

**CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ**

**VINICIUS MILANI CALSAVARA**

**ANÁLISE DE DESGASTE EM TUBULAÇÃO SEM REVESTIMENTO E COM  
REVESTIMENTO POR GRADE INTERNA NO PROCESSO DE TRANSPORTE DE  
GRÃOS ATRAVÉS DE UM EQUIPAMENTO TRANSPORTADOR**

**CASCADEL - PR  
2019**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ**

**VINICIUS MILANI CALSAVARA**

**ANÁLISE DE DESGASTE EM TUBULAÇÃO SEM REVESTIMENTO E COM  
REVESTIMENTO POR GRADE INTERNA NO PROCESSO DE TRANSPORTE DE  
GRÃOS ATRAVÉS DE UM EQUIPAMENTO TRANSPORTADOR**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

**Professor(a) Orientador(a):** Me. Eng. Mec. Eliseu Avelino Zanella Júnior

**CASCADEL - PR  
2019**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ**

**VINICIUS MILANI CALSAVARA**

**ANÁLISE DE DESGASTE EM TUBULAÇÃO SEM REVESTIMENTO E COM  
REVESTIMENTO POR GRADE INTERNA NO PROCESSO DE TRANSPORTE DE  
GRÃOS ATRAVÉS DE UM EQUIPAMENTO TRANSPORTADOR**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário FAG, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob orientação do Professor Me. Eng. Mec. Eliseu Avelino Zanella Junior

**BANCA EXAMINADORA**



Orientador: Prof. Me. Eliseu Avelino Zanella Junior  
Centro Universitário Assis Gurgacz  
Engenheiro Mecânico



Professor Me. Carlos Alberto Breda  
Centro Universitário Assis Gurgacz  
Engenheiro Mecânico



Professor Me. Janes Caelano Frozza  
Centro Universitário Assis Gurgacz  
Bacharel em Química e Licenciatura em Química e Física

Cascavel, 27 de Novembro de 2019.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho à minha família, que sempre me apoiou e incentivou no caminho do sucesso e a Deus, por me guiar na busca de conhecimentos para chegar à conclusão desta etapa tão significativa.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, gostaria de agradecer à minha família, que sempre me apoiou nesta caminhada até esse importante momento.

Deixo aqui também meus agradecimentos a todos amigos e colegas de trabalho, pelo apoio durante a graduação.

Gostaria de agradecer às empresas BRF e Silobras, por disponibilizarem os dados fundamentais para a realização deste trabalho.

Ao Sr. Paulo Aparecido, funcionário do setor de manutenção da BRF, que me forneceu todas as informações e suporte necessário.

Ao colegiado de professores do curso de Engenharia Mecânica da FAG, pelo apoio nas multidiscipliniedades das matérias durante a execução do estudo.

Por último, e não menos importante, ao meu orientador Mestre Eliseu Avelino Zanella, por sua dedicação excepcional e preocupação em prol do desenvolvimento deste estudo.

## **RESUMO**

O presente trabalho tem como intuito a demonstração de uma análise de desgaste em uma tubulação sem revestimento e tubulação com revestimento por grade interna, utilizado em um equipamento transportador de grãos denominado elevador de grãos. Através desta análise, será possível mostrar que o sistema de tubulação com revestimento por grade interna é a melhor opção entre as tubulações convencionais que não possuem revestimento, tanto na parte de manutenção, quanto no prolongamento da vida útil do sistema em um todo, agregando na qualidade do grão do início do transporte até o seu armazenamento final em unidades armazenadoras.

**Palavras-chave:** Resistência. Armazenamento. Manutenção.

## **ABSTRACT**

This work presents a wear analysis on an uncoated pipe and an inner grid coated pipe, used in a grain conveyor equipment called grain elevator. In this analysis it will be possible to show that the internal grid lined piping system is the best option among conventional uncoated piping, both in the maintenance part as in extending the life of the system, adding in the grain quality from the beginning of transportation until your final storage in storage units.

**Keywords:** Resistance. Storage. Maintenance.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 1: Elevador de canecas com sistema de tubulação com revestimento por grade interna..... | 17 |
| FIGURA 2: Detalhe revestimento por grade interna.....                                          | 23 |
| FIGURA 3: Módulos de 1200mm de comprimento.....                                                | 23 |
| FIGURA 4: Detalhamento de sistema de grade para inclusão na parte interna da tubulação.....    | 24 |
| FIGURA 5: Detalhamento de montagem da grade na parte interna da tubulação .....                | 25 |
| FIGURA 6: Tubulação sem revestimento interno .....                                             | 26 |
| FIGURA 7: Tubulação envolvida por plástico, para evitar o vazamento de produtos.....           | 27 |
| FIGURA 8: Tubulação envolvida por plástico, para evitar o vazamento de produtos.....           | 28 |
| FIGURA 9: Desgaste interno da canalização sem revestimento por grade interna.....              | 29 |
| FIGURA 10: Ruptura externa da canalização sem revestimento por grade interna.....              | 30 |
| FIGURA 11: Canalização com revestimento por grade interna.....                                 | 31 |

## **LISTA DE TABELAS**

|                                         |    |
|-----------------------------------------|----|
| TABELA 1: Valores das canalizações..... | 32 |
|-----------------------------------------|----|

## **LISTA DE GRÁFICOS**

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| GRÁFICO 1: Substituições do sistema de canalização..... | 32 |
|---------------------------------------------------------|----|

## LISTA DE QUADROS

|                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| QUADRO 1: Propriedades mecânicas aço SAE 1045.....                                                                                        | 20 |
| QUADRO 2: Preenchimento da coleta de dados efetuada visualmente, elevador de canecas<br>com sistema de canalização por grade interna..... | 22 |
| QUADRO 3: Preenchimento da coleta de dados efetuada visualmente, elevador de canecas<br>com sistema de canalização sem grade interna..... | 22 |

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**Feedbacks** – Informação que o emissor obtém da reação do receptor à sua mensagem e que serve para avaliar os resultados da transmissão.

