

## **ESTUDO ESTRUTURAL DO LAÇO DE ANCORAGEM DE UM PÊNDULO UTILIZADO EM UM SISTEMA DE TERMOMETRIA E ARMAZENAMENTO DE GRÃOS**

**João Vitor Dagostim<sup>1</sup>**

**José Luiz Salvador<sup>2</sup>**

**Resumo:** Os cabos de termometria, também chamados pêndulos, são componentes fundamentais em um sistema de termometria e armazenamento de grãos. Em uma empresa de Criciúma, que fabrica os componentes de um sistema de termometria, é realizada a montagem de um laço de ancoragem na ponta do pêndulo para ser possível a fixação desses cabos no telhado dos silos armazenadores. O laço é produzido utilizando o cabo de aço do próprio pêndulo, três presilhas de alumínio e uma sapatilha. As presilhas são prensadas através de uma prensa hidráulica e a sapatilha é acoplada no conjunto. O trabalho em questão apresenta uma análise estrutural do laço, visando uma possível redução do número de presilhas do conjunto. Para fazer a redução desejada, a nova configuração precisa resistir ao mesmo esforço do que a configuração atual. As principais referências para o estudo foram os tracionamentos realizados em dois corpos de provas onde foram montados dois laços com duas presilhas em cada extremidade. Durante os tracionamentos, houve o escorregamento do cabo de aço no laço, em ambos os corpos. Verificando as cargas no início dos escorregamentos e comparando com a carga de ruptura do cabo de aço, ponderou-se a possibilidade de utilizar a configuração com duas presilhas em cabos que são instalados em silos menores, onde a força provocada pelo grão, principalmente no momento de descarregamento do produto, é menor se comparado com silos de maior porte.

**Palavras-chave:** Cabo de termometria. Presilha de alumínio. Ensaio de tração.

### **1 INTRODUÇÃO**

Segundo a 1<sup>o</sup> primeira previsão para a safra 2022/23, publicado pela Conab (Companhia Nacional de Abastecimento), a estimativa para a produção de grãos é de 312,4 milhões de toneladas, com um crescimento de 15,3% em relação à colheita anterior. O armazenamento adequado desse produto colhido tem papel fundamental para que a qualidade do mesmo não seja prejudicada.

Para manter a qualidade de grãos nos silos armazenadores e evitar a criação de fungos e bactérias, é fundamental manter o produto em uma faixa de temperatura

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Mecânica, ano:2022 E-mail: dagostimjoao@gmail.com

<sup>2</sup> Professor do Centro Universitário UniSATC E-mail: jl.salvador@hotmail.com



e umidade adequadas. O aumento de temperatura em pontos do silo é um grande indício de que o produto granular está sofrendo problemas de deterioração, por conta disso é de extrema importância monitorar o estoque para manter o grão dentro de um determinado parâmetro. Em consequência desta situação, alguns sistemas foram e estão sendo aperfeiçoados para auxiliar no monitoramento de temperatura e umidade. Esse modelo de sistema compara a temperatura e umidade dentro e fora do silo e, dependendo desses parâmetros, são acionados os motores de ventilação, com o intuito de manter o grão na condição adequada.

Em uma empresa do seguimento, localizada em Criciúma, um dos componentes indispensáveis para o funcionamento deste modelo de sistema, é o cabo de termometria, também chamado de pêndulo digital, que é responsável por realizar a aferição de temperatura intragranular em diferentes pontos do silo. O pêndulo é composto por um cabo elétrico com sensores digitais de temperatura (em alguns casos também de umidade relativa), envolto por uma mangueira de polietileno, extrudada juntamente com um cabo de aço. Para a fixação superior deste pêndulo, é necessário fazer um laço com o próprio cabo de aço presente nele, onde será preso um mosquetão, que será ancorado no telhado do silo armazenador.

Atualmente, no setor de produção da empresa mencionada, o laço de ancoragem do pêndulo é composto por uma sapatilha e três presilhas de alumínio. As presilhas são prensadas através de uma prensa hidráulica, que faz com que o laço fique selado. A validação deste arranjo mecânico foi realizada através de um ensaio de tração, que simulou a força que o grão exerce no cabo de termometria, utilizando um pêndulo de comprimento reduzido, onde verificou-se que a estrutura da volta de aço não sofreu nenhuma deformação com a força aplicada, enquanto houve uma ruptura do material na seção do cabo.

Atualmente, apesar de se ter conhecimento que a quantidade de prensa cabos de alumínio atende a demanda do esforço aplicado no laço de ancoragem, se tem uma falta de análises sobre essa parte estrutural do conjunto. Além disso, não se tem antecedentes de ensaios e análises relacionados à possibilidade de redução da quantidade de componentes para atender a mesma demanda de esforço. Um estudo voltado para este ponto específico poderia promover uma diminuição de matéria-prima e, conseqüentemente, no tempo de produção do pêndulo, ou ainda, constatar que a redução de matéria-prima seria um problema. Outro ponto bastante pertinente, é a



falta de documento técnico sobre o laço de ancoragem, que auxilie no desenvolvimento de outras configurações estruturais dos cabos de termometria.

O trabalho em questão tem como objetivo a realização de um estudo estrutural do laço de ancoragem de um cabo de termometria, visando uma possível diminuição de matéria-prima. Atualmente a diminuição de uma presilha seria a mudança mais rápida e prática para redução de material. Com isso, serão elaborados corpos de provas com laços de duas presilhas a fim de analisar, através de ensaios de tração, a resistência ao escorregamento do cabo nos mesmos.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Neste capítulo, apresenta-se, para fundamentação do estudo proposto, conceitos sobre sistema de termometria e armazenamento, cabo para medição de temperatura utilizado nesse sistema, itens que compõem o ponto de ancoragem do cabo e ensaio de tração.

