



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO  
AMAZONAS  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO  
CAMPUS MANAUS CENTRO  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS**



**MARCUS PAULO MARQUES DE SOUZA**

**MODERNIZAÇÃO PARCIAL DE UM ELEVADOR  
THYSSENKRUP MODELO EM 33**

**MANAUS – AM**

**2021**

**MARCUS PAULO MARQUES DE SOUZA**

**MODERNIZAÇÃO PARCIAL DE UM ELEVADOR  
THYSSENKRUP MODELO EM 33**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica do Departamento Acadêmico de Processos Industriais do Campus Manaus Centro do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Esp. Plácido Ferreira Lima.

**MANAUS – AM**

**2021**

# **FOLHA DE APROVAÇÃO**

**MARCUS PAULO MARQUES DE SOUZA**

## **MODERNIZAÇÃO PARCIAL DE UM ELEVADOR THYSSENKRUP MODELO EM 33**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi defendido considerado aprovado para obtenção do Título de Engenheiro Mecânico em sua forma final pelo Curso de Bacharelado em Engenharia Mecânica.

### **BANCAEXAMINADORA**

*(Assinado digitalmente em 18/06/2021 00:02 )*

**PLACIDO FERREIRA LIMA**  
*PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO*  
*Matrícula: 981395*

*(Assinado digitalmente em 18/06/2021 15:06 )*

**AILTON GONCALVES REIS**  
*PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO*  
*Matrícula: 709656*

*(Assinado digitalmente em 18/06/2021 07:29 )*

**CRISTOVAO AMERICO FERREIRA DE CASTRO**  
*PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO*  
*Matrícula: 1037557*

**Biblioteca do IFAM- Campus Manaus Centro**

---

S729m Souza, Marcus Paulo Marques de.  
Modernização parcial de um elevador thyssenkrup modelo em 33 / Marcus  
Paulo Marques de Souza. – Manaus, 2021.  
52 p. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) – Instituto Federal de  
Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro, 2021.

Orientador: Prof. Esp. Plácido Ferreira Lima.

1. Engenharia mecânica. 2. Sistema de tração. 3. Modernização - elevador. 4. Torque  
do Motor. 5. Torque de Carga. I. Lima, Plácido

Ferreira. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas  
III. Título.

**CDD 621**

---

Elaborada por Márcia Auzier CRB 11/597

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por todas as derrotas e vitórias me concedendo momentos inesquecíveis não somente na vida pessoal, como também na espiritual e profissional ao passo no qual fecho o ciclo de meu primeiro parágrafo pessoal acadêmico.

A minha esposa, meus pais, alguns familiares e aos poucos amigos que sempre estiveram ao meu lado me incentivando e ajudando aos momentos difíceis desta jornada e também quero agradecer a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram nesse processo.

Em especial meus agradecimentos aos Professores Plácido Ferreira Lima e Ailton Gonçalves Reis por sua infindável paciência na tiveram com a minha pessoa e principalmente pelo momento atípico ao qual vivemos devido a este vírus, enfim, meu muito obrigado.

*"Mestre não é quem sempre ensina,  
mas quem de repente aprende".*

*Guimarães Rosa*

## RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de caso baseado na análise dos principais componentes do sistema de tração e o controle de um elevador, propondo modernização parcial, analisando motores convencionais de desempenho padrão, baseados na substituição de sistemas de controle de elevadores com controladores lógicos programáveis. A pesquisa teve início através da inspeção de diferentes equipamentos defeituosos, selecionando e categorizando falhas, realizando medições de um sistema específico. Insumos e saídas foram condicionados, PLC e inversor de frequência foram configurados. A metodologia consistiu em coletar informações dos diferentes sistemas de controle e força motriz do elevador, realizando visitas ao local onde está localizado o equipamento. Medição e detecção do elevador com falha, análise da lógica com fio desses planos, para implementar os insumos e saídas do PLC e dependendo da configuração de implementação referida ao PLC.

**Palavras-chave:** Sistema de tração, cabo de aço, Modernização do Elevador, Configuração PLC, Torque do Motor, Torque de Carga.

## ABSTRACT

This work presents a case study based on the analysis of the main components of the traction system and the control of an elevator, proposing partial modernization, analyzing conventional motors of standard performance, based on the replacement of elevator control systems with programmable logic controllers. The research started by inspecting different defective equipment, selecting and categorizing faults, performing measurements on a specific system. Inputs and outputs were conditioned, PLC and frequency inverter were configured. The methodology consisted of collecting information on the different control and driving force systems of the elevator, making visits to the location where the equipment is located. Measurement and detection of the failed elevator, analysis of the wired logic of these plans, to implement the inputs and outputs of the PLC and depending on the implementation configuration referred to the PLC.

**Keywords:** Traction system, steel cable, Elevator Modernization, PLC Configuration, Motor Torque, Load Torque.



## LISTA DE FIGURAS E TABELAS

FIGURA 1– CONFIGURAÇÃO BÁSICA DE UM ELEVADOR CONVENCIONAL.....	14
FIGURA 2– COMPONENTES BÁSICOS DE UM ELEVADOR .....	17
FIGURA 3– DISJUNTOR TÉRMICO .....	23
FIGURA 4- SISTEMA DE TRAÇÃO E SEUS COMPONENTES .....	27
GRÁFICO1 – CLASSIFICAÇÃO DE MOTORES DE INDUÇÃO.....	17
TABELA 1 – CONDIÇÕES DE CARREGAMENTO.....	31
FIGURA 5 – MOSTRA GEOMÉTRICA DA POLIA DE TRAÇÃO E DESVIO .....	33
TABELA 2- PRESSÃO DOS CABOS DE EM RELAÇÃO A VELOCIDADE.....	35
TABELA 3 – AÇÕES CORRETIVAS .....	36
TABELA 4 - DIÂMETROS DA POLIA EXISTENTE E NOVA.....	37

# SUMÁRIO

<b>1.INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>13</b>
2.1 ELEVADOR E SEUS COMPONENTES .....	13
2.2 DESCRIÇÃO DE ELEMENTOS BÁSICOS DE ELEVADORES CONVENCIONAIS E MODERNOS.....	14
2.2.1 SALA DE MÁQUINAS .....	15
2.2.2 SISTEMA ELETROMECAÂNICO.....	15
2.2.3 SISTEMA DE TRACÇÃO .....	16
2.2.3.1 VOLANTE NIVELADO.....	16
2.2.4. SISTEMA DE ELETRICIDADE, PROTEÇÃO E CONTROLE .....	17
2.2.4.1 FORÇA MOTRIZ E CONTROLE, COMPOSTO POR CONTADORES, RELÉS, PLC E INVERSOR DE FREQUÊNCIA .....	17
2.2.5 SISTEMA DE SEGURANÇA MECÂNICA .....	20
2.2.6 COMPONENTES BÁSICOS MECÂNICOS. ....	21
2.2.7 COMPONENTES BÁSICOS DE SEGURANÇA.....	22
2.2.8 COMPONENTES BÁSICOS DE CONTROLE .....	22
2.2.9 CORREDOR .....	22
2.2.10 COMPONENTES BÁSICOS MECÂNICOS E ELETROMECAÂNICOS .....	23
2.2.11 COMPONENTES DO SISTEMA ELÉTRICO DE PROTEÇÃO.....	23
2.2.12 A MODERNIZAÇÃO .....	24
2.2.13 ADEQUAÇÃO DOS ELEVADORES.....	24
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>24</b>
3.1 SISTEMA DE TRACÇÃO .....	26
3.2 MOTOR.....	27

3.2.1 DETERMINAÇÃO DA POTÊNCIA DO MOTOR.....	27
3.2.1.1 DETERMINAÇÃO DOS TORQUES DE CARGA E DO MOTOR.....	30
3.2.1.2 DETERMINAÇÃO DO GRUPO DE TRABALHO .....	31
<b>4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>36</b>
4.1 COMPARAÇÃO ENTRE WLC, CONTROLADOR LÓGICO COM FIO E CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMADO PLC EM ELEVADORES .....	38
4.1.2 CARACTERÍSTICAS DE OPERAÇÃO DO ELEVADOR.....	39
<b>. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>41</b>
<b>. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>43</b>
<b>. APÊNDICE .....</b>	<b>46</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A finalidade da modernização parcial de um elevador de passageiros presente em um prédio público, tendo como objetivo, melhorias para os principais dispositivos de automatização e mecanismos estruturais, necessários para melhor funcionamento e controle eficiente deste elevador de tração para passageiros.

O mesmo será realizado em uma Biblioteca de uma determinada Instituição Federal no Amazonas localizada em uma região sujeita a relativa taxa de umidade, não permite a utilização de estrutura metálica exposta.

Ao longo da história notamos a necessidade de produzir e melhorar dispositivos de deslocamento para cargas ou para pessoas.

Atualmente há uma grande quantidade de equipamentos com várias especificidades e aplicações, variando da básica finalidade no transporte de pessoas ao transporte de cargas com maior demanda de capacidade, tanto na horizontal, como vertical e atendendo em planos inclinados quando necessário.

Neste caso não haverá a abordagem no transporte de fluidos, pois, os mesmos possuem natureza extramamente divergente da proposição adotada pelo tema .

No que diz respeito ao deslocamento horizontal, citamos modais de transportes rodoviário, ferroviário e aquaviário, exemplificando os caminhões, trens de cargas e pessoas e navios, apontado, neste caso, apenas para meios de transportes que necessitam de maiores deslocamentos.

Aos transportes de menores distâncias, as opções são pouco amplas para pessoas tais como : escadas e esteiras rolantes, e no que diz respeito a cargas: pontes rolantes, empilhadeiras, guindastes, esteiras etc.

Abordando o transporte vertical, a primeira referência da qual lembramos certamente são os elevadores, não importando se os mesmos são carga ou de pessoas . No entanto, para deslocamentos verticais de cargas, podemos citar os guindastes ( fixos ou móveis ), pontes rolantes, pórticos etc.