**h** – Horas

**In loco** – Próprio local

**SAE** – Society of Automotive Engineers - EUA

**Ton** – Toneladas

## LISTA DE SÍMBOLOS

|    |                  |
|----|------------------|
| C  | Carbono          |
| Fe | Ferro            |
| Mn | Manganês         |
| P  | Fósforo          |
| S  | Enxofre          |
| Si | Silício          |
| Ø  | Diâmetro Nominal |

## SUMÁRIO

|          |                                                                                                     |           |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO.....</b>                                                                              | <b>14</b> |
| 1.1      | OBJETIVOS.....                                                                                      | 14        |
| 1.1.1    | Gerais.....                                                                                         | 14        |
| 1.1.2    | Específico.....                                                                                     | 15        |
| 1.2      | JUSTIFICATIVA.....                                                                                  | 15        |
| 1.3      | CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....                                                                     | 15        |
| 1.4      | DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....                                                                        | 15        |
| <b>2</b> | <b>REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....</b>                                                                   | <b>16</b> |
| 2.1      | CANALIZAÇÃO AGROINDUSTRIAL EM EQUIPAMENTO TRANSPORTADOR<br>.....                                    | 16        |
| 2.1.1    | Teor de carbono empregado nos aços utilizados para fabricação de tubulações<br>agroindustriais..... | 18        |
| 2.1.1.1  | Aço SAE 1045.....                                                                                   | 19        |
| 2.1.1.2  | Aspectos gerais sobre desgaste e mecanismos de desgaste.....                                        | 20        |
| <b>3</b> | <b>METODOLOGIA.....</b>                                                                             | <b>21</b> |
| <b>4</b> | <b>RESULTADOS ESPERADOS.....</b>                                                                    | <b>29</b> |
| <b>5</b> | <b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>                                                                 | <b>31</b> |
| 5.1      | SUBSTITUIÇÕES DA CANALIZAÇÃO NA UNIDADE.....                                                        | 31        |
| 5.2      | VALORES DAS CANALIZAÇÕES.....                                                                       | 32        |
| <b>6</b> | <b>CONCLUSÃO.....</b>                                                                               | <b>33</b> |
| <b>7</b> | <b>SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS.....</b>                                                           | <b>33</b> |
|          | <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>                                                              | <b>34</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O transporte de grãos faz parte de uma atividade rotineira em unidades armazenadoras nas regiões produtoras de grãos, onde possibilita-se o transporte seguro, o armazenamento e a conservação do grão. Para realização desse processo, as tubulações, provenientes dos equipamentos transportadores, possuem especificações de materiais e revestimentos internos.

Desta forma, necessita-se de uma crescente análise em como os materiais estão se sobressaindo referente ao grande fluxo de material oriundo do transporte interno dos mesmos através das canalizações.

Diante desses elementos em questão, existe um grande problema de desgaste interno em tubos convencionais que não possuem nenhum tipo de revestimento interno para amenizar os efeitos causados pela alta velocidade e abrasão do grão nas paredes internas da tubulação, visto que o sistema analisado nesse estudo possui carga horária de trabalho de 24h/dia.

Perante a essa problemática, esse trabalho realiza uma análise fotográfica entre um sistema de tubulação sem revestimento e outro sistema de tubulação com revestimento por grade interna, propondo demonstrar qual a melhor opção a ser escolhida para o transporte de grãos.

Através do contato com uma pessoa responsável pelas manutenções em equipamentos de transporte de grãos, em uma empresa situada no município de Toledo – PR, foi possível verificar, por meio de visitas *in loco* e *feedbacks* em época de safra e em época entre safras e utilização cotidiana, onde há o uso intermitente do equipamento de transporte de grãos ao qual a tubulação faz parte, como deram-se os fenômenos ocasionados na parte interna da tubulação sem revestimento e com revestimento, assim como qual o tamanho do desgaste, proveniente da alta velocidade e abrasão dos grãos nas paredes internas dos tubos estudados. Após o período de utilização do equipamento, foram realizadas as análises visuais, baseando-se nas manutenções periódicas da empresa e vistorias que detectaram qualquer tipo de avaria, ocasionando, assim, no resultado final do estudo em questão.

### 1.1 OBJETIVOS

#### 1.1.1 Objetivo Geral

Analisar o desgaste ocorrido internamente através de uma tubulação com revestimento por grade interna, para a diminuição do grande índice de manutenção na área de transporte de grãos em equipamentos transportadores.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Inspecionar as tubulações em períodos de safra e entre safras;
- Verificar a frequência de manutenção realizada na tubulação com e sem revestimento interno após o período de safra e entre safras;
- Analisar visualmente o desgaste da tubulação com e sem revestimento interno;
- Comparar através de análise os resultados obtidos nos períodos de safra e entre safras.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Muito se debate hoje em dia sobre métodos para amenizar os gastos com manutenção em equipamentos em qualquer empresa. Devido a esse constante questionamento, os responsáveis pelas manutenções estão buscando métodos e equipamentos mais eficazes e resistentes para que ocorra uma diminuição nos gastos gerados pela crescente manutenção, ocasionada juntamente ao uso interrupto de equipamentos em que se transportam os grãos até as unidades armazenadoras.

Os grandes beneficiários, dessa elevada evolução no meio agroindustrial, são as próprias empresas que visam cada vez mais diminuir custos com manutenções, investindo em equipamentos e produtos melhores.

## 1.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

É sempre necessário buscar melhorias no transporte de grãos em unidades armazenadoras, e como diminuir a alta demanda de manutenção das tubulações nas unidades armazenadoras de grãos em geral?