### **2.1 SISTEMAS DE TERMOMETRIA E ARMAZENAMENTO**

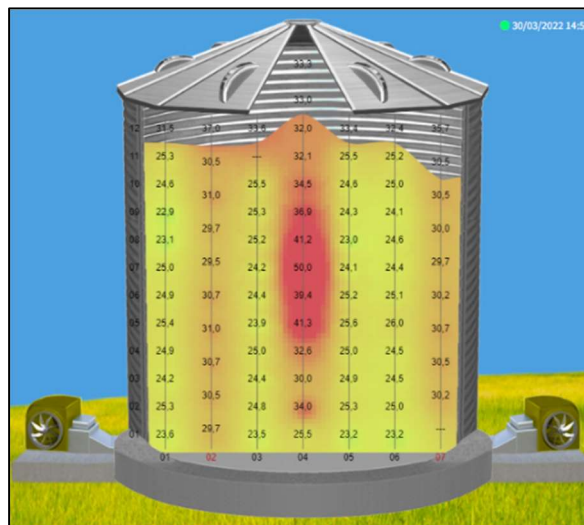
MARTINS (2012) informa que a qualidade dos grãos estocados pode ser influenciada diretamente por diferentes causas, como a presença de insetos, roedores e o surgimento de um “hot spot” é um indício de danificação do produto.

Segundo a Norma de Armazenagem 30.101, de 14 de junho de 2006, da Conab (Companhia Nacional de Abastecimento), um sistema de termometria consiste em um conjunto de equipamentos responsáveis por realizar a aferição periódica da temperatura em diferentes pontos do silo.

A Lei Nacional de Certificação de Unidades Armazenadoras, em sua normativa 29/2011, exige que toda unidade armazenadora de produto granular disponha de um sistema de termometria, para ser certificada no Sicarm (Sistema de Cadastro Nacional de Unidades Armazenadoras).

A Fig. 1 mostra um layout de visualização de um silo que possui um sistema de armazenamento.

Figura 1: Layout de visualização de um sistema de termometria.



Fonte: do autor (2022)

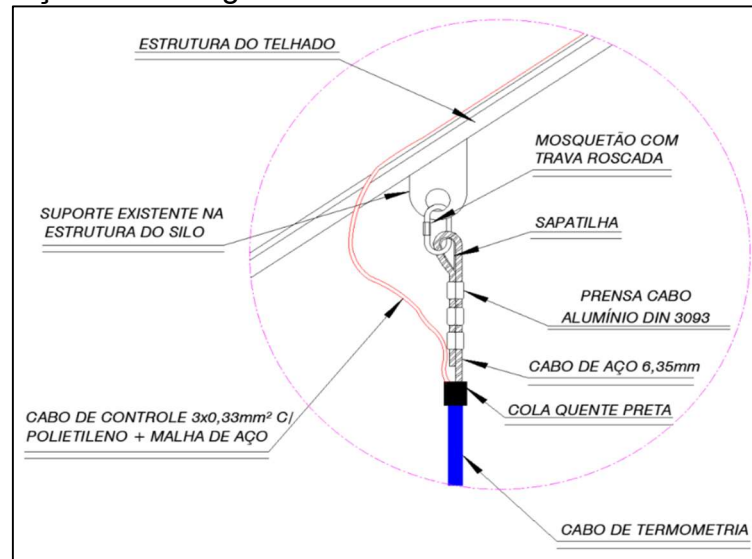
Com a utilização desse tipo de sistema, é possível verificar pontos de aquecimento e, se necessário, realizar o acionamento dos motores que efetuam a aeração do produto armazenado.

## 2.2 CABO DE TERMOMETRIA

Cabo de termometria é o componente do sistema termométrico que fica no meio do grão estocado, pendurado na estrutura do telhado do silo armazenador. Ele é composto por sensores de temperatura (em alguns casos também de umidade) que se localizam em um cabo elétrico. Segundo a normativa 29/2011, os sensores de temperatura devem ser distribuídos de maneira uniforme, de modo que tenha, no mínimo, um ponto de leitura a cada 150 m<sup>3</sup>.

Em uma empresa de Termometria e Armazenamento Pós-Colheita, localizada em Criciúma, o cabo de termometria, chamado pêndulo digital, é composto externamente por uma mangueira de polietileno, extrudada juntamente com um cabo de aço. Para pendurar o pêndulo no telhado do silo, é necessário fazer um laço de ancoragem com o próprio cabo de aço presente no pêndulo. Um mosquetão oval com trava roscada – NBR 15837 é enganchado no laço e, posteriormente, no suporte de fixação presente no telhado do silo, como mostra a Fig. 2.

Figura 2: Fixação superior do cabo de termometria e laço de ancoragem.



Fonte: do autor (2022)

### 2.3 COMPONENTES DO LAÇO DE ANCORAGEM

Como mencionado anteriormente, para fixar o pêndulo no telhado do silo, é necessário fazer um laço de ancoragem. Para isso, utiliza-se o próprio cabo de aço do pêndulo, três presilhas de alumínio DIN 3093 e uma sapatilha, como mostra a Fig. 3.

