



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

EDNA AMÉRICO DOS SANTOS

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE TUBULAÇÕES DE REDE DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM PVC E PEAD: UM ESTUDO DE CASO NA
CIDADE DE LAGUNA SC**

Tubarão

2022

EDNA AMÉRICO DOS SANTOS

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE TUBULAÇÕES DE REDE DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM PVC E PEAD: UM ESTUDO DE CASO NA
CIDADE DE LAGUNA SC**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade
do Sul de Santa Catarina como requisito parcial
à obtenção do título de Bacharel.

Orientadora: Prof. Madelon Rebelo Peters, Ms.

Tubarão

2022

EDNA AMÉRICO DOS SANTOS

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE TUBULAÇÕES DE REDE DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM PVC E PEAD: UM ESTUDO DE CASO NA
CIDADE DE LAGUNA SC**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheira Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 01 de dezembro de 2022.

Professora e Orientadora Madelon Rebelo Peters, Ms.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Engenheiro Civil Jonathan da Maia Santos de Melo, Ms.
Companhia Catarinense de Água e Saneamento

Engenheiro Civil Maíke Marcelino Vitório, Esp.
Prefeitura Municipal de Gravatal

Dedico o presente trabalho primeiramente a Deus, que me conduziu e me deu forças para prosseguir e aos meus pais que não mediram esforços para que eu chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente por ter me dado forças para continuar e ter guiado meus caminhos, me fortalecendo cada vez mais.

À minha mãe que sempre me apoiou e acreditou em mim, não me deixando desistir em nenhum momento.

Ao meu pai que com seu esforço e suor conseguiu tornar meu sonho possível.

Aos meus chefes e colegas de trabalho Jonathan, Thiago, Temis, e Raphael por todo o conhecimento transmitido e toda a ajuda concedida nesses anos de estágio.

Aos demais funcionários da Casan de Laguna que com suas gentilezas me auxiliaram ao decorrer deste trabalho.

Aos meus amigos de longa data por sempre me transmitirem conforto em suas palavras e sempre se orgulharem do caminho que eu tracei até aqui.

Às minhas amizades construídas ao longo do curso, por tornarem a faculdade mais leve e alegre.

E, à minha orientadora professora Madelon, que com muita gentileza e conhecimento guiou meus passos neste trabalho.

“A ciência é sobre saber, a engenharia é sobre fazer” (HENRY PETROSKI).

RESUMO

Com o passar dos anos novas técnicas e materiais são criados a fim de facilitar vários tipos de serviços e o acesso aos novos recursos torna-se necessário, assim como as mudanças. Sabe-se que a distribuição de água encanada é um direito de todo cidadão. Pensando nisto e nos serviços efetuados pelas concessionárias de água o presente trabalho de conclusão de curso trata de uma comparação, em termos de custo-benefício, das duas tecnologias mais utilizadas na fabricação de tubulações para redes e adutoras de água: o Policloreto de Vinila (PVC) e o Polietileno de Alta Densidade (PEAD). De acordo com o presente trabalho, os tubos confeccionados em PVC apresentam diversas patologias ao longo da sua vida útil, impactando no abastecimento de água da cidade, bem como na gestão financeira, operacional e de pessoal das concessionárias. A fim de solucionar os problemas de rompimentos ocasionados por redes antigas de PVC houve a necessidade de implantação de novas tubulações de redes em PEAD, que se trata de um material com maior resistência. A metodologia de pesquisa fundamenta-se em relatórios fornecidos pela Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN) em um estudo de campo que analisou a colocação de tubos de PEAD em um anel viário de 14 km de extensão, localizado na cidade de Laguna-SC. O estudo considerou as características contidas nos tubos de PVC e PEAD, bem como em suas peças e conexões, além de um questionário avaliativo respondido pelos funcionários que diariamente estão em contato com as tubulações.

Palavras-chave: Tubulação. PEAD. PVC. Comparação.

ABSTRACT

Over the years, new techniques and materials are created in order to facilitate various types of services and access to new resources becomes necessary, as well as changes. It is known that the distribution of piped water is a right of every citizen. Thinking about this and the services provided by water concessionaires, this course conclusion work deals with a comparison, in terms of cost-benefit, of the two most used technologies in the manufacture of pipes for networks and water mains: Polyvinyl chloride (PVC) and High Density Polyethylene (HDPE). According to this work, pipes made of PVC present several pathologies throughout their useful life, impacting the city's water supply, as well as the financial, operational and personnel management of the concessionaires. In order to solve the problems of ruptures caused by old PVC networks, it was necessary to implant new pipes in HDPE networks, which is a material with greater resistance. The research methodology is based on reports provided by the Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN) in a field study that analyzed the placement of HDPE pipes in a 14 km long ring road, located in the city of Laguna-SC. The study considered the characteristics contained in PVC and HDPE pipes, as well as in their parts and connections, in addition to an evaluation questionnaire answered by employees who are in daily contact with the pipes.

Keywords: Piping. HDPE. PVC. Comparison.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Etapas do Sistema de Abastecimento de Água (SAA)	19
Figura 2 - Captação em Manancial Superficial	20
Figura 3 - Captação em Manancial Subterrâneo	21
Figura 4 - Reservatórios de Água	22
Figura 5 - Tipos de Redes de Distribuição de Água.....	23
Figura 6 - Tubo de Ferro Fundido com Corrosão Interna	24
Figura 7 - Armazenagem de Tubulações em PBA	25
Figura 8 - Armazenagem de Tubulações em PVC DEFOFO.....	26
Figura 9 - Armazenagem de Tubulação em PEAD	27
Figura 10 - Assentamento de Tubulação de Água em PEAD	28
Figura 11 - Tipos de Junção em PEAD.	28
Figura 12 - Captação em Manancial Superficial no Canal do Gi.....	32
Figura 13 - Estação de Tratamento de Água vinda do Canal do Gi e Poços.....	33
Figura 14 - Estação de Tratamento de Água de Poços.....	34
Figura 15 - Mapa de abastecimento de água de Laguna-SC.	36
Figura 16 - Conserto em tubulação de rede de abastecimento de água em PEAD.....	38
Figura 17 - Consertos em tubulações de rede de abastecimento de água em PVC.....	39
Figura 18 - Percurso de tubulação em material PVC.	42
Figura 19 – Percurso de tubulação em material PEAD.....	43
Figura 20 - Percurso anel viário.	46
Figura 21 - Custos da implantação da rede em PEAD no anél viário de Laguna-SC	47

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Vantagens e desvantagens PEAD vs PVC.....	30
Gráfico 2 - Resultados do questionário avaliativo.	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Vantagens	29
Tabela 2 – Desvantagens	30
Tabela 3 - Serviços executados em redes de abastecimento de água em PVC.	37
Tabela 4 - Serviços executados em redes de abastecimento de água em PEAD.....	37
Tabela 5 - Valores de assentamento de tubulação de água.....	40
Tabela 6 - Valores de tubulações de rede de abastecimento de água em PVC.	41
Tabela 7 - Valores de tubulações de rede de abastecimento de água em PEAD.....	41
Tabela 8 - Planilha de orçamento de materiais.....	44

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA - Agência Nacional de Águas

AS - Autorização de Serviço

CASAN - Companhia de Águas e Saneamento de Santa Catarina

ETA - Estação de Tratamento de Água

ERAT - Estação de Recalque de Água Tratada

PEAD - Polietileno de alta densidade

PVC - Policloreto de Vinila

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	OBJETIVOS	15
1.1.1	Objetivo Geral	15
1.1.2	Objetivos Específicos.....	15
1.2	JUSTIFICATIVA	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	SANEAMENTO BÁSICO	17
2.2	SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	18
2.2.1	Sistema de Abastecimento de Água para consumo humano (SAA)	18
2.2.1.1	Captação	19
2.2.1.1.1	<i>Mananciais</i>	<i>19</i>
2.2.1.1.2	<i>Captação em Manancial Superficial</i>	<i>20</i>
2.2.1.1.3	<i>Captação em Manancial Subterrâneo</i>	<i>20</i>
2.2.1.2	Tratamento da Água	21
2.2.1.3	Reservatório.....	21
2.2.1.4	Distribuição	22
2.2.1.4.1	<i>Redes de Distribuição de Água RDAs</i>	<i>22</i>
2.3	TUBULAÇÕES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	23
2.3.1	Tubulação de Policloreto de Vinila (PVC).....	24
2.3.1.1	Assentamento de Tubulação em PVC	26
2.3.2	Tubulação de Polietileno de Alta Densidade (PEAD)	26
2.3.2.1	Assentamento de Tubulações em PEAD.....	27
2.4	VANTAGENS E DESVANTAGENS.....	29
3	METODOLOGIA.....	31
3.1	LOCAL DO ESTUDO.....	31
3.1.1	Sistema de Abastecimento de Água em Laguna.....	31
3.2	ANÁLISE QUANTITATIVA DE IMPACTOS RELACIONADOS À REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM PVC.....	34
3.3	PESQUISA EM CAMPO	35
3.4	QUESTIONÁRIO AVALIATIVO	35
4	RESULTADOS	36
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO	36

4.2	DEMONSTRATIVOS DE SERVIÇOS REALIZADOS NAS REDES DE PEAD E PVC.....	36
4.3	DEMONSTRATIVOS DE CUSTOS	39
4.3.1	Custos com Assentamento	39
4.3.2	Custos com Compra de Tubulações.	40
4.4	SIMULAÇÃO DE CUSTOS	41
4.5	QUESTIONÁRIO AVALIATIVO	44
4.6	IMPLANTAÇÃO DA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO ANEL VIÁRIO EM LAGUNA-SC	45
5	CONCLUSÃO.....	48
	REFERÊNCIAS	49
	APÊNDICE A – Formulário de Questionamento.....	52

1 INTRODUÇÃO

É de conhecimento geral a importância da água na sociedade, seja para consumo ou higiene própria, como também, para as atividades pecuárias e agrícolas. A água é de grande importância para todos os setores da sociedade, ela tem profunda relevância no desenvolvimento de diversas atividades econômicas. É um recurso essencial, seja para os seres vivos, para as várias espécies vegetais e animais, ou fator de produção de vários bens de consumo (ROTOPLASTYC, 2018).

Segundo levantamento da Unicef e da World Health Organization (WHO), quanto à população mundial, cerca de 2,4 bilhões de pessoas não têm acesso a água potável (EOS, 2019).

Há anos foi criado um sistema a fim de transportar para a população uma água digna de consumo, através de diversas técnicas e componentes, instituiu-se o saneamento básico, com isto diversas indústrias de saneamento foram criadas em todo o mundo a fim de implantar sistemas de água potável e esgoto sanitário para a população (EOS, 2019).

O saneamento básico se dá através de uma série de atividades, com o intuito de tornar habitável o abastecimento de água e a coleta e tratamento do esgoto sanitário, assim como o descarte correto dele no meio ambiente.

Os sistemas de abastecimento de água potável são alicerces para a população e devido a isto, com o elevado poder de acesso à informação, expandiu-se o nível de demandas e exigências das companhias de água e saneamento, cominando, em geral, no aprimoramento dos serviços prestados pelas mesmas.

Segundo a Companhia de Águas e Saneamento de Santa Catarina (CASAN), em 1929 eram utilizadas nas redes de abastecimento de água tubulações em material de amianto, normalmente chamados de “Manilhas”. Ao final do século XX foi efetuada a implantação de redes de chumbo, porém, devido à propriedade potencialmente cancerígena ele foi extinto do sistema de Laguna/SC. Ao passar dos anos novas tecnologias foram suscitadas, dando origem à tubulação em Policloreto de Vinila (PVC), atualmente utilizada na cidade. Nesse contexto apenas as adutoras de grande diâmetro (superiores a 300mm) foram assentadas em ferro fundido dúctil, sendo empregado o PVC nas demais.

