno (mm)	Diâmetro Nominal Externo (mm)	Rigidez de Tubo com 5% deflexão (kN/m ²)
DNIT 094/2014 - EM	AASHTO M253	100	103	121	345
		150	152	177	345
		200	203	240	345
		250	254	304	345
	AASHTO M294	300	303	359	345
		375	375	448	290
		450	451	545	275
		600	603	717	235
	AASHTO F2306/F2648	750	772	901	195
		900	908	1054	150
		1050	1063	1216	140
		1200	1218	1374	125
		1500	1521	1699	95

Fonte: Adaptada da Tigre-ADS, 2019.

Segundo a TMD Brasil (2016), os tubos de PEAD, corrugados por fora e lisos por dentro, se apresentam como a melhor opção ao definir uma solução definitiva em projetos de condução e drenagem, onde as condições de trabalho são críticas e as cargas são extremamente altas.

O formato dos tubos PEAD, desenvolvido com a mais moderna tecnologia, permite utilizar o mesmo tubo em diferentes diâmetros, independente das condições do projeto.

Figura 07 – Tubos corrugado PEAD.



Fonte: TMD Brasil, 2016.

3.4.1 Instalação dos tubos corrugado PEAD

As tubulações em PEAD são de fácil instalação, em virtude do seu baixo peso, o rendimento de instalação é alto, comparativamente com outros materiais. O fabricante Tigre-ADS, apresenta as seguintes orientações e métodos para instalação dos tubos PEAD:

- Inspeccionar a bolsa para tirar qualquer material estranho que possa obstruir a passagem de água;
- Limpar e lubrificar o interior da bolsa;
- Retirar a envoltura protetora que se encontra nos anéis de borracha;
- Limpar a ponta do extremo do outro tubo e retirar todo o material em excesso;
- Lubrificar o anel de borracha utilizando pano limpo e cuidar para que o mesmo não entre em contato com a terra ou o recobrimento;
- Baixar o tubo para a vala manualmente ou utilizando bandas de náilon de 3” de largura e retroescavadeira, não deixando o tubo cair no interior da vala;
- Empurrar a ponta do tubo para dentro da bolsa, nunca a bolsa para dentro da ponta.

As informações sobre larguras mínimas da vala recomendadas para a maioria das instalações padrão, pela empresa Tigre-ADS, seguem conforme Quadro 02 a seguir.

Quadro 02 - Larguras mínimas da vala recomendadas para maioria das instalações padrão.

Diâmetro Nominal (mm)	100	150	200	250	300	375	450	600	750	900	1050	1200	1500
Largura Mínima da vala (mm)	520	576	632	690	767	856	981	1196	1425	1605	1815	2009	2400

Fonte: Adaptado da Tigre-ADS, 2019.

Quanto ao recobrimento, as tubulações TIGRE-ADS até 1.200 mm estão desenhadas para suportar cargas vivas tipo AASHTO H-25 (até 19 toneladas por eixo) com um recobrimento mínimo de 30 cm. Para as tubulações TIGRE-ADS de 1.500mm o recobrimento mínimo para cargas H-25 é de 60 cm. As zonas expostas ao tráfego de veículos de construção pesados entre 30 e 60 toneladas precisam de pelo menos 90 cm de recobrimento sobre o tubo.

3.4.2 *Vantagens da utilização de tubos corrugados PEAD*

Florêncio e Back (2016), observa-se que há alguns benefícios na utilização de tubos PEAD, do qual podem ocorrer na redução de diâmetros, devido a menor rugosidade interna (coeficiente de Manning), bem como na redução de declividade, para uma mesma vazão de tubos fabricados com outros materiais que não o PEAD.

Outro ponto positivo é a diminuição das máquinas pesadas na obra para movimentação de transporte e colocação em valas de tubos, do qual os tubos PEAD de grandes diâmetros pesam na ordem de 95% menos que os tubos de concreto de mesmo diâmetro, além da quantidade de aterro sobre este que é reduzido. Diversos outros fatores e características dos tubos sobressaem sobre outros materiais, como maior durabilidade do tubo, melhor resistência à abrasividade e aos raios UV (ultravioletas), além de suportar maior variação de temperatura e PH (Grau de acidez). A característica dos tubos corrugado PEAD mais leves promovem uma vantagem na instalação em relação às manilhas de concreto, FLORENÇIO E BACK (2016).