## 1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A análise foi realizada em uma empresa alimentícia, situada na região oeste do Paraná na cidade de Toledo – PR. Os dados foram disponibilizados por um responsável de manutenção através de redes sociais e por meio de visitas *in loco* e captação de dados em tempos de entre safra e safra.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Muitas empresas do ramo de armazenagem de grãos estão passando por grandes processos de modernização em seus sistemas de transporte de grão até a armazenagem final, devido ao alto custo de manutenção que gera esse processo. De acordo com Rêgo (2008), os projetos de investimento podem ser classificados em etapas, sendo uma das principais a modernização operacional como um todo. Essa estrutura operacional visa a reconstrução, adaptação ou recondicionamento de alguns equipamentos ou sistemas para aumento de sua eficiência e diminuição de custos em geral.

Contudo, Woiler (2008) demonstra que o projeto de modernização é um modo de classificar os projetos por meio do ponto de vista microeconômico que afeta diretamente a empresa. O autor expõe ainda que um projeto de modificações que trará benefícios à empresa é um conjunto de ações e informações internas e externas, coletadas e processadas para a decisão de liberação de investimento para as devidas melhorias, a fim de analisar todos os respectivos resultados a serem obtidos.

Entretanto, para Kon (1991), traduz-se que a modernização passa pela introdução de processos de produção mais avançados, ao modo que aumenta a produtividade e diminuição de custos na escolha da tecnologia a ser embarcada, no devido fim de optar por melhorias que coloquem as empresas do ramo em uma posição de aumento de qualidade de produto final no mercado internacional com a diminuição dos custos de produção.

### 2.1 CANALIZAÇÃO AGROINDUSTRIAL EM EQUIPAMENTO TRANSPORTADOR

Segundo Milman (2002), canalizações em equipamentos de transporte de grãos em geral são acessórios que interligam o fluxo de grãos entre máquinas e equipamentos utilizados em seu beneficiamento em uma unidade armazenadora. Resulta-se em movimentação de grãos um quantitativo, como sendo a transferência de massa total de grãos de um ponto a outro em qualquer direção ou sentido, com o menor dano mecânico possível.

As tubulações, provenientes de instalações em altura, podem ser classificadas como um transportador gravitacional, ou seja, a movimentação dos grãos em geral ocorre pela ação da gravidade contribuindo para que não seja necessária qualquer fonte motora de acionamento, apesar dos grãos adquirirem energia potencial para possibilitar o fluxo interno na tubulação. (MILMAN, 2002; MOURA, 2008).



**Figura 1:** Elevador de canecas com sistema de tubulação com revestimento por grade interna.

(Fonte: Autor, 2019)

De acordo com Milman (2002), para que haja um deslocamento contínuo do grão, no interior das tubulações com eficiência e fluidez, necessita-se ser levado em consideração fatores que estão inteiramente ligados ao transporte por gravidade, dentre os quais pode-se citar:

- Ângulo de repouso dos grãos: o fluxo de escoamento dos grãos através de uma tubulação é inversamente proporcional ao ângulo de repouso ou talude natural dos grãos, menor ângulo de repouso, maior fluxo;
- Material de constituição dos tubos ou calhas: quanto mais lisas forem as superfícies internas das tubulações, maior será o favorecimento do fluxo de grãos pelo seu interior, quanto mais lisas as paredes internas, maior o fluxo contínuo;
- Vibração dos Canos ou Calhas: para o fluxo de grãos contínuo no interior das tubulações as vibrações mecânicas favorecem o fluxo, ou seja, quanto maior a vibração em um regime seguro, maior será o fluxo;

- Inclinação de instalação dos tubos: a inclinação das tubulações é diretamente proporcional ao fluxo de escoamento dos grãos no seu interior, maior inclinação, maior fluxo.

Considerando os fatores citados acima, para nível de projeto de tubulações no segmento agroindustrial, devem-se ser considerados os fatores de inclinação necessária para cada tipo de produto, de modo que os grãos escoem por naturalidade, ou seja, sem intervenção mecânica.

#### 2.1.1 Teor de carbono empregado nos aços utilizados para fabricação de tubulações agroindustriais

Os aços são amplamente utilizados na indústria em geral devido à versatilidade e baixo custo de produção e manejo. São ligas que tem como elementos principais ferro-carbono com 0,008% a 2,11% de carbono em peso, além de alguns elementos decorrentes do processo de fabricação do aço. (CHIAVERINI, 2002).

Existem variadas normas para a classificação dos aços, cada uma com seus critérios de composição química, microestrutura, processo de acabamento, resistência mecânica, aplicações, entre outras. Uma das formas de classificar os aços é de acordo com o teor de carbono:

- Aços de baixo teor de carbono: costumam ser utilizados para o trabalho mecânico a frio e a quente e para a soldagem, possuem menos de 0,25% de carbono e são dúcteis. São utilizados nas estruturas de pontes, navios, edifícios, carros, implementos rodoviários, agrícolas, entre outros. Em contexto geral, apresentam baixa resistência mecânica onde o limite de escoamento é de, aproximadamente, até 250 Mpa, limite de resistência à tração de 415 a 550 MPa e ductilidade relativamente alta, aproximadamente 25%;
- Aços de médio teor de carbono: costumam possuir o percentual de carbono dentro da faixa de 0,25% a 0,5%, são classificados como aços de médio teor de carbono e são utilizados em componentes mecânicos, pois possuem uma boa combinação de tenacidade e resistência mecânica quando temperados e revenidos;
- Aços de alto teor de carbono: os aços de alto teor de carbono possuem mais de 0,5% de carbono e são utilizados em trilhos, molas, entre outros, devido sua elevada dureza.

### 2.1.1.1 Aço SAE 1045

Segundo Azevedo (2002), o Aço SAE 1045 é classificado como aço para construção mecânica constituído de 0,45% de Carbono.

São geralmente utilizados no estado de fornecimento sem qualquer tratamento térmico para que se possa obter uma melhor característica, dependendo do processo, recorre-se a tratamentos térmicos convencionais, como recozimento e têmpera. (AZEVEDO, 2002).