Diariamente a CASAN recebe diversas reclamações dos usuários, muitas dessas reclamações estão ligadas a falta de água ou comprometimento da qualidade dela. A falta de água está relacionada a diversos fatores, sejam eles vazamentos, rompimentos ou até mesmo problemas em sua captação. No que tange aos rompimentos, muitos deles são causados por desgastes em redes antigas, constituídas por decrépitas tubulações de PVC, implantadas há anos

pela Companhia. Devido a estes fatores a Companhia está substituindo e implantando novas redes coletoras de água com o material de Polietileno de Alta Densidade (PEAD), a fim de diminuir os gastos e reclamações ocasionados pelas antigas redes de PVC.

Tendo em vista todo o panorama apresentado, com o auxílio da CASAN no fornecimento de dados e informações foi possível realizar uma análise comparativa de desempenho entre as tubulações de PVC e PEAD.

A análise considerou os impactos na qualidade de água, os dispêndios financeiros, com eventos de manutenção em redes antigas bem como aspectos práticos da metodologia de assentamento dessas redes.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar e demonstrar o prejuízo causado por redes antigas de distribuição de água na cidade de Laguna-SC e à vantagem do Polietileno de Alta Densidade em relação ao Policloreto de Vinila.

1.1.2 Objetivos Específicos

Apresentar as patologias presentes nas redes antigas de PVC;

Apresentar as nuances das manutenções efetuadas em redes de PEAD e PVC;

Comparar os custos de compra e assentamento das tubulações em PEAD e PVC;

Demonstrar os benefícios do PEAD, em comparação ao uso alternativo do PVC.

1.2 JUSTIFICATIVA

No transcorrer dos anos a Engenharia Civil e o saneamento básico foram aperfeiçoando e criando técnicas a fim de requintar a qualidade dos serviços, examinando novos materiais, valores, qualidade do serviço e obra, além de manutenção.

Em virtude dos impactos negativos gerados por redes de abastecimento de água com tubulações em Policloreto de Vinila (PVC), o presente trabalho tem como finalidade apresentar análise comparativa entre o uso do PEAD e PVC para redes e adutoras de abastecimento de água, com um enfoque mais específico na utilização de ambas as tecnologias na cidade de Laguna/SC.

Na atualidade pouco se é falado sobre os tubos PEAD, em comparação com os de PVC, que são geralmente utilizados em várias situações e que possuem uma utilização mais consolidada entre o público e empresas em geral.

Devido à maior disponibilidade do PVC no mercado, principalmente por estarem há anos no mercado, bem como seu valor inferior em comparação às tecnologias concorrentes, os tubos em PVC foram amplamente utilizados na cidade desde os primórdios e constituem cerca de 80% do sistema de água, porém, devido a rompimentos, crostas de sujeiras presentes nos interiores da tubulação, constante manutenção e seu difícil assentamento em curvas (necessitando sempre de alguma peça), em alguns trechos da cidade a CASAN está trabalhando na substituição e implantação de novos tubos PEAD.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Tendo em vista a importância do abastecimento e distribuição correta de água potável para a população fez-se necessário o estudo sobre o impacto negativo de redes antigas no consumo e utilização da população, além dos impactos gerados nas companhias de saneamento.

Busca-se através deste estudo demonstrar o custo-benefício da implantação de redes novas em PEAD, em deferimento do PVC, atualmente adotado majoritariamente no Sistema de Abastecimento de Água.

2.1 SANEAMENTO BÁSICO

Atualmente cogita-se com muita frequência o saneamento básico no Brasil, um país que vem liderando o ranking de países mais ricos em água doce, contando com o total de 8.233 km³ de água, totalizando 12% de toda água existente no mundo sendo a maior reserva hidrológica do planeta (RICHTER, 2015).

Muito se debate a má distribuição dos recursos hídricos no Brasil, pois segundo o site Repórter Brasil, 70% da água existente está situada na região amazônica, onde constitui-se de poucos habitantes, as regiões com maiores números de habitantes recebem cerca de seis a três por cento dessa água, ou seja, a muita desigualdade em relação a distribuição hídrica.

Segundo Léo Heller e Valter Lúcio de Pádua (2010), o abastecimento de água às comunidades humanas constitui uma questão de natureza nitidamente multidimensional. O cuidado com o provimento de água às populações acompanha a humanidade desde seu surgimento. Passa a constituir uma condicionante para a localização e o desenvolvimento das comunidades, desde que o homem se torna um ser gregário e, atualmente, essa questão se transforma em um verdadeiro desafio, em função de fenômenos sociais e ambientais contemporâneos como o crescimento populacional, a urbanização, a sociedade de consumo, a crise ambiental, as mudanças climáticas, a globalização, os conflitos transfronteiriços...

O saneamento básico, no Brasil, instituiu-se no ano 1561, através da escavação de um poço na cidade de Rio de Janeiro, ordenada por Estácio de Sá. Porém, apenas em 1877, através de empresas estrangeiras se deu o primeiro registro de abastecimento de água encanada, na cidade de São Paulo, contudo, a qualidade dos serviços oferecidos por essas empresas era extremamente decadente, sendo necessário a realização e implementação de diretrizes, a fim de solucionar os problemas ocasionados, dessa forma, em 1971 foi estabelecido no Brasil o plano nacional de saneamento o PLANASA.

O PLANASA, instituiu as conhecidas companhias de água e esgoto estaduais, responsáveis por toda distribuição de água encanada, assim como destinação do efluente final, o esgoto, com propósito de reduzir o chamado déficit presente no saneamento, além de uma assistência técnica elevada e diminuição de custos. Devido ao colapso nas finanças públicas, no começo da década de 90 o PLANASA foi inesperadamente eliminado, mesmo com tamanha importância na elevação da qualidade do abastecimento de água.

Sendo assim, apenas em 2007 foi aprovada a lei nº 11.445, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, em correlação, para melhor fiscalização dois órgãos foram criados, o Sistema Nacional de Águas, conhecido como SNIS e a Agência Nacional de Águas (ANA).

2.2 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Um sistema de abastecimento de água (SAA) pode ser entendido como o conjunto de infraestruturas, equipamentos e serviços com objetivo de distribuir água potável para o consumo humano, bem como para o consumo industrial, comercial, dentre outros usos (SNIS, 2019).

No Brasil há grande diversidade de formas de abastecimento de água para consumo humano, principalmente em termos de possíveis combinações de seus componentes e etapas de tratamento. Assim, diferentes instituições usam classificações próprias, conforme seus objetivos e ações (Ministério da Saúde, 2019).

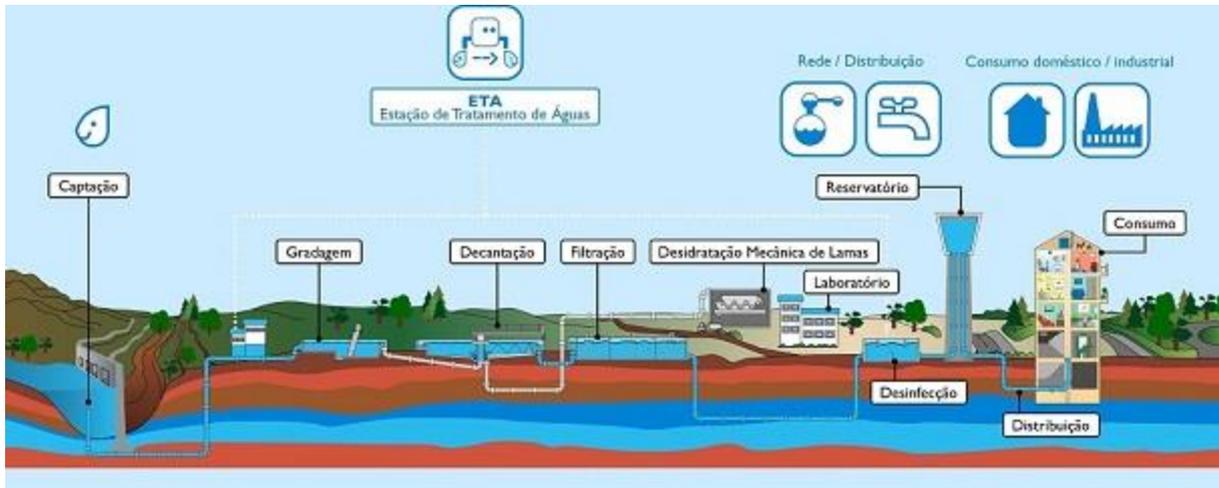
Existem dois sistemas de solução alternativa de água, coletiva e individual, estes são denominados SAC e SAI, diferente do sistema convencional SAA não são abastecidos por meio das redes de distribuição de água, pois possuem abastecimento próprio. O sistema de abastecimento de água mais utilizado no Brasil é o SAA, onde as concessionárias de cada região cuidam da coleta, tratamento e distribuição da água por meio de redes coletoras.

2.2.1 Sistema de Abastecimento de Água para consumo humano (SAA)

Em locais com elevada concentração de pessoas, características de centro urbanos ou mesmo de algumas comunidades rurais, o SAA é a forma de abastecimento mais viável do ponto de vista técnico e operacional. Sob o ponto de vista sanitário, destaca-se que o SAA é a forma de abastecimento mais indicada, por ser mais eficiente no controle da qualidade da água distribuída à população (BRASIL, 2015).

Este sistema constitui-se por diversas unidades, podendo-se resumir basicamente em quatro, são essas a captação, o tratamento, a parte designada ao reservatório e à distribuição para as residências, prédios etc. (FIGURA 1).

Figura 1 – Etapas do Sistema de Abastecimento de Água (SAA).



Fonte: Autossustentável, 2017.

2.2.1.1 Captação

A captação é o início de todo o sistema de abastecimento, pois é nela que o elemento principal é coletado, a água.

A água pode ser encontrada de diversas formas, através de nascentes, rios, lagos, canais e também poços no lençol freático e isso tudo designa-se como manancial.

2.2.1.1.1 Mananciais

É através dos mananciais, que a água é captada, seja por meio da ação da gravidade ou bombeamento. Existem diversos tipos de mananciais, os quais são influenciados por diversos fatores, sendo os dois principais a qualidade e a quantidade de água bruta disponível.

Na escolha do manancial, também deve-se levar em consideração o consumo atual provável, bem como a previsão de crescimento da comunidade e a capacidade ou não de o manancial satisfazer a este consumo. Todo e qualquer sistema é projetado para servir, por certo espaço de tempo, denominado período de projeto. Estes mananciais podem ser dos seguintes tipos: superficiais (rios e lagos), subterrâneos (fontes naturais, galerias filtrantes, poços) e águas pluviais (superfícies preparadas), (GUMARÃES, CARVALHO E SILVA, 2007).

A captação de mananciais se divide em dois tipos, a superficial e à subterrânea. Existem companhias de saneamento que utilizam os dois sistemas, enquanto outras utilizam apenas um tipo.

2.2.1.1.2 Captação em Manancial Superficial

Captação superficial pode ser definida como conjunto de estruturas e dispositivos construídos ou montados junto ao manancial superficial, para se efetuar a tomada de água destinada ao abastecimento de comunidades humanas (HELLER & PÁDUA, 2006).

A captação superficial pode ser efetuada de dois tipos, através de bombeamentos com bombas imersas ou submersíveis e através da gravidade.

Figura 2 - Captação em Manancial Superficial.