Os tubos PEAD permitem índices de vazão superiores a 5 m³/s, neste sentido, há uma economia na profundidade da vala a ser escavada, uma vez que não necessita de declividade tão acentuada para garantir a velocidade ideal de escoamento dos fluidos. A resistência à compressão é outra vantagem da vala menor, pois sua compactação é mais simples, não requer escoramentos e nem que operários entrem nela para trabalhar. O resultado é maior durabilidade e resistência mecânica ao tubo instalado (BARBOZA, 2016).

3.5 Sistemas de distribuição da rede pública

O sistema de distribuição de água da rede pública utiliza tubos principalmente de ferro fundido, PVC e polietileno, mais contínuos, com maior capacidade de resistência e menor número de juntas, que são locais onde, normalmente, aparecem os vazamentos. De acordo com Figueiredo (2017), os tubos de concreto são empregados para condutos livres, ou seja, onde não há pressão interna como ocorre com o esgoto e água de drenagem.

3.6 Comparativo de tubos PEAD e outra tecnologia

A técnica dos tubos de PEAD vem ganhando espaço no mercado pela sua agilidade e durabilidade. Fabricados pela Tigre-ADS, os tubos possuem alta resistência às cargas externas e abrasão, grande desempenho hidráulico, facilidade e rapidez de instalação. Possuem parede dupla e assim são corrugados na parte exterior e interior que possibilita sua implantação sob

rodovias com trânsito intenso de veículos, abaixo de linhas férreas ou em portos. Para a parte interior são lisas e que proporciona excelente desempenho hidráulico se comparado com tubos de concreto ou aço. O quadro 03 abaixo apresenta as vantagens da linha de tubos PEAD da Tigre-ADS (2019) para drenagem pluvial, mostrando o comparativo com outras tecnologias.

Quadro 03 - Vantagens do tubo corrugado PEAD.

Comparação	Tigre - ADS PEAD	Outras Tecnologias
Quimicamente inerte	Variação de pH de 1,5 a 14	Variação de pH de 3 a 12
Eficiência hidráulica	Manning - 0,009 a 0,012	Manning - 0,013 a 0,017
Vida útil	75 anos	30 anos
Peso	1200 mm = 40 kg/m	1200 mm = 1360 kg/m
Instalação	1200 mm = 24 tubos	1200 mm = 144 tubos
Comprimento dos tubos	Barras de 6 metros	Tubo de 1 metro
Quantidade de emendas	144 mm = 23 pontos de junção/emendas	144 mm = 143 pontos de junção
Tempo de instalação	50% mais rápido	

Fonte: Adaptado da Tigre-ADS, 2019.

4 METODOLOGIA

A metodologia aplicada para a realização deste trabalho se fez por levantamento bibliográfico e um estudo de caso. Trata-se de uma análise quali-quantitativa, além de um levantamento de dados para auxiliar na realização dos resultados.

O estudo de caso foi realizado através de materiais e informações fornecidos pela empresa Joplas Empreendimentos Imobiliários e por empresa fabricante de tubos de concreto e tubos corrugado PEAD. Também foram realizadas análises em campo para adquirir dados para a compilação dos resultados.

4.1 Caracterização da área de estudo

A cidade de São Bento está localizada no sertão do estado da Paraíba ilustrado na figura 08, limita-se ao sudoeste com o município de Paulista/PB, ao oeste com Riacho dos Cavalos/PB, ao norte com Brejo do Cruz/PB, ao nordeste com Jardim de Piranhas/RN e ao leste com Serra Negra do Norte/RN.

Figura 08 – Mapa do estado da Paraíba.

Fonte: Google imagens, 2019.

