

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
ENGENHARIA INDUSTRIAL ELÉTRICA/ELETROTÉCNICA**

**CAMILE THAIS DA ROCHA CERCAL
HELDER RUANO DE SOUZA LIMA
KERRI MICHELE PEYERL**

**PROJETO ELÉTRICO DE PLATAFORMA MÓVEL PARA O
DESLOCAMENTO DE PESSOAS EM ESCADAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**CURITIBA
2014**

**CAMILE THAIS DA ROCHA CERCAL
HELDER RUANO DE SOUZA LIMA
KERRI MICHELE PEYERL**

**PROJETO ELÉTRICO DE PLATAFORMA MÓVEL PARA O
DESLOCAMENTO DE PESSOAS EM ESCADAS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, do curso de Engenharia Industrial Elétrica – Ênfase Eletrotécnica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Eletricista

Orientador: Prof. Nataniel G. de Oliveira,
Eng. Msc.

**CURITIBA
2014**

Camile Thais da Rocha Cercal
Helder Ruano de Souza Lima
Kerri Michele Peyerl

Projeto elétrico de plataforma móvel para o deslocamento de pessoas em escadas

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Eletricista, do curso de Engenharia Elétrica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Curitiba, 24 de abril de 2014.

Prof. Emerson Rigoni, Dr.
Coordenador de Curso
Engenharia Elétrica

Profa. Annemarien Gehrke Castagna, Mestre.
Responsável pelos Trabalhos de Conclusão de Curso
de Engenharia Elétrica do DAELT

ORIENTAÇÃO

Nataniel Gomes de Oliveira, Mestre
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Nataniel Gomes de Oliveira, Mestre
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Marcio Aparecido Batista, Mestre
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Wanderley Szlichta, Mestre
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

A folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica

RESUMO

CERCAL, Camile Thais da Rocha; LIMA, Helder Ruano de Souza; PEYERL, Kerri Michele. Projeto elétrico de plataforma móvel para o deslocamento de pessoas em escadas. 2014. 138 f. Trabalho de Conclusão de Curso Engenharia Industrial Elétrica ênfase Eletrotécnica – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

O direito e o alcance à acessibilidade representam a inclusão social de pessoas com algum tipo de deficiência motora. Consolidar esse direito e possibilitar o acesso desses indivíduos a ambientes construídos de forma inadequada significa o exercício pleno de cidadania. Este trabalho acadêmico tem por objetivo projetar a parte elétrica de uma plataforma elevatória para deslocamento linear de pessoas em escadas com uma velocidade acima das disponíveis no mercado. Para isso foram estudadas as plataformas já existentes no mercado e as normas ABNT referentes à acessibilidade. Assim, tendo essas plataformas e as normas como base, foi possível determinar as partes constituintes escolhidas para compor a plataforma do projeto, como o inversor de frequência, o motor com freio, sensor indutivo, sensor de presença infravermelho e proteções para os circuitos. Foi realizado um levantamento de dados para determinar a velocidade típica que pessoas sem deficiência motora desenvolvem ao subir uma escada. Também foi feita a comparação dessas velocidades com a velocidade desenvolvida por um elevador vertical. De posse desses dados pôde-se efetuar os dimensionamentos e as especificações dos equipamentos. O resultado foi uma solução possível para o deslocamento de pessoas em escadas através de uma plataforma com uma velocidade acima daquelas pesquisadas. Portanto, a intenção desse TCC além da busca de conhecimento com a realização deste projeto foi a de desenvolver um estudo que possibilite às plataformas elevatórias futuras tempo de deslocamento mais justo para com as pessoas com deficiência motora.

Palavras chaves: Acessibilidade motora. Plataforma móvel elevatória. Inversor de frequência. Motor com freio.

ABSTRACT

CERCAL, Camile Thais da Rocha; LIMA, Helder Ruano de Souza; PEYERL, Kerri Michele. Stair Lift Mobility System electrical design. 2014. 138 f Trabalho de Conclusão de Curso Engenharia Industrial Elétrica ênfase Eletrotécnica – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

The right to accessibility and scope represent the social inclusion of people with some kind of physical disability. Consolidate this right and provide access to environments constructed improperly means the full exercise of citizenship for those in need. This coursework aims at designing the electrical part of a platform lift for linear movement of people on stairs with a speed up of what is available in the market. For that were studied existing platforms and ABNT rules regarding accessibility. So having these platforms and standards as the basis, we determined the pieces chosen to constitute the project, such as: the frequency inverter, the brake motor, inductive sensor, infrared presence sensor and protections for the circuits. The sizing and specification of this system was determined from two studies. First, a survey determined the typical speed that people without physical disabilities need to climbing stairs. Then, a comparison was made to the speed of a vertical elevator. The result was a possible solution for the movement of people on stairs through a platform with a speed above those surveyed. So the intent of this coursework project besides acquire a new knowledge, was also to develop a study in order to enable future platforms to provide a fairer speed regarding the movement of disabled people on stairs.

Key words: Motor accessibility. Mobile platform elevator. Frequency inverter. Brake motor.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: ESQUEMA DE LIGAÇÃO FRENAGEM RÁPIDA.....	25
FIGURA 2: CORTE DO MOTOR COM FREIO.....	26
FIGURA 3: CORTE TRANSVERSAL DO FREIO ELETROMAGNÉTICO.....	27
FIGURA 4: DIAGRAMA DE BLOCOS DO SENSOR.....	28
FIGURA 5: ESQUEMA DO SENSOR INDUTIVO.....	28
FIGURA 6: SENSOR FACE SENSÍVEL SALIENTE.....	29
FIGURA 7: TIPOS DE SENSORES E SUAS CORES.....	29
FIGURA 8: CONFIGURAÇÃO ELETRÔNICA DO SENSOR CA.	30
FIGURA 9: ESQUEMA DA LIGAÇÃO PARALELO.....	30
FIGURA 10: ESQUEMA DE UM INVERSOR TRIFÁSICO COM ENTRADA TRIFÁSICA.	32
FIGURA 11:ESQUEMA DE UM INVERSOR MONOFÁSICO COM ENTRADA MONOFÁSICA.	32
FIGURA 12: CURVA TENSÃO X FREQUÊNCIA.	34
FIGURA 13: ESTÁGIOS DE FUNCIONAMENTO DE UM INVERSOR DE FREQUÊNCIA.	35
FIGURA 14: SINAIS RESULTANTE DE CADA TIPO DE MODULAÇÃO.	38
FIGURA 15: INVERSOR DE TENSÃO IMPOSTA.....	39
FIGURA 16: INVERSOR DE CORRENTE IMPOSTA.	39
FIGURA 17: FRENAGEM CC COM BLOQUEIO POR RAMPA DE DESACELERAÇÃO.....	41
FIGURA 18: ACELERAÇÃO E DESACELERAÇÃO POR RAMPA "S".....	42
FIGURA 19: PLATAFORMA ELEVATÓRIA PARA ESCADAS GARAVENTA, MODELO ARTIRA.	46
FIGURA 20: PLATAFORMA ELEVATÓRIA EASY INCLINED, MODELO XPRESS.....	47
FIGURA 21: PLATAFORMA ELEVATÓRIA GARAVENTA, MODELO GSL.	48
FIGURA 22: PLATAFORMA ELEVATÓRIA PARA ESCADAS LIFTSLIDER, MODELO SUPER.....	50
FIGURA 23: MOTOR DA PLATAFORMA ELEVATÓRIA.	53
FIGURA 24: FIXAÇÃO DA CADEIRA NA PLATAFORMA ELEVATÓRIA.....	53
FIGURA 25: PAINEL DE ACIONAMENTO REFERENTE À PLATAFORMA ELEVATÓRIA.	54
FIGURA 26: VISTA DA PARTE INFERIOR DA PLATAFORMA ELEVATÓRIA NO MON.....	54
FIGURA 27: VISTA TOTAL DA PLATAFORMA ELEVATÓRIA NO MUSEU OSCAR NIEMEYER.	55
FIGURA 28: SEGUNDO CORRIMÃO DA ESCADA.....	56
FIGURA 29: ACIONAMENTO MECÂNICO COM ENGRENAGENS E CORRENTES.....	57
FIGURA 30: REDUTOR DE VELOCIDADE ACOPLADO AO MOTOR.....	57
FIGURA 31: ESCADA DA UTFPR BLOCO A.....	59
FIGURA 32: HISTOGRAMA PARA DADOS DA TABELA 2.....	62
FIGURA 33: CURVA DE DISTRIBUIÇÃO. FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.....	67
FIGURA 34: FAIXA DE VELOCIDADES.....	69
FIGURA 35: COMPORTAMENTO DO ELEVADOR. FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.....	72
FIGURA 36: ESCADA EM U. FONTE: AULAS CAD, 2013.	75
FIGURA 37: ESQUEMA DA ESCADA. FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.	76

FIGURA 38: CARGA NO PLANO INCLINADO.....	78
FIGURA 39: FIGURA VELOCIDADE X TEMPO PARA SUBIDA E DESCIDA DA ESCADA.....	79
FIGURA 40: DADOS DO MOTOR 4 HP.....	81
FIGURA 41: DADOS DO MOTOR DE 1 HP.....	82
FIGURA 42: ESQUEMA DAS ENGRELAGENS.....	83
FIGURA 43: MOTOR DE 1 HP 4 POLOS.....	85
FIGURA 44: CURVA TORQUE X ROTAÇÃO.....	87
FIGURA 45: DISPOSIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS.....	91
FIGURA 46: DIAGRAMA DE TEMPO DAS FUNÇÕES DIGITAIS.....	109

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: REDUTOR COAXIAL DE VELOCIDADE.....	84
QUADRO 2: DADOS DO INVERSOR CFW-11.....	89
QUADRO 3: INSTALAÇÃO DO INVERSOR.....	89
QUADRO 4: FUSÍVEL RECOMENDADO WEG.....	90
QUADRO 5: DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES DE ALIMENTAÇÃO DO INVERSOR E DO DISJUNTOR.....	90
QUADRO 6: DISJUNTOR MOTOR MPW25.....	91
QUADRO 7: BITOLAS DOS CONDUTORES RECOMENDADO PELO FABRICANTE PARA INVERSOR-MOTOR.....	92
QUADRO 8: CARACTERÍSTICAS DO MINI CONTATOR.....	93
QUADRO 9: CARACTERÍSTICAS DO SENSOR DE PRESENÇA.....	93
QUADRO 10: CARACTERÍSTICAS DO SENSOR INDUTIVO.....	94
QUADRO 11: CARACTERÍSTICAS DO ALARME SONORO.....	95
QUADRO 12: CARACTERÍSTICAS DO TERMINAL BLOCK.....	95
QUADRO 13: CARACTERÍSTICAS DO VENTILADOR.....	96
QUADRO 14: CARACTERÍSTICAS DA CHAVE SELETORA.....	96
QUADRO 15: CARACTERÍSTICAS DO NOBREAK.....	97
QUADRO 16: ESPECIFICAÇÃO DO IDR.....	98
QUADRO 17: MODELO DO RELÉ TEMPORIZADOR.....	98
QUADRO 18: LISTA DE MATERIAIS.....	99
QUADRO 19: PARAMETRIZAÇÃO DO INVERSOR CFW-11.....	109

