



PROJETO INTEGRADOR: UMA IDEIA DE GESTÃO DE PROJETOS E SOLUÇÕES HIDRÁULICAS¹

Eduardo Barboza Bonfada², Kleyton Pinto³, Robson Eduardo da Silva Paz⁴, Patrícia Carolina Pedrali⁵

¹ Projeto desenvolvido na disciplina de Projeto Integrador do curso Engenharia Mecânica do primeiro semestre da Graduação Mais.

² Estudante do curso de Engenharia Mecânica

³ Estudante do curso de Engenharia Mecânica

⁴ Estudante do curso de Engenharia Mecânica

⁵ Professora do Curso de Engenharia Mecânica e do Projeto Integrador da UNIJUÍ

1 INTRODUÇÃO

Com o contínuo crescimento da extensa rede de tubulações da Companhia Riograndense de Saneamento - CORSAN, a detecção de vazamentos em canos subterrâneos tem se tornado um desafio cada vez mais complexo. Atualmente, a identificação de problemas no sistema de esgoto é feita principalmente por meio de chamados dos moradores afetados ou métodos antiquados, que são ineficientes e pouco eficazes. Além disso, os métodos tradicionais utilizados para localizar e diagnosticar problemas no esgoto são demorados e propensos a erros. É necessário investir em soluções modernas, como sensores de monitoramento e análise de dados, para agilizar a detecção e o reparo dos problemas de esgoto.

Diante dessas limitações, torna-se evidente a necessidade de explorar novas tecnologias e abordagens mais avançadas para a detecção de vazamentos em tubulações subterrâneas. Métodos como o uso de sensores de vazamento mais sensíveis, análise de dados em tempo real e até mesmo tecnologias de imagem por satélite podem ser explorados para aprimorar a eficiência e a precisão na identificação de vazamentos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral:

Apresentar uma solução inovadora para detectar vazamentos em tubulações, gerando um ganho à sociedade na forma de implementação de novos recursos e tecnologias ao fluxo de água que vem desde a captação até a entrega nas residências.



2.2 Objetivo Específico

Para desenvolver o trabalho foi necessário definir os objetivos específicos, são eles:

- a) Identificar problema atual;
- b) Conhecer mecanismos de detecção aplicadas para solucionar o problema;
- c) Realizar pesquisa sobre soluções existentes no mercado;
- d) Realizar brainstorming com integrantes do grupo e mentores sobre possíveis soluções;
- e) Projetar possível solução.

3 JUSTIFICATIVA

Este estudo visa fomentar a melhoria no sistema de água tratada para os consumidores do município de Panambi/RS. Hoje não se tem recursos efetivos que detectam canos rompidos, vazamentos em juntas ou furos nas tubulações da CORSAN. Desta forma, tem-se o desperdício de água tratada, pois na maior parte dos casos, é possível identificar vazamento após “brotar água do asfalto”, quando é visível a olho nu água escorrendo pelo chão.

Conforme reunião com a CORSAN, atualmente na cidade existe uma perda de aproximadamente quarenta por cento da água tratada perdida por motivos de vazamentos, esta alta quantidade de perda se dá por vários motivos, sejam eles, rompimento dos canos, dificuldade em identificar o local do vazamento, demora no acionamento dos profissionais, entre outros.

O ponto de vista informado anteriormente vem ao encontro de resposta rápida a problemas gerados sem avisos prévios, uma integração da hidráulica, mecânica, elétrica e software para deixar o sistema da CORSAN um nível acima em controle hidráulico. Desta forma a empresa vai ter um diferencial comparado às outras companhias de saneamento.



4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Empresa CORSAN

A empresa CORSAN está sediada em Porto Alegre, capital gaúcha, é uma sociedade de economia mista, de capital aberto, instalada em 28 de março de 1966, a partir da lei estadual 5.167/1965 – RS, cujo controle acionário é exercido pelo Estado do Rio Grande do Sul.

