

ELEVADOR DE PASSAGEIROS

SILVA, Thais Neves

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. thaisnvs1995@gmail.com

Silva, Guilherme Ricardo Lima

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. gui.ricardosilva@gmail.com

Freitas, Lucas Aguiar

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. lucasaguiar85583@gmail.com

Moreira, Matheus Vinícius

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. sergio.brandao@unievangelica.edu.br

Resumo

Neste artigo são apresentados os tipos de elevador, seus sistemas mecânicos e particularidades para o uso residencial. São abordados, os fundamentos necessários para dimensionamento dos elementos do projeto. Além disso foram estudadas uma das principais normas referentes ao tema para concepção de um projeto seguro e respaldado. Um elevador sempre é um diferencial em qualquer residência, seja na sua casa, ou em um investimento imobiliário. É um excelente investimento financeiro. O objetivo deste artigo é elaborar o projeto de um elevador de passageiros que tenha a capacidade de transportar oito pessoas até a fase do detalhamento.

PALAVRAS-CHAVE: ELEVADOR DE PASSAGEIROS, DIMENSIONAMENTO DOS ELEMENTOS, INVESTIMENTO FINANCEIRO.

1. INTRODUÇÃO

A palavra elevador é oriunda das expressões em latim “elevātor” e “ōris” que significam o que eleva, ergue, levanta, do verbo elevār, elevar. por definição, elevador é o que eleva, máquina elevatória; ascensor [1].

A primeira menção do que podemos chamar de “elevador”, que se tem registro, data de 110 a.C, quando o arquiteto e engenheiro romano Vitruvius criou o primeiro guincho manual. Essas máquinas eram movidas pela força humana ou por tração animal. Mas foi só depois da Revolução Industrial, no século XIX, que a máquina a vapor possibilitou a construção de elevadores fixos para transportar materiais e, principalmente, pessoas. O primeiro sistema de segurança que impede a queda do elevador em caso de rompimento das cordas foi criado em 1852 pelo americano Elisha Grave Otis [2].

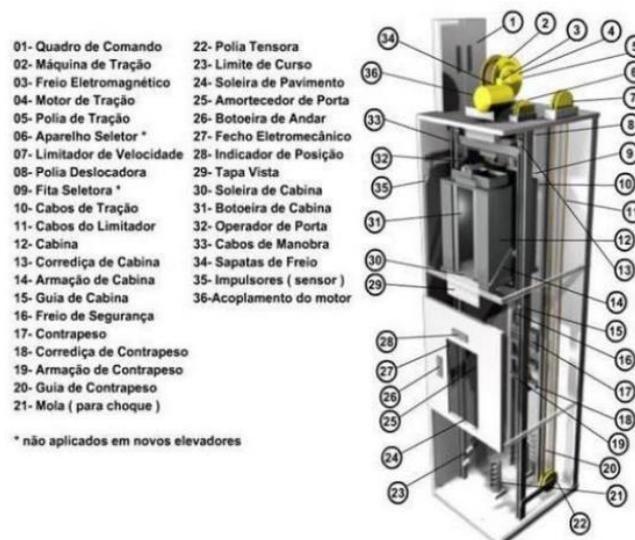
A instalação de elevadores em sobrados e residências é uma tendência dos dias atuais. Um elevador sempre será um diferencial em qualquer residência, seja na sua casa, ou em um investimento imobiliário. É um excelente investimento financeiro. A valorização do imóvel é muito maior do que o valor investido no elevador. Ademais, com o envelhecimento da população e a crescente inclusão social de pessoas com dificuldade de locomoção, aumenta-se a necessidade em oferecer autonomia e mobilidade, inclusive dentro de casa. Adquirir ou construir uma casa térrea, com acessibilidade, tornou-se uma tarefa cada vez mais difícil, devido ao alto custo dos terrenos nos grandes centros urbanos [3].

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Tipos de Elevadores

Há diversos tipos e modelos de elevadores disponíveis atualmente no mercado. Os mais utilizados em residências são os equipamentos elétricos e hidráulicos. Menos usuais, são os elevadores a vácuo. O elevador é constituído de uma cabine que é montada sobre uma plataforma, em cima de uma armação de aço constituída por duas longarinas fixadas em cabeçotes superior e inferior. Todo este conjunto da cabine, armação e plataforma chama-se carro. Na figura 1 encontra-se a ilustração de um elevador com suas principais partes [4].

Figura 1: Principais partes de um elevador.



Fonte: [5].