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: RESUMO DAS PLATAFORMAS ELEVATÓRIAS	51
TABELA 2: VELOCIDADE DESENVOLVIDA POR CADA PARTICIPANTE.....	60
TABELA 3: DADOS COLETADOS E ANALISADOS.....	61
TABELA 4: VALOR DAS VELOCIDADES EM M/S X FREQUÊNCIA DE OBSERVAÇÃO.....	66
TABELA 5: RELACIONANDO AS REGIÕES DE DESVIO PADRÃO COM A FREQUÊNCIA.....	67

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

CA Corrente alternada

CC Corrente contínua

cv cavalo vapor

RPM Rotação por minuto

BJT *Bipolar Junction Transistor*

MOSFET *Metal Oxide Semiconductor Field Effect*

IGBT *Insulated Gate Bipolar Transistor*

MCT *MOS-Controlled Thyristor*

SIT *Static Induction Transistor*

GTO *Gate Turn-Off thyristor*

GND *Ground*

LISTA DE SÍMBOLOS

Hz	Hertz
m/s	Metros por Segundo
Dj	Disjuntor
NA	Normalmente aberto
NF	Normalmente fechado
B	Botoeira
BE	Botão de emergência
SnP	Sensor infravermelho de presença
Sn	Sensor indutivo
lhz	Inversor
s	Segundo
m	Metro
Δt	Varição de tempo
kg	Quilograma
g	Aceleração da gravidade

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	TEMA	16
1.1.1	Delimitação do Tema	16
1.2	PROBLEMAS	16
1.3	OBJETIVOS	17
1.3.1	Objetivo Geral	17
1.3.2	Objetivos Específicos	17
1.4	JUSTIFICATIVA	18
1.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	19
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1	NORMAS DE ACESSIBILIDADE	20
2.2	PARTES CONSTITUINTES	23
2.2.1	Motor com freio	23
2.2.1.1	Funcionamento do motor com freio	24
2.2.1.2	Alimentação da bobina de freio	26
2.2.2	Sensores indutivos	27
2.2.2.1	Sensores para corrente alternada	29
2.2.2.2	Ligação em Paralelo	30
2.2.3	Sensor de presença infravermelho	30
2.2.4	Inversor de frequência	31
2.2.4.1	Tipos de inversor de frequência	32
2.2.4.1.1	Inversor Escalar	33
2.2.4.1.2	Inversor Vetorial	34
2.2.4.2	Funcionamento	34
2.2.4.3	Estágio Retificador	35
2.2.4.4	Elo CC	36
2.2.4.5	Estágio Inversor	36
2.2.4.6	Acionamento	38
2.2.4.7	Tensão Imposta (VSI)	38
2.2.4.8	Corrente Imposta (CSI)	39
2.2.4.9	Frenagem	40
2.2.4.10	Frenagem mecânica	40
2.2.4.11	Injeção de corrente contínua (DC injection braking)	41
2.2.4.12	Rampa de desaceleração	42
2.2.5	Proteção	42
2.2.5.1	Fusível ultra rápido (NH)	42
2.2.5.2	Disjuntor motor	43
2.2.6	<i>NOBREAK</i>	43
3	ESTADO DA ARTE	44
3.1	EQUIPAMENTOS EXISTENTES	44
4	LEVANTAMENTO DE DADOS EXPERIMENTAIS	58
5	SOLUÇÃO PROPOSTA	69
5.1	REQUISITOS DE FUNCIONAMENTO	69
5.2	DEFINIÇÕES PARA PROJETO	72
5.3	DIMENSIONAMENTO	78
5.3.1	Dimensionamento do motor com freio	78

5.3.2	Dimensionamento do inversor.....	85
5.3.3	Levantamento de custos do sistema inversor motor.....	88
5.4	ESPECIFICAÇÃO	89
5.4.1	Especificação do inversor de frequência CFW-11 WEG.....	89
5.4.1.1	Local de instalação	89
5.4.2	Proteção do inversor	90
5.4.3	Condutores e dispositivos de proteção	90
5.4.3.1	Condutor de alimentação do inversor e dispositivos de proteção	90
5.4.3.2	Condutor de alimentação do inversor-motor.....	91
5.4.4	Especificação técnica para motofreio em baixa tensão 1 cv WEG	92
5.4.4.1	Características elétricas.....	92
5.4.4.2	Características técnicas	92
5.4.5	Características Construtivas das caixas do inversor e do motor.....	92
5.4.6	Mini Contator	93
5.4.7	Sensor de presença infravermelho.....	93
5.4.8	Sensor indutivo	93
5.4.9	Alarme sonoro.....	94
5.4.10	Terminal Block	95
5.4.11	Ventilador.....	95
5.4.12	Chave seletora.....	96
5.4.13	<i>NOBREAK</i>	96
5.4.14	Interruptor diferencial residual.....	98
5.4.15	Relé temporizador.....	98
5.5	LISTA DE MATERIAIS.....	99
5.6	DESCRIPTIVO DE FUNCIONAMENTO DO SISTEMA	99
5.6.1	Geral	99
5.6.2	Chamar a plataforma do piso inferior para o piso superior.....	101
5.6.3	Chamar a plataforma do piso superior para o piso inferior.....	101
5.6.4	Comandar a plataforma para subir ou descer, estando o usuário na plataforma	101
5.6.5	Acionamento da sinalização sonora na plataforma.....	102
5.6.6	Fim do curso de deslocamento da plataforma chegando no piso superior ou no piso inferior.....	102
5.6.7	Recomendação	102
5.7	LÓGICA DE FUNCIONAMENTO	103
5.8	PARAMETRIZAÇÃO	107
6	CONCLUSÃO.....	109
	REFERÊNCIAS.....	113
	APÊNDICE A	118
	APÊNDICE B	119
	APÊNDICE C	120
	ANEXO 1.....	121
	ANEXO 2.....	126
	ANEXO 3.....	127
	ANEXO 4.....	128
	ANEXO 5.....	129
	ANEXO 6.....	130

1 INTRODUÇÃO

Acessibilidade é uma das principais questões que contribuem para a qualidade de vida e o pleno exercício da cidadania pelas pessoas portadoras de deficiências (LIMA, 2006).

Segundo os termos do art. 2º da Lei n.º 10.098/2000 acessibilidade é:

Possibilidade e condição de alcance para utilização, com segurança e autonomia, dos espaços, mobiliários e equipamentos urbanos, das edificações, dos transportes e dos sistemas e meios de comunicação, por pessoa portadora de deficiência ou com mobilidade reduzida.

Porém, diariamente são encontradas escadas construídas de forma inadequada, elevadores fora do padrão entre outras séries de irregularidades, principalmente em construções antigas. Isso pode ser considerado normal analisando-se o cenário urbano de uma grande cidade, no qual a NBR 9050 – Acessibilidade a Edificações, Mobiliário, Espaços e Equipamentos Urbanos, só entrou em vigor em 2004, data de sua criação.

Segundo Dischinger (2007), o desenho universal e a acessibilidade espacial ainda são temas que não são muito evidenciados em nosso país, e apesar das conquistas legais e da reformulação da Norma Brasileira NBR 9050/2004 de Acessibilidade, pode-se dizer que ainda existem muitas lacunas e falhas na formulação da norma.

No entanto, o fato de inúmeras construções estarem fora das normas faz com que, segundo Laguna (2012), aproximadamente 45 milhões de brasileiros, de acordo com dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) sejam de certa forma excluídos pelo fato de possuírem algum tipo de deficiência física.

Sabe-se que a deficiência é um fator biológico, a qual inibe a capacidade de um indivíduo desempenhar funções básicas ou normalmente, podendo afetar uma criança recém-nascida, um jovem que perdeu os movimentos das pernas em um acidente de carro, uma mulher de meia idade que sofre de artrite severa, ou o idoso que sofre com o fato de não conseguir se locomover em decorrência da idade, entre outras lesões e fraquezas que surgem com o decorrer do tempo ou devido à algumas circunstâncias da vida à qual são submetidos.

“Os problemas de saúde podem ser visíveis ou invisíveis; temporários ou de longo prazo; estáticos, episódicos, ou em degeneração; dolorosos ou inconsequentes” (SOUZA, 2012).

A deficiência física pode ser designada como a perda ou redução da capacidade motora, e engloba vários tipos de limitações, tendo como as principais, de acordo com Borba (2001, p.11):

Deficiência física ambulatória total – independente de causas ou manifestações, confinam o indivíduo á cadeira de rodas;

Deficiência física semi-ambulatória – impõe aos indivíduos amputados, artríticos, espasmódicos e aqueles males cardíacos ou pulmonares, andar com dificuldade ou insegurança, usando ou não aparelhos ortopédicos;

Paraplegia – paralisia total ou parcial da metade inferior do corpo, comprometendo as funções das pernas e, é geralmente causada por lesões traumáticas ou doenças;

Deficiência de coordenação motora – ocasiona falta de coordenação motora, decorrente de perturbações cerebrais (desde leves até paralisia cerebral), traumática ou neurológico-periféricas;

Deficiências reumáticas – ocasionam mobilidade restrita, decorrente de febre reumática, reumatismo articular, paralisia da espinha dorsal, artrose, dores na coluna, vertebrais e\ou reumáticas musculares;

Velhice – reduz efetivamente a mobilidade, flexibilidade, coordenação motora e percepção, em indivíduos em idade avançada e que não se enquadram nos casos anteriores;

(...)Hemiplegia – paralisia total ou parcial das funções do corpo, como consequência de lesões cerebrais causadas em geral por derrame.

Amputação – falta total ou parcial de um ou mais membros do corpo;(…)

Segundo Winnick (2004), pode-se citar como deficiência física de origem ortopédica as amputações e a Distrofia Muscular Progressiva, que degenera progressivamente o tecido muscular. Já no Sistema Nervoso Central (SNC) pode-se citar a Paralisia Cerebral (PC), o Acidente Vascular Cerebral (AVC), Traumatismo Crânio Encefálico (TCE), entre outros.

Ainda por Winnick (2004), existem diferentes origens da deficiência física, tendo as de origem ortopédica as quais envolvem os ossos, músculos e articulações e as de origem neurológica, que estão relacionadas a problemas que afetam o sistema nervoso central (cérebro e medula) devido a alguma deteriorização ou lesão.

Portanto, as limitações para realizar tarefas, e as restrições para participar de certas atividades, são barreiras para as pessoas com deficiência e lhes impedem a participação plena e eficaz na sociedade.