Em específico, o aço SAE 1045 possui em sua composição ligas que são: S, P, Fe, Mn, Si, C. Os efeitos gerais dos elementos presentes adicionados ao aço SAE 1045, estão descritos a seguir (MORAIS; MAGNABOSCO; NETTO, 2008; CHIAVERINI, 1996):

- Carbono – É o elemento de liga mais comum entre os aços. Com a adição de carbono gera um aumento na resistência mecânica e dureza do material no estado recozido, normalizado e temperado. Sem o carbono o ferro não se torna habilitado para ser endurecido pela têmpera, pois não haverá a formação da martensita. Sendo assim, é o carbono que determina a estrutura e as propriedades mecânicas dos aços nos estados de recozimento e normalização, ao mesmo tempo em que sua presença, em maior ou menor quantidade, torna o aço mais ou menos temperável ou endurecível;
- Silício - Usado como um potente desoxidante. Aumenta ligeiramente a resistência mecânica e dureza, sem afetar de forma mensurável a ductilidade do aço;
- Manganês - Como o carbono, gera um fortalecimento a ferrita aumentando a resistência mecânica do aço. Pode ser usado como desoxidante dos aços, do mesmo modo que o silício. É usado como dessulfurante ao combinar-se com o enxofre de preferência ao ferro, formando um sulfeto de manganês, eliminando o problema da fragilidade a quente. Reduz as deformações causadas pela têmpera e aumenta a dureza dos aços. No caso do teor de Mn > 1%, os outros elementos de liga ficam com a finalidade de controlar o crescimento de grão do aço;
- Enxofre - É um elemento que causa o fenômeno da fragilidade a quente;
- Fósforo - É uma impureza normal existente nos aços, de natureza nociva devido à fragilidade a frio que confere aos aços, propiciando baixa resistência ao choque e tenacidade. Porém, é eficiente para aumentar a resistência da ferrita e, também, melhora a resistência à corrosão.

**Quadro 1:** Propriedades mecânicas aço SAE 1045.

| Tipo de aço     | Teor de Carbono<br>(%) | Limite de elasticidade<br>$f_{el} (GPa)$ | Limite de escoamento<br>$f_y (MPa)$ | Limite de resistência à tração<br>$f_u (MPa)$ | Alongamento<br>(%) |
|-----------------|------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------|
| <b>SAE 1045</b> | 0,45                   | 250                                      | 310                                 | 560                                           | 17                 |

(Fonte: Açospecial, 2019).

### 2.1.1.2 Aspectos gerais sobre desgaste e mecanismos de desgaste

O desgaste é conveniente de natureza mecânica, mas reações químicas também podem estar envolvidas. É um fenômeno complexo, podendo incluir um ou mais dos seguintes mecanismos (DUCTILE IRON SOCIETY, 2008):

- Desgaste abrasivo: causado pela remoção de material de um corpo, devido ao contato com um corpo mais duro.

De acordo com a norma ASTM G-40 (2001), o desgaste abrasivo é definido como “a perda de massa resultante da interação entre partículas ou protuberâncias duras que são forçadas contra uma superfície, onde se movem.” (ASTM G-40, 2001). Entretanto, o desgaste abrasivo ocorre quando há uma devida interação entre duas superfícies que estão em contato físico direto e uma delas possui uma dureza maior que a outra, portanto, devido ao carregamento normal, as asperezas da superfície dura ou as partículas duras penetram na superfície do material com uma dureza menor, produzindo deformações plásticas em metais e ligas. Esse tipo de dano superficial resulta na deformação gradual de peças ou na modificação de suas dimensões, redução das mesmas até um ponto em que perdem sua eficiência e funcionalidade durante o serviço.

- Desgaste adesivo ou de desgaste por fricção: causado pelo contato de deslizamento relativo de dois corpos;
- Desgaste por fricção ou fadiga: resultante de tensões cíclicas, causadas pelo movimento relativo de dois corpos em contato;

- Desgaste por cavitação: causado pelo movimento de um fluido à alta velocidade ao longo da superfície de um corpo.

Já Bayer (1994) afirma que existem, pelo menos, três modos em que o desgaste poderá ser classificado:

- Pela aparência dos vestígios de danos: cavacos, pedaços de lascas, riscos, polimentos, fissuras, trincas, entre outros;
- Pelos mecanismos físico-químicos que causam a perda de material: adesão, abrasão e oxidação;
- Condições que demonstraram o desgaste ocorrido: desgaste lubrificado ou não lubrificado, desgaste por deslizamento metal-metal, desgaste por rolamento, desgaste por deslizamento em alta tensão, desgaste metálico em altas temperaturas, etc.

Mecanismos de desgastes provêm de mudanças complexas na superfície durante a movimentação de um corpo. Em geral, ocorrem através de mais de um modo. Portanto, a compreensão de cada mecanismo de desgaste, em cada modo, torna-se de extrema importância. (DUCTILE IRON SOCIETY, 2008).

### 3 METODOLOGIA

Através do contato com uma pessoa responsável pelas manutenções em equipamentos de transporte de grãos em uma empresa de armazenagem de grãos, situada no município de Toledo – PR, verificou-se por meio de visitas *in loco* e *feedbacks* através de comunicação via rede social, em época de safra e época entre safras e utilização cotidiana, onde há o uso intermitente do equipamento de transporte de grãos ao qual a tubulação faz parte, quais foram os fenômenos ocasionados na parte interna da tubulação sem revestimento e com revestimento por grade interna e qual o tamanho do desgaste, proveniente da alta velocidade e abrasão dos grãos nas paredes internas dos tubos estudados.

Após o período de utilização do equipamento, realizou-se as análises, baseando-se nas manutenções periódicas da empresa e vistorias que detectaram qualquer tipo de avaria, resultando no estudo em questão.

Para a realização das análises, houve-se a necessidade de fazer visitas *in loco* na unidade de armazenagem de grãos. Após a entrada na empresa, obteve-se o acompanhamento, junto com o responsável de manutenção da unidade armazenadora, até o local onde está instalado o equipamento transportador, chamado de elevador de canecas, que contempla o sistema de tubulações sem revestimento e com revestimento.