Normalmente os elevadores contam com um contrapeso para igualar o peso do carro com o peso total acrescido de 40% a 50% da capacidade licenciada. O contrapeso é constituído de uma armação metálica formada por duas longarinas e dois cabeçotes, onde são fixados pesos, de tal forma que todo o conjunto deslize pelas guias que são trilhos. As guias são fixadas em suportes de aço, os quais são chumbados em vigas de concreto ou de aço [6].

O carro e o contrapeso são suspensos por cabos de aço que passam por uma polia, instalada no eixo da máquina de tração e localizada na casa de máquinas. O movimento de subida e descida do carro e do contrapeso é feito pela máquina de tração. A aceleração e o retardamento ocorrem em função da variação de corrente elétrica no motor de tração. A parada final é possibilitada pela ação de um freio que está instalado na máquina de tração [5].

Além desse freio, o elevador é dotado também de um freio de segurança para situações de emergência. O freio de segurança é de atuação mecânica, pois é um dispositivo fixado na armação do carro, destinado a pará-lo de maneira progressiva ou instantânea, prendendo-os às guias quando acionado pelo limitador de velocidade [6].

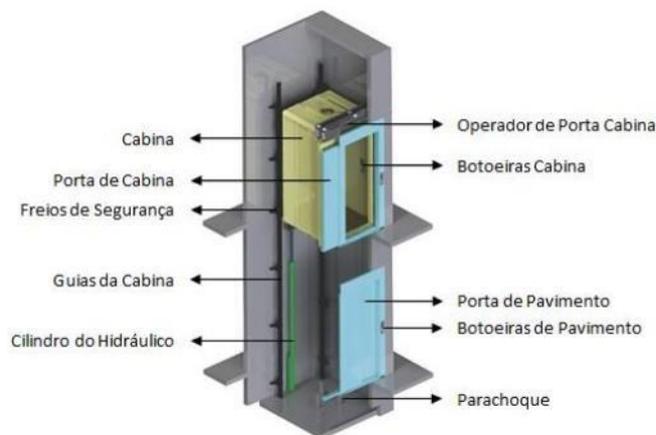
O limitador de velocidade é um dispositivo montado no piso da casa de máquina, que é constituído basicamente por polias, cabos de aço e interruptor. O limitador aciona mecanicamente o freio de segurança e desliga o motor da máquina de tração do elevador, quando a velocidade do carro ultrapassar o limite pré-estabelecido [5].

2.1.2 Elevadores hidráulicos

Os elevadores hidráulicos, mostrado na Figura 2, são movidos por um pistão hidráulico que normalmente se situa abaixo do equipamento. Anteriormente, maiores vantagens na aplicação desse tipo de acionamento em residências eram a eliminação da casa de máquinas no telhado da casa e a possibilidade de descida controlada do equipamento por gravidade em caso de falha na alimentação [7].

Além disso, os elevadores hidráulicos proporcionavam um maior conforto aos passageiros durante a viagem. No entanto, algumas limitações importantes surgem a partir de sua aplicação. Equipamentos hidráulicos costumam ser mais lentos e menos energeticamente eficientes em relação aos elevadores elétricos. Outro problema é a utilização dos fluidos de trabalho, visto que existem prejuízos ambientais e sanitários resultantes de um possível vazamento de óleo e também o custo de manutenção é mais elevado [7].

Figura 2: Elevador Hidráulico.



Fonte: [8].

2.1.3 Elevadores a vácuo

Tem o princípio de funcionamento baseado na sucção de ar para causar uma diferença de pressão, fazendo o equipamento subir, remetendo-se ao princípio de funcionamento de uma seringa. Sua descida é controlada a partir do alívio na pressão do ar abaixo do carro. Porém, seu uso é limitado a pequenos tamanhos e baixas cargas. Somado a isso, ainda há o inconveniente de que o equipamento é ruidoso devido à atuação do compressor [9]. Na figura 3 temos o exemplo de um elevador a vácuo.

Figura 3: Elevador a vácuo.



Fonte: [10].

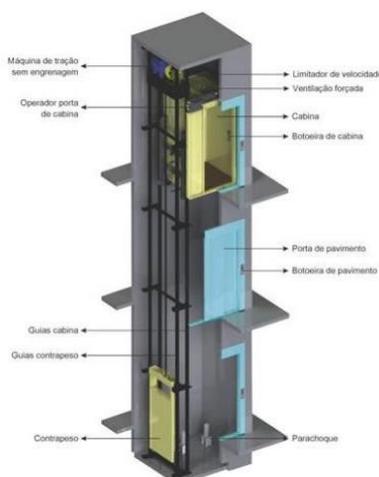
2.1.4 Elevadores elétricos.