Deve-se observar que essas limitações têm um enorme impacto sobre a vida dos deficientes, afetando diariamente as suas vidas.

Assim, as melhorias e adaptações em ambientes públicos e residenciais podem evitar incapacidades, e acarretar um aumento da participação social fazendo com que estas pessoas não sejam tão afetadas e não sofram exclusão social.

Portanto, faz parte da proposta a realização de um estudo técnico, visando a elaboração de uma medida para melhorar a acessibilidade e a igualdade de oportunidades para as pessoas com deficiência motora.

1.1 TEMA

1.1.1 Delimitação do Tema

Foi escolhido para estudo o sistema de Plataforma móvel elevatória para se locomover em escadas, o qual é aplicável em interiores de residências como uma alternativa para pessoas com algum tipo de deficiência ou que possuem alguma restrição por orientação médica. Em comparação às plataformas existentes no mercado para deslocamento em escadas, pretende-se oferecer uma alternativa de projeto elétrico da plataforma, cujo tempo de deslocamento de uma pessoa deficiente ou dotada de alguma incapacidade em uma escada utilizando uma plataforma, seja equivalente ao de uma pessoa sem nenhuma restrição para realizar o mesmo percurso sem o auxílio de plataformas ou de elevadores.

1.2 PROBLEMAS

Pode-se dizer que as formas de acesso através de escadas, utilizando os recursos existentes e disponíveis no mercado são vagarosos. Pois quando se analisa o tempo utilizado por pessoas aptas fisicamente para subir ou descer uma escada, sem o auxílio de dispositivos como plataformas ou elevadores, com o de uma pessoa portadora de deficiência em cima de uma plataforma, nota-se uma

grande diferença de tempo para realizar o percurso desejado. Portanto, a solução desta proposta faz com que a pessoa com deficiência possa ser tratada com um pouco mais de igualdade e de respeito. Este é um dos aspectos que motivou a procura de formas mais eficientes, para substituição das plataformas elevatórias já existentes. Além deste, outros fatores impulsionaram a realização deste trabalho, como o estudo, dimensionamento e o domínio de inversores de frequência; motores elétricos e soluções em dispositivos eletromecânicos responsáveis pela segurança física dos usuários.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Projetar um modelo experimental de uma plataforma móvel, para locomoção linear de pessoas em escadas, com velocidade superior as plataformas existentes no mercado.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar a pesquisa bibliográfica envolvendo dispositivos elétricos necessários para à realização do projeto;
- Pesquisar os equipamentos já existentes no mercado;
- Elaborar o diagrama de comandos da parte elétrica da plataforma com deslocamento linear em atendimento aos requisitos de segurança, de operação e manutenção.
- Efetuar o dimensionamento e a especificação dos equipamentos, dispositivos e dos condutores relativos à parte elétrica.

1.4 JUSTIFICATIVA

De acordo com a NBR 9050 (2004, p.1):

A NBR 9050 de 2004 (acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos) tem como objetivo estabelecer critérios, parâmetros técnicos a serem observados com relação a projeto, construção, instalação e adaptação de edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos às condições de acessibilidade (...).

Entretanto, construções antigas com escadas fora do padrão são comumente encontradas e, portanto, não estão em conformidade com essa norma.

O propósito deste TCC é projetar um sistema mais eficiente de deslocamento, sem perder a qualidade em relação à segurança e conforto.

Outro aspecto importante está em dominar o conhecimento em inversores de frequência, o qual será utilizado para o controle de velocidade. Esse conhecimento será útil, levando em conta a gama de aplicações dos inversores, tais como a sua aplicação em motores elétricos trifásicos de indução, em substituição aos rústicos sistemas de variação de velocidades mecânicos como polias e variadores hidráulicos. E a atuação como dispositivo de proteção para os problemas de rede elétrica, como desbalanceamento de fases e queda de tensão, aos quais estão sujeitos os motores elétricos.

O tema acessibilidade foi escolhido como uma oportunidade de usar conhecimentos técnicos, visando ajudar aqueles que possuem dificuldades e restrições para se locomover, como por exemplo, pessoas que necessitam subir escadas todos os dias e sentem dores ao realizar essa atividade, ou simplesmente não conseguem realizá-la sem o auxílio de algum artifício. Pretende-se assim, contribuir para que pessoas como estas possam se deslocar nestes ambientes com escada, sem sofrimento e sem agravar a sua condição física já reduzida. Ambientes em que a questão da acessibilidade não foi devidamente resolvida podem também resultar em aborrecimentos e até em perdas econômicas, obrigando as pessoas com capacidade física reduzida a mudar-se destes ambientes.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O trabalho tem como ponto de partida uma busca bibliográfica acerca dos assuntos que estão desenvolvidos no trabalho, utilizando livros, monografias de graduação, teses de mestrado e doutorado, artigos científicos, sites de internet, apostilas, além de correlatos do assunto para que seja dada a abordagem necessária referente ao funcionamento de plataformas móveis, inversores de frequência, formas de alimentação elétrica, implementação com sensores, atuadores, velocidade máxima de deslocamento, capacidade máxima de transporte e dispositivos de segurança, juntamente com outros parâmetros que poderão aparecer com o decorrer dos estudos realizados.

A primeira etapa consiste na familiarização do assunto abordado a fim de realizar um projeto final de forma satisfatória, possibilitando o planejamento e aprofundamento sobre os componentes da parte elétrica que formam todo o sistema da plataforma móvel, de tal maneira que se possa encontrar alternativas para o que já está sendo produzido.

Após essa etapa inicial, a preocupação é o projeto, dimensionamento e especificação de todos os parâmetros necessários, tais como:

- O dimensionamento do motor, forma de alimentação, o controle de partida e parada, a aceleração e desaceleração de deslocamento, especificação de um inversor de frequência.

Há também a etapa de associação do conjunto elétrico envolvendo questões como, os comandos de movimento e as facilidades para o acesso e para o uso da plataforma, com o propósito de proporcionar maior comodidade e segurança ao seu usuário.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está estruturado em seis capítulos. O primeiro capítulo possui a introdução, que é composta pela apresentação da proposta, delimitação do tema, os

objetivos, a justificativa e os procedimentos metodológicos definidos na proposta para o desenvolvimento do trabalho.

O segundo capítulo destina-se ao referencial teórico que contém as normas de acessibilidade e as partes constituintes que irão compor a plataforma elevatória a respeito dos seguintes itens: motor com freio, sensor indutivo, sensor de presença infravermelho, inversor de frequência e proteção do sistema.

No terceiro capítulo leva-se em consideração os modelos das plataformas existentes no mercado através de uma pesquisa bibliográfica e uma visita até o local onde há uma plataforma instalada.

O quarto capítulo representa um estudo visando um aumento de velocidade. Fazendo um levantamento de dados para chegar em uma faixa de velocidade aceitável para o deslocamento dos portadores de mobilidade reduzida em uma plataforma elevatória para escadas.

O quinto capítulo relaciona a solução proposta para o projeto elétrico da plataforma elevatória para escadas. As partes constituintes desse capítulo são os requisitos de funcionamento, definições para projeto, dimensionamento, especificação, lista de materiais, descritivo de funcionamento do sistema, lógica de funcionamento e a parametrização do inversor.

Por fim, o sexto capítulo apresenta às considerações finais do projeto elétrico desenvolvido.

2 Referencial teórico

2.1 Normas de acessibilidade

A acessibilidade é um dos temas mais abordados nos dias de hoje. Atualmente, a verticalização das residências é de certa forma inevitável. Portanto, tornou-se de extrema importância permitir que pessoas com deficiência, definitiva ou temporária, e ainda o grupo da terceira idade, tenham a possibilidade de executar atividades em todos os lugares, tanto nos ambientes públicos como nos residenciais.

O fato de muitas pessoas, que se encontram em cadeira de rodas ou que possuem mobilidade reduzida, devido a algum acidente ou por limitações naturais decorrentes do envelhecimento, não poderem, na maioria das vezes, desfrutar de suas habitações com conforto, liberdade e segurança, faz com que algumas dessas

peças passem anos procurando um lugar para morar que tenham as mínimas condições de acessibilidade. Pois deparam-se diariamente com escadas construídas de formas inadequadas, elevadores fora do padrão, entre outras séries de irregularidades, principalmente em construções antigas.

Pois até então, a abordagem às necessidades relacionadas às pessoas com deficiência eram dadas de forma muito superficial e possuía pouca abrangência, não indo além da verificação das barreiras que impediam à integração dessas pessoas.

Isso se deve ao fato de que a principal das normas relacionada a acessibilidade, a NBR 9050, só foi publicada no ano de 1985. Esta norma foi criada com o intuito de suprir as necessidades a cerca dos referenciais técnicos relacionados a acessibilidade, porém pode-se verificar lacunas e falhas em sua formulação.

Segundo Calado (2011), em 1993 foi implantado um grupo de estudo com apoio e iniciativa do Governo do Estado de São Paulo, para que se pudesse ampliar e atualizar o alcance da NBR 9050. Após isto, foi feita uma nova revisão, a qual foi publicada no ano de 2004, com o intuito de contemplar um conjunto de especificações relacionados a adequação do espaço físico para inclusão das pessoas que necessitam de ambientes acessíveis.

A NBR 9050 é uma norma que define os aspectos relacionados às condições de acessibilidade. Segundo a NBR 9050, “Esta Norma estabelece critérios e parâmetros técnicos a serem observados quando do projeto, construção, instalação e adaptação de edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos às condições de acessibilidade”.

Isso faz com que as especificações proporcionem as pessoas independentemente da faixa etária, estatura ou limitação de mobilidade a utilização segura do ambiente ou equipamento (CALADO, 2011).

Pode-se dizer que nesta norma estão incorporados os aspectos relacionados à acessibilidade, desenho universal, barreira arquitetônica e tecnologia assistiva. Tem-se destaque ainda nos aspectos relacionados à dimensão do módulo de referência da cadeira de rodas, referências para alcance manual e visual, formas de comunicação e sinalização horizontal e vertical, dimensionamento de circulação, rampas e escadas, características de piso, estacionamentos, banheiros, especificações de equipamentos eletromecânicos como elevador, plataforma elevatória para percurso vertical e inclinado e esteira rolante horizontal e inclinada.

Os parâmetros, estabelecidos por norma, têm o intuito de fazer com que se faça a instrumentalização necessária para que qualquer pessoa se adapte às condições do espaço em questão, não deixando de agregar o conforto e a funcionalidade, os quais devem acomodar níveis de segurança ajustáveis de acordo com a necessidade apresentada pelo indivíduo.