Após o reconhecimento do local de análise e do equipamento em si, realizou-se uma coleta de dados, como anotações e preenchimento de uma planilha com registros de avaliações de componentes do equipamento estudado e dados fotográficos para uma análise quantitativa do estudo em questão.

A tabela abaixo representa um levantamento visual do equipamento estudado que contempla os dois sistemas de canalização.

**Quadro 2:** Preenchimento da coleta de dados efetuada visualmente elevador de canecas com sistema de canalização por grade interna.

| OPERAÇÃO | EQUIPAMENTO         | ITEM                         | LOCAL                  | ESTADO |
|----------|---------------------|------------------------------|------------------------|--------|
| VISUAL   | ELEVADOR DE CANECAS | CANALIZAÇÃO COM REVESTIMENTO | INTERLIGAÇÃO DOS SILOS | BOM    |

(Fonte: Autor, 2019).

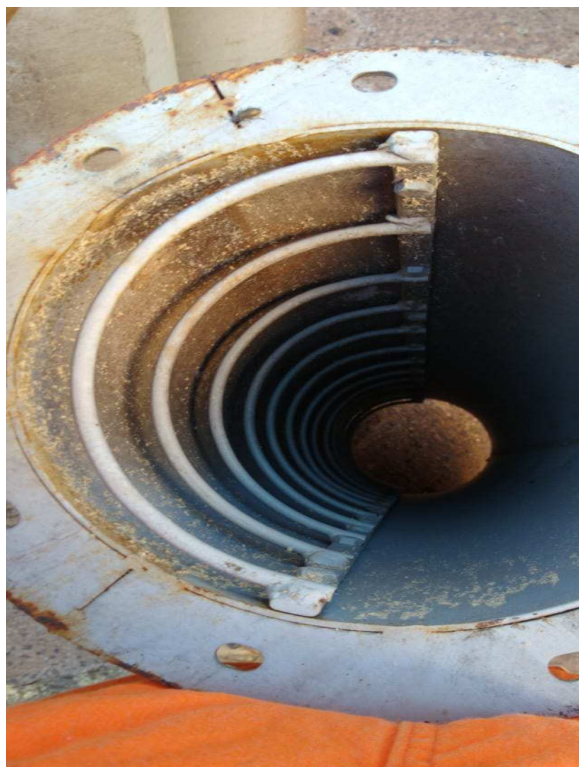
**Quadro 3:** Preenchimento da coleta de dados efetuada visualmente, elevador de canecas com sistema de canalização sem grade interna.

| OPERAÇÃO | EQUIPAMENTO         | ITEM                         | LOCAL                  | ESTADO |
|----------|---------------------|------------------------------|------------------------|--------|
| VISUAL   | ELEVADOR DE CANECAS | CANALIZAÇÃO SEM REVESTIMENTO | INTERLIGAÇÃO DOS SILOS | RUIM   |

(Fonte: Autor, 2019)

A tubulação com revestimento por grade interna, instalada na unidade, possui as seguintes especificações:

- Fabricado em AÇO SAE 1045;
- Módulos de Ø240 x 1200mm com espessura de 2,65mm e flanges para fixação em outros módulos com revestimento por grade interna;



**Figura 2:** Detalhe revestimento por grade interna.

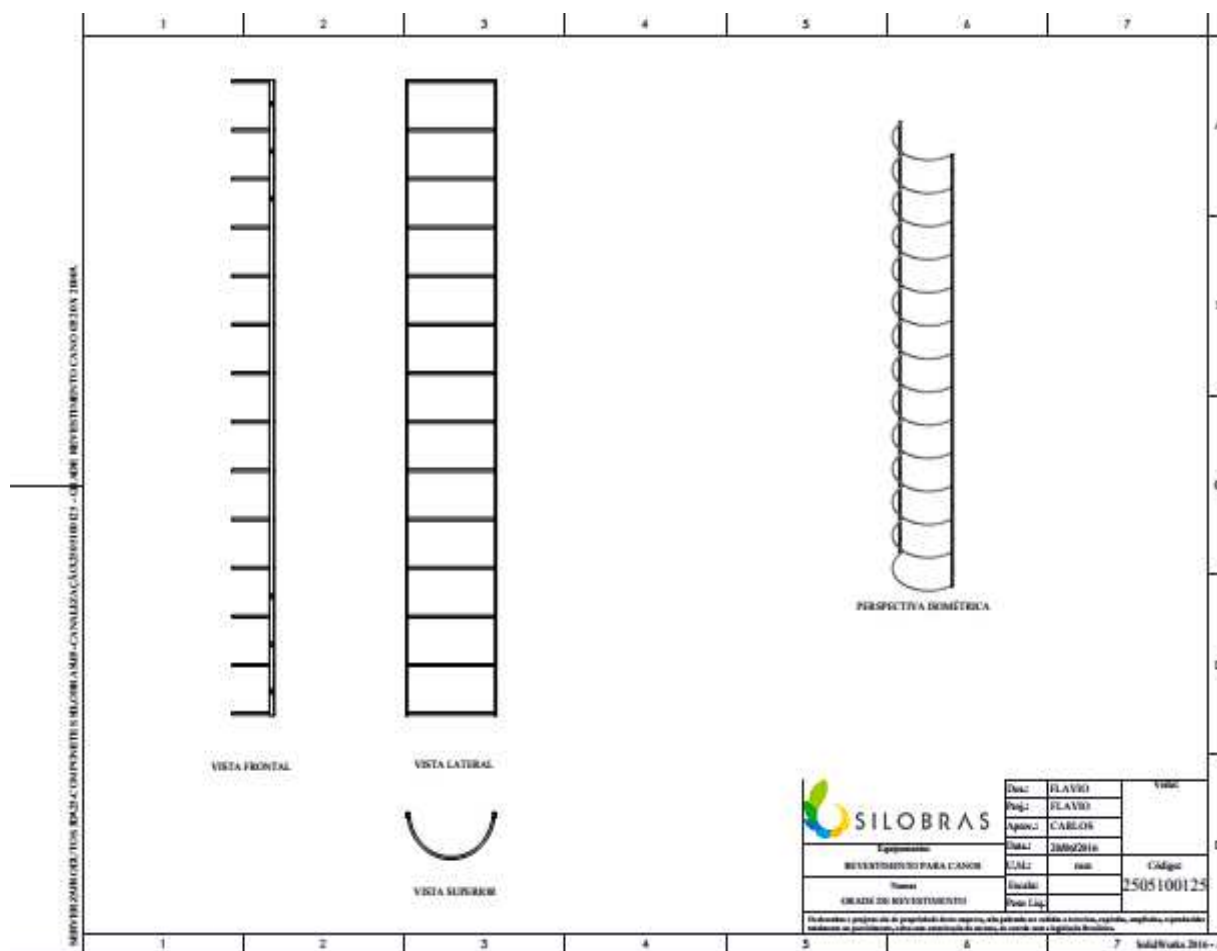
(Fonte: Autor, 2019).