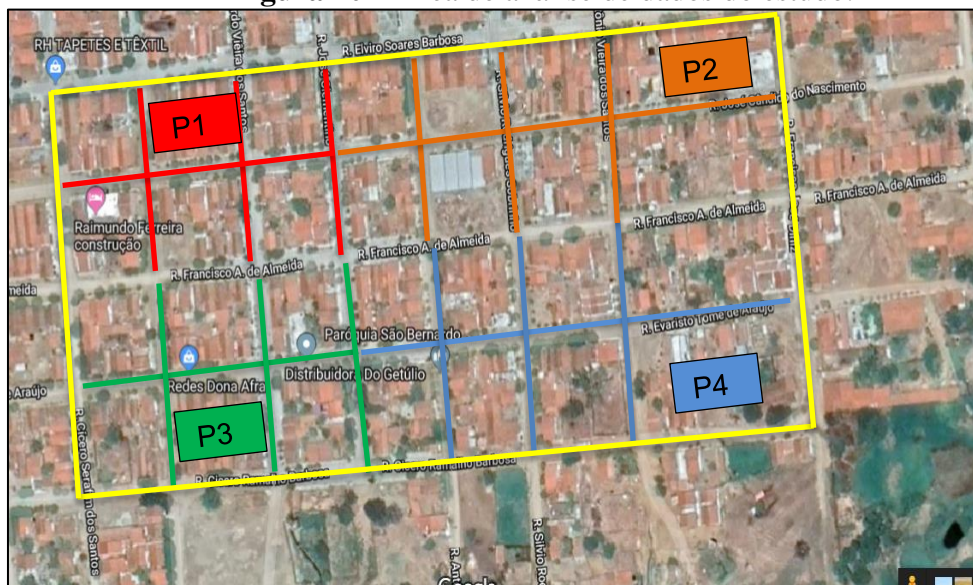
Situada na Região Geográfica Imediata de Catolé do Rocha-São Bento, com distância de 375 Km da capital João Pessoa. De acordo com o IBGE de 2018 sua população era de 33796 habitantes sendo a 15ª cidade mais populosa da Paraíba. Sua Área territorial é de 248 km². O município está incluído na área geográfica de abrangência do semiárido brasileiro. Esta delimitação tem como critérios o índice pluviométrico, o índice de aridez e o risco de seca. A figura 09 a seguir ilustra a localização da cidade no mapa.

Figura 09 – Localização da área de estudo.

Fonte: Adaptado do Google Earth, 2019.

A análise de dados foi realizada na zona urbana da cidade de São Bento no sertão da Paraíba, conforme figura 10.

Figura 10 – Área de análise de dados do estudo.



Fonte: Adaptado do Google Earth, 2019.

Realizou-se uma simulação com os dados da empresa JOPLAS e assim readaptado para uma área da cidade de São Bento - PB.

Analisando os quantitativos dos serviços de escavação de vala, largura da vala, comprimento do tubo para realizar a comparação dos custos para a área determinada pelos quatro pontos. Simulou-se quatro pontos, no qual está destacado na figura 10 com as cores determinadas. As cores representam os somatórios dos comprimentos das tubulações na qual todos possuem esse comprimento igual à 380m, para realização dos cálculos dos volumes, escavado, lastro de brita, bota fora e reaterro das valas.

Efetuaram-se as dimensões para cada trecho exibidos nas cores vermelha, laranja, verde e azul, os somatórios das tubulações para análise comparativa de concreto e PEAD.

- PONTO 1: Comprimento do tubo para instalação do sistema de PEAD;
- PONTO 2: Comprimento do tubo para instalação do sistema de PEAD;
- PONTO 3: Comprimento do tubo para instalação do sistema de PEAD;
- PONTO 4: Comprimento do tubo para instalação do sistema de PEAD;

5 RESULTADOS

5.1 Comparativo de custos entre tubos de concreto e tubos corrugado PEAD para drenagem pluvial

A forma mais objetiva a seguir será apresentada uma análise comparativa de custo entre a tecnologia de tubos PEAD e tubos de concreto para drenagem pluvial. O principal alvo é apresentar os custos gerados para a implantação desta rede de drenagem e comparar com os custos, caso fossem utilizados tubos em PEAD.

Assim, pra cada método foi exibido os serviços necessários com suas quantidades, os valores dos tubos, os equipamentos e a mão de obra necessária para realização dos serviços.

A área em estudo, localizado no bairro São Bernardo, cidade de São Bento/PB, ilustrado na figura 09, destaca onde está sendo utilizado tubo de concreto na execução da rede de drenagem pluvial.

5.2 Dimensionamento da rede com tubo de concreto

O dimensionamento da rede pluvial com tubos de concreto está apresentado no quadro 04, fornecido pela empresa Jotas Empreendimentos Imobiliários. Foi adotado um coeficiente de rugosidade de Manning de 0,013 considerando uma boa condição de escoamento. Para os tubos em concreto foi adotado um diâmetro mínimo de 400 mm.

5.3 Dimensionamento da rede com tubo corrugado PEAD

Para o dimensionamento da rede com tubo de PEAD, foi utilizada a mesma planilha fornecida pela empresa Jotas Empreendimentos Imobiliários, com cálculo para concreto, porém, substituindo-se o coeficiente de rugosidade de Manning, neste caso 0,010 e adotando-se um diâmetro mínimo de 375 mm, conforme apresentado no quadro 05.

Para escolha do diâmetro mínimo dos tubos em PEAD, foi elaborada uma análise comparativa realizada pela Tigre-ADS entre tubos de PEAD de 375 mm e tubos de concreto de 400 mm, onde se verifica que a vazão do tubo PEAD de 375 mm é maior que do tubo 400 mm de concreto, visto que as paredes dos tubos em PEAD são lisas, facilitando o escoamento das águas enquanto as paredes dos tubos em concreto possuem maior rugosidade e atrito.