Seguem abaixo algumas normas que auxiliam no cenário atual e que podem ser empregadas em ambientes residenciais proporcionando uma melhoria na qualidade de vida dos portadores de deficiência ou de pessoas com mobilidade reduzida:

- ABNT NBR 9050 – Acessibilidade a Edificações Mobiliário, Espaços e Equipamentos Urbanos;
- ABNT NBR ISO 9386-2:2012 – Plataformas de elevação motorizadas para pessoas com mobilidade reduzida — Requisitos para segurança, dimensões e operação funcional Parte 2: Elevadores de escadaria para usuários sentados, em pé e em cadeira de rodas, deslocando-se em um plano inclinado;
- ABNT NBR 12892:2009 – Elevadores unifamiliares ou de uso restrito à pessoa com mobilidade reduzida - Requisitos de segurança para construção e instalação;
- ABNT NBR 15655-1:2009 – Plataformas de elevação motorizadas para pessoas com mobilidade reduzida - Requisitos para segurança, dimensões e operação funcional – Parte 1: Plataformas de elevação vertical (ISO 9386-1, MOD).

Antes de adaptar um ambiente para uma pessoa portadora de deficiência ou com mobilidade reduzida, inicialmente deve-se atentar para os parâmetros estabelecidos na NBR 9050, para que depois possa ser feita uma implementação do ambiente com equipamentos e estruturas que possam contribuir e auxiliar de alguma maneira na locomoção dessas pessoas dentro do ambiente residencial.

A norma que é mais evidenciada é a norma "ABNT NBR ISO 9386-2:2012 – Plataformas de elevação motorizadas para pessoas com mobilidade reduzida — Requisitos para segurança, dimensões e operação funcional – Parte 2: Elevadores de escadaria para usuários sentados, em pé e em cadeira de rodas, deslocando-se em um plano inclinado", pois nela estão contidos as especificações, requisitos

específicos que abrangem a parte mecânica e elétrica, e parâmetros necessários para elaboração de um projeto de uma plataforma móvel elevatória. Porém deve-se atentar que o requisito vinculado a velocidade não será atendido, pois pretende-se no projeto fazer com que a plataforma em questão desenvolva uma velocidade de deslocamento superior a estabelecida pela norma.

Como segue no ANEXO 6, destacam-se os principais requisitos atendidos pelo projeto proposto neste TCC.

O subitem b) o qual a velocidade nominal não ultrapasse 0,15 m/s do item “1 **Escopo**” não será atendido pois o objetivo principal do projeto é o de obter um aumento da velocidade nominal na faixa de 0,5 m/s e 0,78 m/s no deslocamento da plataforma para fins de estudo.

Neste anexo foram enunciados somente os requisitos mais relevantes e que foram levados em consideração para o Projeto elétrico da plataforma elevatória para escadas proposto neste trabalho. Alguns aspectos não foram levados em consideração devido ao projeto se encontrar em fase de estudo. Para o projeto total da plataforma e implementação deve-se consultar novamente a norma ABNT ISO 9386 e outras normas auxiliares.

Isto é proposto pelo fato de uma norma ser um trabalho em evolução e não algo acabado que não pode ser sujeito a modificações. Portanto, é por essa razão que se faz necessário avaliar as condições ambientais e dos equipamentos auxiliares no deslocamento, para que se verifique realmente se as pessoas deficientes ou com mobilidade reduzida estão tendo as suas necessidades atendidas.

2.2 Partes constituintes

2.2.1 Motor com freio

O texto a seguir foi baseado do catálogo Guia de Especificação de motores elétricos (WEG, 2013, p.31). No entanto o princípio de funcionamento do motor com freio da WEG é similar ao de outras marcas como a SEW Eurodrive. O que pode variar é o esquema de ligação da alimentação da bobina de freio. A questão aqui é estabelecer o embasamento teórico a respeito do funcionamento de um motor com freio e suas aplicações.

O motofreio consiste de um motor de indução acoplado a um freio monodisco, formando uma unidade integral compacta e robusta. O motor de indução é totalmente fechado com ventilação externa, com as mesmas características de robustez e desempenho da linha de motores.

O freio é construído com poucas partes móveis que asseguram longa duração com o mínimo de manutenção. A dupla face das pastilhas forma uma grande superfície de atrito, que permite frear com pequena pressão sobre as mesmas, baixo aquecimento e mínimo desgaste. Além disso, o freio é resfriado pela própria ventilação do motor. A bobina de acionamento do eletroímã, protegida com resina epóxi, funciona continuamente com tensões na faixa de 10% acima e 10% abaixo da nominal.

A bobina de acionamento do eletroímã é alimentada por corrente contínua, fornecida por uma ponte retificadora composta de diodos de silício e varistores, que suprimem picos indesejáveis de tensão e permitem um rápido desligamento da corrente. A alimentação em corrente contínua proporciona maior rapidez e uniformidade de operação do freio.

O motofreio é geralmente aplicado em:

- Máquinas-ferramenta;
- Teares;
- Máquinas de embalagem;
- Transportadores;
- Máquinas de lavar e engarrafar;
- Máquinas de bobinar;
- Dobradeiras;
- Guindastes;
- Pontes-rolante;
- Elevadores;
- Ajustes de rolos de laminadores;
- Máquinas gráficas.

Enfim, em equipamentos onde são exigidas paradas rápidas por questões de segurança, posicionamento e redução de tempo de operação. (Guia de Especificação de motores elétricos WEG, 2013, p. 31)

2.2.1.1 Funcionamento do motor com freio

No guia de especificações de motores elétricos da WEG (2013, p. 32) foi possível extrair o modo de funcionamento do motor com freio. Uma forma de acionar

o freio é fazer com que quando o motor for desligado da rede, a corrente da bobina do eletroímã seja interrompida. Deixando o eletroímã de atuar, a força exercida pelas molas de pressão faz as pastilhas, que estão alojadas no disco de frenagem, sejam comprimidas sobre as superfícies de atrito, freando o motor até que ele pare. Quando o motor é ligado na rede elétrica, a bobina é alimentada, vencendo a resistência das molas. Neste momento, as pastilhas ao ficarem livres deslocam-se axialmente em seus alojamentos ficando afastadas das superfícies de atrito. Assim, termina a ação de frenagem, deixando o motor partir livremente.

A Figura 19 representa o corte transversal das principais partes que constituem o freio eletromagnético do motor elétrico.

a) Frenagem rápida

Intercala-se o contato para interrupção diretamente num dos fios de alimentação da bobina, no circuito CC. É necessário que este seja um contato auxiliar normalmente aberto do próprio contator ou chave magnética do motor. (WEG, 2013, p. 32)

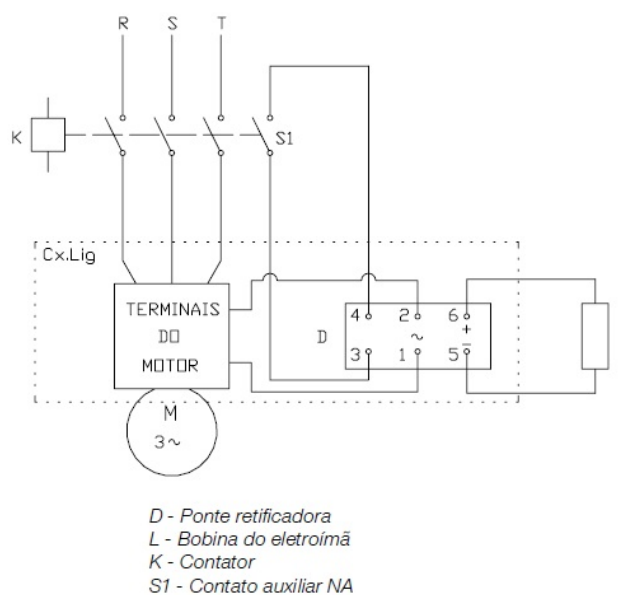


Figura 1: Esquema de ligação frenagem rápida.

Fonte: (Guia de especificações de motores elétricos da WEG, 2013).

A frenagem é rápida porque quando o motor é desligado, interrompe-se abruptamente a alimentação da bobina do eletroímã. Neste caso, a ponte retificadora deve dispor em sua configuração interna, de uma solução que permita dissipar ou absorver rapidamente a energia existente no eletroímã do sistema de

freio no momento da sua interrupção. Caso contrário, a chave contatora e a própria ponte retificadora ficam sujeitas a tensões elevadas que poderão causar desgastes e danos aos mesmos.

2.2.1.2 Alimentação da bobina de freio

A alimentação da ponte retificadora por corrente alternada, pode ser obtida através de uma fonte independente ou dos terminais do motor. Esta alimentação poderá ser em 110/220, 440 ou 575 V, de acordo com as características do conjunto ponte retificadora/bobina de freio.

A bobina do freio também poderá ser fornecida em 24 Vcc, mas neste caso a tensão de alimentação deverá ser através de uma fonte independente (corrente contínua), dispensando o uso de ponte retificadora.

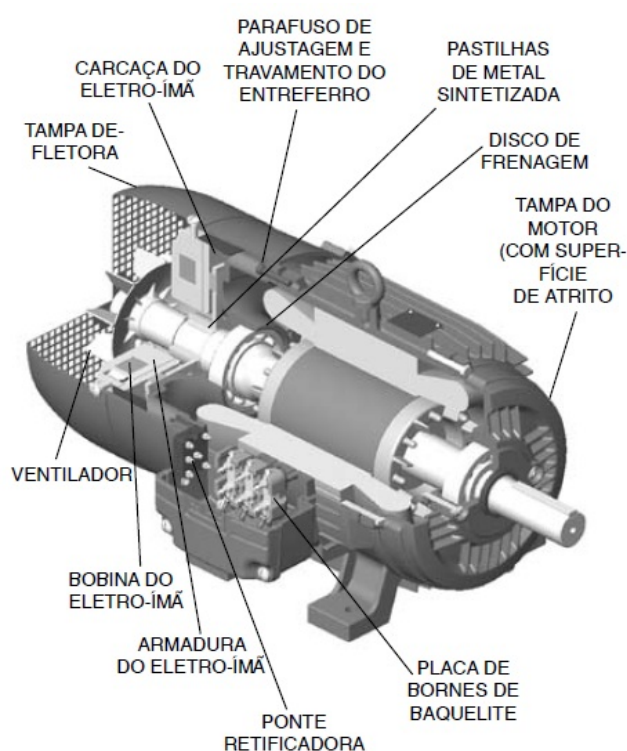


Figura 2: Corte do motor com freio.

Fonte: (Guia de especificações de motores elétricos da WEG, 2013).

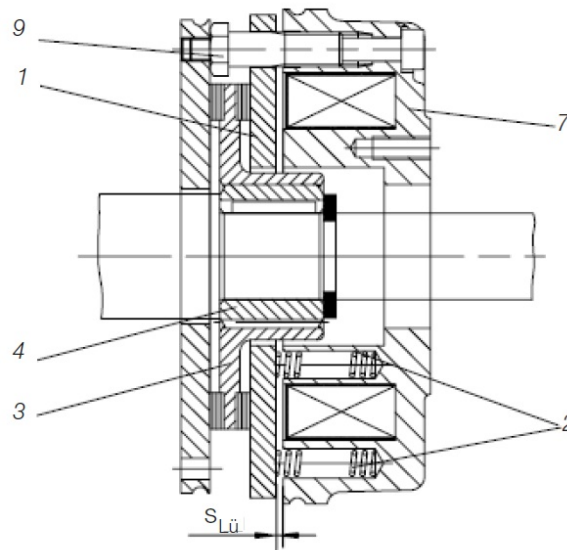


Figura 3: Corte transversal do freio eletromagnético.