**Figura 3:** Módulos de 1200mm de comprimento.

(Fonte: Autor, 2019).

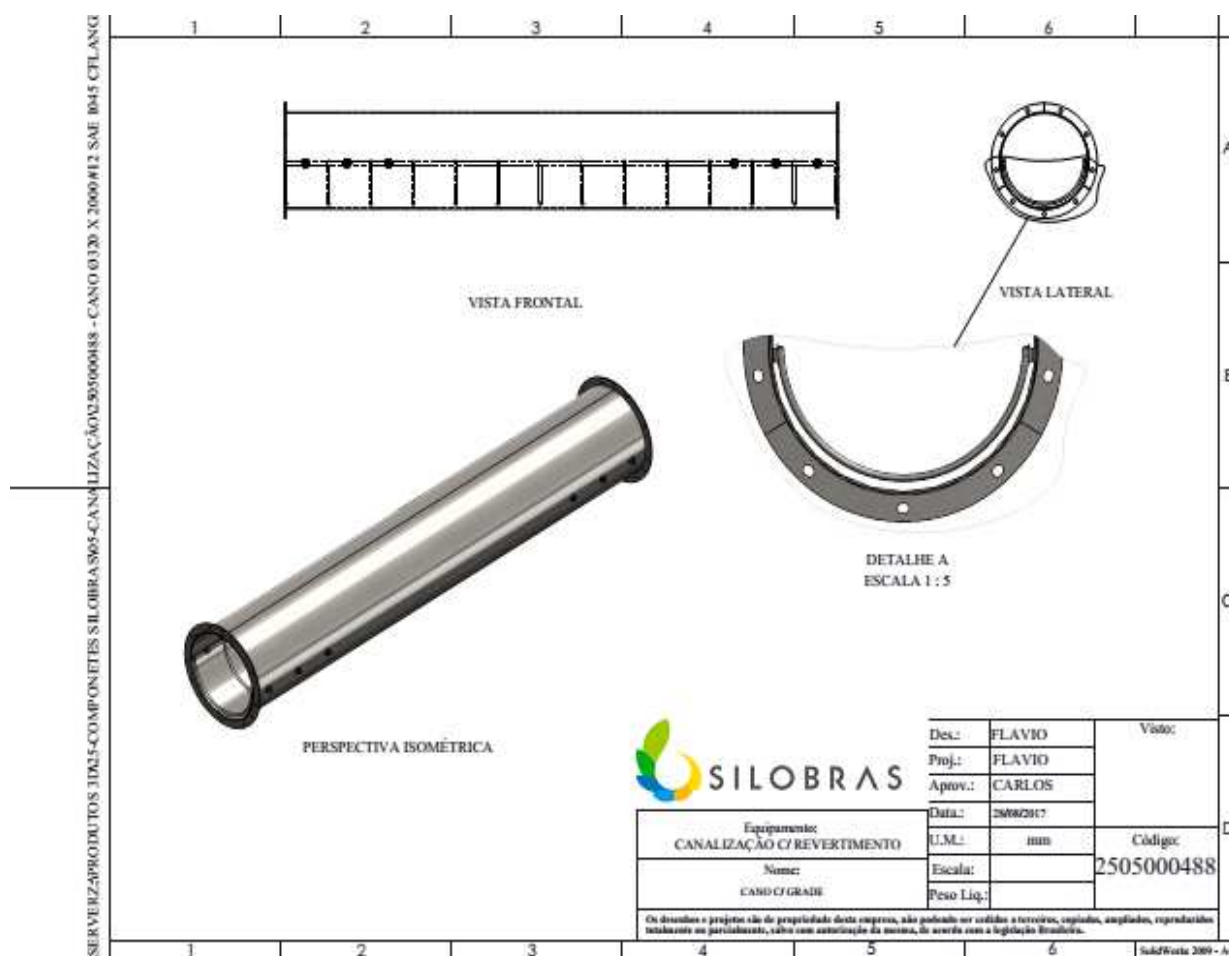
- Grade interna composta por ferro chato com medidas de 15,88 x 6,35mm e barra de ferro com diâmetro de 7,94mm.



**Figura 4:** Detalhamento de sistema de grade para inclusão na parte interna da tubulação.

(Fonte: Silobras, 2019).

- Montagem da grade na parte interna da tubulação.



**Figura 5:** Detalhamento de montagem da grade na parte interna da tubulação.

(Fonte: Silobras, 2019).

A tubulação sem revestimento por grade interna, instalada na unidade, possui as seguintes especificações:

- Fabricado em AÇO SAE 1045;
- Respectivas medidas Ø240 x 6000mm de comprimento com espessura de 3,00mm.



**Figura 6:** Tubulação sem revestimento interno.

(Fonte: Autor, 2019).

Através de conversas semanais, via rede social, com o responsável de manutenção, foram repassados *feedbacks* de como estava o funcionamento do equipamento no período de safra e entre safra, se ocorreu alguma avaria ou qualquer tipo de informação que fosse necessária para contemplar a análise.