Figura 3: Laço de ancoragem

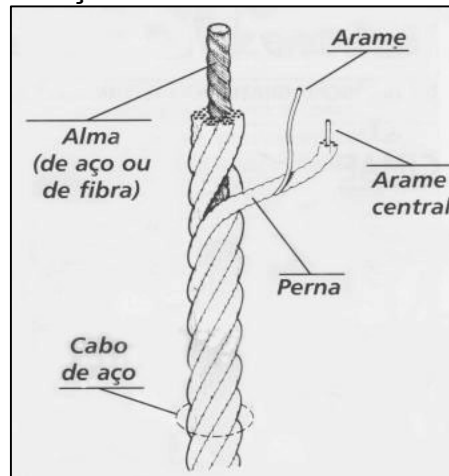


Fonte: do autor (2022)

#### 2.2.1 Cabo de aço

A estrutura de um cabo de aço, conforme mostra a Fig. 4, é constituída por três elementos: alma, pernas e arames.

Figura 4: Estrutura de um cabo de aço



Fonte: Da internet<sup>3</sup>

- Alma: é a parte central do cabo, a base onde são enrolados as pernas e arames, de maneira helicoidal.
- Arame: se trata de um fio de aço estirado a frio, componente essencial para a construção de um cabo de aço.
- Perna: é o resultado da torção do conjunto de arames no mesmo sentido, podendo ter uma ou mais camadas, em volta do arame central.

O modelo de cabo de aço utilizado no pêndulo/laço de ancoragem é o modelo 6,4MM 6X7+AF GALV TRD IPS C. Trata-se de um cabo que possui 6 pernas com até 7 arames, com alma de fibra e o acabamento galvanizado.

Segundo o catálogo do fabricante e a NBR ISO 2408, ele tem as seguintes especificações:

- Diâmetro nominal: 6,35 mm ( $\frac{1}{4}$ ");
- Peso por metro linear: 0,140 kg;
- Resistência à tração: 1.770 MPa;
- Carga de ruptura: 23,7 kN (2.416 kgf).

## 2.2.2 Presilha de alumínio DIN 3093 – $\frac{1}{4}$ "

<sup>3</sup> Disponível em: <<https://goingtoup.wordpress.com/2011/01/01/80/>>. Acesso em: 01 abr. 2022.

A presilha/prensa cabo de alumínio é utilizada para a prensagem de cabos de aço em aplicações onde não há a necessidade de desmontagem do conjunto, substituindo os grampos com parafuso.

Para a aplicação apresentada, são utilizados três prensa cabos de alumínio Alloy, com o perfil tipo “8”, como mostra a Fig. 5. A prensagem desse componente (em conjunto com o cabo de aço) é feita através de uma prensa hidráulica, aplicando-se uma força de aproximadamente 6 kN.

Figura 5: Prensa cabo de alumínio DIN 3093

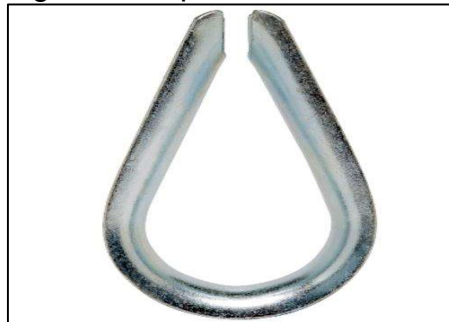


Fonte: Site do fabricante<sup>4</sup>

### 2.2.3 Sapatilha

A finalidade principal de uma sapatilha (Fig. 6) em um conjunto é a proteção do cabo de aço contra abrasão e desgaste. No laço de ancoragem do pêndulo, esse componente é utilizado para o proteger o cabo de aço contra o desgaste causado pelo mosquetão que, como mencionado, é responsável por ancorar o pêndulo no suporte do telhado do silo.

Figura 6: Sapatilha de alumínio



Fonte: Site do fabricante<sup>5</sup>

<sup>4</sup> Disponível em: <<https://www.siva.com.br/produtos/acessorios/comuns/prensa-cabo-aluminio-din-3093>>. Acesso em: 04 abr. 2022.

<sup>5</sup> Disponível em: <<https://www.siva.com.br/produtos/acessorios/comuns/sapatilho-leve#group-img-1>>. Acesso em: 17 abr. 2022.



Abaixo, algumas características da sapatilha utilizada para o cabo de aço com diâmetro de  $\frac{1}{4}$ ":

- Material: Aço Inox AISI 304;
- Linha leve;
- Tipo de acabamento: galvanização eletrolítica;
- Norma de referência: Federal Specification FF-T-276b, Type II;
- Peso/massa (100 pç): 1,70 kg.

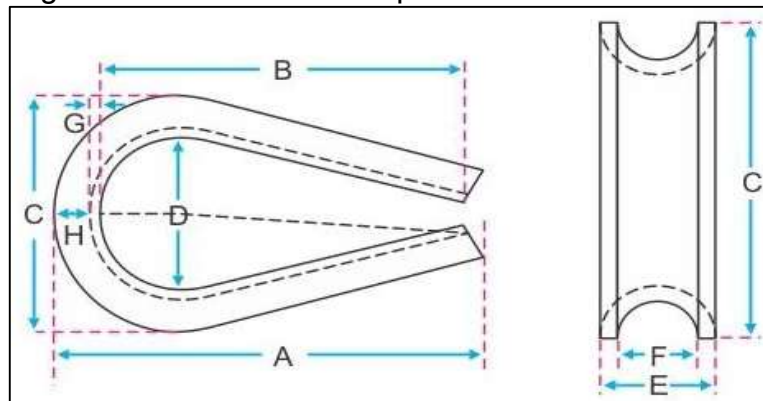
Para a aplicação no cabo de termometria referente à esse trabalho, são utilizadas as seguintes dimensões da Tab. 1:

Tabela 1: Dimensões da sapatilha (mm)

A	B	C	D	E	F	G	H
49,3	33,2	26,9	17,5	9,6	7,1	1,2	3,3

Fonte: Do autor (2022)

Figura 7: Dimensões da sapatilha



Fonte: Site do fabricante<sup>6</sup>

## 2.4 ENSAIO DE TRAÇÃO

Segundo HIBBELER (2018), o ensaio de tração é um método experimental realizado para estabelecer uma relação entre a tensão e deformação de um determinado corpo de prova. Basicamente o corpo é colocado em uma máquina de ensaio, que aplicará uma força de tração no mesmo, causando uma deformação.