Este procedimento é de extrema importância, pois o equipamento é o principal vínculo de acessibilidade vertical no prédio, que possui três pavimentos, este apresenta problemas não decorrentes por falta de manutenção , mas em função do equipamento apresentar os seus principais componentes tecnológicos ultrapassados e obsoletos dificultando os procedimentos de manutenção e reposição de peças no mercado . Mediante a tais fatos é importante que haja o entendimento da tratativa sequencial acadêmica adotada. A indagação norteadora deste Trabalho de Conclusão de Curso ( TCC ) : quais os procedimentos técnicos devem ser adotados para a redução dos problemas apresentados pelo equipamento ?

Neste contexto o objetivo geral deste trabalho é : modernização parcial do elevador .

Decorrem deste objetivo quatro outros específicos :

- Padronizar componentes eletrônicos;

- Padronizar componentes mecânicos do equipamento conforme normas .
- Especificar instrumentos para melhoria na performance e nos dispositivos de segurança;
- Avaliar menor custo de execução do estudo e de manutenção .

O referencial teórico está embasado sob as Normas Brasileiras que tratam da segurança em elevadores, tais como: NM207(1999), NBR13994(2000),NBR5666(1977),NBR313(2008),NBR9050(2015), e NR10(1978).

A norma NBR – NM 207 (1999) trata dos requisitos de segurança para construção e instalação de elevadores elétricos de passageiros, essa norma aborda detalhadamente a indicação de como deverá ser realizado o dimensionamento dos principais componentes de um elevador.

A norma NBR 13994 - (2000) trata do transporte de pessoas portadoras de deficiência em elevadores de passageiros.

A norma NBR NM 313 (2008) – Elevadores de passageiros – Requisitos de segurança para construção e instalação – Requisitos particulares para a acessibilidade das pessoas, incluindo pessoas com deficiência;

A norma NBR 9050 (2015) – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos.

NR-10 ( 1978 )- do Ministério do Trabalho e Emprego – Instalações e Serviços em Eletricidade.

A metodologia respeita as características da pesquisa é um estudo de caso pois tem por objetivo trazer soluções técnicas que possam ser empregadas na resolução de problemas específicos.

Os resultados mostraram a importância do embasamento técnico para que haja um sistema seguro e com menor custo .

Esperamos que esse TCC possa contribuir para o conhecimento sobre a melhoria nos dispositivos eletrônicos de segurança nos elevadores uma vez que o uso dos mesmos são extrema importância em seu habitual .

Por fim, este TCC está formatado em quatro capítulos, quais sejam: o primeiro é esta própria Introdução onde são apresentadas todas as características da pesquisas, isto é: o tema, a delimitação do tema, a problemática, as hipóteses, a justificativa e os objetivos.

O segundo capítulo é destinado a exposição dos dispositivos mecânicos de elevadores de passageiros e uma revisão bibliográfica sobre os principais componentes de um elevador, tipos de acionamento e análise de adequação.

O terceiro capítulo as condições de funcionamento do elevador são abordadas iniciando alguns diagnósticos em referência ao equipamento que apresenta deterioração típica por seu tempo de uso,

verifica-se se o equipamento cumpre algumas normas , apresentando assim seus principais elementos da para que possam ser analisados e modernizados.

O quarto capítulo retrata pontos nos procedimentos de modernização, apresentando o desenvolvimento que corresponde ao do elevador avaliado, no que diz respeito ao sistema de força motora a fim de determinar as diferentes falhas, circuitos de entrada ou elementos envolvidos que têm a ver com o sistema de controle eletrônico , força motora e circuitos de saída para os atuadores.

Por fim, são apresentadas as conclusões e as recomendações que complementam o trabalho realizado.

## **2. Fundamentação Teórica**

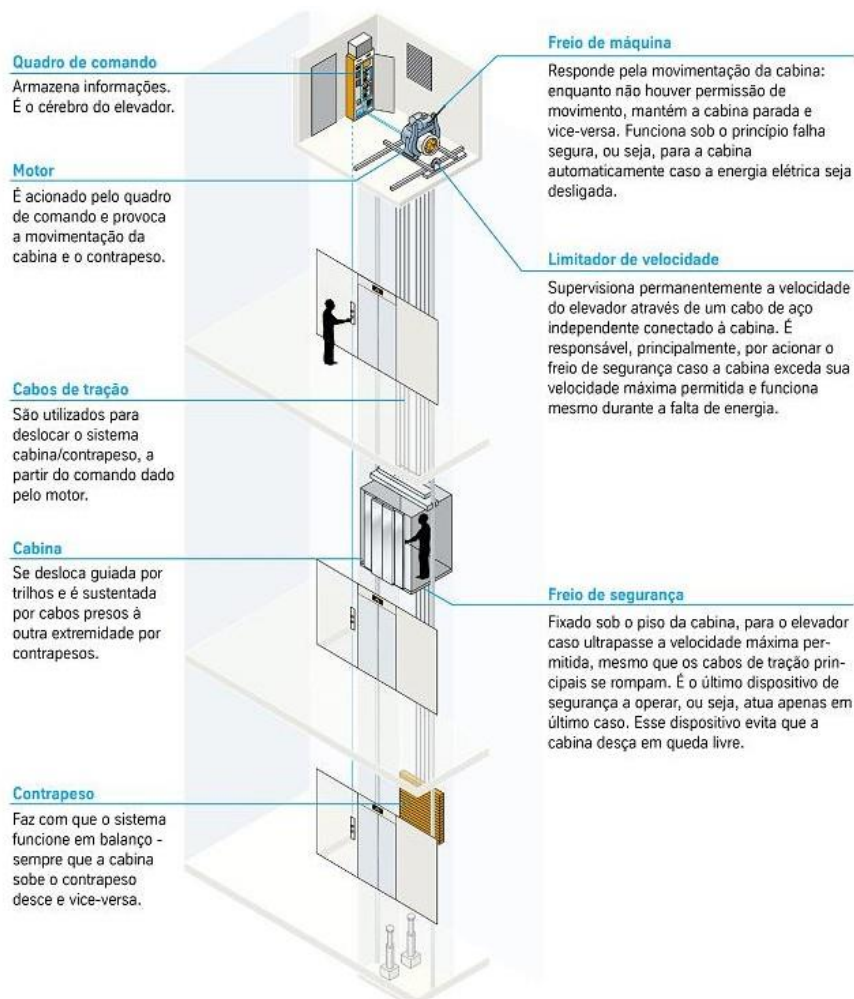
Elevadores são máquinas de transporte designadas exclusivamente para movimentação vertical de cargas ou passageiros. Tendo capacidade de elevar até 1,5 tf, em caso de elevadores de passageiros, o elevador é o principal meio de transporte vertical em edificações de vários pavimentos, deslocando-se a velocidades que variam de 0,5 a 3,5 m/s em aplicações normais, sendo compostos, basicamente por: cabina ou carro, trilhos ou guias independentes, poço, contrapeso, dispositivo de suspensão, máquina elevadora ou de tração, dispositivos de segurança e controles elétricos. (RUDENKO, 1976)

### **2.1 Elevador e seus componentes**

A sistemática nos que diz respeito a segurança de um elevador é limitada e normalmente o mesmo é projetado para transportar materiais geralmente pesados. O elevador é um equipamento instalado para operar permanentemente, utiliza uma cabine, na qual as dimensões e a constituição evidentemente permitem o acesso das pessoas, move-se de forma parcial ao longo de guias verticais na qual seu ângulo de inclinação é inferior a 15° (GONÇALVES,2019).

A modernização é um processo de atualização tecnológica para aumentar não só a segurança, mas também o empréstimo e é decidida pelos proprietários.

Figura 1. Configuração básica de um elevador convencional...



Fonte: Thyssenkrup (2018)

## 2.2 Descrição de elementos básicos de elevadores convencionais e modernos

Os principais componentes dos elevadores de passageiros são: Cabina, guias, poço, contrapeso e dispositivos de suspensão.



### 2.2.1 Sala de Máquinas

Geralmente está localizado no telhado do prédio, podendo estar localizado no porão. No caso de um elevador de última geração, a sala de máquinas está localizada nos trilhos da cabine e o controle de um lado do último andar.

### 2.2.2 Sistema Eletromecânico

Segundo Cavalcante (2016) consiste no grupo de tração e é responsável pela produção do movimento e parada do elevador, composto pela própria máquina (reductor), pelo motor elétrico, pelo freio, pela polia de tração, pela polia de desvio e pelo volante.

- **Máquina:** Sistema de redução responsável pela desaceleração do motor, basicamente composto por uma coroa e um auger, que dependendo da rotação do eixo de saída (90° ou 180°), a coroa pode ser reta ou helicoidal, respectivamente. (CAVALCANTE ,2016)

- **Motor elétrico:** Possui dimensionamentos e características especiais com a capacidade de gerar um alto torque de partida e suportar temperaturas superiores a 150c°, o motor pode ser de excitação e dependente conduzido por um gerador ou AC geralmente assíncrono de gaiola de esquilo ou anéis deslizantes, uma ou duas velocidades. (CAVALCANTE ,2016)

- **Os motores modernos são chamados de motor de serviço inversor:** são motores com características especiais que se referem à sua construção. (CAVALCANTE ,2016)

- **Freio eletromecânico (freio de fricção):** Dispositivo eletromagnético projetado para atuar automaticamente em caso de ausência no fornecimento de energia elétrica (parada total do elevador) manobrando através de seus circuitos. (CAVALCANTE ,2016)

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) por meio da Norma Brasileira - NBR No 15.597 de 1 de agosto de 2010, preconiza que todos os tipos de elevador Corrente Direta (DC) ou Corrente Alternada (AC) deverão ter freio eletromecânico, com capacidade de dar frenagem a máquina quando a cabine está funcionando a 125% de sua velocidade nominal: (ABNT 2010).

Do ponto de vista mecânico Salles (2018), os freios são elementos das máquinas que absorvem a energia cinética ou potencial dissipando-se na forma de calor, no processo de parar uma parte móvel.