Com o desenvolvimento e aprimoramento dos elevadores elétricos, superou-se o conforto aos passageiros durante a viagem. Novas tecnologias surgiram e permitiram a instalação de elevadores elétricos sem a necessidade da presença da casa de máquinas, permitindo a sua aplicação mesmo em locais com espaço limitado. Mais uma vantagem do equipamento elétrico é o menor ruído gerado por seu funcionamento porque os elevadores hidráulicos necessitam de uma moto-bomba. Aliado a um menor custo de manutenção, esse tipo de equipamento também é mais eficiente energeticamente, características que são altamente desejáveis em uma instalação residencial [9].

2.1.5 Elevadores sem casa de máquina

Para que um elevador elétrico possa ser instalado sem a necessidade de casa de máquinas, algumas mudanças na configuração dos componentes são necessárias. Entretanto, a partir de pequenas mudanças na seleção dos componentes é possível provocar uma grande redução no espaço exigido para a instalação do equipamento, conforme mostrado na Figura 4. A máquina de tração e o limitador de velocidade se encontram acima das guias do carro e do contrapeso. Além disso, é necessário obter alguma alternativa para a instalação do quadro de comando [7].

Figura 4: Elevador elétrico sem casa de máquina.



Fonte: [11].

Para as instalações residenciais os equipamentos sem casa de máquinas são muito vantajosos em relação aos equipamentos convencionais, porém se limitam a equipamentos de médio e pequeno porte. As vantagens dos sistemas sem casa de máquina em relação aos sistemas convencionais são exemplificadas por [14]:

- Menor tempo de manutenção;
- Menor custo de manutenção;
- Maior liberdade no projeto arquitetônico;
- O equipamento ocupa menos espaço, possibilitando maior área útil para o edifício;
- Menos peças móveis, a fim de obter maior durabilidade e confiabilidade;
- Baixa interferência no processo construtivo.

2.2 Componentes para elevadores

É necessário que sejam definidos alguns termos usualmente empregados em instalação de elevadores. Definem-se da seguinte maneira as principais terminologias de componentes para elevadores:

- **Ascensor ou elevador:** Aparelho estacionário provido de cabina que se move aproximadamente na vertical entre guias, servindo a níveis distintos e destinado ao transporte de pessoas e carga [7].
- **Botão (chave) de emergência:** Dispositivo de acionamento manual destinado a paralisar o carro e mantê-lo parado [7].

- **Cabina:** Parte do elevador que transporta passageiros e objetos [12].
- **Caixa:** Espaço onde o carro e o contrapeso viajam. Este espaço é limitado pelo fundo do poço, pelas paredes e pelo teto [12].
- **Carga nominal:** Carga para a qual o equipamento foi construído [13].
- **Casa de máquinas:** Recinto destinado à localização da máquina, painel de comando e outros dispositivos destinados ao funcionamento dos elevadores [7].
- **Contrapeso:** Conjunto formado por armação, pesos e acessórios destinados a contrabalançar o peso do carro e parte da carga nominal [7].
- **Freio de segurança:** Dispositivo de segurança fixado na armação do carro ou do contrapeso, destinado a pará-los de maneira progressiva ou instantânea prendendo-os às guias quando acionado [7].
- **Limitador de velocidade:** Dispositivo que, quando o elevador atinge uma velocidade predeterminada, causa a parada do elevador e, se necessário, aciona o freio de segurança [13].
- **Nivelamento:** Operação que proporciona precisão de parada nos pavimentos [13].
- **Máquina:** Conjunto destinado a movimentar o carro, constituído principalmente de motor, polia de tração (ou tambor) e freio [7].
- **Percursos:** Distância percorrida pelo carro entre as paradas extremas [7].
- **Poço:** Parte da caixa situada abaixo do nível de parada mais baixo servido pelo elevador [12].
- **Velocidade nominal:** Velocidade do carro, em metros por segundo (m/s), para a qual o equipamento foi construído [12].

2.3 ABNT NBR 16042:2012

A ABNT NBR NM 207, ao definir requisitos para elevadores elétricos, estabelece a necessidade de uma casa de máquinas e casa de polias especiais para abrigo da maquinaria. A tecnologia moderna, porém, demonstra que a maquinaria, ou parte 40 dela, ou parte de seus componentes não necessitam estar dentro de uma casa de máquinas especial e podem ser colocadas na caixa ou fora dela [12].