A unidade armazenadora possui duas linhas de transporte de grãos, que contemplam 120t/h e 40t/h. Normalmente, a unidade chega a armazenar cerca de 1600 ton/dia, em período de entre safra. Na safra em si cerca de 2800 – 3200 ton/dia. Decorrente da elevada quantia de material, que se passa nas tubulações, a unidade armazenadora possui carga horária de trabalho de 24 horas, sete dias por semana, para atender toda a demanda nacional e internacional.

As manutenções são feitas de acordo com a necessidade de substituição de algum componente. A pessoa responsável pela manutenção visualiza se está ocorrendo algum tipo de desgaste proveniente da abrasão do produto na parede interna da tubulação. Assim que tiver alguma situação de avaria, é realizado um levantamento, por parte do responsável da

manutenção, para a substituição da tubulação, caso seja necessário. Os dados, referente as avarias, foram coletados através de levantamento fotográfico.

Entretanto, para fazer a manutenção periódica, precisa-se que ocorra o desligamento de uma das linhas de transporte de grãos. A linha que estiver com capacidade total é desativada para realização da manutenção, enquanto a outra supri a demanda por um curto período de tempo. Para a realização dessas manutenções, é necessária a contratação de serviço de guindaste, serviço terceirizado que possui um elevado custo diário.

Após o deslocamento aos finais de semana, até a unidade, obtendo liberação para a entrada, fotografando as avarias ocorridas durante o período de safra e entre safra, realizou-se uma análise de comparação entre os dois modelos de tubulação.

Logo abaixo algumas fotografias demonstram as “gambiarras” necessárias em períodos de safra, onde não se pode proporcionar a interrupção do sistema para efetuar as devidas substituições das peças danificadas:



**Figura 7:** Tubulação envolvida por plástico, para evitar o vazamento de produtos.

(Fonte: Autor, 2019)



**Figura 8:** Tubulação envolvida por plástico, para evitar o vazamento de produtos.

(Fonte: Autor, 2019).

#### 4 RESULTADOS ESPERADOS



**Figura 9:** Desgaste interno da canalização sem revestimento por grade interna.

(Fonte: Autor, 2019).

O desgaste abrasivo é ocasionado pela remoção do material de um corpo, através do impacto de outro corpo, cuja propriedade tenaz é maior. (DUCTILE IRON SOCIETY, 2004).

Para compreensão do desgaste, a figura 9 demonstra os pontos mais críticos, ou seja, onde começou sua ocorrência e qual foi o ápice da abrasão por conta da alta velocidade do grão internamente, ocasionando ruptura da parede da tubulação.

Assim, podemos ter uma noção de como o efeito de abrasão é extremamente alto, devido ao alto fluxo da passagem de grãos, impactando diretamente na parede interna da tubulação sem revestimento, onde é possível se fazer uma análise visual do fenômeno ocorrido.



**Figura 10:** Ruptura externa da canalização sem revestimento por grade interna.

(Fonte: Autor, 2019)

Com a ruptura da parede interna da tubulação, onde se tem um fluxo intermitente de grãos percorrendo internamente à canalização, há uma crescente perda da quantidade de grãos que por ali passam, gerando prejuízo monetário e agregando sujeira ao redor do ambiente.

Mediante esta situação, como as manutenções são programadas por períodos entre safras, a perda torna-se eminente e por períodos indeterminados, aos quais são sanados apenas na manutenção corretiva.



**Figura 11:** Canalização com revestimento por grade interna.

(Fonte: Autor, 2019).

Com base na figura 11, pode-se verificar que a situação da parede interna da canalização encontra-se em bom estado de uso, pois as grades internas foram projetadas para criar uma “cama” de grãos, fazendo com que o fluxo do grão não entra-se em contato diretamente com a parede interna e, com isso, amortecendo o impacto onde diminui-se a abrasão entre os grãos e a parede interna da canalização. Contudo, o grão não sofre o impacto direto, garantindo que suas propriedades físicas permaneçam intactas.

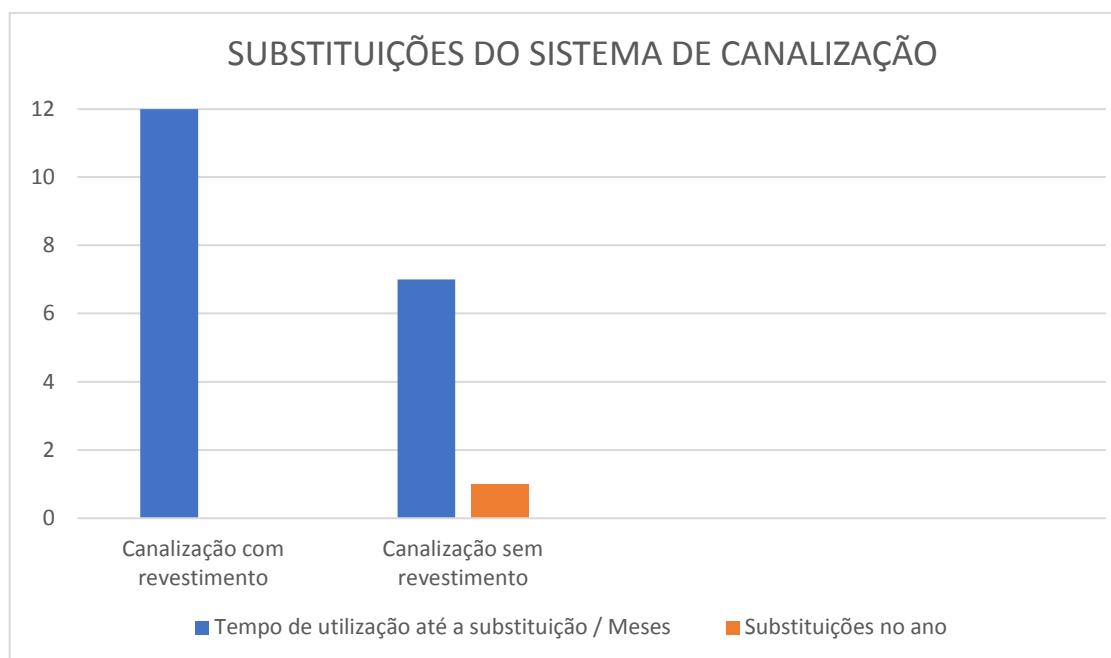
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 SUBSTITUIÇÕES DA CANALIZAÇÃO NA UNIDADE

Com base no gráfico abaixo, podemos considerar as substituições necessárias do sistema estudado, visto que o fluxo no equipamento e utilização do mesmo é intermitente.