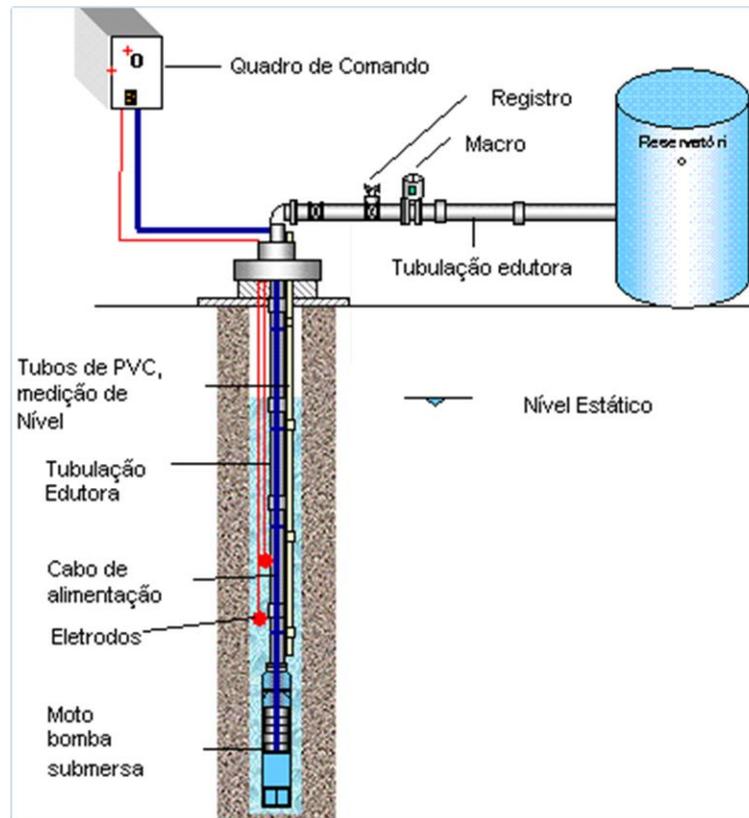
Fonte: Sabesp, s.d.

2.2.1.1.3 Captação em Manancial Subterrâneo

Os mananciais subterrâneos envolvem basicamente lençóis freáticos ou artesianos. O lençol freático é a camada de água assentada sobre uma camada impermeável, rocha por exemplo, e submetido a pressão atmosférica local. O lençol artesianos é caracterizado como a água confinada entre duas camadas impermeáveis e submetido a uma pressão superior à pressão atmosférica local (TSUTIYA, 2006).

Normalmente as concessionárias de água utilizam poços tubulares para a captação em manancial subterrâneo, que vão de 20 metros de profundidade à 2000 metros. Tais poços podem ser classificados como artesianos, semi-artesianos e mistos, podem ser perfurados em rochas consolidadas e inconsolidadas.

Figura 3 - Captação em Manancial Subterrâneo.



Fonte: Abas, s.d.

2.2.1.2 Tratamento da Água

O tratamento da água é uma das etapas mais importante de um sistema de abastecimento de água e normalmente é realizado através de uma estação de tratamento (ETA). Dentro das ETA's existem diversos tipos de procedimentos físicos e químicos a fim de tornar a água captada própria para consumo.

2.2.1.3 Reservatório

Após a captação e tratamento, a água é testada em laboratório, a fim de ser analisada quanto a sua potabilidade. Na sequência, ela é conduzida aos reservatórios por meio de adutoras.

Antigamente os reservatórios eram denominados “Caixas D’água Metálicas”. Começaram a ser produzidas as primeiras caixas d’água metálicas, que foram trazidas para o Brasil pelos ingleses no início da década de 1940. Estas caixas eram feitas de chapas galvanizadas de metal, muito grossas, unidas por arrebites batidos a mão. Elas ficavam fixadas

sobre estruturas metálicas feitas sempre de vigas e podiam chegar a um volume de até 50 mil litros e a uma altura de até 30 metros (FAZFORTE, 2016).

Ao passar dos anos novas técnicas e estudos foram criados dando origem aos atuais reservatórios. existem diferentes formas, capacidades, diâmetros e tipos de reservatórios, cada um é projetado para atender devidamente cada região de abastecimento.

Os reservatórios têm a função de armazenar a água a ser enviada para as unidades consumidoras, através de tubulações e conexões.

Figura 4 - Reservatórios de Água.



Fonte: Casan, 2022.

2.2.1.4 Distribuição

A distribuição da água potável constitui a última etapa de um SAA, ela é efetuada a partir de adutoras e redes de distribuição de água (RDAs) que saem dos reservatórios e abastecem os ramais.

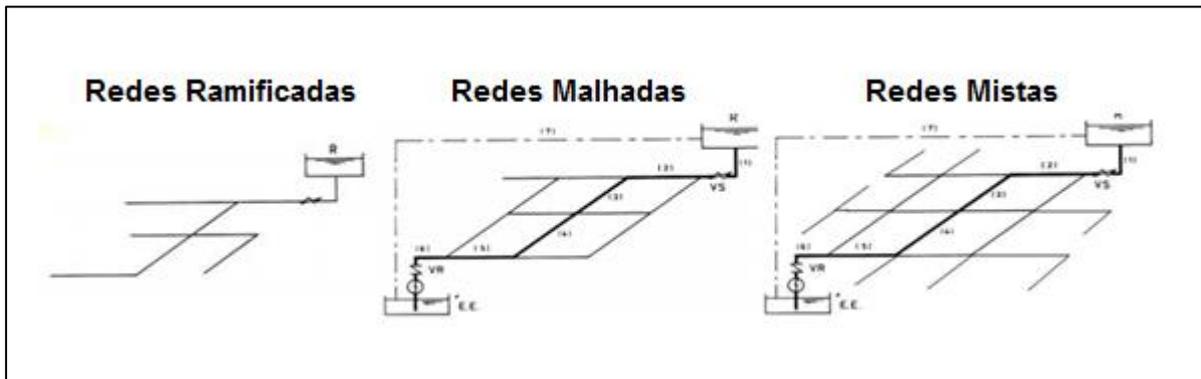
É a parte do sistema de abastecimento de água formada de tubulações e órgãos acessórios, destinada a colocar água potável à disposição dos consumidores, de forma contínua, em quantidade e pressão recomendada (TSUTIYA, 2006)

2.2.1.4.1 Redes de Distribuição de Água RDAs

É a unidade do sistema de abastecimento que conduz água para os pontos de consumo (prédio, indústrias etc.). É formada por um conjunto de tubulações e peças especiais dispostas convenientemente de forma a garantir o bom atendimento dos pontos de consumo (UFPEL, 2018).

As RDAs podem ser classificadas como ramificadas, malhadas e mistas (FIGURA 5), atualmente constituem-se de tubulações de diversos materiais. Com o passar dos anos novos conceitos foram criados e as concessionárias de água passaram a executar novos tipos de tubulações de acordo com a necessidade de cada local, levando em conta custo-benefício e duração.

Figura 5 - Tipos de Redes de Distribuição de Água.



Fonte: EOS, s.d.

2.3 TUBULAÇÕES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

As tubulações são utilizadas nas redes de abastecimento de água, existindo diversos tipos de tubulações no mercado atual.

Por muito tempo foram utilizadas tubulações em ferro fundido, um material que abrange longa durabilidade, porém, ao decorrer dos anos se torna inviável devido às manutenções para retirada da camada de rugosidade que se cria em torno dos tubos, dificultando o transporte da água (FIGURA 6), o que demanda tempo e serviço para as concessionárias de água.

Entre os principais materiais já utilizados nas tubulações das redes de distribuição de água estão: os tubos de ferro fundido, tubos de PVC, tubos de polietileno (PE) e tubos de fibrocimento. Na atualidade, os materiais que possuem maior aplicação são os de ferro fundido dúctil e o PVC, sendo que, o polietileno ainda possui baixa aplicação e os tubos de ferro fundido cinzento e fibrocimento não são mais utilizados (TSUTIYA, 2006).

Atualmente a utilização de tubos plásticos, PE ou PVC, em redes de distribuição com pequenos diâmetros, tem tido um importante crescimento. Na Finlândia e na Suécia, por exemplo, mais de 80% das tubulações já são de plástico (PVC e PE), em Portugal mais de 40% são de PVC, na Itália e em Taiwan, respectivamente, 33% e 25% das tubulações são em PE. No Brasil, praticamente todas as redes com diâmetros inferiores a 150 mm, implantados nos últimos 20 anos, são em PVC. Mais recentemente vem ocorrendo também a utilização de PE,

como no caso da cidade de Porto Alegre, que já conta com mais de 500 km de redes implantadas em PE, com diâmetros de até 300 mm (TSUTIYA, 2006).

Figura 6 - Tubo de Ferro Fundido com Corrosão Interna.



Fonte: GAZETTE.NET, 2014.

2.3.1 Tubulação de Policloreto de Vinila (PVC)

O PVC se trata de um plástico sintético e está entre os plásticos mais produzidos no mundo, é um tipo de plástico menos inflamável, pois utiliza de uma fonte menor de petróleo, pode se moldar de várias formas.

A resina de PVC, na sua forma pura, após-fabricação, é um pó branco que sozinho não tem nenhuma aplicação industrial, pois não é processável devido às suas características físicas e químicas. Para a fabricação de produtos em PVC, é necessária a adição de produtos químicos (aditivos) à resina de PVC. A esta mistura dá-se o nome de composto de PVC. A ação de misturar resina e aditivos é chamada de formulação. O composto de PVC é, então, inserido em máquinas específicas (a depender do produto a ser fabricado) como extrusoras, injetoras, sopradoras, onde serão transformados ou processados no produto desejado, como tubos, conexões, frascos etc. (INSTITUTO BRASILEIRO DE PVC, 2017).

A tubulação em PVC é atualmente a mais utilizada no Brasil, devido ao valor agregado a ela e o fácil acesso, os tubos são produzidos seguindo as NBR 5647 que se trata de tubos em PBA (FIGURA 7) e NBR 7665 que se trata de tubulação DEFOFO (FIGURA 8).

Os tubos de PVC devem ser transportados, apoiados e empilhados, tomando-se o cuidado especialmente com as extremidades (ponta e bolsa) para que não sejam danificadas, não devendo ser jogados ou arrastados no chão. Devem ser armazenados de forma adequada e as conexões e demais acessórios e materiais para as juntas, devem ser levados para a obra no momento da utilização (TSUTIYA, 2006).

Com o passar dos anos, devido à baixa resistência a impactos as tubulações em PVC começam a demonstrar patologias, que danificam as tubulações, ocasionando rompimentos, vazamentos e gerando transtornos à população e principalmente às concessionárias de água. Dentre os principais transtornos podemos citar a perda de água, gastos com mão de obra que poderia estar efetuando outros serviços, gastos financeiros, dentre outros.

Figura 7 - Armazenagem de Tubulações em PBA.



Fonte: Autora, 2022.

Figura 8 - Armazenagem de Tubulações em PVC DEFOFO.



Fonte: Autora, 2022.

2.3.1.1 Assentamento de Tubulação em PVC

As tubulações em PVC possuem comprimento de seis metros, tanto tubulações de rede coletora de esgoto, como de rede de abastecimento de água e não possuem flexibilidade, sendo necessário a utilização de peças de conexão ao longo do assentamento. Normalmente a junção das tubulações é efetuada com uma junta elástica, que basicamente é um anel de borracha preto encaixado na extremidade do tubo onde fica a “bolsa”, como consta nas figuras 7 e 8.

Na instalação de tubulações enterradas, devem ser observadas as características de aterro estabelecidas em projeto definindo altura e o tipo de solo de reaterro, a especificação da compactação, as travessias de ruas e estradas, a presença de lençol freático, válvulas, ventosas, ramais, as curvaturas admissíveis e o adequado manuseio dos tubos e conexões para que não sejam danificados pela má instalação (ABPE, 2013).