Para garantir a segurança da operação normal, manutenção e inspeção dos elevadores nesta nova condição, são necessárias disposições, que ainda não estão descritas na ABNT NBR NM 207. Por esta razão, a NBR 16042:2012- Elevadores elétricos de passageiros- Requisitos de segurança para construção e instalação de elevadores sem casa de máquinas foi feita para atender a esta necessidade. São estabelecidos alguns requisitos de boas práticas de construção, seja porque é peculiar à fabricação do elevador ou porque na utilização do elevador os requisitos podem ser mais exigentes do que em outros casos [12].

3. OBJETIVO

O objetivo desse trabalho é projetar estruturalmente e mecanicamente um elevador de passageiros que tenha a capacidade de transportar oito pessoas.

4. DIMENSIONAMENTO

➤ Dados do elevador:

Cabine: 600 Kg

Contrapeso: 600 Kg

Carga máxima: 560 Kg

Trilho do c_p e da c_a : Trilho de aço tipo T

Sistema de freio: Freio na casa de máquinas será o freio de segurança para emergências.

Velocidade: 1 m/s, adotada através de tabela.

Comprimento: 1,10x1,40 m

4.1 Potência do motor:

$$P_m = F_c * V$$

$$P_m = 5.600 * 1$$

$$P_m = 5.600 \text{ W}$$

$$P_{cv} = \frac{P(W)}{735,5}$$

$$P_{cv} = \frac{5.600}{735,5}$$

$$P_{cv} = 7,61 \text{ cv}$$

De acordo com os cálculos o arredondamento para uma potência de valor menor (7.5 cv) não atenderia, pois, a sua capacidade de peso é inferior a 5.600 N. Portanto, adotou-se um motor de potência de 10 cv, 4 polos com uma rotação de 1800 rpm.

A carga máxima suportada para um motor de 10 cv será de 7.355 N.

4.2 Dimensionamento do redutor

Transmissão será acionada por um motor elétrico com potência:

$P=7.35499 \text{ KW}$ (10 cv) e rotação de $n= 1800 \text{ rpm}$

Rotação do eixo de saída será de 50 rpm.

Material: ABNT 1045

Número de entradas: $n_{esf}=2$ (relação de transmissão $i>30$)

Ângulo de inclinação: $\lambda= 18^\circ$

Dureza superficial: 50 HRC

- Coroa

Material: Bronze SAE 65 fundido em coquilha

- Transmissão

Duração: 10.000 horas

Serviço normal: ($e=1$)

Eixos cruzados: 90°

4.2.1 Dimensionamento da transmissão

i. Torque no parafuso sem fim

$$M_T = \frac{30000 * P}{\pi * N}$$

$$M_T = \frac{30000 * 7.354,99}{\pi * 1800}$$

$$M_T = 39019,43 \text{ N mm}$$

ii. Relação de transmissão

$$i = \frac{n_{sf}}{n_c}$$

$$i = \frac{1800}{50}$$

$$i = 36$$

iii. Número de dentes da coroa

$$Z_C = n_{esf} * i$$

$$Z_C = 2 * 36$$

$$Z_C = 72 \text{ dentes}$$

iv. Pressão de dentes da coroa $\sigma =$

$$210 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{mc} = \sigma * \sqrt[8]{\frac{10^7}{60 * h * n_c * n_{ev}}}$$

$$\sigma_{mc} = 210 * \sqrt[8]{\frac{10^7}{60 * 10 * 50 * 1}}$$

$$\sigma_{mc} = 183,05 \text{ N mm}^2$$

v. Características do parafuso sem fim

$$q^* = \frac{n_{esf}}{tg \lambda}$$

$$q^* = \frac{2}{tg 18}$$

$$q^* = 6,16$$

O rendimento de uma transmissão coroa/parafuso sem fim com 2 entradas encontra-se na faixa de 0,75-0,82 (Página 167), fixa-se $n = 0,82$

$$n = \frac{tg \lambda}{tg(\lambda + p)}$$

$$tg p = \frac{tg \lambda}{n} - tg \lambda$$

$$tg p = \frac{tg 18}{0,82} - tg 18$$

$$tg p = 4,079^\circ$$

$$tg p = 4^\circ 4'$$

vi. Distância entre centros

$$k_c=1$$

$$k_d=1,1 \text{ (fator dinâmico de carga)}$$

$$M_{Tc} = M_{Tsf} * i * n$$

$$M_{Tc} = 39019,43 * 36 * 0,82$$

$$M_{Tc} = 1.151853 \text{ N mm}$$

$$C = \left(\frac{Z_c}{q^*} + 1 \right) * 2,17 * \sqrt[3]{\frac{54}{Z_c} \frac{M_{Tc}}{q^* * \sigma_{mc}}} * K_c * K_d$$