Os elementos básicos de um freio eletromecânico são:

- **Bobina:** Responsável pela geração do campo magnético, quando circula uma corrente DC ou AC. (SALLES,2018),
- **Faixas de freio:** Dispositivo responsável por bloquear ou desbloquear o tambor da máquina. (SALLES,2018),
- **Mecanismo de ajuste:** Basicamente composta de molas e núcleo de bobina, responsável por ceder ou remover a força ao mecanismo de freio. (SALLES,2018),

### 2.2.3 Sistema de Tração

Isso se refere ao arranjo adequado em componentes de tração para obter a melhor adesão dos cabos de aço e da polia, que suspendem a cabine e o contrapeso.

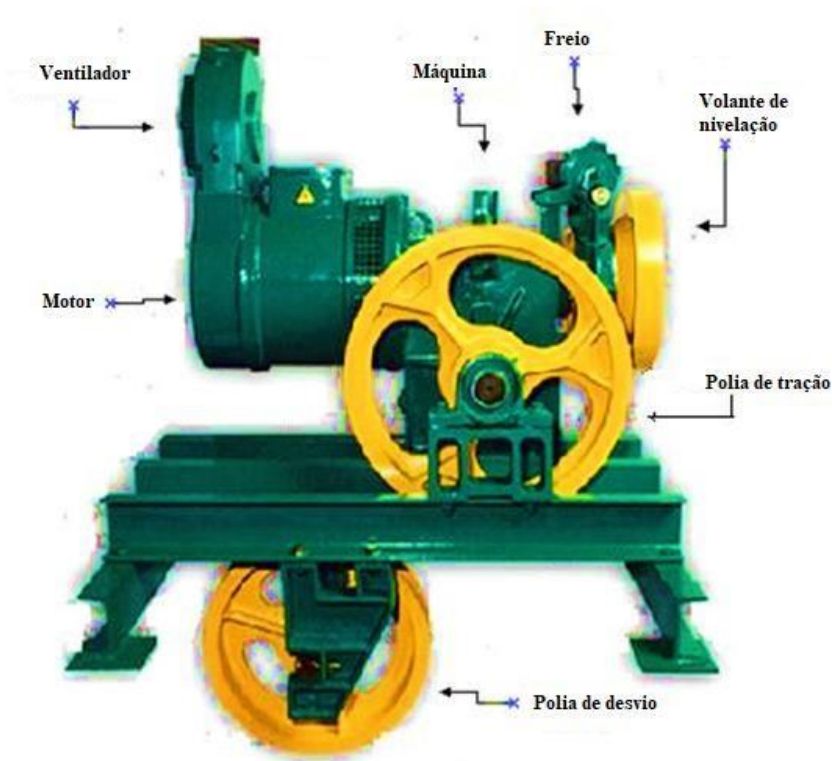
De acordo com Gomide (2020) o sistema de tração é composto entre outros de elementos como:

- **Polia de tração:** Componente básico dos elevadores elétricos convencionais, foi usado pela primeira vez em 1903, substituindo elevadores de bateria cujo deslocamento e desempenho de velocidade foi limitado pelo tamanho do tambor, a polia de tração é fundamental importância para uma ótima viagem com maiores velocidades. A polia de tração consiste em ranhuras, convenientemente projetadas para evitar o deslizamento de cabos de aço e o arraste desses cabos que seguram o contrapeso e cabine são direcionadores por um equipamento de acionamento. (GOMIDE,2020).
- **Polia de flexão:** A função específica deste componente é localizar os cabos de aço de tal forma que não haja deslizamento, nem pressão dos cabos de aço na polia às vezes duas polias são necessárias para alcançar esse objetivo. (GOMIDE, 2020)

#### 2.2.3.1 Volante nivelado

Entre outros, a função do volante é o uso em operações de manutenção, ajuste da máquina e limitação da aceleração máxima durante a manutenção, ajuste da máquina e limitação da aceleração máxima durante a fase de partida do motor, desta forma ele suaviza paradas em motores CA de uma velocidade e duas velocidades. Seu uso vem diminuindo com o aparecimento de motores de serviço inversor (motores com características especiais) cujo o controle de sua velocidade é realizado por um inversor de frequência calculando assim o modo ideal de atendimento), a figura mostra a configuração básica do sistema de tração, motor, máquina, polia de tração e volante. (GOMIDE,2020)

Figura 2– Componentes básicos de um elevador.



Fonte: Thyssenkrup (2014)

#### 2.2.4 Sistema de eletricidade, proteção e controle

Os elementos que compõem os sistemas de eletricidade, proteção e controle são de fundamental importância no que tange ao segmento tecnológico do equipamento, os mesmos serão abordados na sequência.

##### 2.2.4.1 Força motriz e controle composto por contadores, relés, plc e inversor de frequência.

O contator é um elemento de conexão elétrica mecânica e desconexão, alimentado por qualquer forma de energia, menos manual, capaz de estabelecer, suportar e interromper as variações de correntes normais de circuito, incluindo condições de sobrecarga, que alimentam o motor de tração de alta e baixa velocidade. (CAMPOS,2016)

No caso de um controle convencional é necessário pelo menos 4 contadoras com capacidade de resistir as altas correntes de partida, em elevadores modernos um se faz necessário, de menor capacidade, já que as correntes iniciais são baixas. (CAMPOS,2016)

Nos elevadores é usado para alimentar o motor de tração para altas e baixas velocidades.

O contator tem um único posicionamento de descanso, comando não manual, capaz de estabelecer e submeter a condições estabelecidas de circuito suportar, incluindo sobrecarga no serviço. Não suporta correntes de curto-circuito IEC 947-4. Os contatores utilizados nos elevadores de acordo com a IEC 158-1 devem ser a categoria AC3 presente dos principais contatos suporte 5 e 7 vezes a corrente nominal e estas correntes de partida correspondem aos motores da gaiola esquilo. (CAVALCANTE 2016)

Um inversor de frequência (VFD) ou de frequência ajustável (AFD) controla efetivamente a velocidade e o torque do motor, controla a aceleração e a desaceleração, alcançando assim um nivelamento perfeito do elevador nos pisos. O sistema consiste em um retificador de entrada ou bidirecional e um inversor de saída reversível que gera energia trifásica para o motor. (CAMARGO,2014)

Para Camargo (2014) inclui principalmente um helicóptero ou interruptor para controle de energia regenerado pelo elevador. A energia regenerada excedente é derivada do helicóptero do inversor para uma resistência à dissipação externa. A tecnologia mais utilizada é o controle do Vetor Open Loop para elevadores de até 90 m/min. O dispositivo de resposta referente a velocidade de unidade de loop fechado é tipicamente um codificador incremental, comum número de pulsos por revolução inversamente proporcional à velocidade nominal do motor.

Relés são dispositivos projetados para produzir mudanças predeterminadas e momentâneas em um ou mais circuitos de saída elétrica quando corretas as condições estabelecidas para atendimento na entrada dos circuitos de controles elétricos do dispositivo a serem entregues. Uma de suas características é a utilidade apresentada em baixas correntes em uso de poucas paradas, um elevador convencional carrega pelo menos 4 relés de 14 pinos por parada, enquanto um elevador moderno não carrega relés por parada.(CAMARGO,2014)

As funções modernas incorporam apenas um único contator, uma placa integrada (PLC) e um número limitado de relés em alguns casos e em outros, quase nenhum, contendo um inversor com a finalidade de controlar a velocidade. (CAMARGO,2014)

O Cartão eletrônico para controle moderno de elevadores é um circuito impresso, eletricamente ligado ao resto da instalação por conectores em alguns casos e em outros ajustados por parafusos. Até o ano de 1970, o sistema de controle funcionava com relés, tródos são então substituídos por transistores e,

finalmente, por microprocessadores. O cartão eletrônico, característico de um controle moderno, varia conforme a capacidade do equipamento, se tratando de um elevador seu PLC pode geral ou específico. (CAMARGO,2014)

O PLC que é incorporado em um elevador basicamente substitui as funções do seletor, geralmente tem entradas e saídas analógicas, bem como digitais. A figura a seguir mostra que os controles são elevador moderno.

O Sistema de proteção ao usuário, composto por um lado de dispositivos que controlam o deslocamento e o funcionamento normal do elevador, (limitadores de velocidade, fins de viagem.) e por outro consiste basicamente devido aterramento do sistema em geral. Componentes eletrônicos modernos de um elevador garantem tratamento especial quando a referência evidencia a proteção de um sistema heterogêneo de dispositivos que compõem o elevador, como motor, proteção dos diferentes estágios de controle do elevador. Para atender a essa exigência é necessário realizar a coordenação adequada dos diferentes elementos de proteção, como interruptores termomagnéticos, relés térmicos, salvamento e fusíveis. (CAMARGO,2014)

Dispositivo de proteção de circuitos elétricos e são baseados na fusão pelo efeito Joule de um fio ou folha intercalada na linha como um ponto fraco: (CAVALCANTE,2016)

Existem dois tipos de fusíveis:

- **gI(fusível geralmente usado)**: usado na proteção de linha, sendo projetado sua curva de fusão "tempo de intensidade" para uma resposta lenta em sobrecargas e rápido contra curtos-circuitos.(CAVALCANTE,2016)

- **aM (Fusível de acompanhamento do motor)**: especialmente projetado para proteção motora, tem uma resposta extremamente lenta contra sobrecargas e rápido contra curto-circuito. Intensidades até dez vezes mais nominais ( $10 I_n$ ) devem ser desconectadas pelos dispositivos de proteção específicos do motor, enquanto as intensidades mais altas devem ser interrompidas pelos fusíveis aM. (CAVALCANTE,2016)

A intensidade nominal de um fusível, bem como sua potência de corte, são as duas características definidoras de um fusível.

Já os relés térmicos são elementos de proteção contra sobrecarga que opera com atraso dependendo da corrente de acordo com um recurso de corrente inversa versus tempo (maior corrente de falha, menor tempo de abertura). Instalada para proteger enrolamentos de alta e baixa velocidade do motor.