Fonte: (Instruções para instalação, operação e manutenção do motofreio WEG, 2013).

Em que:

- 1 – Armadura;
- 2 – Molas;
- 3 – Disco de frenagem;
- 4 – Cubo (hub);
- 7 – Carcaça do freio;
- 9 – Bucha roscada;
- $S_{L\ddot{u}}$ - Entreferro.

2.2.2 Sensores indutivos

Os sensores indutivos atendem as mais diversas aplicações para detecção de corpos metálicos. São elementos ativos capazes de efetuar um chaveamento elétrico sem que seja preciso algum corpo metálico tocá-lo. Conforme mostra o diagrama de blocos, um sensor indutivo tem um oscilador de rádio frequência. Esta oscilação é modificada quando se introduz um objeto metálico dentro do campo magnético da bobina, retornando ao normal quando se retira o objeto. As modificações do comportamento do oscilador são demoduladas e interpretadas pelo trigger de modo a obter-se uma saída de sinais high-low, ou seja, uma onda

quadrada bem definida, capaz de excitar um circuito de potência, tal como um transistor ou um tiristor, obtendo assim uma chave liga/desliga em estado sólido, com condições de efetuar um chaveamento sobre bobinas de relés, pequenos contadores, ou mesmo circuitos lógicos. Todo esse conjunto eletrônico é montado em forma bastante moderna utilizando técnicas avançadas, e são alojados em invólucros de plástico ou metálico e encapsulados com resina de alta densidade, formando um bloco sólido à prova d'água, vibrações e intempéries. (WEG sensores e fontes, 2013, p. 10).

Os sensores são constituídos, de modo geral, nos seguintes blocos:

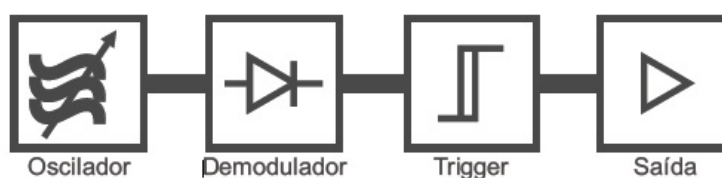


Figura 4: Diagrama de blocos do sensor.

Fonte: (WEG sensores e fontes, 2013).

Superfície Ativa é a face sensível por onde sai o campo eletromagnético de alta frequência nos sensores.

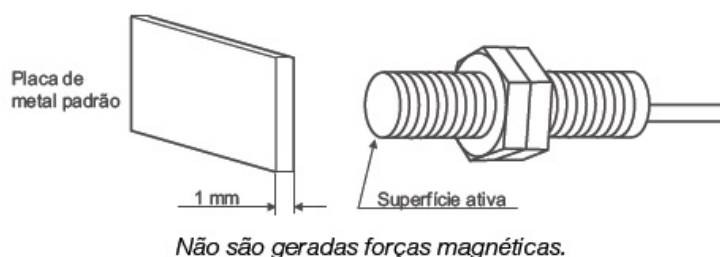


Figura 5: Esquema do sensor indutivo.

Fonte: (WEG sensores e fontes, 2013)

Sensores Indutivos com Face Sensível Facada ou Saliente

“Face Sensível facada são os sensores que possuem a bobina blindada lateralmente pelo corpo do sensor, não produzindo campo magnético lateral, podendo ser embutido em blocos metálicos sem qualquer problema”. (WEG sensores e fontes, 2013, p. 3).

Face Sensível Saliente é um artifício para que um sensor tenha sua distância de comutação (SN) ampliada, ou seja, acima dos padrões adotados para aquele tamanho de sensor. Neste caso a bobina não está blindada e o campo magnético por ela produzido é dispersado lateralmente, sendo impróprio para ser embutido em blocos metálicos, sem que se observe a zona livre de 3 vezes o diâmetro do sensor na região da face sensível. (WEG sensores e fontes, 2013).



Figura 6: Sensor face sensível saliente.

Fonte: (WEG sensores e fontes, 2013).

Os sensores podem ser identificados pelas cores da sua face ativa ou sensível e podem ter alimentação com tensão contínua (CC) e neste caso a saída pode ser do tipo PNP ou NPN ou então em tensão alternada.



Figura 7: Tipos de sensores e suas cores.

Fonte: (WEG sensores e fontes, 2013).

2.2.2.1 Sensores para corrente alternada

“São sensores construídos para funcionar com alimentação em corrente alternada na faixa de tensão de 40-100 V CA e 90-250 V CA e comutar cargas indutivas, também em corrente alternada. (WEG sensores e fontes, 2013)”.

Configuração Eletrônica

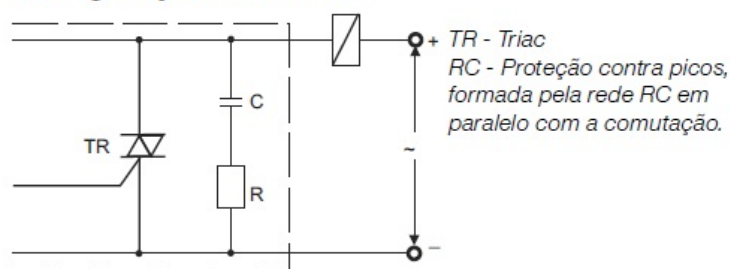


Figura 8: Configuração eletrônica do sensor CA.

Fonte: (WEG sensores e fontes, 2013).

2.2.2.2 Ligação em Paralelo

A ligação paralelo de sensores de corrente alternada com sistema de 2 fios, não é aconselhável devido a particularidade de sua construção. Porém até 2 sensores em paralelo, seu funcionamento tem-se mostrado bastante confiável. Os circuitos a seguir mostram opções de ligação. (WEG sensores e fontes, 2013, p. 8).

Sistema a 2 Fios

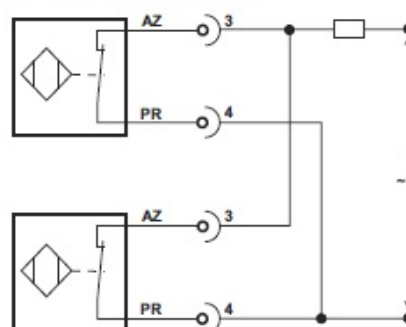


Figura 9: Esquema da ligação paralelo.

Fonte: (WEG sensores e fontes, 2013).

2.2.3 Sensor de presença infravermelho

Existem sensores de infravermelho ativos e passivos. Um sensor de infravermelho ativo é composto por um emissor de luz infravermelha e um receptor, que reage a essa luz. Por sua vez, um sensor de infravermelho passivo não emite luz infravermelha, mas apenas capta esse tipo de luz no ambiente.

Os sensores de presença que acendem as luzes na área comum dos condomínios são bons exemplos de sensores de infravermelho passivos, eles

identificam a presença das pessoas pela radiação infravermelha decorrente do calor que seus corpos emitem. Detecta o calor a uma distância regulável em média até 25 metros.

É possível regular a ângulo de abertura do sensor e também o seu alcance. Esta opção de segurança seria bem aplicada numa plataforma móvel, serviria para evitar que pessoas e animais atrapalhassem a trajetória da plataforma, podendo ocorrer acidentes já que o usuário da plataforma pode não perceber que alguém entrou no caminho e está indo de encontro.

2.2.4 Inversor de frequência

De acordo com Capelli (2002) o acionamento de motores elétricos é utilizado para controlar a velocidade de rotação e o torque do motor. Existem dois tipos de acionamentos: os acionamentos de corrente contínua, denominados simplesmente de conversores CC, e os acionamentos de corrente alternada, denominados de inversores de frequência. Este trabalho tratará apenas dos inversores de frequência.

Segundo Ferreira Junior (2012), por ser capaz de gerar tensão e frequência ajustáveis, um inversor de frequência é um dispositivo destinado a controlar a variação de velocidade de motores de indução trifásicos. Assim, os inversores são capazes de proporcionar um acionamento suave do motor, evitando eventuais quebras que podem ser produzidas por outros dispositivos que operem com variações não contínuas de torque, por exemplo. Ele também pode ser utilizado como dispositivo de segurança para problemas de sobrecarga, queda de tensão ou da rede elétrica.

Os inversores transformam a tensão da rede, de amplitude e frequência constantes, em uma tensão de amplitude e frequência variáveis. Variando-se a frequência da tensão de alimentação, varia-se também a velocidade do campo girante e conseqüentemente a velocidade mecânica de rotação da máquina. (Guia Técnico WEG, 2009, p. 6).

Segundo Gripp Junior (2005) a tensão de entrada dos inversores de frequência pode ser trifásica ou monofásica, ou seja, independe se o inversor destina-se a motores trifásicos ou monofásicos.

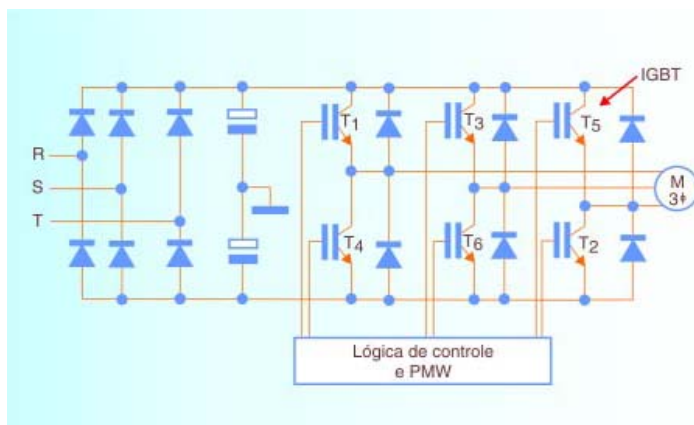


Figura 10: Esquema de um inversor trifásico com entrada trifásica.

Fonte: (Capelli, 2002).

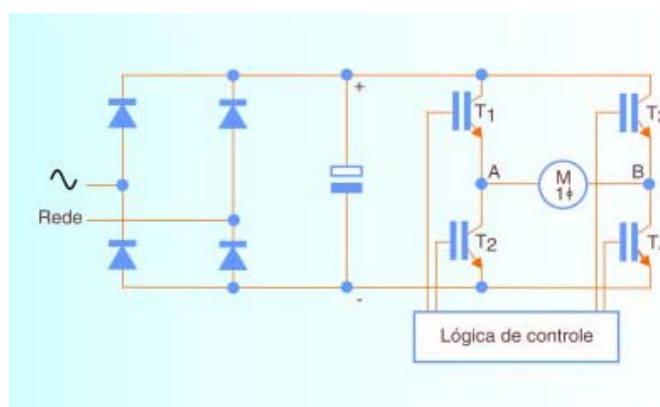


Figura 11: Esquema de um inversor monofásico com entrada monofásica.