A tensão, quando aplicada de maneira constante em um corpo, é dada por:

<sup>6</sup> Disponível em: < <https://www.siva.com.br/produtos/acessorios/comuns/sapatilho-leve#group-img-2>>. Acesso em: 17 abr. 2022.





$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad (1)$$

Onde,

$P$  – Carga aplicada à seção transversal do corpo de prova, em (N);

$A_0$  – Área inicial da seção transversal do corpo ( $\text{mm}^2$ );

$\sigma$  – Tensão (MPa).

Já, a deformação nominal é dada por:

$$\epsilon = \frac{\delta}{L_0} \quad (2)$$

Onde,

$\delta$  – Variação do comprimento do corpo de prova (mm);

$L_0$  – Comprimento inicial do corpo (mm);

$\epsilon$  – Deformação nominal (mm/mm).

Após o ensaio, são coletados os dados e é então gerado o diagrama tensão-deformação, que mostrará o comportamento do material nas diferentes zonas de deformação.

#### 2.4.1 Norma ABNT NBR ISO 3108

A norma utilizada como referência para os ensaios que serão realizados é a ABNT NBR ISO 3108. Essa norma é utilizada em ensaios de tração para determinação da carga de ruptura de cabos de aço para uso geral. Nela, constam parâmetros para o tracionamento dos cabos, tais como:

- Comprimento mínimo para ensaio, para diâmetro do cabo maior que 6,0 mm e menor ou igual é 20 mm: 600 mm;
- As extremidades do cabo devem ser amarradas para que não ocorra o desenrolamento das pernas;
- Não é admissível aplicar aceleradamente mais do que 80% da carga de ruptura mínima estabelecida na ISO 2408.



- Se a ruptura do cabo ocorrer do lado ou dentro das garras de fixação e a carga mínima de ruptura não for atingida, o ensaio pode ser desprezado (critério do fabricante).

## 2.4.2 Ensaio de tração realizado

Para testar e comprovar a resistência da configuração do laço de ancoragem aplicado atualmente, no ano de 2020 foi realizado um ensaio de tração. Nesse ensaio utilizou-se uma Máquina Universal de Ensaios EMIC 100kN - Modelo DL10000 e, como referência, a norma ASTM E8/E8M-15<sup>a</sup>.

Para o procedimento, foi construído um corpo de prova de aproximadamente 500 mm, com o laço de ancoragem nas duas extremidades. O ensaio foi finalizado com o rompimento do cabo de aço, onde a carga máxima foi de 22,88 kN (2.334 kgf), sem nenhum escorregamento do cabo no laço.

## 3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para o estudo estrutural do laço de ancoragem, é necessário verificar o quanto de carga de tração o conjunto com duas presilhas suporta sem que ocorra o escorregamento do cabo de aço. A principal referência para a análise desejada é o ensaio de tração. O primeiro passo do procedimento experimental é a fabricação dos corpos de prova para a realização dos tracionamentos e coleta dos dados resultantes do experimento.

### 3.1 FABRICAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

A produção dos corpos de prova foi realizada no setor de produção de pêndulos de uma empresa de segmento de Criciúma.

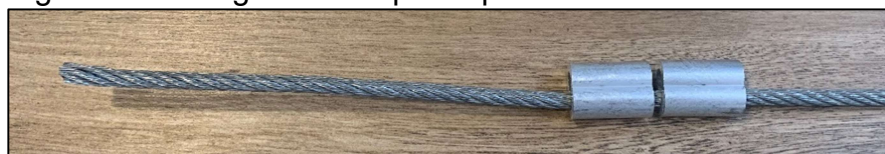
Para a produção das peças, foram utilizadas duas parcelas de cabo de aço, onde se montou um laço de ancoragem em cada uma das extremidades. Em cada laço foi utilizado uma sapatilha e duas presilhas de alumínio, uma a menos do que a quantidade utilizada na configuração atual.

Como diretriz, para determinar a distância entre presilhas, utilizou-se a norma ABNT NBR 11900-4, de 2016, que expõe alguns parâmetros da utilização de grampos (clips) leves e pesados.

O processo de produção dos corpos é a praticamente o mesmo utilizado para fazer os laços nos pêndulos, porém com apenas duas presilhas. Além disso, será utilizado apenas o cabo de aço em vez da mangueira completa. Dessa maneira, a construção se deu pelas seguintes etapas:

1. Segmentação de um pedaço do cabo de aço utilizado na mangueira do pêndulo, utilizando uma esmerilhadeira. Essa parcela de material deve ter 1200 mm, para ser possível fazer os dois laços nas extremidades e ainda ter comprimento livre de cabo de 600 mm, conforme prescrito na norma ABNT NBR ISO 3108.
2. Posicionamento de 2 presilhas de alumínio, passando o cabo por um lado da cavidade de cada presilha (Fig. 8).