2.3.2 Tubulação de Polietileno de Alta Densidade (PEAD)

O PEAD se designa do polietileno (PE), que se trata de um polímero, obtido através do eteno.

O polietileno de alta densidade, também conhecido como PEAD, é uma resina de alto peso molecular com qualidades mecânicas que podem se manter inalteradas por muito tempo. O polietileno de alta densidade é resistente e durável, e pode se transformar em tubos, mangueiras e até tanques de combustível (PLASTICO VIRTUAL, 2022).

O polietileno de alta densidade (PEAD) foi introduzido comercialmente na década de 50, e atualmente é o quarto termoplástico mais vendido no mundo, com vendas em 1995 ao redor de US\$ 12 bilhões. O PEAD é também a segunda resina mais reciclada no mundo (TSUTIYA, 2006).

Atualmente algumas concessionárias estão efetuando a substituição das tubulações de redes em PVC por tubulações em PEAD.

O PEAD trata-se de um tubo de alta resistência, durabilidade e principalmente flexibilidade, podendo ser armazenados em forma de arcos para alguns diâmetros. (FIGURA 9).

Figura 9 - Armazenagem de Tubulação em PEAD.



Fonte: Autora, 2022.

2.3.2.1 Assentamento de Tubulações em PEAD

As tubulações em PEAD utilizam de poucos tipos de conexões, pois cada fardo deste material possui 100 metros de extensão, além de serem flexíveis quanto às curvas sinuosas (FIGURA 10), não necessitando de muitas conexões.

Figura 10 - Assentamento de Tubulação de Água em PEAD.



Fonte: Autora, 2022.

Nas junções das tubulações de PEAD utilizam-se dois tipos de juntas, as soldáveis que são efetuadas através da soldagem termoplásticas, (essas se tornam fixas na peça) e as juntas mecânicas, que são desmontáveis (FIGURA 11).

Figura 11 - Tipos de Junção em PEAD.



Fonte: Autora, 2022.

É desejável que a largura da vala seja a menor possível, contanto que haja espaço suficiente, entre a tubulação e a parede da vala, para a compactação e o assentamento dos tubos. Quando for necessário que a solda da tubulação seja feita dentro da vala, é desejável que a escavação seja maior, tanto em profundidade quanto na lateral, para que o manuseio do equipamento e a solda sejam feitos com segurança (PREVEDUTO, 2017).

Quando o fundo da vala tiver pedras ou formações rochosas, deve-se escavar de 0,15 m a 0,20 m a mais, cobrir com uma camada de pedra e entulho ou, de forma alternativa, escavar mais 0,10 m para a formação de um berço de areia que deverá ser compactado devidamente. No caso de o fundo da vala não apresentar condições mínimas para o assentamento dos tubos, deve-se realizar o assentamento de acordo com o projeto, e se o projeto não tiver recomendações sobre este processo, deve-se utilizar uma base de brita ou concreto. Nos dois casos, a tubulação deve ser assentada em colchão de areia de 0,10 m ou material similar de 0,15 a 0,20 m (PREVEDUTO, 2017).

2.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS

As tabelas abaixo demonstram as vantagens e desvantagens de outros materiais em comparação com o PEAD.

Tabela 1 – Vantagens.

LISTA DE MATERIAIS																														
MATERIAL	TIPO DE TUBO	TIPO DE JUNTA	FAIXA DE DIÂMETROS NOMINAIS		VANTAGENS															PONTUAÇÃO										
			MIN (mm)	MAX (mm)	TRABALHABILIDADE					CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS					CARAC. HIDRÁUL	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS			CARACT. AMBIENTAIS											
					RESISTÊNCIA A IMPACTO	FACILIDADE DE TRANSPORTE SEM TESTES NA MONTAGEM	FÁCIL AJUSTE DE MONTAGEM	PESO LEVE	POSSÍVEL FABRICAÇÃO NA OBRA	ALTO GRAU DE AVANÇO DE OBRA	MATERIAL ISOTRÓPICO	ALTA DUCTIBILIDADE	TUBO FLEXÍVEL	TUBO SEMIRÍGIDO	CONTINUIDADE ESTRUTURAL	DISPENSA BLOCOS DE ANCORAGEM	RESISTENTE A IMPACTOS EXTERNOS	RESISTENTE A VANDALISMO	AUTO GRAU DE ESTANQUEIDADE		BAIXA RUGOSIDADE	RESISTÊNCIA A RAIOS UV	SEM REVESTIMENTO INTERNO	SEM REVESTIMENTO EXTERNO	RESISTENTE A FOGO EXTERNO	IMUNIDADE A CORROSÃO	RESISTENTE A SOLOS AGRESSIVOS	MENOR MOVIMENTAÇÃO DO SOLO	MENOR DECOMPOSIÇÃO DO PAVIMENTO	MENOR PERDA DE MATERIAL
AÇO	PONTA/PONTA	SOLDA DE TOPO	700	1200					X			X				X		X	X		X								X	6
DEFOFO	PONTA & BOLSA	ELÁSTICA	100	300				X				X				X	X		X	X										6
FOFO	PONTA & BOLSA	ELÁSTICA	80	800	X					X	X	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X							13
PBA	PONTA & BOLSA	ELÁSTICA	50	100		X	X					X				X	X		X	X										7
PEAD	ELETRO E TERMO FUSÃO	SOLDA	63	1200	X	X		X	X	X				X		X	X	X*	X	X		X			X	X	X	X	X	13
PVC-O	PONTA & BOLSA	ELÁSTICA	100	300				X	X		X	X		X		X		X	X											9

Fonte: ABPE, 2017.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho utilizou de uma técnica investigativa entre dois componentes, estabelecendo um estudo comparativo de tubulações e seus respectivos impactos no abastecimento de água.

Utilizou-se como metodologia as revisões bibliográficas para efetuar o comparativo e o acompanhamento do assentamento das redes estudadas, com auxílio de dados fornecidos pela empresa CASAN.

3.1 LOCAL DO ESTUDO

O estudo foi efetuado na cidade de Laguna-SC a partir de dados fornecidos pela empresa de saneamento e distribuição de água CASAN.

A cidade de Laguna foi fundada no ano de 1678, cercada por morros e praias, trata-se de uma cidade repleta de monumentos e arquitetura histórica, onde diariamente dezenas de turistas a visitam. Laguna, também é conhecida como a terra de Anita Garibaldi, grande heroína do século XIX que lutou bravamente pela república do Brasil.

Atualmente a cidade possui uma área de unidade territorial de 333,260 km² (IBGE, 2021). No passado na cidade de Laguna existiam três fontes de água que abasteciam toda a região, porém com o passar dos anos duas se extinguiram e atualmente a única fonte de água mineral existente na cidade é a fonte da Carioca, construída em 1863. Atualmente a fonte não abastece a cidade por meio de tubulações, abastece somente pessoas que passam pelo local e pegam a água mineral ali fornecida, de forma gratuita.

3.1.1 Sistema de Abastecimento de Água em Laguna

Como visto anteriormente o SAA em Laguna é operado atualmente pela CASAN, empresa na região, que utiliza, dois tipos de mananciais na captação, o superficial e o subterrâneo. Os sistemas de abastecimento de água, possuem captações em poços (44 ao todo) e apenas um manancial superficial.

A captação do manancial superficial é executada por meio de bombas submersíveis que ficam acopladas em um flutuante em um canal denominado “Canal do Gi” (FIGURA 12), trata-se de um canal retificado e tem em torno de 2,5 km de extensão, ao qual recebe água de toda

bacia da região, as bombas então recalcam a água para a estação de tratamento caindo direto na calha.

Figura 12 - Captação em Manancial Superficial no Canal do Gi.



Fonte: Autora, 2022.

A CASAN na captação subterrânea, utiliza poços de aproximadamente 25 à 45 metros de profundidade. São poços em areia, onde existe uma bomba submersa dentro do poço e dependendo do nível do lençol freático a bomba é colocada um pouco abaixo do nível para garantir que ela consiga captar a água. Desse modo, ela fica diga-se que “afogada”, após isto a água é recalçada até a superfície e é encaminhada para outras regiões, onde é realizado o tratamento.

Na região de Laguna utilizam-se dois tipos de estação de tratamento de água, uma que recebe água do manancial superficial e dos mananciais subterrâneos e outras que apenas recebem água vinda de poços.

A ETA do Gi (FIGURA 13) recebe à água vinda do Canal do Gi e mais três poços, o tratamento se inicia no Canal do Gi onde ocorre o chamado tratamento completo que constitui de coagulação com o produto PAC, floculação no floculador hidráulico e por último a decantação em uma lagoa própria para decantação, após esses procedimentos acontece o recalque dessa água decantada para a filtração na ETA do Gi, através de uma adutora de diâmetro de 350mm. Ao chegar na ETA do Gi, é efetuada a filtração ascendente através de filtros com granulações de diferentes tamanhos, após a filtração da água acontece a desinfecção com cloro gás e por último a fluoretação com ácido fluossilícico (H_2SiF_6). Após todo o

tratamento essa água é enviada para uma estação de recalque de água tratada (ERAT) que manda a água para dois reservatórios e abastece um bairro inteiro diretamente.

Figura 13 - Estação de Tratamento de Água vinda do Canal do Gi e Poços.



Fonte: Autora, 2022.

Existem outros tipos de ETAs (FIGURA 14), que abastecem os demais bairros via captações são apenas de poços, cada lugar tem um tipo de tratamento específico, dependendo da qualidade da água. Enquanto em alguns poços há a presença de um elevado índice de ferro juntamente de outros materiais, onde, então ocorre a pré-oxidação e a filtração para a remoção dos mesmos, em outros a água já é mais pura.

Figura 14 - Estação de Tratamento de Água de Poços.



Fonte: Autora, 2022.

Atualmente, na cidade, a maior parte das tubulações implantadas de redes de distribuição de água são em material PVC e PVC DEFOFO, porém, devido ao excedido caso de problemas ocasionados por este material, a empresa passou a adotar no sistema de distribuição de água tubulações em PEAD.

3.2 ANÁLISE QUANTITATIVA DE IMPACTOS RELACIONADOS À REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM PVC

Nos últimos anos a empresa CASAN tem lidado com diversas patologias em suas tubulações, em grande parte relacionadas ao material PVC.

Os consertos que demandam tempo de serviço e mão de obra geram impactos econômicos à empresa, diante disto, através dos setores responsáveis, teve-se acesso às inconformidades e manutenções em redes de abastecimento de água, nos períodos de abril à setembro de 2022. Por meio das informações obtidas, foi possível comparar as quantidades de serviços realizados em redes com os materiais PVC e PEAD.

3.3 PESQUISA EM CAMPO

Pesquisas em campo são indispensáveis para a elaboração de um comparativo entre dois materiais ou fenômenos, além de poder observar os acontecimentos reais, para que seja possível dar sequência à fundamentação teórica.

Com o auxílio do chefe do setor de abastecimento de água da agência da Casan em Laguna, por meio de pesquisas em campo foi realizado o acompanhamento da implantação de rede de distribuição de água em PEAD no novo anel viário, que ao todo terá uma extensão é de 14.650 metros, com esse acompanhamento foi possível observar as dificuldades e facilidades da implantação deste material, bem como as conexões utilizadas.

3.4 QUESTIONÁRIO AVALIATIVO

É de conhecimento geral que as redes de abastecimento de água só funcionam perfeitamente devido a serviços prestados por colaboradores que trabalham diariamente em campo, efetuando reparos e assentamentos. Através disto, foi aplicado um questionário avaliativo com estes funcionários.