Fonte: (Capelli, 2002).

Dependendo da aplicação, tanto os inversores monofásicos quanto os trifásicos podem usar dispositivos com disparo ou bloqueio controlados: BJTs, MOSFETs, IGBTs, MCTs, SITs, GTOs) ou tiristores em comutação forçada.

Nos casos em que existe a necessidade de se controlar a velocidade de acionamento de uma carga, este processo é realizado através da frequência da tensão de alimentação. Entre a fonte de tensão e o motor deve ser instalado um inversor, que é o responsável por essa variação de frequência.

2.2.4.1 Tipos de inversor de frequência

Os inversores de frequência podem ser classificados em dois tipos: o inversor escalar e o inversor vetorial. Sua principal diferença está na forma precisa e rápida que os inversores vetoriais conseguem responder ao torque exigido pela

carga, desta maneira permitindo uma elevada velocidade de resposta dinâmica a variações bruscas de carga. Os inversores escalares demoram mais para reagir a qualquer solicitação de alteração da velocidade. (MARQUES, 2013)

2.2.4.1.1 Inversor Escalar

São aqueles que se baseiam em equações de regime permanente, com lógica de controle mantendo a relação V/f constante, devido ao torque do motor ser mantido constante, isto é, igual ao nominal para qualquer velocidade de funcionamento. Isto ocorre devido ao estator do motor de indução possuir um bobinado trifásico. As características desse bobinado são definidas por sua resistência ôhmica e sua indutância. (MARQUES, 2013).

A corrente que circula pelo estator do motor é proporcional a resistência do bobinado e ao valor da reatância indutiva, esta dependendo da indutância do bobinado e da frequência. Assim temos que:

$$XL = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

$$I = V / (R^2 + XL^2)^{1/2}$$

XL = reatância indutiva;

L = indutância do bobinado do estator;

I = corrente que circula pelo estator;

R = resistência ôhmica do bobinado do estator;

V = tensão de alimentação;

f = frequência.

Segundo o Guia de Aplicação de Inversores de Frequência WEG (WEG, 2012, p. 4-5) para valores de frequência acima de 30 Hz pode-se desprezar o valor da resistência; pois este se torna um valor muito pequeno ao se comparar com a reatância indutiva. Assim o valor da corrente será proporcional ao valor da tensão de alimentação e à frequência, sendo estes parâmetros controlados pelo inversor.

Desta maneira para variar a velocidade do motor de indução é necessário variar a frequência de alimentação do motor para que a corrente obtida no estator seja constante como na equação:

$$I = V/f = \text{constante}$$

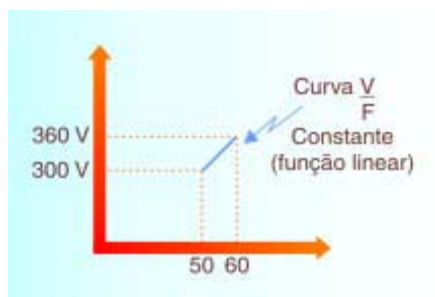


Figura 12: Curva Tensão x Frequência.

Fonte: (Capelli, 2002).

Deste modo, é necessário apenas o ajuste da tensão e da frequência de alimentação para se manter o torque constante.

2.2.4.1.2 Inversor Vetorial

No inversor vetorial a programação de controle é muito mais complexa do que a lógica correspondente no tipo escalar, porém o desempenho dinâmico é superior. Sua lógica de controle segue as equações dinâmicas do motor. O principal objetivo é o de efetuar o controle mais preciso da velocidade e do torque sem se prender a relação simplificada de V/f constante, mas utilizando-se de modelos do motor que sejam mais precisos nas suas respostas às solicitações da carga. Assim os inversores podem ser empregados em tarefas de controle que requerem grande precisão e dinâmicas rápidas. (MARQUES, 2013).

Portanto para que se possa fazer o controle entre tensão e frequência, o inversor vetorial irá trabalhar com a decomposição da corrente do motor em duas componentes: uma responsável pelo torque e outra pela magnetização. É feita a decomposição vetorial da corrente enviada ao motor pelos vetores que representam o torque e o fluxo no motor, possibilitando uma regulação de forma independente do torque e do fluxo.

2.2.4.2 Funcionamento

Aqui é descrito o funcionamento dos estágios constituintes de um inversor de frequência, que opera como uma interface entre a rede e o motor de indução.

Na Figura 29 pode-se observar o comportamento do sistema de potência através das interações entre a rede, o inversor de frequência e o motor. Também pode-se notar que o processo de obtenção da tensão e frequência desejadas é composto por três estágios de funcionamento: retificador, filtro (Elo CC, em inglês: *Link DC*) e inversor.

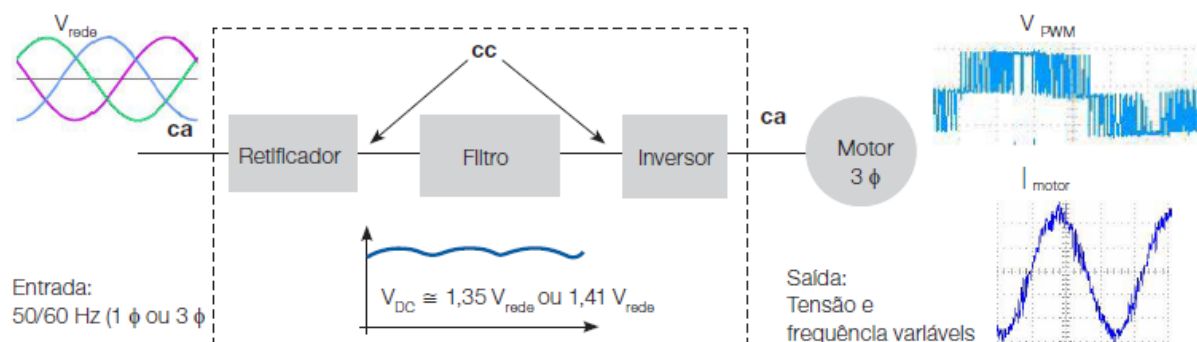


Figura 13: Estágios de funcionamento de um inversor de frequência.

Fonte: (Guia Técnico WEG, 2013).

2.2.4.3 Estágio Retificador

A transformação de corrente alternada (CA) em corrente contínua (CC) é denominada de retificação. Assim, a transformação dessa onda oscilatória em uma onda praticamente lisa é a função do retificador. Da Figura 29, nota-se que a retificação da tensão trifásica CA que é aplicada na alimentação consiste na primeira etapa do processo de conversão de frequência.

Os retificadores estão divididos em não controlados, que são compostos por diodos, e os controlados, esses compostos por tiristores. Assim como os diodos, os tiristores retificam a onda senoidal de entrada em pulsos contínuos, tanto na parte positiva quanto negativa, sempre em relação ao ponto neutro comum. O valor da tensão CC na saída do retificador tem um valor variando entre zero e o valor da tensão de entrada. (Gripp Junior, 2005).

Fazendo uma ligeira comparação entre os dois tipos de retificadores, o controlado causa maiores perdas e distúrbios na rede elétrica de entrada, pois, se o tiristor é controlado para que seu período de condução seja bastante reduzido, o retificador irá drenar valores crescentes

de potência reativa. No entanto uma vantagem da retificação controlada é que a energia pode ser refletida de volta para a rede, por exemplo, permitindo a devolução da energia de frenagem de um acionamento, contribuindo-se assim para uma melhoria do rendimento do sistema. (GRIPP JUNIOR, 2005, p. 18).

Nos inversores WEG a retificação do sinal alternado proveniente da rede de alimentação, de tensão e frequência constantes é feita por Ponte de diodos. Neste caso, os diodos devem estar dispostos para que se obtenha uma onda de saída com pulsos positivos e negativos de tensão. Já com outros semicondutores é possível controlar a tensão retificada, mas com os diodos a amplitude é igual à da onda de entrada.

2.2.4.4 Elo CC

Após a retificação da tensão no primeiro estágio, ocorre a regulação ou alisamento da tensão, seguida pelo armazenamento de energia realizado por um banco de capacitores. Esse segundo estágio é denominado Elo CC (ou em inglês, *Link DC*) ou simplesmente Filtro, pois é onde ocorre a filtragem do nível de tensão ou corrente contínua retificada. Esse filtro deixa a forma de onda mais constante e sem variações bruscas.

2.2.4.5 Estágio Inversor

Segundo Osis (2007), idealmente as formas de onda da tensão de saída de inversores deveriam ser puramente senoidais. Nesse estágio essa tensão contínua é novamente transformada em alternada, não mais com formato de senóide pura, mas sim com formas de onda que possibilitem o controle da velocidade do motor de indução trifásico. Na prática as formas de onda são não senoidais e, portanto apresentam certos harmônicos. Para que os harmônicos possam ser reduzidos significativamente utilizam-se de dispositivos semicondutores de potência de alta velocidade e técnicas de chaveamento.

No estágio inversor, o último estágio de um Inversor de frequência, através de chaveamento dos semicondutores, ocorre a elaboração dos pulsos da tensão de saída para o acionamento do motor. Do chaveamento obtém-se uma tensão e frequência de valores ajustáveis, que é obtida da tensão contínua proveniente do Elo CC.

O inversor pode receber do circuito intermediário (Elo CC), tanto uma corrente contínua, uma tensão CC ajustável ou uma tensão CC constante. Mas em todos os casos o estágio inversor deve assegurar ao motor o fornecimento de uma tensão de amplitude e frequência variáveis. No caso de corrente ou tensão ajustáveis no elo CC o estágio inversor controla apenas a frequência. Já para a tensão do Elo CC constante, o inversor gerará a frequência e a tensão variável para o motor. (GRIPP JUNIOR, 2005).

Nos inversores de frequência WEG a inversão da tensão contínua, proveniente do Elo CC, num sinal alternado é realizada por transistores IGBT.

Para produzir a tensão desejada na saída o inversor precisa converter a forma de onda contínua em alternada novamente, porém com níveis de tensão e frequência ajustáveis. Para produzir essa tensão CA na saída, em geral os inversores usam sinais de controle por modulação dos pulsos.

A modulação é um processo que a partir de uma onda qualquer obtém uma amostra de sinais.