Constituem o objeto social da CORSAN a realização de estudos, projetos, construção, operação, exploração e ampliação dos serviços públicos de abastecimento de água potável e de esgotamento sanitário. A Companhia atua em 317 municípios gaúchos, com uma força de trabalho de 5681 empregados, tendo atingido 96,7% de universalização na disponibilidade de água potável nas áreas urbanas administradas e 16,3% de universalização em esgoto. Sua abrangência alcança, portanto, cerca de seis milhões de pessoas. Atua, ainda, tratando efluentes industriais e resíduos sólidos do III Pólo Petroquímico, sediada em Triunfo (RS), bem como efluentes industriais produzidos pelo Complexo Automotivo Industrial da General Motors do Brasil, no município de Gravataí/RS.”

4.2 Função do esgoto

A rede de esgoto é um conjunto de tubulações que transportam o esgoto até as estações de tratamento, onde essa corrente de fluido não possui nenhum poluente para retornar aos corpos hídricos, como rios e mares. Tem a função de executar atividades de manutenção e conservação de redes de distribuição de água, como máquinas, equipamentos e prédios em geral.

Conforme CORSAN (2023) a água tem muitos usos no dia a dia, como tomar banho, dar descarga no vaso sanitário e lavar a louça. Depois de usada, ela se torna esgoto. O esgoto pode vir de casa, da chuva ou das indústrias. Se não for tratado corretamente, o esgoto pode causar problemas de saúde transmitindo doenças. Também pode poluir rios e fontes, prejudicando plantas, animais e a água que usamos.

4.3 Conceito deformação

Segundo CIMM (2022), deformação é uma grandeza adimensional e representa um valor médio específico da deformação tomado sobre a extensão do segmento observado. Em sólidos, a deformação é geralmente analisada em termos de deformação elástica e deformação plástica. A deformação elástica ocorre quando um material retorna à sua forma original após a remoção da carga

aplicada. Nesse caso, a deformação é proporcional à força aplicada, seguindo a Lei de Hooke. Por outro lado, a deformação plástica ocorre quando um material sofre uma deformação permanente mesmo após a remoção da carga. Isso geralmente envolve a reorganização de átomos ou moléculas dentro do material. A deformação também pode ser classificada em diferentes tipos, dependendo do padrão de deformação observado. Alguns exemplos incluem a deformação linear, que envolve mudanças nas dimensões lineares do objeto, como alongamento ou encurtamento; a deformação volumétrica, que envolve mudanças no volume do objeto, como compressão ou expansão; e a deformação angular, que envolve alterações nos ângulos entre as partes do objeto.

4.4 Ponte de *Wheatstone*

Wheatstone pode ser aplicada de para obter circuitos que fazem, medição de resistência, temperatura (NTC, PTC), pressão (Strain Gage) e peso. Este tipo de circuito pode ser usado para determinar a tensão mecânica. Conforme Coelho (2014, p.28) “a Ponte de *Wheatstone* é um circuito elétrico utilizado para medir a resistência elétrica desconhecida de um componente ou elemento. Foi inventada pelo cientista britânico Samuel Hunter Christie em 1833 e popularizada pelo físico e inventor Sir Charles *Wheatstone* em 1843”. A ponte de *Wheatstone* é um arranjo de quatro resistores, dispostos em forma de diamante, conectados em uma configuração de circuito fechado. O componente de resistência desconhecida, chamado de resistor desconhecido (R_x), é colocado em uma das pernas da ponte. As outras três pernas da ponte consistem em duas resistências conhecidas (R_1 e R_2) e um resistor variável (R_3), também conhecido como resistor de ajuste ou potenciômetro. Essas resistências são equilibradas para criar uma condição de equilíbrio na ponte.

Quando a ponte está em equilíbrio, isso significa que a corrente elétrica através do galvanômetro conectado entre os pontos de junção da ponte é zero. A condição de equilíbrio é alcançada ajustando-se o valor do resistor variável (R_3) até que o galvanômetro não mostre nenhum desvio. Nesse ponto, a relação entre as resistências na ponte é utilizada para determinar o valor da resistência desconhecida (R_x). A equação básica da Ponte de *Wheatstone* é dada por: $R_x = (R_2/R_1) * R_3$. Onde R_x é a resistência desconhecida, R_1 e R_2 são as resistências conhecidas e R_3 é o resistor de ajuste. A relação entre essas resistências fornece a medida da resistência desconhecida. A Ponte de *Wheatstone* é amplamente utilizada em aplicações de medição de resistência, como em sensores de temperatura, sensores de pressão, células de carga, entre outros. É um circuito simples, mas eficaz, que permite a medição precisa de resistências desconhecidas.