Quadro 04 - Dimensionamento da rede de drenagem com tubo de concreto.

DRENAGEM PLUVIAL TUBO DE CONCRETO											
TRECHO	PONTO	L (m)	ÁREA (m²)	tc (min)	i(mm/h)	C	Qp (m³/s)	Qadm(m³/s)	I (m/m)	D (mm)	DN(mm)
Ruas Verde	1	380	342	6,00	192,96	0,9	0,12	0,011	0,005	0,37	400
Ruas Azul	2	380	342	6,00	192,96	0,9	0,17	0,011	0,011	0,6	400
Ruas Vermelha	3	380	342	6,00	192,96	0,9	0,27	0,011	0,016	0,4	400
Ruas Coral	4	380	342	6,00	192,96	0,9	0,10	0,011	0,0175	0,27	400

Fonte: Adaptado de ANDRADE, 2019.

Quadro 05 - Dimensionamento da rede de drenagem com tubo PEAD.

DRENAGEM PLUVIAL TUBO PEAD											
TRECHO	PONTO	L (m)	ÁREA (m²)	tc (min)	i(mm/h)	C	Qp (m³/s)	Qadm(m³/s)	I (m/m)	D (mm)	DN(mm)
Ruas Verde	1	380	342	6,00	192,96	0,9	0,12	0,011	0,005	0,330	375
Ruas Azul	2	380	342	6,00	192,96	0,9	0,17	0,011	0,011	0,328	375
Ruas Vermelha	3	380	342	6,00	192,96	0,9	0,27	0,011	0,016	0,366	375
Ruas Coral	4	380	342	6,00	192,96	0,9	0,10	0,011	0,0175	0,251	375

Fonte: Adaptado de ANDRADE, 2019.

5.4 Comparativo do quadro de custos

5.4.1 Cálculo da quantidade dos serviços

As planilhas constantes nos apêndices A e B apresentam o levantamento das quantidades dos serviços, obtidos de acordo com os critérios apresentados a seguir.

5.4.1.1 Escavação das valas

Para escavação da vala foi considerado o volume de escavação, conforme indicado na Equação 1 a seguir.

Volume de escavação da vala é calculado por:

$$V_e = (B \times L \times P) + \text{lastro de brita} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

- B = largura da vala;
- L = comprimento da vala;
- P = profundidade média da vala;
- Lastro de brita = 0,15 m (considerado para ambos os tubos).

Sendo: $P = D_{ext} + H$

Destaca-se que *Dext* refere-se ao diâmetro externo do tubo (o valor é fornecido de acordo com a Norma 8890/2007 para o concreto e para PEAD o valor é fornecido pelo catálogo do fabricante, neste caso a Tigre) e H é altura média acima da geratriz superior do tubo.

A Tabela 01 abaixo apresenta os volumes levantados de escavação para tubos de concreto e PEAD. Verifica-se que o volume de escavação para tubos de concreto foi de 7,16% maior que para tubos de PEAD.

Tabela 01 – Resumo volume escavação.

TUBO	VOLUME(m³)
Concreto	1813,20
PEAD	1692,06

Fonte: Autora, 2019.

5.4.1.2 Assentamento dos tubos

Considera-se o comprimento efetivo do tubo instalado dentro das valas. A tabela 02 apresenta os comprimentos para cada diâmetro de tubulação, conforme dimensionamentos já apresentados nos quadros 02 (concreto) e 03 (PEAD).

Tabela 02 – Comprimento da rede.

CONCRETO		PEAD	
Diâmetro (mm)	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Comprimento (m)
400	1520	375	1520

Fonte: Autora, 2019.

5.4.1.3 Lastro de brita

O volume do lastro de brita é calculado por:

$$V_l = (B \times L \times \text{Espessura do lastro}) \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

- B = largura da vala;
- L = comprimento da vala;
- Espessura do lastro = 0,15 m (considerado tanto para concreto quanto para PEAD).

Os cálculos foram realizados e os resultados estão apresentados na tabela 03 a seguir:

Tabela 03 – Resumo lastro de brita.

TUBO	VOLUME(m³)
Concreto	205,200
PEAD	195,170

Fonte: Autora, 2019.

Como demonstrado na Tabela 03, o volume de lastro ficou praticamente o mesmo para o concreto e PEAD, com diferença de 5,14 % a maior para o concreto.