$$C = \left(\frac{72}{6,16^*} + 1 \right) * 2,17 * \sqrt[3]{\frac{54}{72} \frac{1.151853}{6,16^* * 183,05}} * 1,1 * 1$$

$$C = 256,35 \text{ mm}$$

vii. Módulo de engrenamento

$$\frac{m * q^*}{2} + \frac{m * Z_c}{2} = 256,35$$

$$\frac{m * q^*}{2} + \frac{m * Z_c}{2} = 256,35$$

$$m = \frac{256,35 * 2}{q^* * Z_c}$$

$$m = \frac{256,35 * 2}{6,16 + 72}$$

$$m = 6,56 \text{ mm}$$

Fixa-se $m=7$, de acordo com a tabela, página 99)

viii. Diâmetro primitivo da coroa

$$d_{oc} = m * Z_c$$

$$d_{oc} = 7 * 72$$

$$d_{oc} = 504 \text{ mm}$$

ix. Diâmetro primitivo do sem fim

$$d_{osf} = m * q^*$$

$$d_{osf} = 7 * 6,16$$

$$d_{osf} = 43,12 \text{ mm}$$

x. Recálculo do centro a centro

$$C_{(R)} = r_{osf} * r_{oc}$$

$$C_{(R)} = \frac{d_{osf}}{2} + \frac{d_{oc}}{2}$$

$$C_{(R)} = \frac{43,12}{2} + \frac{504}{2}$$

$$C_{(R)} = 273,56 \text{ mm}$$

xi. Velocidade periférica da coroa

$$V_{pc} = \frac{\pi * d_{oc} * n_c}{60 * 1000}$$

$$V_{pc} = \frac{\pi * 504 * 50}{60 * 1000}$$

$$V_{pc} = 1,32 \text{ m/s}$$

xii. Velocidade de deslizamento do sem fim

$$V_{desl} = \frac{\pi * d_{osf} * n_{sf}}{60 * 1000 * \cos \lambda}$$

$$V_{desl} = \frac{\pi * 43,12 * 1800}{60 * 1000 * \cos 18}$$

$$V_{desl} = 4,27 \text{ m/s}$$

xiii. Comprimento do sem fim

$$l_{sf} = 2 * (1 + \sqrt[2]{Z_c}) * m$$

$$l_{sf} = 2 * (1 + \sqrt[2]{72}) * 7$$

$$l_{sf} = 132,79 \text{ mm}$$

$$l_{sf} = 133 \text{ mm}$$

xiv. Comprimento mínimo do sem fim

$$l_{min} = 10 * m$$

$$l_{min} = 10 * 7$$

$$l_{min} = 70 \text{ mm}$$

O comprimento do sem fim encontra-se no intervalo entre $70 \leq l_{sf} \leq 133 \text{ mm}$.

4.2.2 Resistência á flexão no pé do dente da coroa

xv. Força tangencial

$$F_t = \frac{2 * M_{tc}}{d_{oc}}$$

$$F_t = \frac{2 * 1.151853}{504}$$

$$F_t = 4570,84 \text{ N}$$

xvi. Fator de forma q^*

$$Z_e = \frac{Z_c}{(\cos \lambda)^3}$$

$$Z_e = \frac{Z_c}{(\cos 18)^3}$$

$$Z_e = 84 \text{ dentes}$$

Para $Z_e = 84$ dentes obtêm-se na tabela (página 102)

$q = 2,6$

xvii. Fator de serviço

$e = 1$

xviii. Fator de correção da hélice

$\varphi_r = 1,342$

4.2.3 Tensão máxima atuante no pé do dente da coroa

xix. Largura útil da coroa

$$b_c = 2 * m * \sqrt{\frac{d_{osf} + 1}{m}}$$

$$b_c = 2 * 7 * \sqrt{\frac{43,12 + 1}{7}}$$

$$b_c = 35,14 \text{ mm}$$

$$b_c = 36 \text{ mm}$$

xx. Tensão máxima atuante

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{F_t * q}{b_c * m_n * \sigma_r}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{4570,84 * 2,6}{36 * 7 * 1 * 1,342}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 35,14 \text{ N mm}^2$$

xxi. Redimensionamento da largura

$$b_{c(R)} = \frac{F_t * q}{m * e * \varphi_r * \sigma_{65}}$$

$$b_{c(R)} = \frac{4570,84 * 2,6}{7 * 1 * 1,342 * 50}$$

$$b_{c(R)} = 25,30 \text{ mm}$$

4.2.4 Características geométricas

Tabela 1: Características do parafuso sem fim.