De acordo com Gripp Junior (2005) existem três formas diferentes de se obter o sinal modulado:

- PAM – *Pulse Amplitude Modulation*: modulação por amplitude de pulsos, são amostras de largura fixa e tensão igual ao sinal, são regularmente espaçadas no tempo;

- PWM – *Pulse Width Modulation*: modulação por largura de pulsos, esses de amplitude fixa e largura proporcional à tensão do sinal na amostragem;

- PPM – *Pulse Position Modulation*: por posição de pulsos, esses de largura e amplitude fixas, sua posição no tempo é proporcional à tensão da amostra no instante da amostragem.

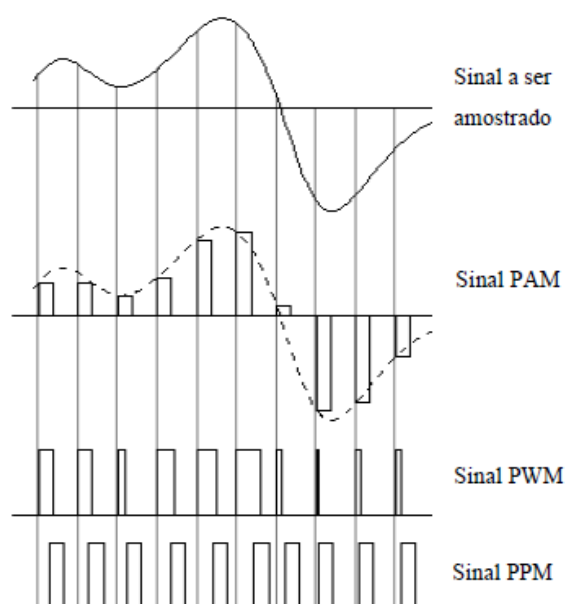


Figura 14: Sinais resultante de cada tipo de modulação.

Fonte: (Gripp Junior, 2005).

Dos três tipos de modulação, a PWM é a mais importante, pois é através dela que as tensões de saída com frequência ajustável são geradas. Assim, a modulação por largura de pulsos é a mais comumente empregada em comparação com as demais.

2.2.4.6 Acionamento

Para escolher o acionamento que melhor atenda o processo é necessário o conhecimento das duas categorias principais de acionamento que proporcionam o funcionamento do motor e o controle de sua velocidade.

2.2.4.7 Tensão Imposta (VSI)

Esse tipo de acionamento é controlado pela tensão que é retificada e caracteriza-se por um retificador não controlado a diodo e um capacitor que fornece a tensão para o estágio inversor. A corrente que o inversor fornecerá é definida pela carga do motor.

Já a amplitude e a frequência de saída são controladas no estágio inversor. Esse controle é realizado pelo método de chaveamento dos semicondutores por meio da modulação PWM.

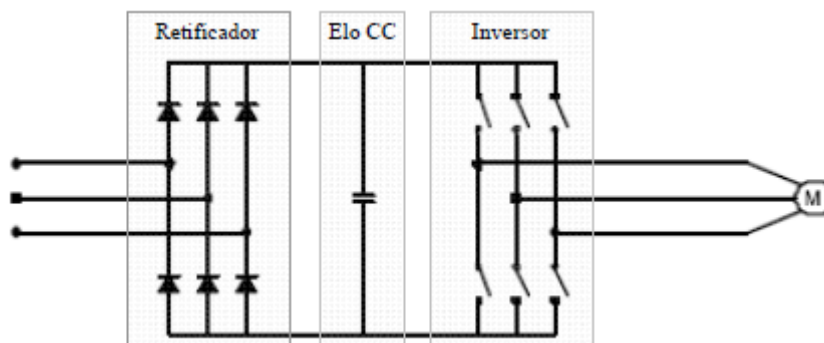


Figura 15: Inversor de tensão imposta.

Fonte: (Gripp Junior, 2005).

2.2.4.8 Corrente Imposta (CSI)

Esse tipo de acionamento é caracterizado por um retificador controlado a tiristor e um indutor no Elo CC, que fornece a corrente para o próximo estágio. Nesse caso é produzida uma tensão contínua por meio do chaveamento dos tiristores. Após o estágio Elo CC, pelo fato de consistir em indutores, uma corrente lisa e contínua é obtida. A amplitude dessa corrente varia conforme a tensão do retificador.

Assim, a tensão a ser fornecida para alimentar o motor será determinada pela carga usada.

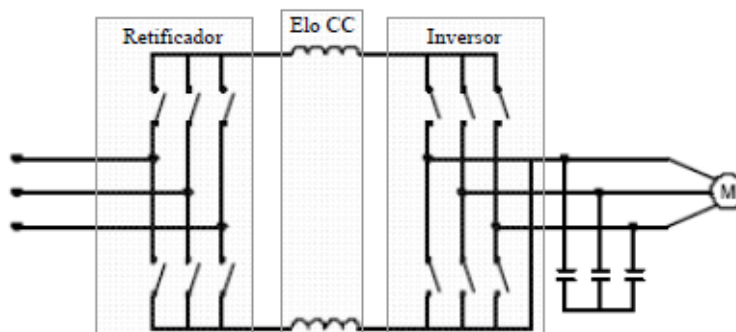


Figura 16: Inversor de corrente imposta.

Fonte: (Gripp Junior, 2005).

Segundo WEG (2012) os equipamentos mais empregados atualmente para a alimentação de motores de baixa tensão que necessitam variação de velocidade, são os inversores com tensão imposta e com modulação PWM.

2.2.4.9 Frenagem

Segundo Castro (2012) o processo de remoção da energia mecânica cinética de um sistema é denominado frenagem. O processo de frenagem em um Inversor de Frequência é incorporado quando é necessário parar ou desacelerar o motor, mudar o sentido de rotação, ou para manter o eixo em uma posição fixa (travado).

Quando o motor de indução é utilizado e o processo exige uma parada rápida, a desaceleração ocorre num intervalo de tempo muito curto. No momento da desaceleração o motor passa a funcionar como um gerador, pois a frequência do rotor é maior do que a do estator, o que provoca um fluxo reverso de energia através de cargas regenerativas. Estas cargas retornam a energia para o inversor, provocando elevação da tensão no barramento CC e risco de sobretensão se nenhuma medida for tomada, pois como a ponte retificadora de entrada do inversor é unidirecional, a energia de retorno é direcionada para o barramento CC.

Para remover essa energia são utilizados recursos de frenagem. Uma delas é a mecânica, por meio de um freio mecânico, no qual a energia mecânica é convertida em calor. Outra é a frenagem regenerativa, por meio do inversor, no qual a energia mecânica é convertida em energia elétrica. Durante a remoção a energia pode ser retornada para a rede CA, pode ser convertida em calor no motor, pode ser dissipada num dispositivo elétrico como um resistor ou dissipada num dispositivo mecânico como um freio.

2.2.4.10 Frenagem mecânica

A frenagem mecânica comanda por meio de um relé um sistema que é capaz de segurar o eixo do motor. Porém tanto para ligar quanto para desligar o freio este sistema apresenta um tempo de atraso elevado. Portanto antes de mover

o rotor é necessário que este esteja liberado do freio para que o motor não dê partida com sobrecarga e provoque uma sobrecorrente elevada.

2.2.4.11 Injeção de corrente contínua (DC injection braking)

A parada do motor é feita aplicando-se no estator uma tensão contínua proveniente do disparo dos transistores do inversor. A magnitude da corrente contínua é um parâmetro a ser especificado pelo usuário de acordo com a aplicação. Esta é responsável pelo torque de frenagem através do tempo de injeção de corrente contínua e do nível de tensão CC aplicada no motor.

Neste tipo de frenagem pode ocorrer um pico de corrente no inversor, o qual poderá ser bloqueado através da atuação da sua própria proteção. Para que isso não aconteça faz-se necessário um intervalo de tempo para desmagnetização (tempo morto) do motor.

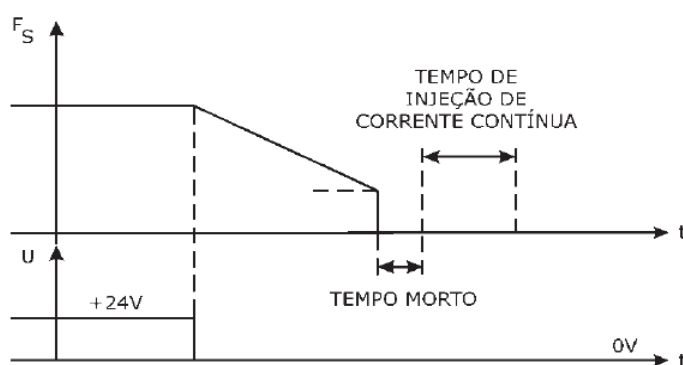


Figura 17: Frenagem CC com bloqueio por rampa de desaceleração.

Fonte: (Guia de Aplicação de Inversores de Frequência WEG, 2013).

Quando os ciclos de parada são repetitivos a energia é convertida em calor no motor, causando um aquecimento excessivo. Neste modo de frenagem a corrente contínua cria um campo fixo no motor. Esta corrente contínua é mantida somente por um intervalo de tempo, sendo difícil controlar a frenagem.

Sua utilização restringe-se à cargas de baixa inércia ou então à parada apenas do motor (freio).

2.2.4.12 Rampa de desaceleração

Esse método de frenagem é empregado quando os requisitos de parada não são muito rígidos. O usuário especifica o tempo de desaceleração através do inversor de frequência, e a frequência diminui até zero. Assim, quando o escorregamento do motor for negativo, este irá se comportar como um motor assíncrono com velocidade rotórica maior do que a frequência estatórica aplicada pelo inversor e neste caso o motor fornece um torque de frenagem.

Então a energia cinética do rotor do motor e a energia mecânica da carga serão convertidas em energia elétrica, que será transmitida para o Elo CC do inversor por meio da ponte de transistores.

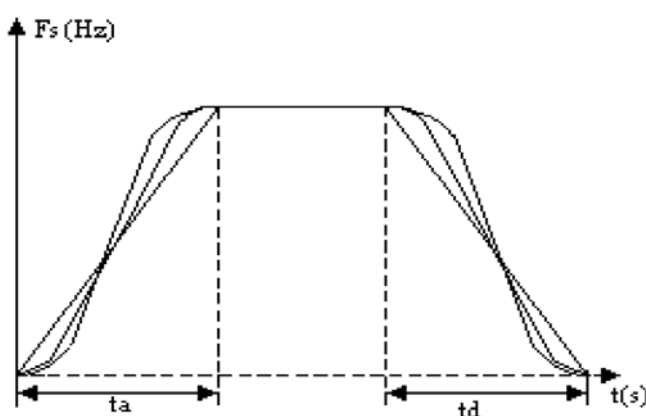


Figura 18: Aceleração e desaceleração por rampa "S".

Fonte: (Guia de Aplicação de Inversores de Frequência WEG, 2013).

O tempo de desaceleração, a inércia das massas em movimento e o torque resistente fornecem a potência de frenagem. Parte dessa energia é dissipada em perdas do motor e a outra parte necessita de outra forma para dissipar-se.