5.4.1.4 Bota-Fora

A tabela 04 abaixo apresenta o volume de bota-fora para tubos de concreto e PEAD. Pode-se verificar que o volume de bota-fora ficou 9,65% maior para a solução em concreto. Para a rede em concreto e para a rede em PEAD, foi considerado o volume de bota fora calculado conforme a seguir:

$$\text{Volume bota - fora} = \text{volume tubo} + \text{volume lastro de brita}$$

Tabela 04 – Resumo volume de bota-fora.

TUBO	VOLUME(m³)
Concreto	448,400
PEAD	408,918

Fonte: Autora, 2019.

5.4.1.5 Reaterro das Valas

Na Tabela 5 abaixo se observa que o volume de reaterro para tubos em concreto foi 6,36% maior do que para tubos em PEAD. Para concreto e PEAD foi calculado o volume de reaterro da seguinte forma:

$$\text{Reaterro} = \text{volume escavado} - \text{vol.tubo} - \text{vol.lastro}$$

Tabela 05 – Resumo volume de reaterro.

TUBO	VOLUME(m³)
Concreto	1364,800
PEAD	1283,138

Fonte: Autora, 2019.

5.5 Preços dos materiais e serviços

Assim para realização da análise comparativa de custos foram utilizados valores de materiais e mão de obra levantados da seguinte forma:

- Os preços dos tubos de concreto e materiais para execução de lastro foram fornecidos pela empresa Jotas Empreendimentos Imobiliários Ltda., aplicados na obra em estudo;
- Para o fornecimento de tubos PEAD foi considerada a proposta fornecida pela empresa Tigre-ADS.

5.6 Quadro Comparativo de Custos

Apresentando nos quadros 06, 07 e 08 a seguir apresenta-se a comparação entre os custos na utilização dos tubos de concreto e tubos PEAD. Salienta-se que não estão inclusos os gastos referentes à execução das singularidades, tais como poços de visitas, bocas de lobo, caixas coletoras, bem como o acabamento final da obra, sendo contemplado os custos de mesma grandeza para as duas soluções.

Quadro 06 - Custos dos tubos de concreto.

DRENAGEM PLUVIAL TUBO DE CONCRETO								
ITEM	Execução	Quantidade	Und.	Valor unitário		Valor total		TOTAL
				Mão de obra	Material	Mão de obra	Material	
1,0	Tubos de concreto Ø 400 mm com assentamento e junta	1520,00	m	32,66	19,00	49643,20	28880,00	78523,20
2,0	Lastro	205,20	m ²	87,58	30,00	17971,42	6156,00	24127,42
3,0	Escavação de Vala	1813,20	m ²	4,44	-	8050,61	-	8050,61
4,0	Reaterro de Vala	1364,80	m ²	8,94	-	12201,31	-	12201,31
5,0	Bota Fora	448,40	m ²	3,27	-	1466,27	-	1466,27
VALOR TOTAL (R\$)						R\$ 89.332,80	R\$ 35.036,00	R\$ 124.368,80

Fonte: Autora, 2019.

Quadro 07 – Custos dos tubos corrugado PEAD.

DRENAGEM PLUVIAL TUBO PEAD								
ITEM	Execução	Quantidade	Und.	Valor unitário		Valor total		TOTAL
				Mão de obra	Material	Mão de obra	Material	
1,0	Tubos de concreto Ø 375 mm com assentamento e junta	1520,00	m	2,94	94,65	4468,80	143868,00	148336,80
2,0	Lastro	195,17	m ²	51,43	40,00	10037,59	7806,80	17844,39
3,0	Escavação de Vala	1692,06	m ²	4,44	-	7512,75	-	7512,75
4,0	Reaterro de Vala	1283,14	m ²	8,94	-	11471,27	-	11471,27
5,0	Bota Fora	408,92	m ²	3,27	-	1337,17	-	1337,17
VALOR TOTAL (R\$)						R\$ 34.827,58	R\$ 151.674,80	R\$ 186.502,38

Fonte: Autora, 2019.

Quadro 08 - Resumo comparativo de custos.

ITEM	Execução	VALOR	
	Material / Serviço	Concreto	PEAD
1,0	Fornecimento e assentamento de tubos para águas pluviais	78523,20	148336,80
2,0	Lastro	24127,42	17844,39
3,0	Escavação de Vala	8050,61	7512,75
4,0	Reaterro de Vala	12201,31	11471,27
5,0	Bota Fora	1466,27	1337,17
VALOR TOTAL		R\$ 124.368,80	R\$ 186.502,38

Fonte: Autora, 2019.