A grande demanda de fluxo diário na unidade armazenadora faz com que os o sistema de canalização seja elevado ao limite da resistência de seus materiais de construção mecânica. Visto isso, o sistema de canalização que não possui a grade interna, tende a ter sua vida útil diminuída, decorrente da alta abrasão do material na parte interna da tubulação. Já o sistema

com revestimento por grade interna, devido ao seu sistema interno de “cama” de grão, faz com que os efeitos da abrasão sejam diminuídos, causando exponencialmente o aumento da vida útil do mesmo.



**Gráfico 1:** Substituições do sistema de canalização.

(Fonte: Autor, 2019).

## 5.2 VALORES DAS CANALIZAÇÕES

Os valores abaixo, foram disponibilizados pela empresa que efetua o projeto e produção do sistema estudado.

Utilizamos a quantidade de 6 metros, pois é o padrão comercial utilizado para a venda deste componente. A quantia varia de acordo com o projeto elaborado, juntamente do cliente e de qual a utilização do mesmo.

**Tabela 1:** Valores das canalizações

| Orçamento das canalizações                                                    |                                 |            |               |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------|---------------|
| Componentes                                                                   | Preço Unitário do metro de cano | Quantidade | Total Parcial |
| Canalização com revestimento por grande interna. Módulos de 1200mm flangeado. | R\$ 450,00                      | 6          | R\$ 2.700,00  |
| Canalização sem revestimento por grade interna.                               | R\$ 265,00                      | 6          | R\$ 1.590,00  |

(Fonte: Autor, 2019).

## 6 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente estudo, possibilitou uma análise referente a um sistema de tubulação sem revestimento e com revestimento por grade interna, encontrada em uma empresa na qual a utilização do equipamento é intermitente e diária. Por se tratar de um processo presente em unidades armazenadoras, cada vez mais deve-se haver a necessidade de buscar melhorias no segmento para a diminuição dos custos de manutenção e aumento da qualidade final do grão até o armazenamento.

Com o estudo nesse segmento, podemos ampliar o conhecimento sobre os processos de transporte de grãos e os dados causados por tal utilização.

Observando o gráfico 1, na página 32, pode-se verificar que a substituição do sistema sem revestimento ocorreu uma vez durante o ano, onde contabilizando apenas o valor da canalização obteve-se R\$: 3.180,00, isentando toda a parte de serviços terceirizados e paradas a unidade para a devida correção. Já o sistema com revestimento por grade interna não sofreu nenhuma avaria que pudesse ocorrer a substituição do mesmo e teve o custo de R\$: 2.700,00, encontrando-se intacto até os dias atuais.

Sendo assim, o conceito principal neste estudo foi a análise dos dois sistemas de tubulação, onde pôde-se notar que a melhor escolha entre as tubulações sem revestimento e com revestimento no mercado, o sistema com grade interna é a melhor opção, diminuindo o tempo de manutenção e, conseqüentemente, as perdas por parada de produção em qualquer unidade armazenadora.

## 7 SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS

- Análise de tubulações em outras unidades armazenadoras que possuem o mesmo sistema ou semelhante;
- Elaboração de um estudo mais técnico sobre os fenômenos do desgaste interno e seus efeitos;
- Criação de uma metodologia de manutenção, juntamente da implantação de novos sistemas de tubulação com revestimento em unidade armazenadora.

## REFERÊNCIAS

- Aço especial. **Aço SAE 1045 E Suas Propriedades.** Disponível em <<https://www.acoespecial.com.br/aco-sae-1045-propriedades.php>> Acesso em: 04 jun. 2019.
- ASTM. G-40-01. **Standard Terminology Relating to Wear and Erosion.** Philadelphia: Annual Book of Standards, 2001, v. 03.02.
- BAYER, RG. **Mechanical wear prediction and prevention.** Marcel Dekker, 1994.
- CHIAVERINI, V. **Aços e ferros fundidos:** características gerais, tratamentos térmicos, principais tipos. 7ª. ed. São Paulo: ABM, 1996.
- Ductile Iron Society. **Keith Millis Symposium on Ductile Cast Iron.** Disponível em <[http://www.ductile.org/magazine/2008 %20Issue%203.pdf](http://www.ductile.org/magazine/2008%20Issue%203.pdf)> Acesso em: 05 jun. 2019.
- KON, Anita. **A modernização tecnológica brasileira e o ajustamento dos recursos humanos,** 1991, vol. 31.
- MILMAN, M. J. **Equipamentos para pré-processamento de grãos.** Pelotas: Editora e Gráfica Universitária – UFPel, 2002.
- MORAIS, W. A.; MAGNABOSCO, A. S.; NETTO, E. B. M. **Metalurgia física e mecânica aplicada.** São Paulo: ABM, v. 1 e 2, 2008.
- MOURA, R.A. **Equipamentos de movimentação e armazenagem.** São Paulo: Editora IMAM, 2008.
- RÊGO, Ricardo Bordcaux; PAULO, Goret Pereira; SPRINTZER, Ilda Maria de Paiva Almeida. **Viabilidade Econômico-Financeira de Projetos.** [S.l.]: FGV, 2008.
- WOILER, Samsão; MATHIAS, Washington Franco. **Projetos.** [S.l.]: Atlas, 2008.