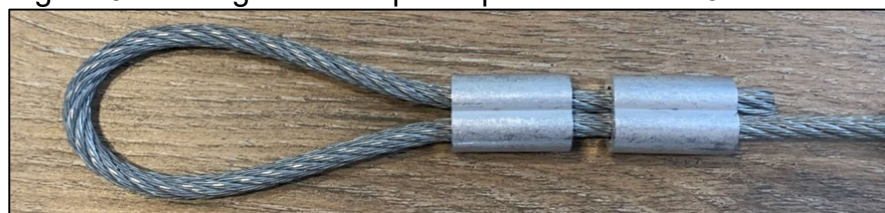
Figura 8: Montagem do corpo de prova - Passo 2



Fonte: Do autor (2022)

3. Dobramento da extremidade cabo de aço, passando o mesmo pelo outro lado da cavidade de cada presilha.
4. Posicionamento das presilhas, deixando uma distância de 22 mm entre cada uma delas, baseado no que prescreve a norma ABNT NBR 11900-4.

Figura 9: Montagem do corpo de prova - Passos 3 e 4



Fonte: Do autor (2022)

5. Ajuste do cabo de aço, deixando aproximadamente 10 mm de sobra após a presilha inferior (zona morta).

6. Acoplamento da sapatilha no laço.
7. Prensagem, através de uma prensa hidráulica automatizada (Fig. 10), da presilha inferior. Nessa etapa é aplicada uma força de aproximadamente 6 kN sobre a presilha/cabo de aço.

Figura 10: Prensa hidráulica automatizada



Fonte: Do autor (2022)

8. Ajuste da presilha superior, moldando o cabo de aço na sapatilha, e posteriormente, a prensagem da segunda presilha.
9. Após finalizada a prensagem do laço de ancoragem em uma das extremidades, como mostra a Fig. 11, repete-se a mesma sequência de passos para a outra construção do laço na outra extremidade do cabo.

Figura 11: Laço de ancoragem com duas presilhas de alumínio



Fonte: Do autor (2022)

Seguindo as etapas apresentadas, obtém-se o corpo de prova. Como serão ensaiadas duas peças, repete-se o processo e obtém-se o segundo corpo, como mostra a Fig. 12.

Figura 12: Corpo de prova para ensaio de tração



Fonte: Do autor (2022)

### 3.2 ENSAIO DE TRAÇÃO

Para simular a tração exercida no laço do cabo de termometria e analisar esse esforço, foram realizados dois ensaios de tração. Os tracionamentos foram realizados no laboratório da SATC com auxílio de um bolsista. O experimento se deu utilizando uma máquina EMIC DL10000, conforme mostra Fig. 13.

Figura 13: EMIC DL10000



Fonte: Do autor (2022)

Para a fixação das extremidades dos corpos de prova e para conseguir simular o ponto de tracionamento no laço de ancoragem, foram utilizados dois suportes fixadores, um inferior e outro superior, como mostra a Fig. 14.

Figura 14: Montagem do corpo de prova na máquina para tracionamento



Fonte: Do autor (2022)

Como dados de entrada, utilizou-se os expostos na Tab. 2.

Tabela 2: Dados de entrada para ensaio de tração

Diâmetro do cabo de aço (mm)	Comprimento total do corpo de prova (mm)	Pré-carga (kN)	Velocidade do tracionamento (mm/min)
6,35	900	1	5

Fonte: Do autor (2022)

Para o acompanhamento e coleta dos dados dos ensaios foi utilizado o software Tesc Emic, que gerou os gráficos que serão expostos e servirão para análise no capítulo seguinte.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para cada ensaio, os dados coletados geraram um gráfico na forma de curva *Força x Deformação*, onde é possível verificar e analisar alguns pontos relevantes para o estudo proposto.

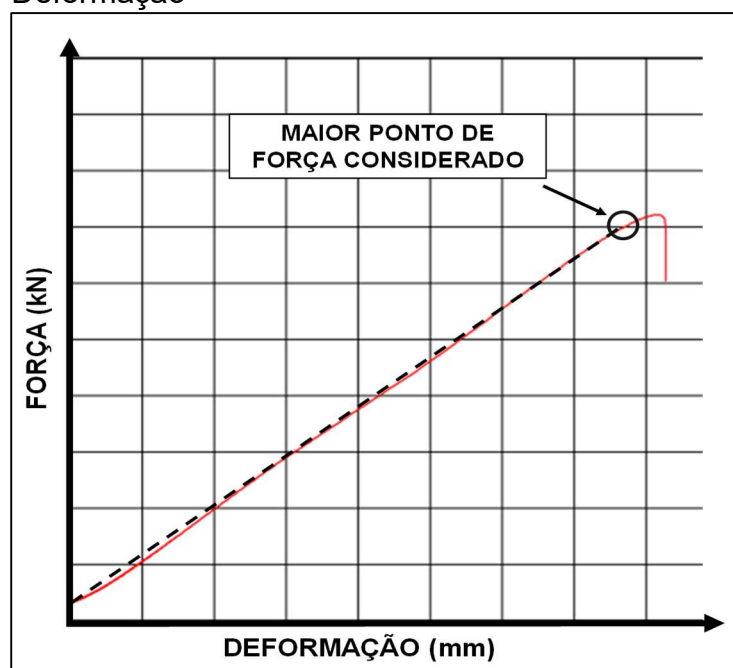
### 4.1 ANÁLISE DOS CORPOS ENSAIADOS



Entende-se que, para analisar o escorregamento do cabo no laço de ancoragem, não se pode levar em consideração as informações dos gráficos sem antes ponderar alguns pontos.