5.7 Análise dos resultados

Como exposto nos quadros anteriores, serão apresentadas as considerações baseadas na execução da obra e os custos levantados.

5.7.1 Custos

Assim como comparativo realizado entre os tubos de concreto e de PEAD, as análises dos custos finais para execução da drenagem pluvial são mostradas no quadro 08 acima, sendo notório que para realização da obra com tubos PEAD o custo ficou mais elevado do que para tubos em concreto, com diferença de 49,95%. Diferença está que se dá pelo elevado custo do fornecimento de tubos em PEAD, pois como se observa nos quadros 06 e 07, quando analisados os custos com mão de obra para instalação e movimentos de terra, a tubulação de PEAD se mostrou extremamente benéfica.

5.7.2 Equipamentos

Os equipamentos de escavação a serem utilizados para a alternativa em PEAD ou concreto são os mesmos. Para o assentamento, as tubulações de PEAD, geralmente, não necessitam do equipamento para a descida dos tubos na vala. Porém, para a etapa de reaterro a necessidade de equipamento é a mesma.

5.7.3 *Tempo de obra*

Baseado na velocidade de execução da obra é notório uma produtividade maior com relação à utilização de tubos de PEAD, já que estes são tubos mais leves e de rápida instalação, em benefício do comprimento dos tubos em barras de 6 metros. Também, as quantidades (volumes) de serviços para a solução em PEAD são menores comparado com tubo de concreto.

5.7.4 *Manutenção*

Nas redes de drenagem pluviais os procedimentos de manutenção são fornecidos pelo tempo de uso e pressão que envolvem os tubos ao longo dos anos. Avaliando os materiais e processos de fabricação de cada tubo, o concreto tem sua desvantagem com o passar do tempo, por ser um material que sofre corrosão com mais facilidade, além de possibilitar infiltrações. Já os tubos em PEAD são fabricados com polietileno de alta densidade, sendo fortes, resistentes e extremamente duráveis, tendo baixos níveis de necessidade de reparos.

5.7.5 *Normalização*

Os tubos de concreto apresentam normalização específica para sua fabricação e utilização, porém, dificilmente apresentam controle de qualidade durante sua produção. Os sistemas de tubos flexíveis de PEAD possuem Norma Técnica Nacional para sua fabricação e cumprem com os mais rigorosos requisitos técnicos e normas nacionais e internacionais vigentes na indústria.

6 CONCLUSÃO

A pesquisa mostrou uma técnica de tubulação para drenagem pluvial que vem ganhando destaque recentemente no mercado brasileiro, pelas suas vantagens aplicabilidade, na qual é o tubo de PEAD, sendo comparado com a técnica já existente especialmente, o tubo de concreto. Apresentando a situação da drenagem pluvial, assim a evolução histórica, alguns elementos e dimensionamento de uma rede de drenagem urbana. Posteriormente, mostrando as características dos tubos de concreto e PEAD, fatores de comparação, processo de instalação e custos para aplicação tubos aqui já mencionados.

Substituindo o tubo de concreto pelo tubo PEAD foi analisada e a realização dos comparativos mostra, notoriamente, levando em consideração as vantagens, como leveza, instalação rápida, mobilidade e durabilidade. Sendo observada a questão do custo deixa de ser vantagem, pois o custo do tubo PEAD hoje ainda é muito elevado, o que se justifica pelo fato deste tubo ser fabricado com alto controle de qualidade, fazendo-se necessária a utilização de maquinário de ponta na sua produção.

Um fator importante também e vale salientar que, os construtores ainda têm mais confiança na utilização de tubos de concreto, pois é uma solução existente há muitos anos e que funciona muito bem quando feita a instalação de forma correta e com tubos de qualidade. Acrescenta-se também que os tubos de concreto têm maior facilidade na compra e na entrega, pois existem várias fábricas, além disso seu custo bem inferior quando comparado ao tubo em PEAD.

Já existente a alguns anos no mercado, o tubo PEAD oferece o desenvolvimento e dinamismo que as obras atualmente exigem, contatando-se como uma técnica muito atraente, com vida útil mais elevada do que o tubo de concreto, movendo a acreditar que este sistema precisa de menos reparos.

Anteriormente mencionados todos os fatores de qualidade, segurança, resistência e durabilidade, esta técnica apresenta-se como vantajosa. Assim, espera-se que o custo para o fornecimento de tubulações em PEAD torne-se mais acessível e possa ter sua utilização em maior escala.