Parafuso sem fim	Milímetros (mm)
Número de entradas sem fim	2
Passo do sem fim	22
Módulo do normal	6,65
Avança do sem fim	44
Diâmetro primitivo	43,03
Altura da cabeça do dente	6,65
Altura do pé do dente	7,98
Altura total do dente	14,63
Diâmetro externo	56,33
Diâmetro interno	35,05

Fonte: Dos autores.

Tabela 2: Características da coroa.

Coroa	Milímetros
Número de dentes	72 dentes
Módulo	7
Passo	22
Módulo normal	6,65
Passo normal	21
Altura da cabeça	6,65
Altura do pé do dente	7,98
Altura total do dente	14,63
Diâmetro primitivo	504
Diâmetro da cabeça	517,3
Diâmetro externo	524,3
Diâmetro interno da coroa	488,04
Distância entre centros	273,56

Fonte: Dos autores.

4.3 Dimensionamento dos rolamentos do redutor

Dados:

P= 10CV

N= 1800 rpm

Carga radial= 6 KN

Diâmetro do eixo= 45 mm

Temperatura de funcionamento= 80°C

Viscosidade do óleo a 40°C= 200 Cst

4.3.1 Dimensionamento do rolamento

xxii. Fator de esforços dinâmico (fl)

Para redutores universais, encontra-se na tabela da página 225 o fator de $2,0 \leq fl \leq 3,0$
Fixa-se fl em 2,0 para iniciar o cálculo.

Para (f_n) com rotação de 1800 rpm, temos:
 $f_n = 0,265$ (Página 228)

- xxiii. Capacidade de carga dinâmica (C)
xxiv. Carga dinâmica equivalente
xxv. Como não existe carga axial, a carga dinâmica é a própria carga radial.
 $P = Fr = 6 \text{ KN}$
xxvi. Cálculo da capacidade de carga dinâmica

$$C = P * \frac{fl}{f_n}$$

$$C = 6 * \frac{20}{0,265}$$

$$C = 6 * \frac{20}{0,265}$$

$$C = 45,3 \text{ KN}$$

Rolamento a ser utilizado é o FAG 6309 que possui $C = 53,0 \text{ KN}$, valor da carga dinâmica superior mais próxima do valor obtido.

- xxvii. Fator de esforços dinâmico do rolamento (fl)

$$fl = \frac{C}{P} * f_n$$

$$fl = \frac{53,0}{6} * 0,265$$

$$fl = 2,34$$

- xxviii. Fator de esforços dinâmico do rolamento (fl)

Vida útil do rolamento

$$a_1 = 0,62$$

$$D_m = \frac{D + d}{2}$$
$$D_m = \frac{100 + 45}{2}$$

$$D_m = 72,5 \text{ mm}$$

- xxix. Diagrama 1
Viscosidade relativa $v_1 = 180 \text{ Cst}$
xxx. Diagrama 2
Viscosidade de trabalho $v = 30 \text{ Cst}$

xxxi. Diagrama 3

$$\frac{V}{V_1} = \frac{30}{13}$$

$$\frac{V}{V_1} = 2,30$$

$a_{23} = 1,70$

$$L_{na} = a_1 * a_{23} * L_H$$

$$L_{na} = 0,62 * 1,70 * 6500$$

$$L_{na} = 6.850 \text{ horas}$$

Vida útil = 6.850 horas

Valor aproximado de 7.000 horas

Rolamento a ser utilizado será: FAG 6309 como vida útil de 7.000 horas.

4.4 Dimensionamento do rolamento do tambor

xxxii. Fator de esforços dinâmico (fl)

Diâmetro do eixo de tração= 30 mm

Para redutores universais, encontra-se na tabela da página 225 o fator $4,0 \leq fl \leq 4,5$

Fixa-se fl em 4,25 para início dos cálculos.

$F_n = 0,885$

xxxiii. Capacidade de carga dinâmica

xxxiv. Carga dinâmica equivalente

Como não existe carga axial, a carga dinâmica e a própria carga radial.

$$P = F_r = 12 \text{ KN}$$

xxxv. Cálculo da capacidade de carga dinâmica

$$C = \frac{P * fl}{f_n}$$

$$C = \frac{12 * 4,25}{0,885}$$

$$C = 58 \text{ KN}$$

Rolamento a ser utilizado será (22206 EK) que possui $C = 66,1 \text{ KN}$

Valor de cara dinâmica superior mais próximo do valor obtido.