O questionário (APÊNDICE A) constou com perguntas comparativas sobre as redes de abastecimento de água com os materiais PVC e PEAD da cidade de Laguna. Através deste questionário foi possível comparar a opinião dos funcionários referente a ambos os materiais (PVC e PEAD).

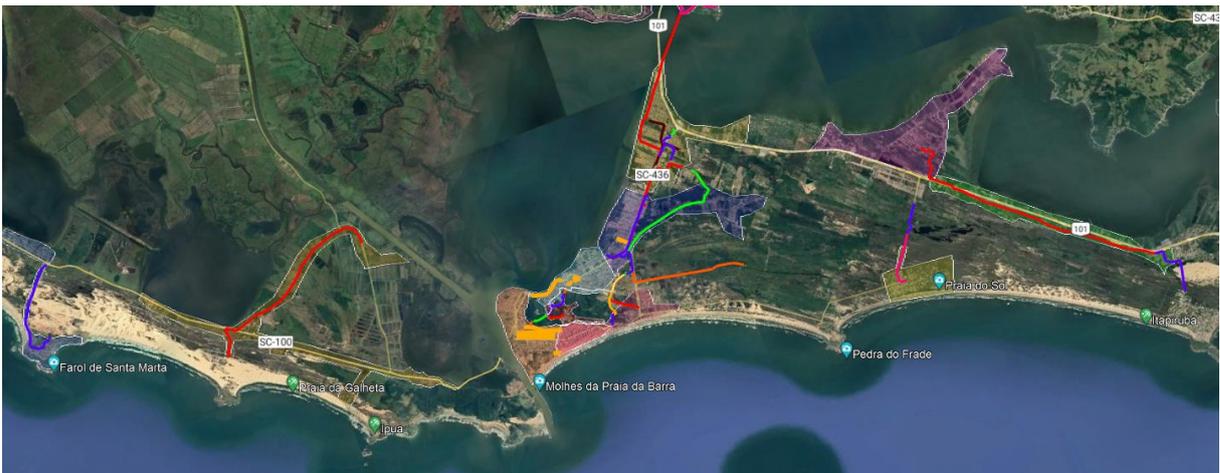
4 RESULTADOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

Em 1929 foi construído na cidade de Laguna o primeiro sistema de abastecimento de água, implantado pela Companhia de Água e Saneamento de Santa Catarina (CASAN). Na cidade são operados os sistemas das localidades de Campos Verdes, Caputera/Perrexil, Farol de Santa Marta, Centro de Laguna, Morro Grande, Pescaria Brava, Ponta da Barra, Ponta das Laranjeiras, Praia do Sol e Itapirubá. São atendidos ao total uma população de 49.239 habitantes (CASAN, 2021).

Ao todo existem 28 adutoras que abrangem a cidade de Laguna e Pescaria Brava, totalizando uma extensão de 11.901 metros de adutoras de água bruta e 26.715 metros de adutoras de água tratada, com diâmetros de 75mm a 300mm.

Figura 15 - Mapa de abastecimento de água de Laguna-SC.



Fonte: Gestão Operacional Casan, 2022.

4.2 DEMONSTRATIVOS DE SERVIÇOS REALIZADOS NAS REDES DE PEAD E PVC.

O PEAD foi e está sendo implantado na cidade de Laguna a pouco tempo, devido a isto as redes em PEAD estão em funcionamento em apenas dois bairros da cidade e ainda não possuem código de autorização de serviço, então, para os dois tipos de rede utiliza-se os códigos de PVC e distinguem-se pelos bairros que possuem o fornecimento de água por meio de redes em PEAD.

As tabelas 3 e 4 expõem os demonstrativos de serviços efetuados em manutenção das redes em PVC e PEAD de bairros diferentes da cidade, entre as datas 01/04/2022 a 20/09/2022.

Tabela 3 - Serviços executados em redes de abastecimento de água em PVC.

 COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO Sistema Comercial Integrado - SCI		
Município: 610 LAGUNA Logradouro: AV. JOÃO PINHO / AV. TITO CASTRO Período: 01/04/2022 a 20/09/2022 Situação: Executado Códigos: 5112 Com Asfalto / 5114 Sem Asfalto		
Protocolo	Serviço:	Bairro
19/09/2022	5114 - RA CONS.PVC DN ATÉ 100MM	MAR GROSSO
26/08/2022	5114 - RA CONS.PVC DN ATÉ 100MM	MAR GROSSO
06/07/2022	5114 - RA CONS.PVC DN ATÉ 100MM	MAR GROSSO
04/07/2022	5112 - RA CONS.PVC DN ATÉ 100MM	MAGALHÃES
03/07/2022	5112 - RA CONS.PVC DN ATÉ 100MM	MAR GROSSO
02/07/2022	5112 - RA CONS.PVC DN ATÉ 100MM	MAGALHÃES
09/06/2022	5112 - RA CONS.PVC DN ATÉ 100MM	MAR GROSSO
08/06/2022	5112 - RA CONS.PVC DN ATÉ 100MM	MAR GROSSO
08/06/2022	5112 - RA CONS.PVC DN ATÉ 100MM	MAR GROSSO
25/05/2022	5112 - RA CONS.PVC DN ATÉ 100MM	MAR GROSSO
24/05/2022	5112 - RA CONS.PVC DN ATÉ 100MM	MAR GROSSO
24/05/2022	5112 - RA CONS.PVC DN ATÉ 100MM	MAR GROSSO
12/05/2022	5112 - RA CONS.PVC DN ATÉ 100MM	MAGALHÃES
19/05/2022	5112 - RA CONS.PVC DN ATÉ 100MM	MAR GROSSO
27/04/2022	5114 - RA CONS.PVC DN ATÉ 100MM	MAR GROSSO

Fonte: Casan, 2022.

Tabela 4 - Serviços executados em redes de abastecimento de água em PEAD.

 COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO Sistema Comercial Integrado - SCI		
Município: 610 LAGUNA Logradouro: EST. GERAL BANANAL / EST. GERAL MORRO GRANDE Período: 01/04/2022 a 20/09/2022 Situação: Executado Códigos: 5112 Com Asfalto / 5114 Sem Asfalto		
Protocolo	Serviço	Bairro
27/07/2022	5112 - RA CONS.PVC DN ATÉ 100MM	BANANAL
19/06/2022	5112 - RA CONS.PVC DN ATÉ 100MM	BANANAL
31/05/2022	5114 - RA CONS.PVC DN ATÉ 100MM	MORRO GRANDE
20/05/2022	5112 - RA CONS.PVC DN ATÉ 100MM	MORRO GRANDE
13/05/2022	5112 - RA CONS.PVC DN ATÉ 100MM	MORRO GRANDE
19/04/2022	5112 - RA CONS.PVC DN ATÉ 100MM	MORRO GRANDE
19/04/2022	5112 - RA CONS.PVC DN ATÉ 100MM	MORRO GRANDE
18/04/2022	5112 - RA CONS.PVC DN ATÉ 100MM	MORRO GRANDE
07/04/2022	5112 - RA CONS.PVC DN ATÉ 100MM	MORRO GRANDE
05/04/2022	5112 - RA CONS.PVC DN ATÉ 100MM	MORRO GRANDE
09/04/2022	5112 - RA CONS.PVC DN ATÉ 100MM	MORRO GRANDE
10/04/2022	5112 - RA CONS.PVC DN ATÉ 100MM	MORRO GRANDE
11/04/2022	5112 - RA CONS.PVC DN ATÉ 100MM	MORRO GRANDE

Fonte: Casan, 2022.

É perceptível que os consertos em tubulações de PEAD ocorrem menos do que os em PVC, nota-se também, que a maioria dos serviços executados nas redes de distribuição de água em PEAD ocorreram nos meses de abril e maio.

Segundo informações obtidas através do setor de manutenção da empresa, os serviços executados e chamados referentes à conserto nas tubulações em PEAD estão relacionados a rompimentos nas juntas mecânicas, isso ocorreu devido à má execução da empresa contratada para o assentamento (FIGURA 16).

Figura 16 - Conserto em tubulação de rede de abastecimento de água em PEAD.



Fonte: Casan, 2022.

As tubulações com o material em PVC, por ser um material mais frágil, demonstram diversos tipos de reparos como de conexões, por ocorrer rompimentos nas mesmas, vazamentos em toda extensão da tubulação e nas juntas, dentre outros (FIGURA 17).

Figura 17 - Consertos em tubulações de rede de abastecimento de água em PVC.



Fonte: Casan, 2022.

4.3 DEMONSTRATIVOS DE CUSTOS

Para análise sugerida será apresentado os resultados obtidos após pesquisas dentro do sistema interno da Casan.

4.3.1 Custos com Assentamento

De acordo com a tabela referencial de custos de serviços da CASAN, atualizada em 2022, é possível verificar os custos de serviços para o assentamento de rede de distribuição de água em PEAD e PVC. Dela, extrai-se que o material PEAD tem um valor maior para o assentamento. Devido ao seu armazenamento em forma de círculo, com rolos de 100 metros, na hora do assentamento o manuseio dele se torna mais difícil do que os tubos em PVC, que são fabricados em barras de com 6 metros de extensão. Essa dificuldade ocorre pois o material do PEAD, quando esticado tende a voltar para o seu formato inicial.

Tabela 5 - Valores de assentamento de tubulação de água.

CÓDIGO	SERVIÇO	UNID.	VALOR
90000	ASSENTAMENTO		
90500	ASSENTAMENTO DE TUBOS E CONEXÕES EM PVC, RPVC, PVC DEF*F*, PRFV, JUNTA ELÁSTICA		
90501	ASSENTAMENTO DE TUBOS E CONEXÕES EM PVC, RPVC, PVC DEF*F*, PRFV, J.E., DN 50 MM	m	1,4
90502	ASSENTAMENTO DE TUBOS E CONEXÕES EM PVC, RPVC, PVC DEF*F*, PRFV, J.E., DN 75 MM	m	1,45
90503	ASSENTAMENTO DE TUBOS E CONEXÕES EM PVC, RPVC, PVC DEF*F*, PRFV, J.E., DN 100 MM	m	1,49
90504	ASSENTAMENTO DE TUBOS E CONEXÕES EM PVC, RPVC, PVC DEF*F*, PRFV, J.E., DN 150 MM	m	1,76
90600	ASSENTAMENTO DE TUBOS E CONEXÕES EM PEAD ATÉ DIÂMETRO 280MM		
90601	ASSENTAMENTO DE TUBOS E CONEXÕES EM PEAD, DE 50 MM	m	5,57
90602	ASSENTAMENTO DE TUBOS E CONEXÕES EM PEAD, DE 63 MM	m	6,11
90603	ASSENTAMENTO DE TUBOS E CONEXÕES EM PEAD, DE 75 MM	m	6,83
90604	ASSENTAMENTO DE TUBOS E CONEXÕES EM PEAD, DE 90 MM	m	8,76
90605	ASSENTAMENTO DE TUBOS E CONEXÕES EM PEAD, DE 110 MM	m	9,23
91400	CARGA, TRANSPORTE ATÉ 10 KM E DESCARGA DE TUBOS E CONEXÕES EM PVC, RPVC, PVC DEF*F* E PRFV		
91401	CARGA, TRANSPORTE ATÉ 10 KM E DESCARGA DE TUBOS E CONEXÕES EM PVC, RPVC, PVC DEF*F*, PRFV DN 40 MM	m	0,19
91402	CARGA, TRANSPORTE ATÉ 10 KM E DESCARGA DE TUBOS E CONEXÕES EM PVC, RPVC, PVC DEF*F*, PRFV DN 50 MM	m	0,39
91403	CARGA, TRANSPORTE ATÉ 10 KM E DESCARGA DE TUBOS E CONEXÕES EM PVC, RPVC, PVC DEF*F*, PRFV DN 75 MM	m	0,54
91404	CARGA, TRANSPORTE ATÉ 10 KM E DESCARGA DE TUBOS E CONEXÕES EM PVC, RPVC, PVC DEF*F*, PRFV DN 100 MM	m	0,6
91600	CARGA, TRANSPORTE ATÉ 10 KM E DESCARGA DE TUBOS E CONEXÕES EM PEAD		
91601	CARGA, TRANSPORTE ATÉ 10 KM E DESCARGA DE TUBOS E CONEXÕES EM PEAD, DE 40 MM	m	0,19
91602	CARGA, TRANSPORTE ATÉ 10 KM E DESCARGA DE TUBOS E CONEXÕES EM PEAD, DE 50 MM	m	0,3
91603	CARGA, TRANSPORTE ATÉ 10 KM E DESCARGA DE TUBOS E CONEXÕES EM PEAD, DE 63 MM	m	0,39
91604	CARGA, TRANSPORTE ATÉ 10 KM E DESCARGA DE TUBOS E CONEXÕES EM PEAD, DE 75 MM	m	0,49
91605	CARGA, TRANSPORTE ATÉ 10 KM E DESCARGA DE TUBOS E CONEXÕES EM PEAD, DE 90 MM	m	0,58
91606	CARGA, TRANSPORTE ATÉ 10 KM E DESCARGA DE TUBOS E CONEXÕES EM PEAD, DE 110 MM	m	0,69

Fonte: Casan, 2022.