4.5 *Strain gauge*

O *strain gauge*, ou extensômetro, é um dispositivo utilizado para medir a deformação ou a tensão mecânica em um objeto ou componente. É um dos sensores mais comuns e amplamente utilizados em aplicações de medição de deformação.

Segundo Malerba (2008, p.3) funcionamento de um *strain gauge* baseia-se nas propriedades elétricas de um material condutor, como uma fina camada metálica, que é fixada na superfície do objeto a ser medido. Quando o objeto sofre uma deformação, seja uma tensão de tração, compressão ou cisalhamento, o *strain gauge* também é deformado, resultando em uma mudança na resistência elétrica do dispositivo. O *strain gauge* é construído com um padrão de fios ou grades metálicas extremamente finas e condutoras, dispostas em uma configuração de grade. Essa grade é impressa ou colada na superfície do objeto em uma região onde se espera a deformação. Quando a tensão é aplicada ao objeto, ocorre uma mudança na geometria do material, levando à deformação da grade.

A mudança na resistência elétrica do *strain gauge* é proporcional à deformação sofrida pelo objeto. Essa relação é geralmente expressa por meio do fator de *gauge* (*Gauge Factor*), que é uma característica específica do material do *strain gauge*. O fator de *gauge* é definido como a variação percentual na resistência dividida pela deformação percentual aplicada. Esse valor é geralmente em torno de 2 para *strain gauges* metálicos comuns.

5 METODOLOGIA

Utilizando da metodologia de pesquisa descritiva foi realizada uma análise da situação problema, registrando o problema inicial para propor uma alternativa de melhoria na velocidade de reação.

5.1 Definição do problema atual

Ao participar de uma palestra ministrada pelo superintendente da CORSAN, juntamente com outros funcionários da empresa, foi identificado as principais dificuldades enfrentadas pela CORSAN. Neste sentido, pensou-se no problema atual que mais causa impactos aos moradores de Panambi/RS



5.2 Coleta de dados e análise da situação atual

Foram realizadas reuniões em ambiente multidisciplinar com a equipe da CORSAN para coletar dados. Após dúvidas sanadas foi feita análise em sala de aula com um mentor graduado na Unijuí e o orientador. Atualmente a empresa tem dificuldade em definir onde aconteceu o rompimento da rede. A empresa fica sabendo do rompimento quando os clientes ligam para reclamar da falta de água. A partir daí, a empresa realiza vistorias com aparelhos Geofone e procura identificar onde está o vazamento. Após este procedimento, é possível realizar a abertura do local, para iniciar a reparação ou substituição.

5.3 Definição das possíveis soluções

Foi realizada uma reunião de brainstorming com todos os envolvidos para relatar os testes e encontrar as possíveis soluções.

5.4 Formulação do novo modelo

O processo inicia-se no momento em que for sendo instalado novas tubulações de água na cidade, onde os profissionais irão incorporar os sensores aos tubos, e conectando em placas de aquisição de dados para que seja possível a conexão com a central de informações. Conforme houver a necessidade de substituição de encanamento e implantação de novos, será feita a instalação gradativa do novo sistema proposto.

6 DESENVOLVIMENTO

6.1 Definição do problema atual

Métodos utilizados atualmente para identificar vazamentos em tubulações muitas vezes são considerados arcaicos e limitados. Em alguns casos, são utilizados equipamentos de detecção sonora, que consistem em dispositivos que captam o som da água vazando e ajudam a determinar a localização aproximada do vazamento. No entanto, esses dispositivos não são totalmente precisos e podem fornecer resultados ambíguos, especialmente em áreas com grande quantidade de ruídos de fundo.



Outro método comumente utilizado é a análise visual do solo, que envolve a busca por indícios de vazamentos, como mudanças na umidade do solo, vegetação excessivamente verde ou falhas estruturais próximas às tubulações. Embora essa abordagem possa ser útil em alguns casos, também é bastante limitada, pois requer uma inspeção minuciosa do solo e depende da experiência e habilidade do inspetor para interpretar os sinais encontrados. A Figura 1 ilustra a abertura do solo com sua extensão maior do que o necessário devido à imprecisão de encontrar o local certo.