Diâmetro interno= 30 mm

Diâmetro externo= 62 mm

4.5 Dimensionamento dos cabos

xxxvi. Coeficiente de segurança (k)

Para início dos cálculos adota-se:
k=10 (Alta velocidade, passageiros)

xxxvii. Dimensionamento do diâmetro do cabo

xxxviii. Carga atuante no cabo

$$F_{cabo} = \frac{P}{2}$$

$$F_{cabo} = \frac{12 \text{ KN}}{2}$$

$$F_{cabo} = 6 \text{ KN}$$

xxxix. Carga mínima de ruptura no cabo

$$F_{min} = K * F_{cabo}$$

$$F_{min} = 10 * 6$$

$$F_{min} = 60 \text{ KN}$$

xl. Diâmetro do cabo

O cabo indicado para o projeto possuirá:

$d = \frac{1''}{2}$ aproximadamente 13 milímetros 8 * 19 SEALE, +AF, torção regular, traction steel, polido

xli. Coeficiente de segurança do cabo

$$K = \frac{F_{minrup}}{F_{cabo}}$$

$$K = \frac{65800}{6000}$$

$$K = 11$$

Pode se observar que o coeficiente de segurança (k) ultrapassou a faixa, a favor da segurança. No caso, apresenta-se como melhor opção.

xlii. Diâmetro do tambor

$$d_{tambor} = 39 * d_{cabo}$$

$$d_{tambor} = 39 * 13$$

$$d_{tambor} = 507 \text{ mm}$$

A relação mínima é recomendada:

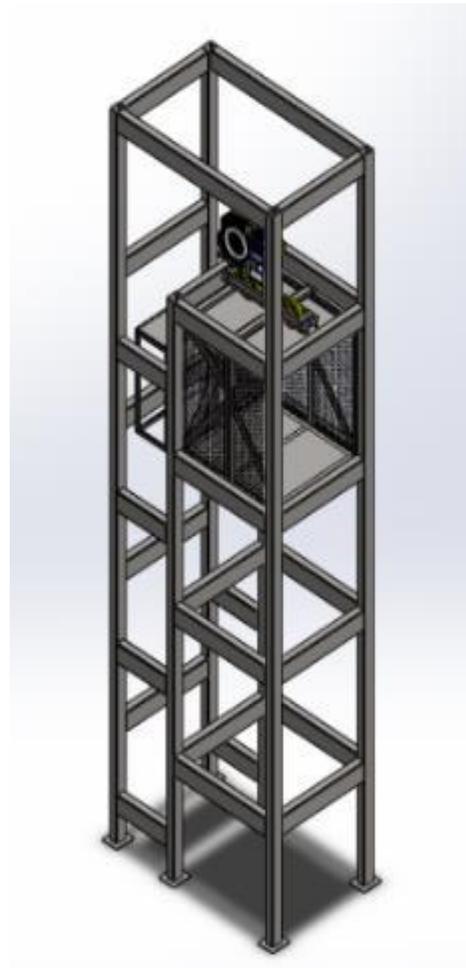
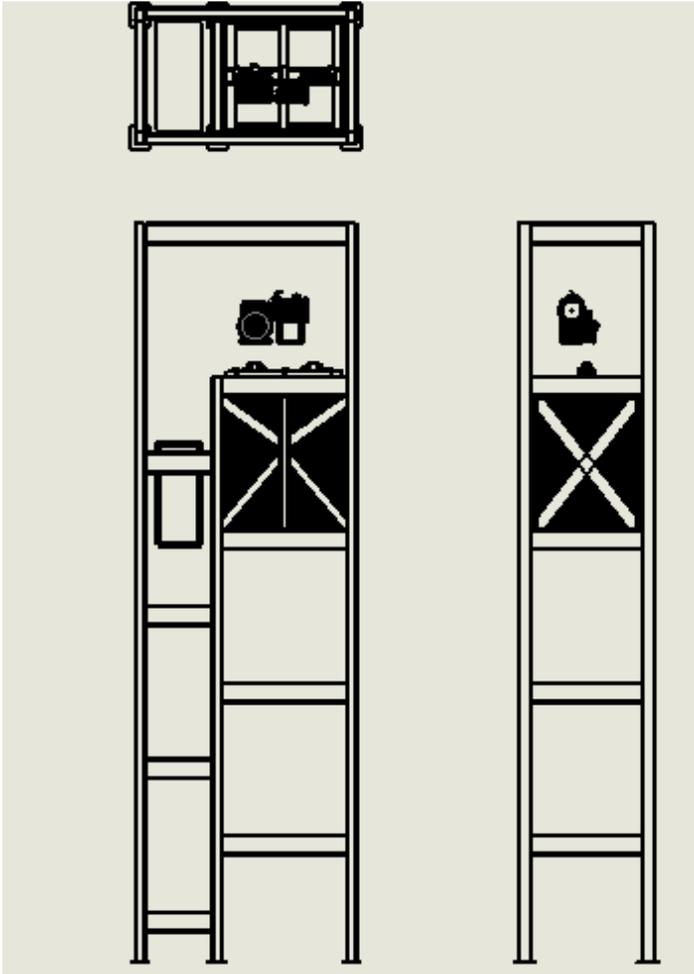
$$d_{tambor} = 29 * d_{cabo}$$