O salva motor é um dispositivo operado pela temperatura; instalado no enrolamento do motor, ventilador ou na carcaça de ambos, sua função é proteger o enrolamento quando a temperatura excessiva ocorre devido a falhas no funcionamento do motor (acoplamento ruim das tampas do motor, aumento permanente da corrente devido ao atrito entre estator e rotor, conexões soltas no circuito de acionamento do motor).(CAVALCANTE,2016)

### 2.2.5 Sistema de segurança mecânica

Conforme Salles (2018),dentro dos padrões de composição existem alguns elementos do sistema de segurança que se destinam a atuar apenas em casos de emergência, ou seja, quando outros componentes de ação permanente e sanções de uso, por algum motivo falham e colocam em risco o equipamento e os usuários.

Este conjunto de elementos consiste em: o limitador de velocidade localizado na sala de máquinas e o paraquedas que está localizado no poço e acima da cabine.

O regulador de velocidade, juntamente com o paraquedas (que está localizado acima da cabine) só atua quando há excesso de velocidade, o princípio de operação e execução do mesmo foi apresentado pela primeira vez em 1853 por Eliseu G Otis e consistia em um dispositivo que impedia a queda da cabine após quebrar as amarras. (SALLES, 2018)

Existem dois tipos de controlador de velocidade. Oscilador e centrífuga.

- **Oscilador:** Este é um gatilho oscilante, que age quando enganado. (SALLES, 2018)
- **Centrífuga:** Neste sistema, uma mola contrai como resultado do aumento da força centrífuga. Em ambos os sistemas, agindo eles impedem a continuação do movimento, como resultado disso deve agir o paraquedas e o corte total de energia. (SALLES, 2018)

### 2.2.6 Componentes básicos mecânicos

Segundo a Organização de Padrões Internacionais (ISS), em sua Norma nº 4344 de 01 de fevereiro de 2004, o cabo de aço é um corpo resistente formado por vários cadarços helicoidais torcidos ao redor de um eixo material chamado alma. Qualquer cabo de aço deve responder a características bem definidas que dependerão, em cada caso, do uso a que será destinado. (ISO, 2004)

As características fundamentais que determinam a escolha do cabo são:

- A flexibilidade necessária do cabo.
- A resistência ao desgaste do cabo por atrito.
- A resistência do cabo à ação corrosiva do ambiente em que funciona.

Escolher corretamente o cabo que será instalado dependerá da velocidade do motor, altura do edifício e capacidade do motor. Cabos de aço flexíveis com diâmetro superior a 6 mm e com coeficiente mínimo de segurança de 8. (ISO 4344,2004)

A cadeia de compensação é uma corrente usada para compensar o trabalho exercido nos cabos de tração. A cabine sem carga ou contrapeso estiver em uma posição extrema. As regras estabelecem o uso de correntes de compensação para edifícios com altura superior a 50 m. (ISO 4344,2004)

Os cabos de viagem são condutores extra flexíveis em cobre corado isolado com PVC especial de 75" com maior flexibilidade e energia mecânica. Construção por grupos separáveis por fios de nylon, tampa cinza. (ISO 4344,2004)

Condutores numerados identificados e condutor de solo verde.

Modelos:

- **TVVB:** padrão (ISO 4344,2004)
- **TVVBG:** com cabo de aço para grandes rotas. (ISO 4344,2004)
- **TVVBP:** padrão com cabos blindados. (ISO 4344,2004)
- **TVVBPG:** com cabo de aço e blindado.(ISO 4344,2004)

A cabine carrega o elemento do elevador guiado por quatro sapatos, formado basicamente por uma caixa de metal, armação e operador de cabine, sua função é transportar pessoas e cargas.

Para Gomide (2020), o contrapeso é a parte mais pesada de todos os componentes, guiado por quatro sapatos, sua presença é importante porque equilibra a carga a ser transportada, ajudando assim o motor de tração, e permite a adesão da polia e dos cabos.

O operador de cabine consiste em um motor responsável por abrir e fechar a porta da cabine e do piso, um mecanismo de segurança das portas da cabine e um sistema de controle regulatório na velocidade de trabalho do motor. (GOMIDE,2020)

O dispositivo eletromecânico que desbloqueia a porta do chão, foi substituído por pinças que agem mecanicamente chamadas pantógrafos, que são mais confiáveis do que o skate retrátil.

Normalmente utilizado em equipamentos de com maiores velocidades de trabalho, porém devido ao seu baixo custo de manutenção e ao baixo ruído que gera pode ser usado em elevadores de baixa velocidade. (GOMIDE,2020)

### 2.2.7 Componentes básicos de segurança

O paraquedas é um dispositivo que juntamente com o regulador de velocidade age segurando a cabine quando os cabos de aço são liberados da base de ajuste e a cabine inicia queda livre. Existem dois tipos de paraquedas, instantâneos e progressivos, os de paraquedas é usado em elevadores com deslocamento menor que 1 m/s e como o nome indica, uma vez ativado ele para a cabine instantaneamente. O Progressivo é usado em velocidades superiores a 1 m/s para prever as consequências que os usuários podem ter com detenção abrupta. (IUNQ,2017)

### 2.2.8 Componentes básicos de controle

Conforme Iunq (2017), elevadores convencionais e modernos o sinal de controle que atinge o Sistema de Controle de Relé e PLC, vem da sala de máquinas, pit (cabine) e corredor (portas do piso), a detecção do estado geral é feita através de sensores, interruptores, extremidades de corrida, indutores, micro switches e elementos mistos.

- **Chave de Fim da viagem:** Encarregados de desligar a energia quando o elevador é nivelado nas extremidades, esses dispositivos não são auto recuperáveis, ou seja, precisam de uma pessoa para se recuperar. (IUNQ,2017)

- **Interruptores permanentes de estado:** Responsável por desconectar a energia elétrica, quando uma falha for detectada no porta-sapatos e no paraquedas do elevador.(IUNQ,2017)

- **Fotocélula:** Dispositivo eletrônico que muda de estado (ON. OFF) quando um feixe de luz é interrompido, sua função é controlar a abrir a porta da cabine.(IUNQ,2017)

- **Lado em movimento:** Dispositivo eletromecânico responsável por abrir a porta na presença de um obstáculo quando a porta da cabine está fechando. (IUNQ,2017)

- **Contatos de Reiter:** São dispositivos responsáveis pelo controle, a posição do elevador, a condição das portas do piso, cabine e sobrepeso, são de duas modalidades auto recuperáveis e não recuperáveis (IUNQ,2017)

### 2.2.8. Corredor

Segundo a Norma Regulamentadora Brasileira (NBR-5666), chamados para as partes da frente das portas do chão, incluindo os mecanismos de fixação.



### 2.2.9 Componentes básicos mecânicos e eletromecânicos

- **Porta da cabine:**Conforme a (NBR -13994) constitui a segurança das pessoas. Pela forma como é controlado existem três tipos de portas manuais, semiautomáticas e automáticas e pela forma como abre e fecha estão a abertura lateral, abertura central e inclinação.

- **Cabeças:**Componente da porta do piso, sua função é segurar as portas do piso, por meio de quatro cachos equipados com bobinas, serve como escorregador e é equipado com elementos de segurança das pessoas. Dependendo da massa das portas, do piso e sua utilidade os elevadores cachos podem ser de ferro, bronze ou revestidos em plástico. (NBR -13994)

### 2.2.10 Componente do sistema elétrico de proteção

Interruptor Termomagnético (ITM):Manobras e elementos de proteção cuja capacidade de quebrar a tensão de operação deverão ter especificações de uso igual ou maior a corrente de curto circuito em seu ponto de uso.O (ITM) protege o Sistema Elétrico contra falhas de curto-circuito e sobrecarga, garantindo o funcionamento normal. (IUNQ,2017)

Um Sistema de Proteção de Elevadores consiste em dois disjuntores, um localizado na placa principal, responsável por proteger os motoristas que vão desde a placa principal até a sala de máquinas e o outro localizado na sala de máquinas responsável pela proteção do motorista do motor.(IUNQ,2017)

Figura 3 – Disjuntor térmico



Fonte: Westinghouse (2016).

### **2.2.11 A modernização**

A Modernização deve ser aplicada a:

- Elevadores AC por um longo tempo sofreram práticas de manutenção inadequadas causando danos irreparáveis à máquina, ao Sistema de Controle e a outros componentes do Sistema em geral. (IUNQ,2017)
- Elevadores DC que desfrutam de manutenção adequada, mas representam um alto custo de carbono para o gerador e motor, reparos extremamente caros do gerador e do motor e, mais importante, os equipamentos DC e seus componentes são descontinuados) - elevadores CA cujas máquinas são rotor enrolado.(IUNQ,2017)

A modernização inclui adequação quando necessária e aplicar-se como mencionado aos equipamentos convencionais que estão em más condições, cuja manutenção é técnica e economicamente inviável se manter.(IUNQ,2017)

### **2.2.12 Adequação de elevadores**

Adaptar um elevador é modificar uma instalação de uma determinada idade, adicionando ou substituindo peças para melhorar sua condição de segurança, ajustando-o na medida que a instalação permite, às normas vigentes. (IUNQ,2017)

Segundo Iunq (2017),devemos considerar os seguintes componente:

- Troca de porta de cabine e piso.
- Troca de elementos de travamento da porta (tesoura, patins retráteis).
- Reforma de paraquedas.
- Adicione lingotes ao contrapeso ou à cabine, dependendo do caso.
- Mecanismo automático de reabertura da porta.
- A mudança de carreira termina.
- Pesadores de sobrecarga de montagem.
- Instalação de chamada preferencial para uso de fogo.