Os dois gráficos gerados apresentaram no início dos ensaios características semelhantes. Para entender melhor as ponderações, utilizando um dos gráficos gerados, elaborou-se o esquema da Fig. 15.

Figura 15: Esquema do gráfico Força x Deformação



Fonte: Do autor (2022)

Como é possível observar no esquema acima, no início do ensaio está representada uma pequena curva ascendente, que mostra uma deformação recrudescendo em seguida. A linha que vai recrudescendo, por sua vez, apresenta uma pequena variação na sua linearidade, que pode ser percebida comparando com a reta tracejada esboçada. Esses pontos podem ser explicados por conta acomodamento do cabo, uma vez que ele é retorcido, e a deformação dos próprios arames de aço que compõem o enrolamento do cabo.

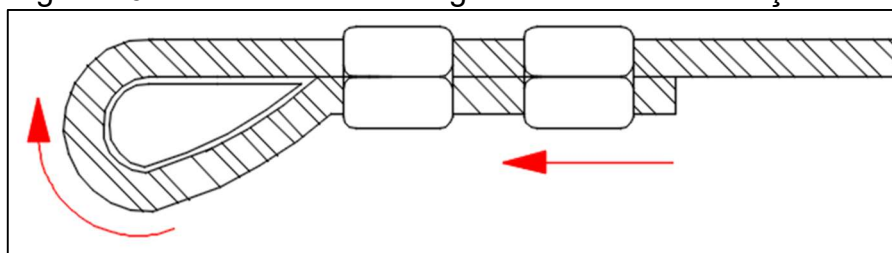
Visto esses pontos, o principal parâmetro para análise do escorregamento será o maior ponto de carga no final da reta inicial do gráfico de deformação, antes de iniciar a curva de escoamento, conforme indicado na figura 15. Esse ponto, então,



será considerado como a maior tensão suportada pelo laço sem escorregamento do cabo.

Durante os tracionamentos, em ambos os corpos de prova, os laços que sofreram escorregamento do cabo foram os superiores. Verificou-se que cabo de aço tende a escorregar de maneira a se desintegrar das presilhas no sentido do escorregamento, como se esperava, conforme na Fig. 16.

Figura 16: Sentido do escorregamento do cabo de aço



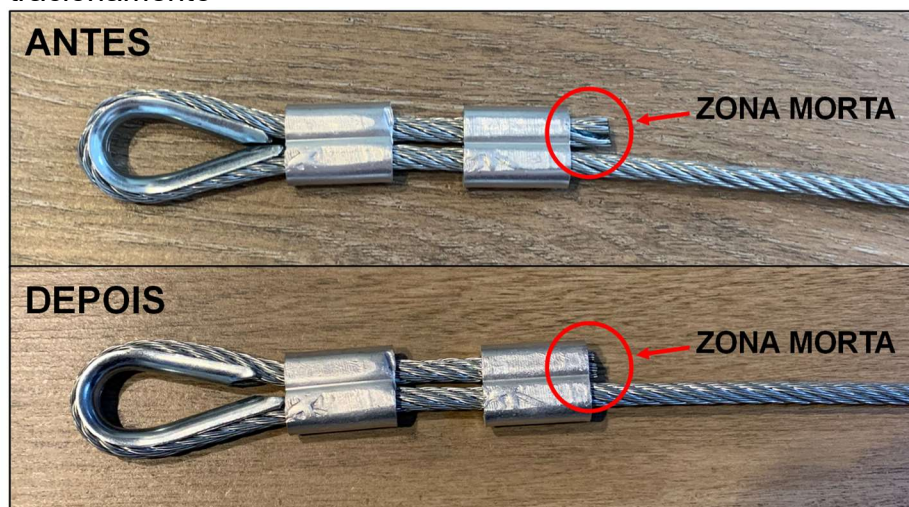
Fonte: Do autor (2022)

Um detalhe também observado nos ensaios foi que não notou-se nenhuma movimentação nas presilhas dos laços, apenas no cabo, que escoaram por elas, e deformação das sapatilhas, por conta da movimentação do conjunto.

#### 4.1.1 Corpo de prova 01 (CP01)

Ao final do tracionamento da primeira peça pode-se verificar um curto deslocamento do cabo de aço e a deformação da sapatilha. O descolamento pode ser observado pela diminuição do comprimento da zona morta do laço, que foi de 11 mm, conforme mostra a Fig. 17. Verificou-se também que o escorregamento ocorreu em um curto espaço de tempo, como um solavanco, e com isso houve uma queda drástica de carga da máquina do ensaio, dessa forma se deu o encerramento do ensaio.

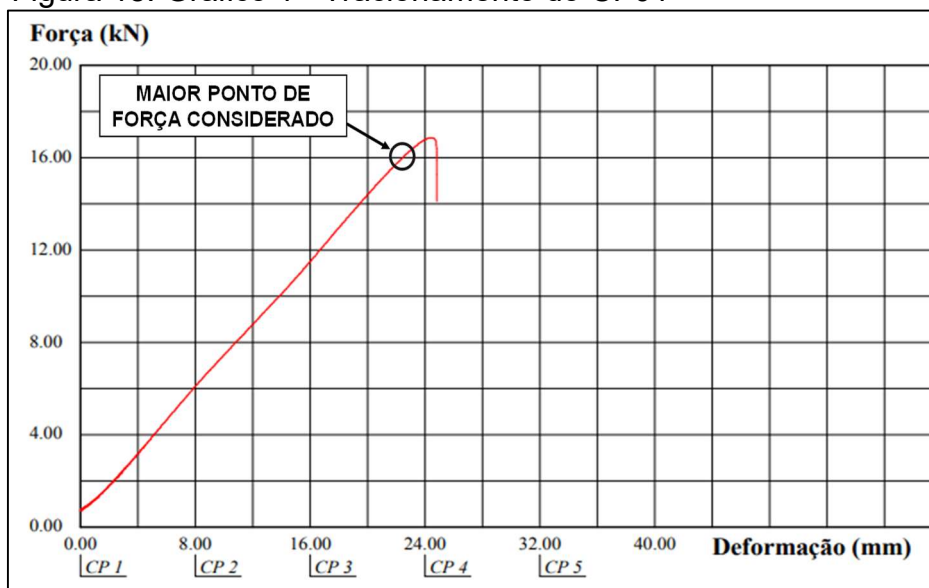
Figura 17: Comparação do CP01 antes e depois do tracionamento