Figura 1- Solo aberto para manutenção de tubulação de água tratada.



Fonte: Jornal NH (2023).

6.2 Coleta de dados e análise da situação atual

Segundo o superintendente da CORSAN, em Panambi/RS, cerca de 40% da água tratada é perdida devido a vazamentos. Essa alta perda ocorre por diversos motivos, como rompimentos de canos, dificuldade em localizar os vazamentos, falta de cuidado na ação dos profissionais e demora durante o processo de conserto.

O Geofone é o instrumento que tem maior precisão em achar vazamentos Casadogeofone (2023). É utilizado pela empresa responsável pelo saneamento básico de Panambi/RS para encontrar com maior precisão os vazamentos. “Geofone é um aparelho desenvolvido para a localização de vazamentos não visíveis pelo método da acústica, com esta ferramenta é possível fazer a busca e localização de vazamentos ocultos, com isso identificar o ponto exato de vazamentos de água” Casadogeofone (2023). Este aparelho é o mais preciso, entretanto verificação precisa ser presencial, desta forma, método se torna ineficaz devido não saber quanto tempo estava ocorrendo a perda de água.



6.3 Definição das possíveis soluções

Este momento é de integrar conhecimentos prévios, sair “fora da caixa” e pensar de maneira disruptiva. Esta solução proposta é uma base para estudos futuros integrando sugestão de projeto com a prática. A solução mais óbvia para resolver este problema de vazamento é a identificação da perda de água em tempo real. Entretanto, para que seja possível identificar este vazamento é necessário integrar equipamentos para fazer a leitura das informações, tratar os dados e transmitir uma resposta à central de informações para que o operador designe uma equipe ao local do possível vazamento. Outra solução proposta é de integrar as tubulações com condução de energia, ao romper algum fio/meio de condução interromperia a informação e mostraria um sinal à central de informações. Não só isso, o ideal para o projeto é a forma de transmitir informação por wi-fi, desta maneira reduz os custos com cabos e possíveis rompimentos.

6.4 Formulação do novo modelo

O novo modelo proposto utiliza a fixação de *strain gauges* ao redor do cano, com o objetivo de detectar deformações específicas nele. Os *strain gauges* são protegidos por um material termoplástico para garantir a integridade e aumentar a vida útil dos componentes. A fixação também é protegida pelo mesmo material.

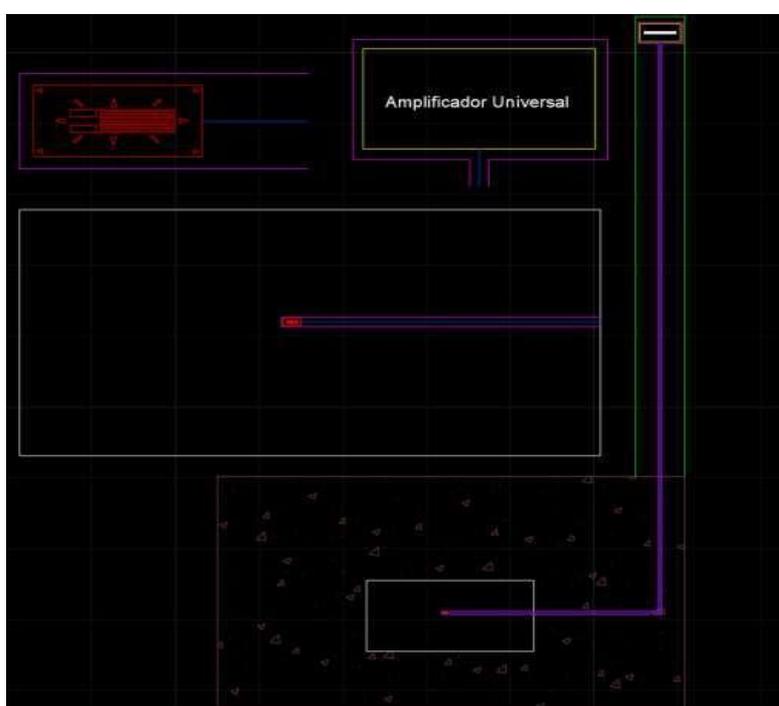
A partir dos *strain gauges*, os sinais elétricos são enviados ao amplificador localizado no poste padrão. O amplificador é responsável pelo recebimento e tratamento dos sinais elétricos, ele interpreta os dados recebidos e fornece informações relevantes sobre a situação do cano que recebe e processa os sinais elétricos provenientes dos *strain gauges*. Em seguida, esses sinais são encaminhados para o sistema da CORSAN. Em seguida essas informações são avaliadas pelo funcionário responsável, permitindo uma análise adequada da condição do cano.