$$d_{tambor} = 29 * 13$$

$$d_{tambor} = 377 \text{ mm}$$

Portanto o diâmetro do tambor para este projeto estará entre:

$$377 \leq d_{\text{tambor}} \leq 507 \text{ mm}$$



6. REFERÊNCIAS

- [1] FERREIRA, A. B. D. H. Mini-Aurélio - O Minidicionário da Língua Portuguesa - Século XXI. 4ª. ed. [S.l.]: Nova Fronteira, 2000.
- [2] CREA-MG. **Cartilha do Elevador**. Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2013.
- [3] ALFABRA, E. Sobre a empresa: **Elevadores Alfabra**: ISSN Elevadores Alfabra. Disponível em: <<https://alfabra.com/elevador-de-passageiros/detalhes-tecnicos.php>> Acesso em: 17 mar.2019.
- [4] CREL ELEVADORES. **Funcionamento do Elevador**. Disponível em:<<http://crel.com.br/elevadores/elevador-passageiros/>> Acesso em: 17 mar. 2019.
- [5] SANTOS, Ederval Regis dos et al. **Elevador de Carga três andares**. 2014. Disponível em:<<http://www.excute.educatronica.com.br/Monografias%2040%C2%AA%20EXCUTE/Eletroeletr%C3%B4nica/ELEVADOR%20DE%20CARGA.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2019.
- [6] PERIN, Tiago. **PROJETO DE UM ELEVADOR RESIDENCIAL PARA PASSAGEIROS**. 2012. Disponível em:<http://www.fahor.com.br/images/Documentos/Biblioteca/TFCs/Eng_Mecanica/2012/Tiago_Perin.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2019.
- [7] AMORIM, André Guilherme Alves. **PROJETO DE ELEVADOR RESIDENCIAL**. 2016. Disponível em:<http://mecanica.ufes.br/sites/engenhariamecanica.ufes.br/files/field/anexo/20161_andre_guilherme_alves_amorim.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2019.
- [8] PAULI, Alexandre Leo; SPEROTTO, Leonardo; RITA, Thiago Ricardo. **PLATAFORMA ELEVATÓRIA PARA MONTAGEM DE ELEVADOR**. 2016. Disponível em:<<https://tcconline.utp.br/media/tcc/2017/09/PLATAFORMA-ELEVATORIA-PARA-MONTAGEM-DE-ELEVADOR.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2019.
- [9] UP CENTER ELEVADORES. **Os diferentes tipos de elevadores residenciais**. 2013. Disponível em:<<http://www.upcenter.com.br/noticias/tipos-de-elevadores-residenciais/>>. Acesso em: 17 mar. 2019.
- [10] HABITISSIMO. **Elevador panorâmico a vácuo**. Disponível em:<<https://projetos.habitissimo.com.br/projeto/elevador-panoramico-a-vacu>>. Acesso em: 17 mar. 2019.
- [11] 7LIFT ELEVADORES. **7lift elevadores**. Disponível em:<<http://www.7lift.com.br/>>. Acesso em: 17 mar 2019.
- [12] ABNT. NBR 16042:2012 - Elevadores elétricos de passageiros - Requisitos de segurança para construção e instalação de elevadores sem casa de máquinas. Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l.]. 2012.
- [13] ABNT. NBR NM 207:1999 - **Elevadores Elétricos de Passageiros** - Requisitos de Segurança para Construção e Instalação. Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l.]. 1999.
- [14] OTIS ELEVADORES. Gen2: **O Elevador Sem Casa de Máquinas**. Otis Elevadores. São Bernardo do Campo. 2012.