Modernizar um elevador é um processo de atualização tecnológica e/ou estética, visando aumentar sua eficiência e segurança. Isso requer: incorporar novos componentes, substituir os componentes deteriorados e melhorar estética da cabine. A modernização traz benefícios econômicos : na eletricidade , número de reparos, redução do desgaste dos componentes mecânicos e elétricos e conseqüentemente a utilização de peças com menor custo. (IUNQ,2017)

A segurança também fica garantida pois com a modernização também ocorre os bloqueios de contato duplo, otimização que reduz o tempo de espera e aumentando a capacidade de transporte, flexibilidade na programação, facilita a qualidade de vida de com qualidades e habilidades diferentes , diagnóstico de falhas usando códigos fáceis de ler, melhor sinalização e possibilidade de incorporar serviços adicionais, tais como:

Serviço independente, serviço de evacuação de emergência de incêndio, emergência por queda de energia, manobra sabática, manobras especiais adaptadas às necessidades do edifício, restrição de acesso, limitação da possibilidade de entrada não autorizada de pessoas não autorizadas a determinados setores ou cancelamento de paradas em determinados horários. (IUNQ,2017)

Para executar de forma correta a modernização deve-se seguir o roteiro abaixo:

- 1.- Inspeção geral do elevador (sala de máquinas) .
- 2.- Classificar as falhas por ordem de importância.
- 3.- Determinar e priorizar a modernização do equipamento.
- 4.- A mudança da máquina, motor, controle não deve, sob nenhuma circunstância, no que diz respeito às características elétricas ser a mesma, se assim for, não seria mais uma modernização. A modernização envolve, como mencionado nos diferentes capítulos, uma série de vantagens e isso não é possível se mudarmos com elementos de características semelhantes, a partir daí a necessidade do estudo dos dispositivos, realizado por um especialista. (IUNQ,2017)
- 5.- A evidência dos elementos alterados após a conclusão da modernização é de suma importância, conforme estabelecido pelas regulamentações nacionais e internacionais.

A operação de um elevador envolve todos os componentes localizados na sala de máquinas, bem e corredor. Sendo múltiplas falhas em um elevador, causadas por manutenção inadequada e em outras devido à negligência do usuário só abordarei as falhas mais importantes. Abaixo está um glossário de

definição e condição de peças observadas em elevadores de construção fazendo referência às Normas sobre a existência desses dispositivos em perfeitas condições. (CAVALCANTE,2016)

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

A modernização é realizada na sala de máquinas, bem e corredor e consiste em troca de componentes, que em alguns casos estão deteriorados e são de alto grau de obsolescência, a substituição por ela não é possível devido à escassez da peça no mercado, em outros casos os dispositivos a serem trocados têm muitas falhas e além disso sua manutenção representa um alto custo.

Neste capítulo baseado na (ABNT NBR 13994:2000) determinaremos os elementos que justificam a mudança e desenvolvem algumas considerações, bem como cálculos associados a essas mudanças relevantes. Na prática, na maioria dos casos não há dados, tabelas e informações dos fabricantes de peças mecânicas, constituindo uma dificuldade no desenvolvimento dos cálculos, nestes casos é aplicado o método de teste e erro que garante a aplicação e o funcionamento normal dessas peças.

#### **3.1 Sistema de tração**

O Sistema de Tração em estudo e mudança é de tração elétrica e indireta, assim chamado porque a carga é acoplado ao motor através de um redutor de velocidade e tem uma única polia de deflexão.

#### **3.2 Motor**

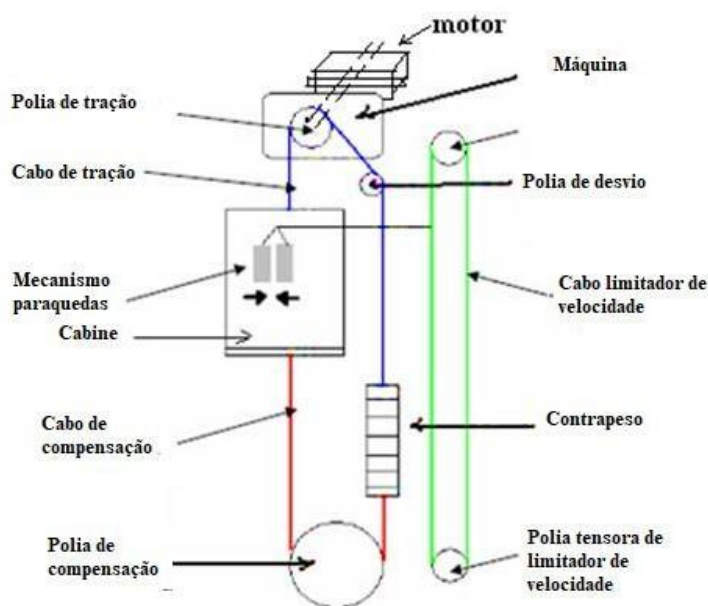
Independentemente do tipo de motor a escolher, se o serviço convencional de inversor de duas velocidades ou de uma velocidade, tendo em vista que a velocidade de ambos pode ser perfeitamente controlada com uma unidade de frequência de inversor de frequência variável (VFD) com limitações de desempenho de baixa frequência e aquecimento no motor convencional; O dimensionamento do motor é de suma importância em uma modernização, por isso vamos iniciar este estudo com o cálculo da potência do motor para conduzir a carga. (NBR-565, 1983)

### 3.2.1 Determinação da potência mecânica do motor ( $P_m$ )

Os fabricantes de máquinas de indução fornecem dados do motor através de seu catálogo, placa de recurso e manuais de design. Esses dados podem ser diferenciados principalmente como:

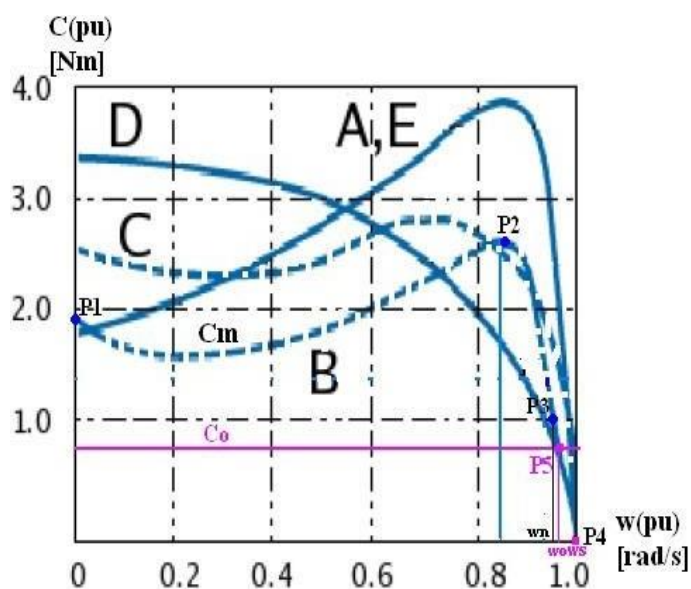
- Dados de construção: tipo de projeto, altura do eixo, peso do rotor, peso da máquina, tipo de isolamento e outros aspectos de construção ABNT NBR 13994:2000)
- Dados elétricos: tensão, intensidade, potência, fator de potência, velocidade e torque em quatro pontos de operação P1, P2, P3 e P4 correspondentes ao torque inicial( $C_a$ ), torque máximo ( $C_{max}$ ), torque nominal( $C_n$ ) e velocidade de sincronização( $\omega_s$ ). (NBR NM 207,1999)
- Os pontos mencionados nas linhas B e C (NBR NM 207,1999) mostradas no Gráfico são os pontos de operação típicos do motor, enquanto o ponto P5 representa uma condição de carga particular com torque de carga  $C_o$  a ser calculada que, como observado, sempre será menor ou igual ao torque nominal dado pelo fabricante.

Figura 4 – Sistema de tração e seus componentes



Fonte: Thyssenkrup (2015)

Gráfico 1- Classificação de motores de indução



Fonte: O próprio autor baseado nas normas para estudo de caso (2020)

A potência na placa do motor corresponde à potência de saída P (potência no eixo) Padrão seção 10.38e é a potência a ser desenvolvida pelo eixo do motor, que gira à velocidade angular do eixo do rotor ( $\omega_r$ ) quando a tensão nominal e a frequência são aplicadas aos terminais do motor, com um fator de serviço (FS) de 1,0.

A potência mecânica, ou potência no eixo do motor, é definida como:

$$P_m = \frac{T}{t} = \frac{F \cdot d \cos \varphi}{t} = \frac{M \cdot g \cdot d}{t} \quad M \cdot g \cdot v$$

Onde:

T, trabalho [N m]; t, tempo [s]; g, gravidade [ $9,81 \frac{m}{s^2}$ ]; d, deslocamento [m]

M, desequilíbrio massa s carro 50%<sub>car</sub>M; Carro M, <sub>car</sub>massa de carga[Kg]; v, velocidade [m/s]

$P_m$  s  $M \cdot g \cdot v$  é a potência no eixo do motor, esta razão é uma função de desequilíbrio de massa e velocidade, não leva em conta a eficiência do redutor, que geralmente está na ordem de 50%, a força de atrito das guias (alinhamento), aspereza condições dos trilhos, pressão dos sapatos, ajuste dos paraquedas, alinhamento da máquina, acoplamento do motor à máquina e ajuste das faixas de freio. Portanto, temos que considerar um fator que represente o poder necessário para acionar esses elementos. Este fator é a F1. Na prática, seu valor é entre 0,5 e 0,6; É um critério de designer. Neste trabalho seu valor é 0,6 expresso nas diferentes equações, finalmente.

$$P_m = \frac{0,5 \cdot M_{car} \cdot g \cdot v}{F1} \text{ [W]}$$

Esta potência está relacionada com a potência de entrada  $P_e$  pela eficiência do motor ( $\eta_m$ ), dados fornecidos pelo fabricante e necessários para dimensionar o dispositivo elétrico.

Na literatura bibliográfica [27] também encontramos a seguinte equação empírica:

$$P_m = \frac{M_t \cdot v}{102} * \frac{1}{\eta_a \cdot \eta_v \cdot \eta_p \cdot N} * X \text{ [Kw]}$$

Onde :

$M_t$  -  $M + M_{cda}$

$M$ , massa de desequilíbrio [Kg]  $M_{cda}$ ,

massa de cabeça de aço [Kg]  $v$ ,

velocidade [m/s]

$\eta_a$ , Desempenho da máquina (0,8... 0,9)

$\eta_v$ , Desempenho devido ao ângulo do abraço (0.9)

$\eta_p$ , Desempenho da polia (0,98) [27]

$N$ , número de polias. (1° 2°)

$X$ , Fator de segurança (1,1) em caso de eventual sobrecarga.