4.3.2 Custos com Compra de Tubulações.

Através do setor de almoxarifado da empresa CASAN, foi possível ter acesso às compras de tubulações de PVC e PEAD. As tabelas abaixo demonstram o preço unitário das tubulações compradas, nota-se que as tubulações em PVC (DN 100) apresentam valor maior que as de PEAD (DN 110).

Tabela 6 - Valores de tubulações de rede de abastecimento de água em PVC.

<i>Item</i>	<i>Código</i>	<i>Descrição do Produto</i>	<i>UN</i>	<i>Preço Unitário (R\$)</i>	<i>Qtde.</i>
1	41053	TUBO PVC 6,3 PB CL 0,75 MPA DN 100 JEI // TUBO PVC 6,3 COM PONTA E BOLSA COM JUNTA ELASTICA INTEGRADA (JEI) OU JUNTA ELASTICA INTEGRADA REMOVIVEL (JERI), DE ACORDO COM A NORMA ABNT NBR 5647. CLASSE 0,75 MPA. FORNECIDO EM BARRA COM COMPRIMENTO TOTAL DE 6 METROS. DN100/DE 110MM. // TA 01/2022	M	44,25	6.480,000
2	41056	TUBO PVC 6,3 PB CL 0,75 MPA DN 50 JEI // TUBO PVC 6,3 COM PONTA E BOLSA COM JUNTA ELÁSTICA INTEGRADA (JEI) OU JUNTA ELÁSTICA INTEGRADA REMOVÍVEL (JERI), DE ACORDO COM A NORMA ABNT NBR 5647. CLASSE 0,75 MPA. FORNECIDO EM BARRA COM COMPRIMENTO TOTAL DE 6 METROS. DN 50/DE60MM. // TA 01/2022	M	13,08	52.920,000

Fonte: Casan, 2022.

Tabela 7 - Valores de tubulações de rede de abastecimento de água em PEAD.

<i>Item</i>	<i>Código</i>	<i>Descrição do Produto</i>	<i>UN</i>	<i>Preço Unitário (R\$)</i>	<i>Qtde.</i>
1	13291	TUBO PEAD AGUA PN-10 DE 110MM // TUBO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE (PEAD) PARA REDES DE DISTRIBUIÇÃO E/OU ADUTORAS DE ÁGUA DE ACORDO COM A NORMA ISO 4427 (NA COR PRETA), OU ABNT NBR 15561 (NAS CORES AZUL OU PRETA COM LISTRAS AZUIS). PRODUZIDO POR RESINA PE 80 OU 100. FORNECIDO EM BOBINAS DE 50 OU 100 METROS. PN 10 DE 110MM. // TA 01/2022	M	39,96	7.000,000
2	21129	TUBO PEAD AGUA PN-10 DE 63MM // TUBO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE (PEAD) PARA REDES DE DISTRIBUIÇÃO E/OU ADUTORAS DE ÁGUA DE ACORDO COM A NORMA ISO 4427 (NA COR PRETA), OU ABNT NBR 15561 (NAS CORES AZUL OU PRETA COM LISTRAS AZUIS). PRODUZIDO POR RESINA PE 80 OU 100. FORNECIDO EM BOBINAS DE 50 OU 100 METROS. PN 10 DE 63MM. // TA 01/2022 -	M	13,50	30.000,000

Fonte: Casan, 2022.

4.4 SIMULAÇÃO DE CUSTOS

Como visto anteriormente, o valor para assentamento de tubulações em material PEAD é maior que em PVC, devido a isto apresenta-se uma simulação de custos entre os dois materiais.

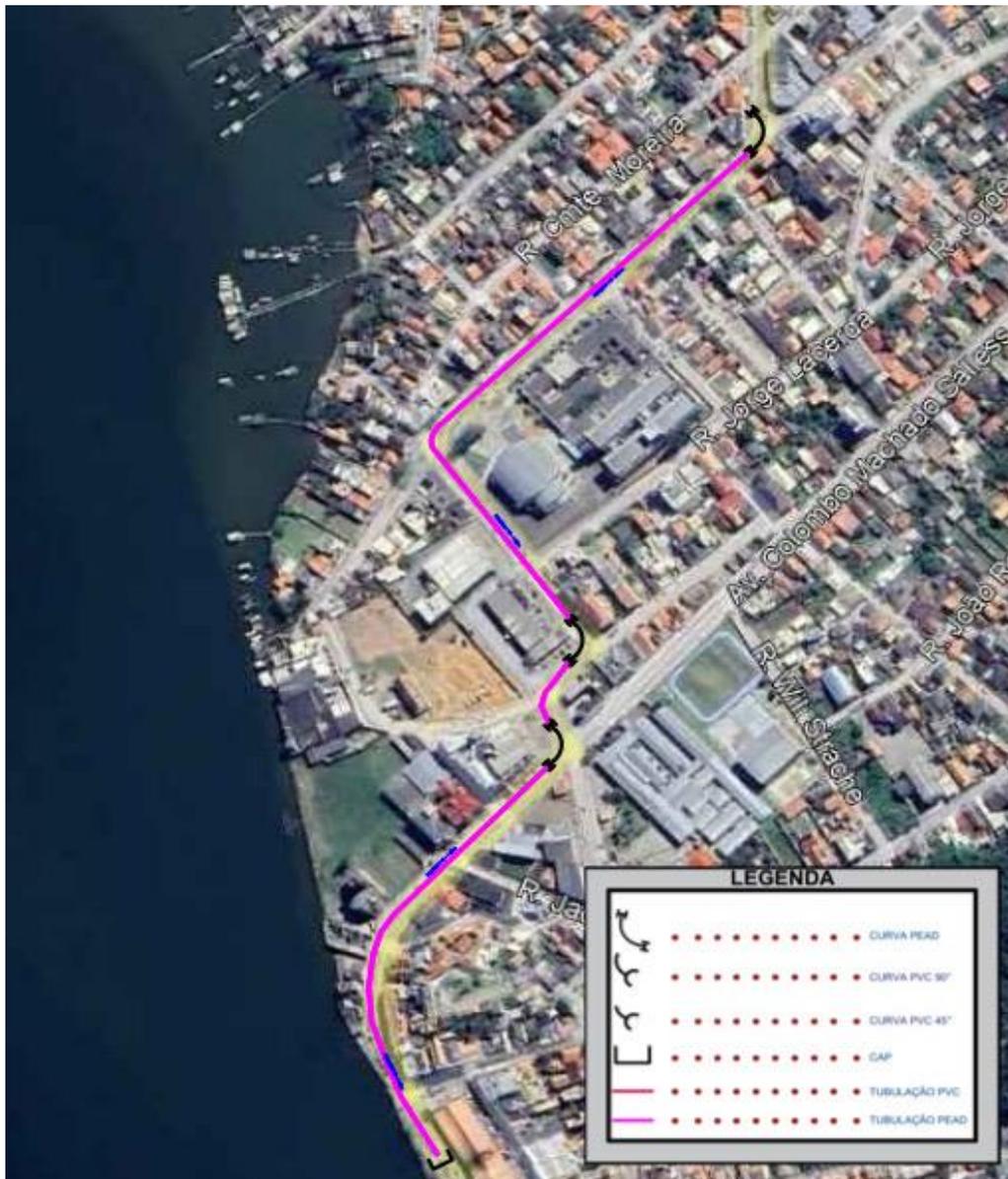
As figuras 18 e 19 demonstram um projeto fictício de implantação de uma rede de abastecimento de água com diâmetro de 100 mm em PVC DEFOFO e 110 mm em PEAD.

Figura 18 - Percurso de tubulação em material PVC.



Fonte: Autora, 2022.

Figura 19 – Percurso de tubulação em material PEAD.



Fonte: Autora, 2022.

Utilizou-se como base para essa simulação uma avenida sinuosa localizada na cidade de Laguna.

A avenida consta ao todo de uma extensão de 1080 metros, sendo assim, tendo em vista que as tubulações em PVC são fornecidas com 6 metros de comprimento, para esse assentamento será necessário a utilização de 180 tubos e para a tubulação de PEAD cerca de 11 rolos com 100 metros de extensão.

Observa-se na imagem 18 que no levantamento do projeto para a implantação dessa rede com o material de PVC será necessário a utilização de três curvas de 45° e quatro curvas de 90°.

A imagem 19 demonstra o mesmo percurso efetuado com o material em PEAD, nota-se que para essa implantação será necessária a utilização de três curvas de 90°.

Com o projeto efetuado através do software CASANCAD, é possível observar as tubulações e conexões necessárias para tal implantação. De posse dessas informações foi efetuada uma tabela orçamentária, por meio da planilha de orçamento da Casan, onde consta os materiais necessários para a implantação desta rede assim como os valores.

A tabela 8 traz o orçamento para a implantação de ambas as redes onde, é possível observar uma diferença significativa no orçamento das tubulações. Mesmo o PEAD necessitando de uniões e o PVC contendo ponta bolsa (não é necessário peças de união neste caso) o valor dos materiais para a implantação em tubos de PEAD é inferior aos em PVC.

Tabela 8 - Planilha de orçamento de materiais.