Fonte: Do autor (2022)

O tracionamento desse primeiro corpo de prova gerou o gráfico 1, conforme mostra a Fig. 18

Figura 18: Gráfico 1 - Tracionamento do CP01



Fonte: Do autor (2022)

Com base nele, pôde-se observar que a carga máxima do ensaio foi de 16,9 kN. Para a análise, considera-se que o conjunto suportou uma tensão 16 kN até o início do escorregamento do cabo de aço, que é a força máxima antes da curva de escoamento.

#### 4.1.2 Corpo de prova 02 (CP02)

No ensaio da segunda peça, observou-se um comportamento bem diferente em relação ao primeiro corpo de prova. Nesse segundo ensaio, o escorregamento do cabo se deu de maneira lenta, e o tracionamento se encerrou somente após a desintegração total do cabo com as presilhas do laço, como mostra a Fig. 19.

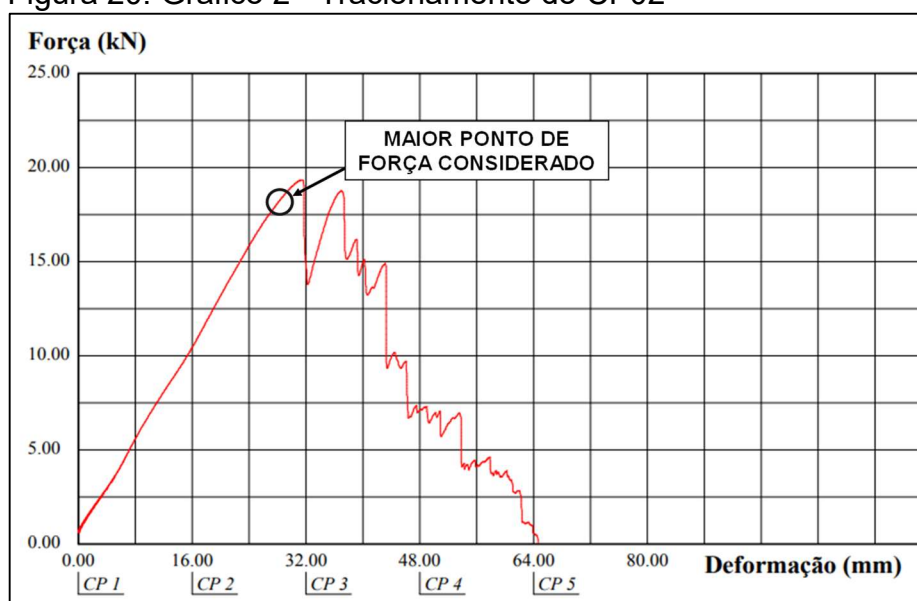
Figura 19: CP02 após o tracionamento



Fonte: Do autor (2022)

Entende-se que, como não houve uma grande variação de comprimento do corpo em um curto espaço de tempo, igual ao primeiro caso, a máquina não reconheceu uma deformação considerável e por isso o ensaio continuou. Após o primeiro pico de tensão, a carga no corpo diminuiu até se encerrar o ensaio, o que pode ser verificado no gráfico 2 (Fig. 20).

Figura 20: Gráfico 2 - Tracionamento do CP02



Fonte: Do autor (2022)



No gráfico, verifica-se que a força máxima do ensaio 19,4 kN. Para a análise, como mencionado anteriormente, considera-se que a carga até o início do escorregamento do cabo nas presilhas foi de, aproximadamente, 17,7 kN, que é a força máxima antes do início do escorregamento.

## 4.2 CONSIDERAÇÕES DOS EXPERIMENTOS

Levando em consideração os resultados obtidos nos ensaios, conforme exposto na Tab. 3, constatou-se que o laço com duas presilhas de alumínio não resiste ao esforço esperado sem o escorregamento do cabo.

Tabela 3: Resultados dos tracionamentos

Corpo de Prova	Carga máxima do ensaio (kN)	Carga máxima considerada (kN)
CP1	16,9	16
CP2	19,7	17,7

Fonte: Do autor (2022)

A carga que os conjuntos deveriam resistir era de 23,70 kN, que é a carga de ruptura do cabo de aço, porém verificou-se que os escorregamentos do cabo nos laços foram provocados em tensões abaixo do valor desejado.

Com os resultados obtidos, entende-se que a terceira presilha no laço de tem papel fundamental no conjunto e ajuda a elevar consideravelmente a resistência ao escorregamento do cabo de aço.