Para determinar se o motor é capaz de mover a cabine e a carga é necessário verificar se o torque nominal do motor (utilizando as especificações do fabricante ou através do cálculo da seguinte equação que é maior do que o torque de carga.

### 3.2.1.1 Determinação dos torques de carga e motor

Para analisar a carga, e a energia necessária para mover a carga torna necessário determinar as massas da cabine, contrapeso, cabos de aço.

Glossário:

Torque nominal do motor ( $C_N$ )

São dados de um fabricante ou são calculados usando a definição de potência mecânica.

$$C_N = \frac{P_m}{\omega_r}$$

$$\omega_r = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_1}{pp} (1 - S) \text{ [rad/s]}$$

Onde

$$P_m = \frac{M_t \cdot v}{102} * \frac{1}{\eta_a \cdot \eta_v \cdot \eta_p \cdot N} * X \text{ [Kw]}$$

$\omega_r$  é a velocidade angular do rotor [rad/s], geralmente  $\omega_r$  é conhecido como velocidade angular do motor  $\omega_m$ , para distinguir da velocidade síncrona do campo magnético na  $f_1$ , frequência de alimentação (60 Hz)  $pp$ , número de torques de postes de motor.  $S$ , deslizamento do motor, geralmente em motores de alta eficiência é entre 1 e 6 %.

### 3.2.1.2 Determinação do grupo de trabalho

Para determinar o grupo de trabalho temos que levar em conta duas variáveis, o espectro de carga e o tempo médio de funcionamento por dia útil. A determinação do Espectro de Carga é avaliada com base em quatro condições de serviço, conforme mostrado na Tabela:



Tabela 1- Condições de carregamento

a) Peso Leve	c) Pesado
Carga máxima: ocasional	Carga máxima: frequentemente
Carga moderada: regularmente	Carga moderada: regularmente
Carga morta: pequena	Carga morta: grande
b) Médio	d) Muito pesado
Carga máxima: frequentemente	Carga máxima: regularmente
Carga moderada: regularmente	Carga morta: muito grande
Carga morta: média	

Fonte: O próprio autor (2020)

Um elevador em um prédio pode ser considerado como um meio

- **Tempo médio de funcionamento por dia útil**

$$t = \frac{2 \cdot H \cdot N \cdot T}{V}$$

H - altura do edifício [m]

Número de ciclo/hora n (um ciclo é considerado como uma ida e volta e uma viagem de volta)

T - Tempo de trabalho [horas] por 24 horas (dia e noite)

V - Velocidade do elevador [m/s]

Com valores de espectro de carga (escolha de acordo com o comportamento de carga) e tempo médio t calculado (inteiro maior que t é tomado) olhamos na Tabela 4.3, o valor M (X) correspondente ao espectro de carga, t

Calculando a especificação mínima do diâmetro do Cabo

$$d_{go} = C1\sqrt{S}$$

$$C1 = \sqrt{\frac{Z_p}{K' * R_0}}$$

S - tensão máxima do cabo [N]

$Z_p$  - coeficiente mínimo de uso prático estabelecido na Tabela 4.5, com os dados obtidos na Tabela 4.4

$K'$  - fator empírico de carga mínima de quebra, para o caso de Cabo de aço

- **POLIAS**

A polia e cabos de aços com seus respectivos diâmetros tem a seguinte razão

$$\frac{D_p}{d_{cda}} / 40$$

$D_p$  [mm] ,

$d_{ct}$ [mm]

$D_p$ , diâmetro da polia de tração [mm]

$D_{ct}$ , diâmetro do cabo de tração [mm]

$\delta$

$$f = \mu * \frac{4*(1-\text{sen}\frac{\delta}{2})}{\pi-\delta-\text{sen}\delta} \text{ Para gargantas semicirculares com entalhe}$$

$$f = \mu * \frac{1}{\text{sen}\frac{\beta}{2}} \text{ Para gargantas trapezoidais}$$

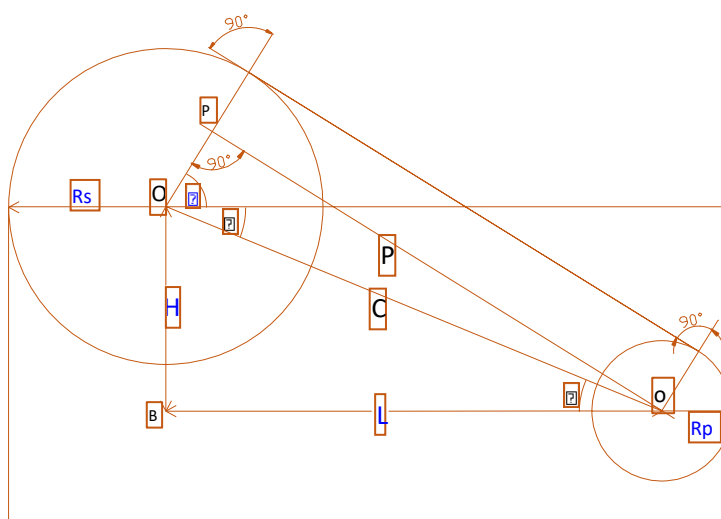
$$f = 4\mu * \frac{\text{sen}\frac{\beta}{2}}{\beta+\text{sen}\beta} \text{ Para gargantas semicirculares}$$

f - coeficiente de atrito dos fios nas gargantas de polias, que é uma função do coeficiente de atrito do material de polia (ferro fundido).

A adesão ideal do CDA é de suma importância em um sistema de tração de elevador e depende do arranjo geométrico da forma do canal PT, PD e PT

Expressão de altura h com base no ângulo e na projeção horizontal da distância entre os centros de polias.

Figura 5 - mostra geométrica da polia de tração e seu desvio:



Fonte : O autor com baseado nas normas com auxílio do autocad (2020)

Triângulo Retângulo OAO'

$$\text{sen}(\varnothing + \beta) = \text{sen } \varnothing \cos \beta + \text{sen } \beta \cos \varnothing \text{ (I)}$$

$$\text{sen}(\varnothing + \beta) = \frac{a}{c} \text{ (II)}$$

Triângulo Retângulo OBO'

$$\cos \beta = \frac{l}{c} \quad \text{sen } \beta = \frac{h}{c}$$

h – espaço vertical do centro da polia

l - projeção horizontal da distância entre centros de polias  $\varnothing$ - ângulo suplementar de s (ângulo de abraço)

Correspondente I e II, substituindo valores e dividindo por h temos:

$$\frac{l}{h} \text{sen } \varnothing + \cos \varnothing = \frac{a}{h} \text{ (III)}$$

$$\cos(\varnothing + \beta) = \cos \varnothing \cos \beta - \text{sen } \varnothing \text{sen } \beta \text{ (IV)}$$

$$\cos(\emptyset + \beta) = \frac{R_s - R_p}{c} \text{ (V)}$$

Correspondência IV e V, substituindo valores e dividindo entre l temos

$$\cos \emptyset + \frac{h}{l} \text{sen} \emptyset = \frac{R_s - R_p}{l} \text{ (VI)}$$

III – VI

$$\frac{l}{h} \text{sen} \emptyset + \frac{h}{l} \text{sen} \emptyset = \frac{a}{h} - \frac{R_s - R_p}{l} \text{ (VII)}$$

$$\text{sen} \emptyset (l^2 + h^2) = al - h(R_s - R_p)$$

$$c = \sqrt{l^2 + h^2} \quad a = \sqrt{c^2 - (R_s - R_p)^2}$$

$$\text{sen} \emptyset = \frac{l \sqrt{l^2 + h^2 - (R_s - R_p)^2} - h(R_s - R_p)}{l^2 + h^2}$$

$$(l^2 + h^2) \text{sen} \emptyset + h(R_s - R_p) = l \sqrt{l^2 + h^2 - (R_s - R_p)^2}$$

$$((l^2 + h^2) \text{sen} \emptyset + h(R_s - R_p))^2 = l^2 (l^2 + h^2 - (R_s - R_p)^2)$$

$$\begin{aligned} ((l^2 + h^2) \text{sen} \emptyset)^2 + 2h(l^2 + h^2) \text{sen} \emptyset (R_s - R_p) + (h(R_s - R_p))^2 \\ = l^2 (l^2 + h^2 - (R_s - R_p)^2) \end{aligned}$$

Simplificar

$$(l^2 + h^2) (\text{sen} \emptyset)^2 + 2h \text{sen} \emptyset (R_s - R_p) + (R_s - R_p)^2 = l^2$$

$$l^2 (\text{sen} \emptyset)^2 + h^2 (\text{sen} \emptyset)^2 + 2h \text{sen} \emptyset (R_s - R_p) + (R_s - R_p)^2 = l^2$$

$$h^2 (\text{sen} \emptyset)^2 + 2h \text{sen} \emptyset (R_s - R_p) + (R_s - R_p)^2 = l^2 - l^2 (\text{sen} \emptyset)^2$$

$$(h \text{sen} \emptyset + (R_s - R_p))^2 = l^2 (1 - (\text{sen} \emptyset)^2)$$

$$h \text{sen} \emptyset + (R_s - R_p) = l \sqrt{1 - (\text{sen} \emptyset)^2}$$

$$h = \frac{l \sqrt{1 - (\text{sen} \emptyset)^2} - (R_s - R_p)}{\text{sen} \emptyset}$$

seRs 'Rp

$$h = l \cot \emptyset$$

A posição da polia manterá este ângulo ajustando l e h para as dimensões do poço e localização de contrapeso.

Tabela 2- Pressão dos CDA em relação a velocidade

<b>Máxima pressão específica dos cabos</b>	
<b>Velocidade (m/s)</b>	<b>P max. (Mpa)</b>
0,50	9,67
0,63	8,21
0,75	8,86
1,00	8,25
1,20	7,86
1,50	7,40
1,60	7,27
1,75	7,09
2,00	6,83

Fonte: o autor baseado nos limites estabelecidos pelas normas. Criada pelo próprio autor a partir dados fornecidos pelo manual do fabricante.

#### 4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste Capítulo analisamos os componentes a serem alterados. Para tanto, consideraremos um critério de ações a serem tomadas com base na necessidade de reparar ou alterar componentes.