As informações recebidas pelo sistema, precisa ser modularizada, desta forma, foi necessário entender o funcionamento do sistema de água para ter um resultado preciso. Em vista que o rompimento/fissura da tubulação aconteça pelo aumento da pressão, é possível fazer testes práticos com *strain gauge* para parametrizar o sensor, identificando pressão mínima com peso máximo. Desta forma será possível identificar pressão máxima pela dilatação do cano.



Essa abordagem inovadora utiliza tecnologia de **strain gauges** e um sistema de transmissão de sinais eficiente, garantindo uma detecção precisa de deformações no cano. Além disso, o uso de materiais termoplásticos protege os componentes e prolonga sua vida útil. A Figura 2 contempla os materiais que compõem o projeto – é um desenho em 2d que ilustra a localização e a integração dos componentes conforme citado anteriormente.

Figura 2- Componentes básicos para o funcionamento do projeto



Fonte: Autores

7 RESULTADOS

Estudo apresentado seguiu as diretrizes da metodologia, passou pelas fases de definição do problema atual, coleta dados e análise da situação. Os problemas foram identificados e após novas abordagens e estudos foi possível criar métodos de solução.

Foi identificado os conceitos do *Strain Gauge*, deformação dos materiais e o conceito de funcionamento deste sistema. Desta forma, foi desenvolvida a proposta de implementação solicitada - um sistema para captar os dados, analisar e posteriormente apresentar os resultados. De modo que, os objetivos específicos foram atendidos.

Conclui-se que é possível o desenvolvimento de tal projeto, visto que os dados coletados atenderam com êxito a demanda a qual é designado, necessitando certas avaliações quanto a integração dos componentes para que retornem com clareza os dados necessários para o funcionário.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CORSAN. **Quem somos.** Rio Grande do Sul: [2023]. Disponível em <https://www.corsan.com.br/quem-somos>. Acesso em: 02/05/2023.

CORSAN. **Tratamento de Esgoto.** Rio Grande do Sul: [2023]. Disponível em <https://www.corsan.com.br/tratamentodeesgoto>. Acesso em: 20/06/2023.

CIMM. **Deformação e Tensão de Engenharia** [2022]. Disponível em https://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/6522-deformacao-e-tensao-deengenharia#. Acesso em: 24/06/2023.

COELHO, M. S.; MORILLA, J. C. **Efeito da não linearidade na medição de extensômetros com ponte de wheatstone.** *Anais do terceiro encontro nacional de pós-graduação da unisanta*, p. 28, 2014.

MALERBA, P. C. C.; GUARNIERI, F. L.; BARROS, J. **Aplicação da extensometria através de Strain Gage: Elaboração de um celular de carga com sistema de aquisição de dados computadorizado.** 2008. Disponível em:

https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2008/anais/arquivosINIC/INIC1471_01_A.pdf. Acesso em 10 jul. 2023.

CASA DO GEOFONE. **Casa do Geofone.** Disponível em: <https://casadogeofone.com.br/>. Acesso em: 01 jul. 2023.

JORNAL NH. **Moradores de Sapucaia ficam sem água após rompimento na rede da Corsan.** Jornal NH, Novo Hamburgo, 31 jan. 2023. Disponível em: <https://www.jornalnh.com.br/noticias/regiao/2023/01/31/moradores-de-sapucaia-ficam-semagua-apos-rompimento-na-rede-da-corsan.html>. Acesso em: 1 jul. 2023.

KLEYTON P. **Alfa Plumbing.** Disponível em: <https://youtu.be/uZOG1iVGvPs>. Acesso 4 jul. 2023