7 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Ao fim das pesquisas e estudo comparativo entre os tubos de concreto e PEAD, surgem alguns questionamentos acerca do tema, possivelmente tornando futuras pesquisas serem realizadas, apresentando a seguir algumas destas:

- Comparativo de custos levando em consideração propostas de outros fornecedores de tubos PEAD e valores de mão de obra de outras empresas prestadoras de serviços;
- Estudo comparativo com obras já implantadas com tubos PEAD;
- Análise comparativa de investimentos em manutenções para redes de drenagem pluvial com tubos de concreto e tubos PEAD;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABTC - Associação Brasileira dos Fabricantes de Tubos de Concreto; Disponível em: <<https://www.abtc.com.br/site/>>. Acesso em: 20 mar. 2019

ANDRADE, Leila; ABREU, Tatiane Aparecida. **ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE TUBOS DE CONCRETO E TUBOS PEAD PARA DRENAGEM PLUVIAL**. 2017. 72 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2017. Acesso em: 17 maio 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9794** :Tubo de concreto armado de seção circular para águas pluviais. Rio de Janeiro,1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8890**: Tubo de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários - Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2007.

BARBOZA, Nathalia. Saneamento. Revista Infraestrutura Urbana. 2016. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/61/uso-de-tubos-de-PEAD-avancano-subsolo-das-cidades-371921-1.aspx>>. Acesso em: 23 abril. 2017.

CEAP. Microdrenagem. Disponível em <http://www.ceap.br/material/MAT28052014140255.pd>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

CONSTRUÇÕES, Terraplenagem Engenharia. **Drenagem com manilhas: ASSENTAMENTOS DE TUBOS**. 2017. Disponível em: <<http://mpterraplenagem.com.br/drenagem-com-manilhas/>>. Acesso em: 24 out. 2018;

CRUZ, Aline A.; ALBERTO, Klaus Chaves. **INFRA ESTRUINFRA ESTRUTURA URBANATURA URBANA**. 2009. Disponível em: <http://www.ufjf.br/pa8/files/2011/04/Infra-estrutura-urbana_drenagem-pluvial.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2019.

CRUZ, Marcus Aurélio Soares; SOUZA, Christopher Freire; TUCCI, Carlos EM. Controle da drenagem urbana no Brasil: avanços e mecanismos para sua sustentabilidade. **XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Anais... São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos-ABRH**, 2007;

ESCARIZ, Renata Campos. **ANÁLISE COMPARATIVA DE DESEMPENHO MECÂNICO DE TUBOS DE CONCRETO REFORÇADOS COM MACROFIBRAS POLIMÉRICAS E FIBRAS DE AÇO**. 2012. 133p. Dissertação (ENGENHARIA CIVIL) - UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO;

FIGUEIREDO, A.D. Fibras de aço para tubos de concreto. In: CHAMA NETO, P.J.(Coord.). **MANUAL TÉCNICO DE DRENAGEM E ESGOTO SANITÁRIO**. 1.ed. Ribeirão Preto, SP: Associação Brasileira dos Produtores de Tubos de Concreto, 2008.332 p (b);

FIGUEIREDO, Antônio Domingues. **TUBOS ENTERRADOS**. AECWeb. São Paulo - SP, 2017. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/a-ciencia-dos-tubos-enterrados_5762_10_0>. Acesso em: 18 mar. 2019;

FLORÊNCIO, Guilherme Matos; BACK, Nestor. **COMPARATIVO DE DESEMPENHO E VIABILIDADE ECONÔMICA ENTRE TUBULAÇÕES DE PEAD E CONCRETO PARA SISTEMAS DE DRENAGEM PLUVIAL – ESTUDO DE CASO**. 2016. Disponível em: <<epositorio.unesc.net/bitstream/1/4977/1/GuilhermeMatosFlorencio.pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2019.

JOPLAS INDUSTRIAL LTDA. Manual instalação de tubulações enterradas de PRFV, 2011.

JPA, Engenharia e Obras. **Importância da Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. 2013. Disponível em: <<http://jpaobras.com.br/jpa/noticias/importancia-da-drenagem-e-manejo-de-aguas-pluviais-urbanas-2/>>. Acesso em: 07 jul. 2019.

KANAFLEX, 2016. KNTS Super – Tubo corrugado de grande diâmetro, 3ª Edição. Disponível em :< http://kanaflex.com.br/site/knts_super> Acesso em: 09 jun. 2019.