- a) Mudar o sistema Ward Leonard para um motor de serviço inversor velocidade CA
- b) Mudar o controle para um PLC
- c) Inclusão de um inversor de frequência de 25 Hp.

Custo aproximado do motor, unidade e PLC, R\$ 80.000,00.

Se a máquina não estiver em perfeitas condições: Custo aproximado de máquina, motor, polias, freio, acionamento e PLC, R\$ 150.000,00.

Planejar e modernizar o sistema de tração considerando apenas os altos custos de reposição, não levando em conta a economia que representa no consumo e manutenção de energia.

Tabela 3 - Ações corretivas

Partes	Ação corretiva	Custo aproximado
Coroa	Mudar	35.000,00
Buchas	Mudar	5.000,00
Rolineiras	Mudar	5.000,00
Polia de tração	Reparação	5.000,00
Contatores (6)	Mudar	12.000,00
Fiação	Mudar	5.000,00

Fonte: O próprio autor baseado em estimativa de mercado (2020)

O sistema de tração particular inclui uma polia e polia de desvio com diâmetros de tamanho diferente da polia anterior, portanto, os diferentes parâmetros associados às polias e cabos de aço devem ser calculados para alcançar a operação ideal, uma tabela é feita contendo as medidas, a fim de poder usar os dados, como mostrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Diâmetros da polia existente e nova

Polia	Diâmetro externo (mm)	Diâmetro interno (mm)
Polia de tração anterior	420	100
Nova polia de tração	360	120
Polia de desvio anterior	400	100
Nova polia de diversão	360	120

Fonte: O próprio Autor (2020)

O diâmetro da polia é uma função da velocidade do elevador e da velocidade angular do rotor, as Normas estabelecem a seguinte razão:

$$\frac{D_p}{d_{cda}} / 40 \quad (4)$$

$D_p$  , diâmetro da polia [mm]  $d_{cda}$ , diâmetro do cabo de aço [mm]

Dado que o diâmetros máximos da polia e do cabo de aço satisfazem a razão de 5,5, o diâmetro do CDA não pode ser inferior a 8 mm padrão .

Ao alterar a máquina e o banco é necessário realizar os cálculos relativos ao deslizamento mínimo da pressão mínima do CDA conforme procedimento indicado .

Cálculo de  $\alpha_{\min}$  . T1/T2, C1, C2, f.

Os cabos de aço nem sempre são alterados porque apresenta problemas de fadiga e abrasão, em alguns casos o CDA é relativamente novo, mas um deles é mal apertado colocando mais pressão sobre a polia a ponto de gastar os canais de forma desigual, se essa anomalia não for corrigida no tempo roldana e CDA terá que ser alterada, a razão para fazer cálculos sobre o número de CDA a ser usado é porque a polia geralmente é projetada com um ou dois canais gratuitos, a fim de usar tais canais na imprudência das empresas de manutenção para não apertar o CDA .

Cada placa de controle do elevador lida com uma seção de energia e um sinal baixo ou eletrônico, ambos os sinais são alimentados por transformadores separados. O comum de ambos os transformadores (0V) juntam-se ao negativo da ponte retificador e isso, por sua vez, à massa do sistema em geral, que deve ser conectado ao sistema neutro e aterrado em algum momento do sistema, tudo para proteger o usuário e ter uma referência de tensão.

A massa do sistema inclui botões de cabine e corredor, quaisquer elementos metálicos que fazem parte do equipamento e todos devem ser unidos com condutores, se eles estiverem isolados.

A medida que a placa lida com dispositivos de desconexão, nos deparamos com a presença de transitórios, uma maneira de minimizar esses efeitos são:

Instale supressores de arco em dispositivos de armazenamento de energia, como derrapagem retrátil, bobina de freio, contadores.

Estes supressores são geralmente dispositivos seriais, como capacitores cuja capacidade varia de 10F a 3.30F com tensões pelo menos o dobro da tensão de trabalho e resistores cujos valores estão entre 150F e 1000, 5 W.

#### **4.1 Comparação entre wlc , controlador lógico com fio , e controlador lógico programado plc ( programação lógica controlada ) em elevadores**

Vantagens:

Não há vantagens substanciais a menos que o elevador tenha tido manutenção adequada. A lógica com fio usada pelo elevador convencional só é fácil de manusear e entender quando se trata de controlar elevadores de dois andares.

Desvantagens:

- Os componentes ocupam um grande volume.
- Os componentes básicos (relés) só permitem duas funções de Inter travamento, e negação, muito propensas a mudar de estado se você não tiver manutenção adequada
- Dado o pequeno número de funções que o relé aumenta o uso deste componente nos controles, dificultando a interpretação nos planos.

As vantagens de modernizar um sistema de controle de PLC são múltiplas entre elas que temos:

- Redução do tempo de desenvolvimento do projeto no controle do elevador.
- Possibilidade de fazer modificações sem custo adicional para outros componentes.
- Espaço mínimo de ocupação.
- Menor custo de mão-de-obra.
- Manutenção econômica.



- Possibilidade de governar vários elevadores usando o mesmo PLC como mestre.
- Tempo de partida mais curto.
- Possibilidade de aumentar a memória ou descartar o PLC, podendo ser utilizado em equipamentos de menor capacidade.
- Desvantagens com:
- Valor inicial para sua instalação.
- Treinamento técnico relativo para a configuração de softwares PLC e Variador.

#### 4.1.2 Características de operação do elevador

Levando em consideração 3 horários de pico operacional do equipamento à uma taxa de 30 viagens por hora e estimando uma utilização de 20 viagens por horas nas outras 07 horas de funcionamento temos:

Número de partidas em 10 horas x 110  $t_a$ , tempo de inicialização (2 s)

Considere 25 dias de operação de elevador em um mês

10 h é o tempo médio de funcionamento do elevador em 24 h

Quantidade de Kw h consumida em um mês de elevador

CE - 10,91 Kw \* 10 (h/d)\*(25 d/mês) - 2727,5 Kwh/mês

Número de Kw h consumido em um início ( $CE_{arr}$ )

$$CE_{arr} = \sqrt{3} * 208 * 129 * 0,7[W] * \frac{1 [A W]}{1000 [W]} * \frac{2 [S]}{arr} * \frac{1t}{3600 [s]} 0.018 \text{ Kwh/arr}$$

Quantidade de Kw h consumida em 110 partidas/d por 25 d ( $CE_{arr.m}$ )

$CE_{arr,m}$  s (0,018 Kwh/arr)\*(110 arr/d)\*(25 d/mês) s 49,7 Kw/mês

Quantidade de Kw h consumida em 4 fluorescentes de 25 W em um mês ( $CE_f/mês$ )

$CE_f/mês$  s 0.1 Kw\* ( 30 dias/mês)\* (24 horas/dia) (24h/d)s teremos 72 Kwh/mensais

O Kwh consumido por este elevador, independentemente de outras cargas como tomadas e luzes no poço e sala de máquinas, que eventualmente são usados é de 2849,2 Kwh para cada elevador, indicando que o consumo pelos dois elevadores é de 5698,4 Kwh.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O excesso de tamanho dos motores convencionais, especialmente aqueles com quase 30 anos de serviço (THYSSENKRUPP SUR MODELO EM-33), é atribuído ao baixo desempenho do motor observado nas placas dos diferentes motores um deslizamento de até 15% (1275 RPM a 50 Hz, 4 polos).

Superdimensionar o motor implica que o motor trabalha com cargas bem abaixo de sua carga nominal, essa diferença de potência não dimensionada é distribuída em perdas elétricas, magnéticas e mecânicas.

A manutenção de um motor é mínima sua vida útil depende da manutenção do Sistema Eletromecânico em geral, práticas de manutenção ineficazes e/ou nenhuma prática encurta a vida útil do motor lá que quando um motor se deteriora é importante detectar a causa da deterioração do motor

As falhas mais impactantes em um motor de elevador são a deterioração do sinuoso, que na maioria dos casos se deve ao desgaste do eixo do rotor na altura dos chuveiros do rotor, em outros devido a um baixo dimensionamento das proteções que não agem quando ocorre uma falha de energia do motor.

A modernização dos elevadores implica, antes e necessariamente, uma adaptação do equipamento às normas existentes sobre segurança do usuário. Para que um elevador seja considerado como modernizado, não basta eliminar o sistema de controle e substituí-lo por um PLC, mas é necessário incorporar um inversor de frequência, especialmente em elevadores maiores que 15 andares, e velocidades superiores a 1m/s, com um sistema de ventilação forçada é possível trabalhar com a alta velocidade do motor assíncrono existente, e depois alterá-lo para um motor de serviço inversor, se assim for garantido pelo caso.

Este estudo de caso visa contribuir de forma que vá além das conclusões, aqui estão algumas recomendações são importantes de ressaltar, são elas: atualização do elevador, adequação dos elevadores de acordo com as normas. Não é recomendado sob qualquer ponto de vista que ter um motor de desempenho padrão defeituoso (IE1) no rotor e o estator determinará a mudança do motor para outro, a recomendação é mudar o motor para motores de alta eficiência (IE2) (motores de serviço de inversor)

Tais modificações indicam os reais apontamentos a serem levados em conta no que diz respeito aos custos do VFD e do PLC que inicialmente são superiores à decisão de mudar o motor para outra igual a duas velocidades, mas no curto prazo os custos são compensados constituindo no final uma economia de dinheiro.

Modernização dos elevadores, traz maior comodidade, segurança e atendimento das normas visa reduzir os custos de energia elétrica, colaborando com a qualidade de vida de seus usuários. Ao implementar ou alterar as diferentes partes, deve-se tomar conta do dimensionamento correto com todas

as limitações impostas pelos diferentes métodos de cálculo, uma superdimensionada como em grande percentual resulta na diminuição da eficiência do sistema em geral e, portanto, um aumento dos custos operacionais.