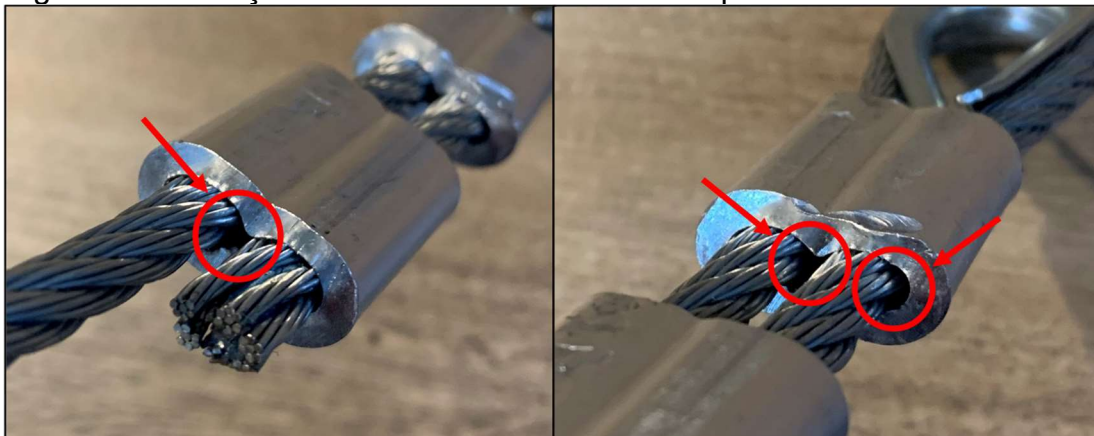
## 4.3 CONSIDERAÇÕES PARA APRIMORAMENTO DA FABRICAÇÃO DO LAÇO

Em conjunto com o setor de desenvolvimento da empresa que fabrica o cabo de termometria analisado, observou-se pontos importantes que podem justificar o porquê o laço de ancoragem com duas presilhas não suportou o esforço esperado.

O principal ponto observado foi em relação ao formato da presilha e a maneira como ela é prensada no laço. Hoje as presilhas utilizadas prendem o cabo de aço de maneira que não haja uma distribuição uniforme da carga aplicada e aproveitamento

da superfície total externa do cabo. Em alguns pontos, conforme mostra a Fig. 21, o cabo fica com a superfície livre por conta de um vão no meio das presilhas.

Figura 21: Indicação das áreas sem contato entre presilha e cabo



Fonte: Do autor (2022)

Entende-se também que, utilizando três presilhas no laço, a “falta de aproveitamento” da superfície externa do cabo é compensada. Ainda, na configuração atual, considera-se que se houver a falha de uma presilha, por conta da mal prensagem, ainda possui outros dois componentes para suportar os esforços no cabo de aço.

## 5 CONCLUSÃO

Com o estudo realizado, chegou-se às seguintes conclusões:

- Considerando a utilização das dimensões de cabo de aço e presilhas usadas atualmente na fabricação do cabo de termometria/laço, bem como o processo de produção, não é possível realizar a redução de três para duas presilhas de alumínio na configuração do laço.
- Por meio dos ensaios de tração, pode-se observar como os corpos de prova com laços de duas presilhas se comportaram. Com essa configuração, o escorregamento do cabo de aço foi provocado com uma carga abaixo do esperado, que seria carga de ruptura do cabo de aço, atingida no ensaio realizado com o laço de três presilhas.
- Pondera-se a possibilidade de utilizar a configuração com duas presilhas em cabos que são instalados em silos menores, onde a força provocada pelo grão, principalmente no momento de descarregamento do produto, é menor se comparado com silos de maior porte.
- Para trabalhos futuros e melhorias na configuração do laço de ancoragem, visando uma diminuição de matéria-prima, sugere-se o estudo do uso de presilhas maiores, em vez de três presilhas pequenas, e que tenham outra geometria interna.



## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11900-4**: Terminal para cabo de aço - Parte 4: Grampos leve e pesado. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 2408**: Cabos de aço para uso geral — Requisitos mínimos. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 3108**: Cabos de aço para uso geral - Determinação da carga de ruptura real. Rio de Janeiro, 1998.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **30.101**: Armazenagem. Brasília, DF, 2006. Disponível em: <[https://www.conab.gov.br/images/arquivos/normativos/30000\\_sistema\\_de\\_operacoes/armazenagem.pdf](https://www.conab.gov.br/images/arquivos/normativos/30000_sistema_de_operacoes/armazenagem.pdf)>. Acesso em: 30 mar. 2022.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 10, safra 2022/23, n. 1º primeiro levantamento, outubro 2022.

HIBBELER, R.C.. **Resistência dos Materiais**. 10. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2018. Tradução: Sérgio Nascimento.

MARTINS, G. C. A, 2012, **Estudo teórico e experimental de esforços devidos a cabos de termometria fixados em estruturas de coberturas de silos cilíndricos para armazenamento de grãos**. Dissertação de Mestrado - Curso de Engenharia, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos/SP, Brasil, 98 p.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **LEI DO SISTEMA NACIONAL DE CERTIFICAÇÃO DE UNIDADES ARMAZENADORAS**: Instrução Normativa 29/2011, 2011. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/-assuntos/politica-agricola/infraestrutura-e-logistica/documentos-infraestrutura/29-2011.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2022.

SIVA. **Catálogo de produtos: Cabos de aço e acessórios**. São Paulo: [s. n.], 2018. Disponível em: <<https://www.siva.com.br/downloads>>. Acesso em: 01 maio 2022.

SIVA. **Curso para cabos de aço, lingas e soluções para movimentação, elevação e amarração de cargas**. São Paulo: [s. n.], 2019. Disponível em: <<https://www.siva.com.br/downloads>>. Acesso em: 28 abril 2022.