PLANILHA DE ORÇAMENTO PARA IMPLANTAÇÃO DE REDE								FOLHA Nº	
MUNICÍPIO: LAGUNA - SC								1	
								DATA:	
								11/10/2022	
Data de referência dos custos:				CASAN 04/22					
ITEM	FONTES	CÓDIGO	DISCRIMINAÇÃO	OBSERVAÇÕES	UNID.	QUANT.	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL DO SERVIÇO	
1			IMPLANTAÇÃO REDE PEAD					SUBTOTAL 1.0	R\$ 46.203,79
1.1			MATERIAIS						
1.1.1	CASAN	13291	TUBO PEAD AGUA PN-10 DE 110MM // TUBO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE (PEAD) PARA REDES DE DISTRIBUIÇÃO E/OU ADUTORAS DE ÁGUA DE ACORDO COM A NORMA ISO 4427 (NA COR PRETA), OU ABNT NBR 15561 (NAS CORES AZUL OU PRETA COM LISTRAS AZUIS). PRODUZIDO POR RESINA PE 80 OU 100.		M	1.080,00	R\$ 39,96	R\$ 43.156,80	
1.1.2	CASAN	47344	CURVA PEAD PP 90G PN-10 DE 110MM		PÇ	3,00	R\$ 176,29	R\$ 528,87	
1.1.3	CASAN	47204	CAP PEAD PN-10 DE 110MM		PÇ	1,00	R\$ 98,12	R\$ 98,12	
1.1.4	CASAN	35260	UNIAO PEAD PN-10 DE 110MM		PÇ	10,00	R\$ 242,00	R\$ 2.420,00	
2			IMPLANTAÇÃO REDE PVC					SUBTOTAL 2.0	R\$ 48.092,45
2.1			MATERIAIS						
2.1.1	CASAN	100103	TUBO PVC 6,3 PB CL 0,75 MPA DN 100 JEI // TUBO PVC 6,3 COM PONTA E BOLSA COM JUNTA ELASTICA INTEGRADA (JEI) OU JUNTA ELASTICA INTEGRADA REMOVIVEL (JERI), DE ACORDO COM A NORMA ABNT NBR 5647. CLASSE 0,75 MPA. FORNECIDO EM BARRA COM COMPRIMENTO TOTAL DE 6 METROS. DN100/DE 110MM.		M	1.080,00	R\$ 44,25	R\$ 47.790,00	
2.1.2	CASAN	319	CURVA PVC 45G BB DN 100 JE		PÇ	3,00	R\$ 44,15	R\$ 132,45	
2.1.3	CASAN	387	CURVA PVC 90G BB DN 100 JE		PÇ	4,00	R\$ 42,50	R\$ 170,00	
2.1.4	CASAN	101	CAP PVC DN 100 JE		PÇ	1,00	R\$ 27,66	R\$ 27,66	

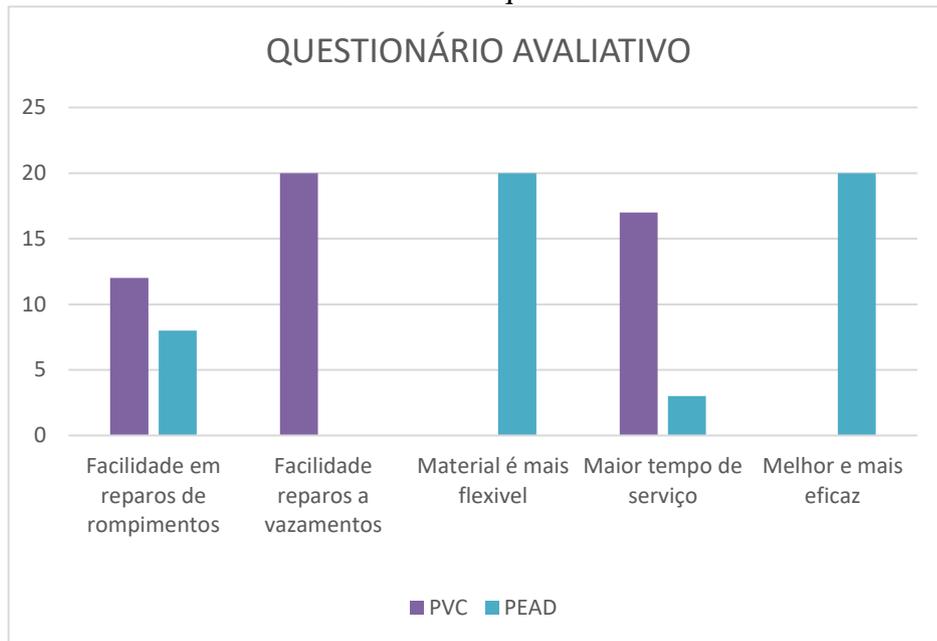
Fonte: Autora, 2022.

4.5 QUESTIONÁRIO AVALIATIVO

Através do questionário efetuado na empresa Casan da cidade de Laguna (APÊNDICE A), observa-se a opinião de cada funcionário que trabalha diariamente nos consertos e ligações de redes.

O gráfico abaixo demonstra que na opinião da maioria dos vinte funcionários o material em polietileno de alta densidade tem maior eficácia e flexibilidade que o policloreto de vinila. No entanto, os funcionários apontaram ser mais fácil realizar reparos com o PVC.

Gráfico 2 - Resultados do questionário avaliativo.



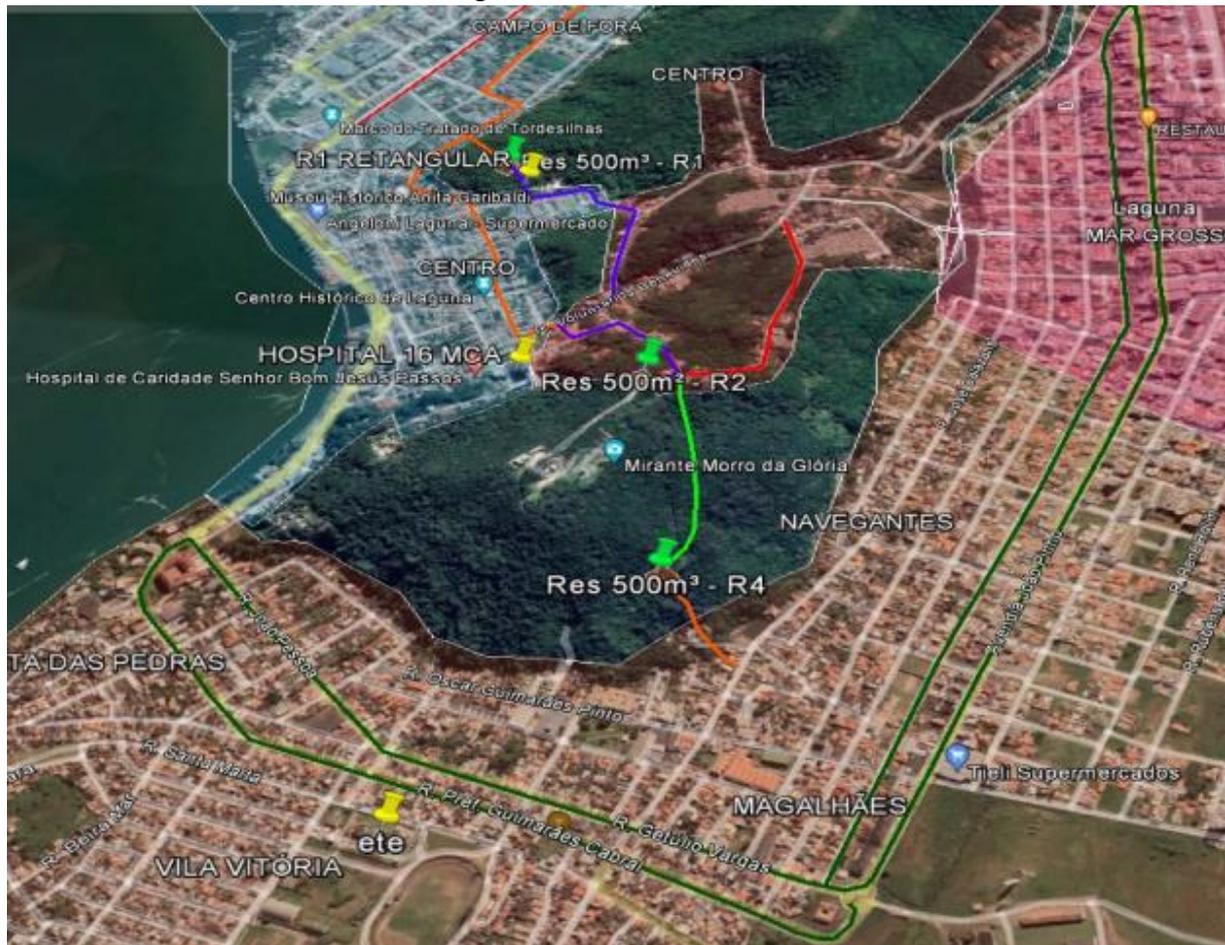
Fonte: Autora, 2022.

4.6 IMPLANTAÇÃO DA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO ANEL VIÁRIO EM LAGUNA-SC

Como visto anteriormente, foi efetuada a pesquisa de campo na implantação da rede de distribuição de água em PEAD no anel viário.

A Figura 20 demonstra na cor verde escuro o percurso do assentamento de rede no anel viário, este engloba dois bairros da cidade, Mar Grosso e Magalhães e possui uma extensão total de 14.650 metros.

Figura 20 - Percurso anel viário.



Fonte: Sistema interno Casan, 2022.

Através do sistema interno da Casan foi possível encontrar os projetos e valores deste assentamento (FIGURA 21).

Figura 21 - Custos da implantação da rede em PEAD no anél viário de Laguna-SC.

CÓDIGO		DESCRIÇÃO	UN	QTDE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
1 - PMOR MAR GROSSO MAGALHAES -LAGUNA - SERVIÇOS						
I.1 - SAA LAGUNA - REDE DE DISTRIBUIÇÃO PEAD DE 110 MM - BAIROS MAR GROSSO E MAGALHÃES						
20000 SERVIÇOS TÉCNICOS						
20300 LOCAÇÃO						
20301		LOCAÇÃO E NIVELAMENTO DE REDES DE ÁGUA E ADUTORAS	m	14.650,00	1,15	16.847,50
20400 CADASTRO						
20402		CADASTRO DE REDE DE ÁGUA	m	14.650,00	0,95	13.917,50
30000 SERVIÇOS PRELIMINARES						
30200 TRÂNSITO E SEGURANÇA						
30207		SINALIZAÇÃO DE TRÂNSITO, COM PLACAS	m²	20,00	12,51	250,20
30208		FITA PLÁSTICA	m	14.650,00	0,28	4.102,00
40000 MOVIMENTO DE TERRA						
40300 ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALAS, POÇOS E CAVAS						
40301		ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALAS, POÇOS E CAVAS EM SOLO NÃO ROCHOSO, COM PROFUND DE ATÉ 1,25 M	m³	4.102,56	7,30	29.948,69
40400 ESCAVAÇÃO DE ROCHA EM VALAS, POÇOS E CAVAS						
40401		ESCAVAÇÃO DE ROCHA COMPACTA A FOGO, EM VALAS, POÇOS E CAVAS	m³	450,00	342,24	154.008,00
40600 ATERRO/REATERRO DE VALAS, POÇOS E CAVAS						
40602		ATERRO/REATERRO DE VALAS, POÇOS E CAVAS COMPACTADO MECANICAMENTE, SEM CONTROLE DO G.C.	m³	1.630,40	18,32	29.868,93
40607		ATERRO/REATERRO DE VALAS, POÇOS E CAVAS, COM FORN. DE AREIA/PÓ DE PEDRA, G.C.>=100%, SEM TRANSPORTE	m³	906,91	109,38	99.197,82
40608		TRANSPORTE DE AREIA / PÓ DE PEDRA PARA ATERRO	m³xKm	9.069,10	1,49	13.512,96
40800 CARGA, TRANSPORTE E DESCARGA						
40801		CARGA E DESCARGA - SOLO	m³	906,91	1,87	1.695,92
40803		CARGA E DESCARGA - ENTULHO	m³	100,00	2,43	243,00
40804		TRANSPORTE DE MATERIAL ESCAVADO - SOLO	m³xKm	9.069,10	1,33	12.061,90
40806		TRANSPORTE DE MATERIAL - ENTULHO	m³xKm	1.000,00	1,74	1.740,00
60000 ESGOTAMENTO E DRENAGEM						
80000 FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS						
80300 ANCORAGENS E ENGASTAMENTOS						
80301		ANCORAGENS COM PONTALETE DE MADEIRA	un	46,00	40,31	1.854,26
80302		BLOCO DE ANCORAGEM EM CONCRETO NÃO ESTRUTURAL 210 KG DE CIMENTO POR M3	m²	10,00	1.018,19	10.181,90
81800 CAIXA DE PROTEÇÃO						
81801		CAIXA DE PROTEÇÃO PARA REGISTRO DE MANOBRA	un	6,00	625,52	3.753,12
90000 ASSENTAMENTO						
90600 ASSENTAMENTO DE TUBOS E CONEXÕES EM PEAD ATÉ DIÂMETRO 280MM						
90605		ASSENTAMENTO DE TUBOS E CONEXÕES EM PEAD, DE 110 MM	m	14.650,00	12,21	178.876,50
91600 CARGA, TRANSPORTE ATÉ 10 KM E DESCARGA DE TUBOS E CONEXÕES EM PEAD						
91606		CARGA, TRANSPORTE ATÉ 10 KM E DESCARGA DE TUBOS E CONEXÕES EM PEAD, DE 110 MM	m	14.650,00	0,69	10.108,50
170000 SERVIÇOS DIVERSOS						
170300 INTERLIGAÇÕES COM REDES EXISTENTES						
170314		INTERLIGAÇÃO COM REDE DE PVC, DIÂMETRO 50 MM	un	33,00	338,54	11.171,82
170315		INTERLIGAÇÃO COM REDE DE PVC, DIÂMETRO 75 MM	un	2,00	351,08	702,16
170316		INTERLIGAÇÃO COM REDE DE PVC, DIÂMETRO 100 MM	un	7,00	363,34	2.543,38
SUBTOTAL I.1 :						RS 596.586,06

Fonte: Setor de Orçamento Casan Laguna, 2022.