As precauções de montagem e comissionamento do PLC e da unidade recomendadas pelo fabricante é necessário levar em conta a segurança dos equipamentos e das pessoas, para que sejam instalados por pessoas qualificadas. Finalmente, ao projetar o circuito de entrada PLC e o inversor, os sinais do PLC não devem de forma alguma atingir os pontos de execução/parada do Forwardrun/stop e reverse do inversor, mas devem vir de contatos de relé, associados à segurança das pessoas.

Para a melhoria da estimativa da quantidade de energia consumida é possível realizar as seguintes tarefas:

- Realizar um estudo em um prédio que já conta com um sistema de menor consumo instalado e compará-lo a um prédio similar sem o equipamento.
- Utilizar de um analisador de corrente para aferir a quantidade exata de energia consumida
- Analisar e determinar a inclusão de uma célula de carga, entre o cabo de sustentação do elevador e o equipamento, para obter maior precisão nos dados de distribuição de carga (quantidade de passageiros).

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR – NM 207: ELEVADORES ELÉTRICOS DE PASSAGEIROS – REQUISITOS DE SEGURANÇA PARA CONSTRUÇÃO E INSTALAÇÃO**. Rio de Janeiro – RJ, novembro de 1999. Revisitado em 13/06/2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5666: ELEVADORES ELÉTRICOS**. Rio de Janeiro – RJ, dezembro de 1977. Revisitado em 13/06/2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10982: ELEVADORES ELÉTRICOS – DISPOSITIVOS DE OPERAÇÃO E SINALIZAÇÃO**. Rio de Janeiro – RJ, abril de 1990. Revisitado em 13/06/2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13994: ELEVADORES PARA TRANSPORTE DE PESSOA PORTADORA DE DEFICIÊNCIA**. Rio de Janeiro – RJ, maio de 2000. Revisitado em 13/06/2016.
- CAMPOS, Jociane Rodrigues de. **As melhorias da gestão de clientes especiais após implantação do CSC–Caso Thyssenkrupp Elevadores**. Rio Grande do Sul: UNISINOS, 2016. Disponível em: [http://repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/6580/Jociane%20Rodrigues%20de%20Campos\\_.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/6580/Jociane%20Rodrigues%20de%20Campos_.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- CAVALCANTE, Igor Vasconcelos. **Sistema de regeneração para elevadores**. Brasília: UNB, 2016. Disponível em: <https://www.bdm.unb.br/handle/10483/16654>
- DE CAMARGO, VALTER LUIS ARLINDO. **Elementos de automação**. São Paulo: Saraiva Educação SA, 2014.
- DE PÁDUA, Elisabete Matallo M. **Metodologia da pesquisa: abordagem teórico-prática**. São Paulo: Papirus Editora, 2019.
- ENGEL, Stéfani dos Santos. **Estudo de caso de gestão e de técnicas aplicadas em um retrofit (reabilitação) de uma edificação em Criciúma–SC**. Santa Catarina: UNESC, 2018. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/handle/1/6312>
- GOMIDE, Tito Lívio Ferreira et al. **Inspeção predial total**. São Paulo: Oficina de Textos, 2020.
- GONÇALVES, Guilherme Ostjen. **O projeto de modernização institucional na Defensoria Pública do estado do Rio Grande do Sul e o impacto no acesso à justiça**. Rio Grande do Sul: UFRGS, 2019. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/201990>
- IUNQ, Marcos. **Análise preliminar e controle de riscos de quedas nas atividades de instalação de elevadores**. Paraná: UTFP, 2017. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/9919>
- RUDENKO, N. **MÁQUINAS DE ELEVAÇÃO E TRANSPORTE**. Livros Técnicos e Científicos. Editora S.A. Rio de Janeiro – RJ, 1976. Revisitado em 28/04/2016.

SALLES, Laís. **Propostas de melhorias para o sistema de tratamento de falhas para o equipamento elevador de canecas de uma indústria química.** 2018. 61 f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018. Disponível em:<https://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/1498>

SCIPIONI, Gustavo Callegari. **Avaliação dos aspectos de segurança de elevadores em edificações na cidade de Pato Branco.** Paraná: UTFP, 2017. Disponível em:<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/8956>



## APÊNDICES

### Apêndice 1 – Limitador de velocidade



Fonte: Captada pelo Próprio Autor (2021)

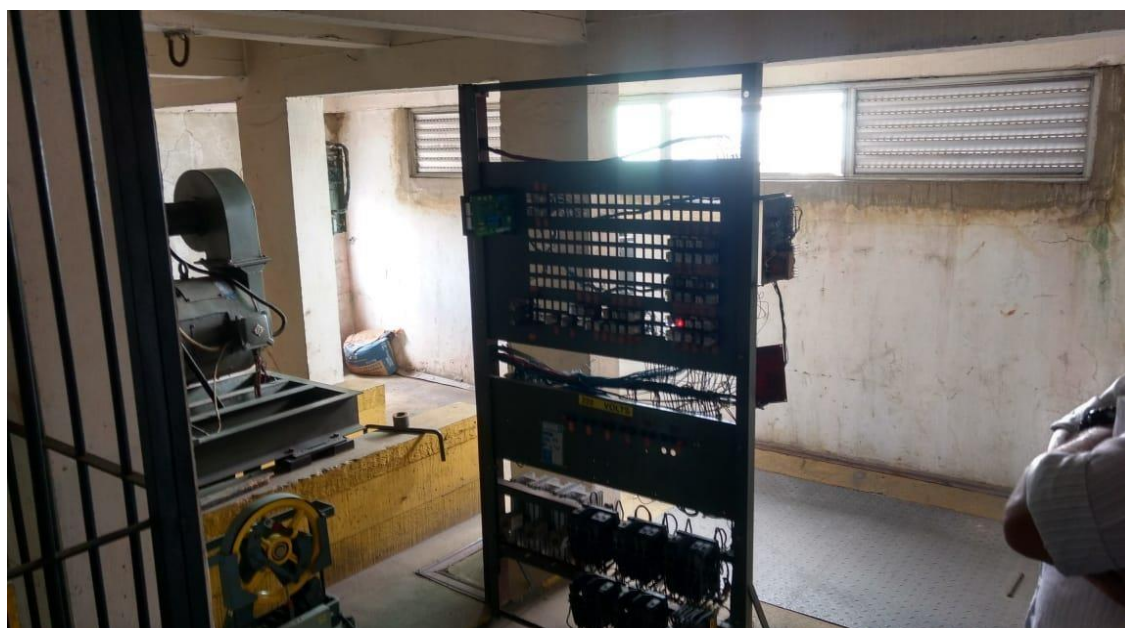
## Apêndice 2 – Máquina de tração



Fonte: Captada pelo Próprio Autor (2021)



Apêndice 3 – Vista traseira do quadro de comando antigo



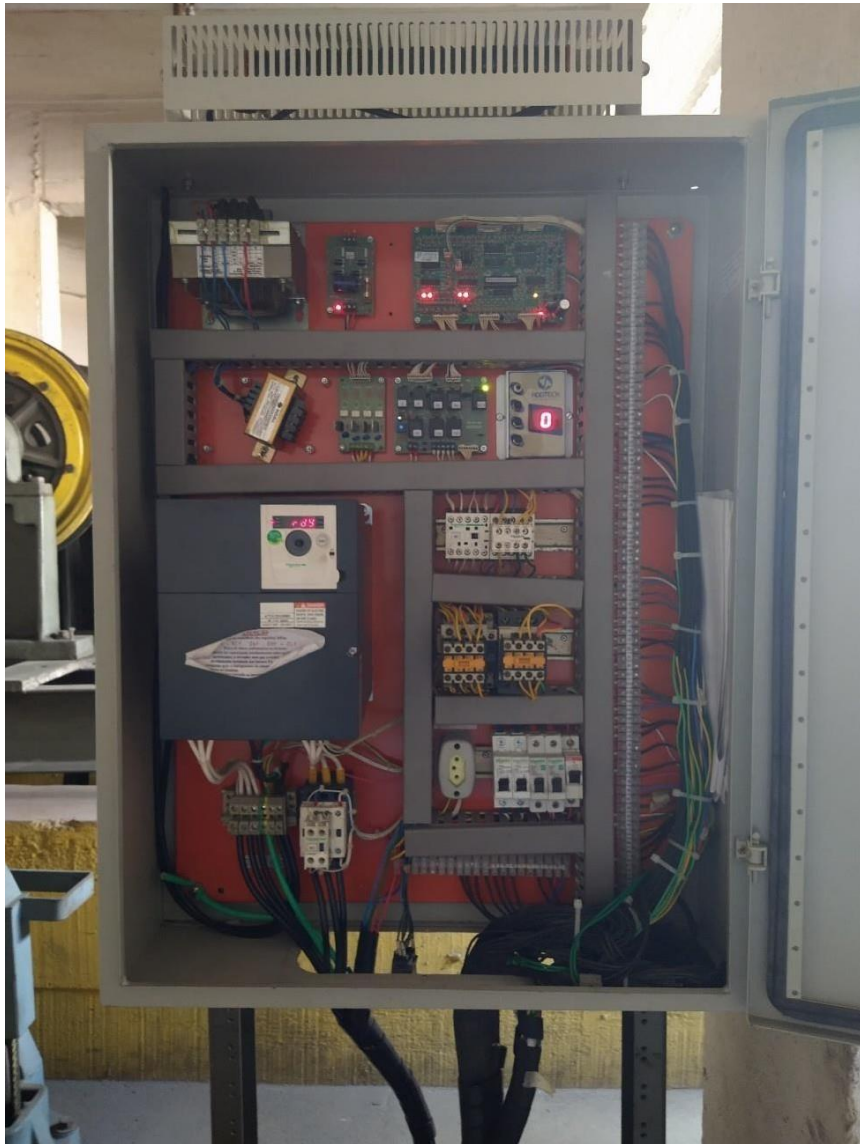
Fonte: Captada pelo Próprio Autor (2021)

Apêndice 4 – Vista frontal do quadro de comando antigo



Fonte: Captada pelo Próprio Autor (2021)

Apêndice 5 – Vista frontal do quadro de comando novo



Fonte: Captada pelo Próprio Autor (2021)

Apêndice 6 – Vista lateral máquina de tração



Fonte: Captada pelo Próprio Autor (2021)