LIBERATO, Thaís Souza. **UTILIZAÇÃO DE TUBOS DE PVC RIB LOC PARA REDE DE ÁGUAS PLUVIAIS**. 2015. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUBD-A9PGQY/rib_loc_rev.05_08_12_15.pdf?sequence=1>. Acesso em: 24 nov. 2017;

LARENTIS, Dante. **Águas urbanas: Drenagem Urbana**. 2017. Disponível em: <<http://rhama.com.br/blog/index.php/aguas-urbanas/conceitos-da-drenagem-urbana/>>. Acesso em: 07 jul. 2019.

LIMA, Jander; NASCIMENTO, Lucas; BITTENCOURT, Mirian. **ESTUDO E COMPARATIVO ENTRE TUBOS CIRCULARES RÍGIDOS DE CONCRETO E TUBOS CIRCULARES FLEXÍVEIS DE PVC RIB LOC PARA ÁGUAS PLUVIAIS**. 2010. 93f. Trabalho de conclusão de curso (Faculdade de Engenharia da Universidade Vale do Rio Doce). Governador Valadares, MG. 2010;

NORMA TÉCNICA SABESP. **NTS 025: NORMA TÉCNICA SABESP NTS 025**. São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www2.sabesp.com.br/normas/nts/nts025.pdf>>. Acesso em: 06 jun. 2019.

SILVA, Thiago Henrique Almeida. **CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE DRENAGEM URBANA EM ZONA COMERCIAL DO MUNICÍPIO DE LAGOA DA PRATA - MG.** LAGOA DA PRATA - MG, 2017. 59 p. Trabalho de Conclusão de Curso (ENGENHARIA CIVIL) - CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA, 2017;

TIGRE-ADS. **Catálogo de Tubulações Corrugadas: Soluções em Tubulações Corrugadas de PEAD.** Disponível em: <http://www.tigreads.com/Content/uploads/arquivos/CATALOGO-GERAL-TIGRE-ADS-2016_56c977fdeb93-4cf5-8a68-b1b067a3fda7.pdf>. Acesso em: 17 maio. 2019.

TMD BRASIL. **TUBOS CORRUGADOS DE PEAD.** 2016. Disponível em: <<http://www.tdmbrasil.com.br/products-tuberias-tuberias-hdpe.php>>. Acesso em: 17 maio 2019.

TUCCI, Carlos E. M.; BERTONI, Juan Carlos. (Org.) **INUNDAÇÕES URBANAS NA AMÉRICA DO SUL.** 2003. ABRH. Disponível em: <<https://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/5/23335/inbr02803.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2018. 156

VAN ACKER, Arnold. Manual de sistemas pré-fabricados de concreto. **Traduzido por Marcelo de Araújo Ferreira.** São Paulo, SP: Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto, 2002. Acessado em <>, Acesso em: 20 mar. 2019.

VAZ, Valéria Borges. **Drenagem Urbana:** A urbanização causa enchentes para própria urbanização. 2017. 1 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Núcleo de Pesquisa e Extensão em Gerenciamento de Recursos Hídricos, Rio Pardo, 2017. Disponível em: <https://social.stoa.usp.br/articles/0048/3006/Drenagem_Urbana.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2019.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Quantidades de serviços para os tubos de concreto.

DRENAGEM PLUVIAL TUBO DE CONCRETO									
TRECHO	L (m)	DN (mm)	Dext (mm)	Largura da vala	Volume do lastro	Volume escavado	Volume da tubulação	Volume do reaterro	Volume do bota fora
Ruas Verde	380	400	480	0,9	51,3	453,3	60,8	341,2	112,1
Ruas Azul	380	400	480	0,9	51,3	453,3	60,8	341,2	112,1
Ruas Vermelha	380	400	480	0,9	51,3	453,3	60,8	341,2	112,1
Ruas Coral	380	400	480	0,9	51,3	453,3	60,8	341,2	112,1
TOTAL	1520	-	-	-	205,2	1813,2	243,2	1364,8	448,4

APÊNDICE B - Quantidades de serviços para os tubos corrugado PEAD.

DRENAGEM PLUVIAL TUBO DE PEAD									
TRECHO	L (m)	DN (mm)	Dext (mm)	Largura da vala	Volume do lastro	Volume escavado	Volume da tubulação	Volume do reaterro	Volume do bota fora
Ruas Verde	380	375	448	0,856	48,792	423,014	53,4375	320,7845	102,2295
Ruas Azul	380	375	448	0,856	48,792	423,014	53,4375	320,7845	102,2295
Ruas Vermelha	380	375	448	0,856	48,792	423,014	53,4375	320,7845	102,2295
Ruas Coral	380	375	448	0,856	48,792	423,014	53,4375	320,7845	102,2295
TOTAL	1520	-	-	-	195,168	1692,056	213,75	1283,138	408,918