5 CONCLUSÃO

Após a realização deste estudo comparativo de tubulações em PVC e PEAD, além do acompanhamento de assentamentos de redes abastecimento de água na cidade de Laguna conclui-se que há melhor custo-benefício na utilização de tubulações com o material em PEAD. Ao longo deste trabalho o material PEAD em tubulações demonstrou ser uma opção nova e crescente no cenário de abastecimento de água, pois é mais comum encontrá-lo em tubulações de esgoto. Pode-se notar que se trata de um material com maior resistência, facilidade de transporte, flexibilidade dentre outros benefícios em relação a outros materiais de tubulações.

Em relação a custos, o PEAD tem apresentado grande competitividade em relação ao PVC. Depreende-se das tabelas 6 e 7 que o custo de aquisição do PEAD, pela CASAN, foi inferior ao custo aquisição do PVC para o diâmetro de 100mm. Para o diâmetro de 50mm o custo de aquisição do PEAD foi ligeiramente superior ao PVC. No entanto, nota-se que neste caso específico, pode ter havido impacto no ganho de escalado fornecedor do PVC, já que foram adquiridos cerca de 23.000 metros a mais que o tubo equivalente em PEAD.

Portanto, o custo-benefício do uso do PEAD fica evidente ao se comparar os preços com as tabelas 1 e 2, que apresentam, respectivamente, as vantagens e desvantagens das principais tubulações para redes de abastecimentos de água. Em ambas as tabelas o PEAD demonstra superioridade em relação às tecnologias alternativas.

Por apresentar superior resistência mecânica e durabilidade em relação aos seus pares, evidenciou-se também uma menor taxa de incidência de eventos de manutenções e reparos envolvendo o PEAD, quando comparado ao PVC. Além disso, o PEAD apresenta como vantagem extra a necessidade de utilização de poucas curvas e demais peças de conexões, já que é bastante flexível e é fornecido em rolos de grande extensão. Sua principal desvantagem é o assentamento em campo, que exige um esforço superior ao PVC por conta da necessidade de “esticar” os rolos. Para locais onde o assentamento encontra grande incidência de interferências, tal desvantagem pode até mesmo inviabilizar o uso do PEAD.

Desta forma conclui-se neste estudo comparativo que o material de tubulação em PEAD possui inúmeras vantagens significativas em relação ao PVC, desde a aquisição e fabricação até seu assentamento. Sendo assim, em geral, apresenta-se como a melhor opção para assentamento de redes, sendo esperado um crescimento em sua adoção no médio e longo prazo, devido a todas as vantagens inerentes a este material.

REFERÊNCIAS

- ABPE. **Associação Brasileira de Tubos Poliolefinicos e Sistemas - ABPE**. 2017. Disponível em: <http://www.abpebrasil.com.br/estudo/VOLUME%201%20APRESENTA%C3%83%E2%80%A1%C3%83%C6%92O-SB025DO001R4.pdf>. Acesso em: 10 out. 2022.
- ALAMBERT, N. J. **Manual prático de tubulações para o abastecimento de água: informações práticas e indispensáveis para projetos, obras e manutenções**. Rio de Janeiro: ABES, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12266: Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana. Rio de Janeiro.
- BATISTIC, Ricardo M. **Estação de tratamento de água: como funciona e quais são as exigências legais**. 2021. Disponível em: <https://www.neowater.com.br/post/estacao-tratamento-agua-eta>. Acesso em: abr. 2022
- BRASIL. Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2020. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh) e responsável pela instituição de normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico. Diário Oficial da União, 18 jul. 2020.
- BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, nº 8.666, de 21 de junho de 1993, e nº 8.987, de 13 de 35 fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. **Diário Oficial da União**, 8 jan. 2007.
- BRASIL. Ministério das Cidades. Institucional. PMSS – Programa de Modernização do Setor Saneamento, 2016. Disponível em: <http://www.pmss.gov.br/index.php/conheca-opmss>. Acesso em: mar. 2022.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Curso Básico de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano**. Brasília: Ms, 2020. 18 p. Disponível em: https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/curso_basico_vigilancia_qualidade_agua_modulo_II_aula_1.pdf. Acesso em: jun. 2022.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de Saneamento. 4. ed. – Brasília: Funasa, 2015. 642 p. il.
- CASAN – COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO. **História da Casan**. Disponível em: <https://www.casan.com.br/menu-conteudo/index/url/historia-da-casan#0>. Acesso em abril de 2022.
- COELHO, Ramon. **OBRAS DE MANUTENÇÃO EM REDES COLETORAS DE ESGOTO SANITÁRIO EM SÃO JOSÉ SC: causas e soluções de patologias**. 2020. 80 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2020. Disponível em:

<https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/15421/1/TCC%20-%20Ramon%20Coelho.pdf>. Acesso em: abr. 2022.

CUNHA, Alexandre dos Santos. Saneamento Básico no Brasil: Desenho Institucional e Desafios Federativos. **Texto para Discussão**, Brasília, v. 1, ed. 1, p. 1-27, 2011. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1338/1/TD_1565.pdf. Acesso em: mar. 2022.

EOS. **A história do saneamento básico e história de água e esgoto**. Disponível em: <http://www.eosconsultores.com.br/historia-saneamento-basico-e-tratamento-de-agua-eesgoto>. Acesso em: mar. 2022.

FAZFORTE (São Paulo). **Evolução Das Caixas D'água Metálicas**. Disponível em: <https://www.fazforte.com.br/blog/evolucao-das-caixas-dagua-metalicas/>. Acesso em: maio 2022

FURTADO JUNIOR, Paulo Cesar; SILVA, Victor José Martins da. **REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**: um estudo de caso da substituição das redes de fibrocimento da rua Professor Olinto em Caratinga - MG. 2015. 72 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Doctum de Educação e Tecnologia, Caratinga, 2015.

GOMES, Uende A. F; HELLER, Léo. **Acesso à água proporcionado pelo Programa de Formação e Mobilização Social para Convivência com o Semiárido: Um Milhão de Cisternas Rurais**: combate à seca ou ruptura da vulnerabilidade?. Minas Gerais: Scielo, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/4BS7RNWWrPRkkzv7zgLxZ7F/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: abr. 2022

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2010.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **A Origem do Saneamento Básico**. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/pt/institucional-blog/a-origem-do-saneamento-basico>. Acesso em: maio 2022.

MARIO PINO. Instituto Brasileiro do Pvc. **O FUTURO DA ÁGUA**. Disponível em: <https://pvc.org.br/2017/12/o-futuro-da-agua-2/>. Acesso em: maio 2022

NETO, P. J. C. Redes de distribuição de água. In: Tsutyia, M.T. **Abastecimento de Água**. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

PEVEDUTO. **5 Fatos que irão facilitar a instalação de tubos PEAD em valas sem perder a qualidade do material**. 2017. Disponível em: <http://peveduto.com.br/5-fatos-que-irao-facilitar-a-instalacao-de-tubos-pead-em-valas-sem-perder-a-qualidade-do-material/>. Acesso em: 10 out. 2022.

RICHTER, Brian. **Em Busca da água**: um guia para passar da escassez à sustentabilidade. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. Tradução do Livro Chasing water.

ROTOPLASTYC (Rio Grande do Sul). **A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA NA AGRICULTURA**. Disponível em: <https://rotoplastyc.com.br/>. Acesso em: abr. 2022.

SANEAMENTO BÁSICO. Chapecó: Master, v. 23, n. 1, set. 2015. Disponível em: http://www.mastereditora.com.br/periodico/20150630_220710.pdf. Acesso em: maio 2022.

SANTA CATARINA. PREFEITURA DE LAGUNA. **PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO.** Laguna, 2011. 90 p. Disponível em: https://www.diariomunicipal.sc.gov.br/arquivosbd/atos/2015/07/1438024698_anexonicolein1.828_15.pdf. Acesso em: 18 out. 2022.

SÃO PAULO. MARCEL. . ADUTORA-DN 300 MM – MOGI DAS CRUZES. Disponível em: <https://www.jemarcel.com.br/adutora-dn-300-mm-mogi-das-cruzes/>. Acesso em: 20 out. 2022.

SOLUTA (São Paulo). **A NOVA LEI DE SANEAMENTO - 14.026/2020.** Disponível em: <https://soluta.eco.br/2020/09/28/a-nova-lei-de-saneamento-14-026-2020/>. Acesso em: maio 2022.

SUASSUNA, João. **A má distribuição da água no Brasil.** São Paulo, abr. 2004. Disponível em: <https://reporterbrasil.org.br/2004/04/b-artigo-b-a-ma-distribuicao-da-agua-no-brasil/>. Acesso em: maio 2022

TSUTIYA, M. T. Abastecimento de Água. 3ª Edição. São Paulo. Dep. De Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki; SOBRINHO, Pedro Além. Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000.

UNIMED (Santa Catarina). **Papo sustentável:** da captação à distribuição, o caminho que a água faz até nossas casas. Da captação à distribuição, o caminho que a água faz até nossas casas. 2018. Disponível em: <https://www.unimed.coop.br/web/canal-unimed-parana/noticias-unimed/papo-sustentavel-da-captacao-a-distribuicao-o-caminho-que-a-agua-faz-ate-nossas-casas>. Acesso em: maio 2022.

APÊNDICE A – Formulário de Questionamento**QUESTIONÁRIO AVALIATIVO DE TUBULAÇÕES PEAD E PVC**

NOME: _____

CARGO: _____

1 - Em relação à manutenção de redes coletoras de água, qual o material que possibilita maior facilidade em reparos de rompimentos?

PEAD PVC

2 - Em relação à manutenção de redes coletoras de água, qual o material que possibilita maior facilidade quanto a vazamentos?

PEAD PVC

3 - Em relação ao assentamento de redes, qual material é mais maleável e flexível?

PEAD PVC

4 - Em relação ao assentamento de redes, qual material demanda maior tempo de serviço?

PEAD PVC

5 – Na sua opinião, qual tipo de tubulação em geral se torna melhor e mais eficaz?

PEAD PVC