2.2.5 Proteção

2.2.5.1 Fusível ultra rápido (NH)

Os fusíveis são elementos de proteção do sistema elétrico e indicado para proteção de circuitos eletrônicos pela sua atuação rápida interrompendo a passagem de corrente elétrica por causa do aquecimento e posterior rompimento do elo fusível.

Fusíveis ultrarrápidos para proteção de *soft-starter* e inversores e retardados para proteção de circuitos de elétricos. Com material cerâmico de alta qualidade e elevada capacidade de interrupção de curto-circuito.

O fusível do tipo "NH", que possui alta capacidade e baixa tensão, é recomendado para uso industrial e só deve ser manuseado por pessoas com qualificações para isso. São construídos para correntes normalizadas entre 4 a 630 A, com capacidade de ruptura de 120 kA e tensão máxima de 500 V.

2.2.5.2 Disjuntor motor

Os disjuntores motor são uma solução para o acionamento e proteção de motores. Possuem alta capacidade de interrupção de corrente. Segundo a WEG:

Disparadores

- **Magnético** - Através do disparador magnético, os MPW's oferecem proteção contra curto-circuito da instalação e do motor, com disparo fixo em 13 vezes a máxima corrente da faixa de ajuste do disjuntor-motor;
- **Térmico** - O disparador térmico é ajustável e responsável pela proteção contra sobrecarga e sensibilidade contra a falta de fase da instalação e do motor conforme IEC60947-4-1, classe de disparo 10.

2.2.6 NOBREAK

Os *Nobreaks* são utilizados atualmente com a função de manter em funcionamento alguns equipamentos que possam parar de funcionar devido a falta de energia elétrica. Portanto estes equipamentos permitem que por um determinado tempo a atividade que está sendo realizada possa ser concluída.

Entre os modelos de *Nobreak* existentes no mercado, o que é considerado mais seguro é o tipo *online*. Esses *nobreaks* possuem baterias que são carregadas continuamente e o seu inversor permanece ligado durante todo o tempo, retirando energia das baterias que são carregadas e fornecendo energia para o sistema ao qual está conectado.

Portanto, a energia que entra neste *nobreak* em corrente alternada é convertida para corrente contínua, abastecendo a bateria e ligando o inversor. O inversor então converte novamente a energia para corrente alternada e de voltagem

constante, sendo considerado o melhor tipo de energia que pode ser encontrado no mercado.

Este tipo faz com que os equipamentos que serão conectados fiquem isolados da rede elétrica, portanto quem irá absorver todas as variações da rede serão as baterias.

Atualmente existem muitos *nobreaks online* de dupla conversão com alta capacidade de processamento, que monitoram em tempo real todos os parâmetros considerados mais importantes como:

- tensão da rede elétrica;
- situação das baterias;
- temperatura interna que o equipamento está sujeito;
- tensão de saída;
- potência utilizada.

Portanto, este *nobreak* será empregado tanto para fazer a conversão de tensão de 127 V para 220 V, pois o inversor possui somente alimentação 220V, como para fornecer energia de forma ininterrupta para o sistema de plataforma móvel elevatória para escadas para pessoas com mobilidade reduzida, fazendo com que caso ocorra uma falta de energia o usuário possa terminar seu deslocamento em uma determinada escada sem causar maiores transtornos, proporcionando segurança e comodidade.

3 Estado da Arte

3.1 Equipamentos existentes

Quando se trata de adaptações nos locais de acesso, ou utilizados por pessoas com mobilidade reduzida, deficientes ou grupo da terceira idade, a questão econômica é um fator decisivo para que se possa transformar o local em um ambiente acessível, pois é necessário um alto investimento em recursos para equipar o local adequadamente.

Independente da questão financeira, é necessário que construções sejam adaptadas e equipadas para que se possa garantir o máximo conforto e segurança as pessoas que possuem mobilidade reduzida de maneira simples e funcional, e que

possam atender as necessidades do dia a dia, além das que ainda possam surgir no decorrer da vida, como por exemplo em decorrência de alguma lesão nos joelhos os quais são responsáveis por suportar todo o peso do nosso corpo e ainda todos os impactos das atividades cotidianas exercidas.

Pois de acordo com o Dr. Marcelo Tostes, o qual possui sua especialidade em traumatologia, as forças de compressão articulares podem ser muito altas na articulação fêmoro-patelar, cerca de três vezes o peso corporal para subir e descer escadas, portanto isso pode comprometer o deslocamento de algumas pessoas em escadas que possuem algum problema nessa região do corpo.

Portanto, é necessário que se permita a adaptação de residências que possuem escadas, para que o morador deste local possa ultrapassar este obstáculo de forma segura e tenha maior facilidade em seu deslocamento, em um intervalo de tempo aceitável, não deixando de pesar o custo benefício desta solução.

Com isso, foi realizada uma pesquisa a cerca de algumas soluções existentes no mercado e pode-se notar uma grande variedade em relação à forma de acionamento, forma da escada, velocidade, ângulo de inclinação, capacidade de peso, dispositivos de segurança, alimentação elétrica, disposição da escada entre outros.

Abaixo segue uma relação de alguns modelos de plataformas que estão disponíveis no mercado:

O elevador de escadas do fabricante Garaventa, modelo Artira é aplicável em interiores e exteriores sem modificações estruturais, e pode ser utilizado em todo o tipo de escada com ou sem curvas, e sem limite de comprimento de guia. É utilizado por pessoas que se deslocam em cadeira de rodas, ou simplesmente tem dificuldade em subir escadas.

Possui as seguintes características:

- Dimensões que a plataforma pode assumir: 700x750 mm, 800x900 mm, 800x1050 mm e 800x1220 mm;
- Ocupação na escada recolhida: Guia á parede: 330 mm; guia em suportes: 355 mm;
- Capacidade: 250 kg;

- Inclinação de trabalho: entre 0° e 70°;
- Alimentação: 220 V;
- Motorização: 1,50 HP;
- Velocidade: 0,1 m/s;
- Segurança: descida manual de emergência. Sensores de obstáculos na escada. Sensor de aumento brusco da velocidade. Pega de apoio do passageiro;
- Opções: Assento rebatível. Comando de acompanhamento por cabo. Sistemas de baterias que garantem o funcionamento em caso de falha de energia.

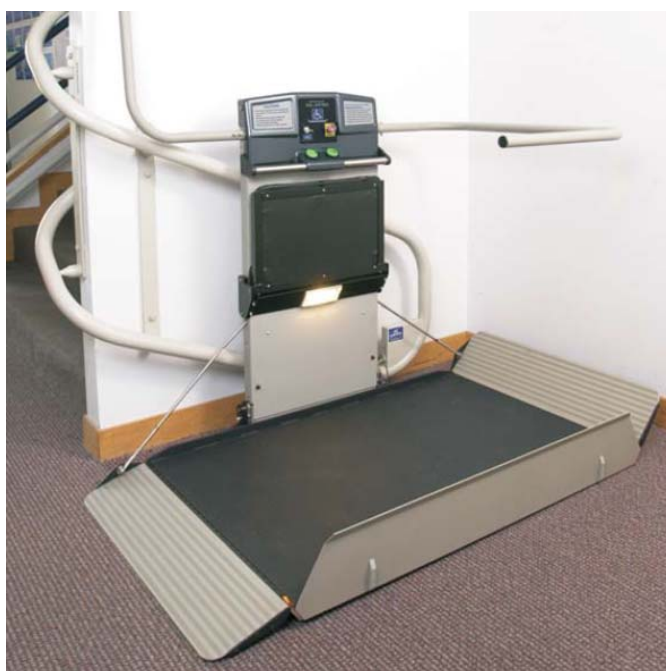


Figura 19: Plataforma elevatória para escadas Garaventa, modelo Artira.
Fonte: (Catálogo Tecno Mobile, Tecnologias de Acessibilidade, Mobilidade e Transporte, Ltda, 2013).

A ThyssenKrupp Elevadores, relacionada a Divisão de Acessibilidade & Elevadores para Residências, modelo *Easy Inclined* - Plataformas Inclinadas, é indicada para escadas retas, com ou sem níveis intermediários ou em curvas. Seu projeto é exclusivo e feito sob medida para ajuste em qualquer tipo de escada. Porém o modelo em questão é somente aplicado em escadas de percurso linear.

A plataforma *Easy Inclined* - Modelo *Xpress*: percurso linear máximo de até 13 m, aplicável somente em escadas retas e de um único lance.

Possui as seguintes características:

- Capacidade: 225 kg;
- Alimentação: 220 V;
- Velocidade: 4 m/min;
- Controles sobrepostos nas paredes superior e inferior para chamar/enviar a plataforma;
- Botão para basculamento;
- Com basculamento, a plataforma fecha e trava, liberando o caminho quando não está sendo utilizada;
- Os controles para abrir e fechar da plataforma estão localizados nas botoeiras;
- Para evitar esforços, braços dobráveis sobem e descem automaticamente ao chegar, em alguma das extremidades da escada.



Figura 20: Plataforma elevatória Easy Inclined, modelo Xpress.

Fonte: (Catálogo de produtos ThyssenKrupp Elevadores, Divisão de Acessibilidade & Elevadores para Residências, 2013).

A Plataforma fabricada pela Garaventa Lift, modelo GSL permite com a combinação de suas características que esta plataforma supere situações extremas, com percursos superiores a 70 metros e com mais de 10 lances de escada, sendo particularmente projetada para instalações exteriores.

Possui as seguintes características:

- Alta flexibilidade para situações difíceis: Largura de escada mínima de 76 cm;
- Dimensões que a plataforma pode assumir: 1050x800 mm, 800x800 mm, 750x700 mm;
- Possibilidade de instalação em escadas do tipo espiral;
- Capacidade: 225 kg;
- Alimentação: 230 V ou 440 V;
- Comandos de baixa tensão: 24 V;
- Inclinação: 0° a 72°;
- Segurança: Choque com eventuais obstáculos, aumento brusco de velocidade.



Figura 21: Plataforma elevatória Garaventa, modelo GSL.

Fonte: (Catálogo de produtos Garaventa Lift, 2013).

O elevador de escadas com plataforma da marca Liftslider, modelo Super é aplicável em ambientes internos, podendo ser construído em escadas lineares ou com curvas.

Possui as seguintes características:

- Dimensões que a plataforma pode assumir: 1050x850 mm, 860x650 mm, 860x710 mm, 1250x850 mm;
- distância da face exterior da guia à parede: 108 mm ou 148 mm (fixação aos degraus);
- Largura mínima da escada: 999 mm em escadas retas, 1075 mm em escadas curvas;
- Alimentação: 230 V;
- Proteção requerida: 16 A;
- Tensão de trabalho: 24 V;
- Transmissão: pinhão e cremalheira;
- Fixação da guia: diretamente à parede ou por suportes de fixação aos degraus;
- Velocidade: 0,07 m/s ou 0,13 m/s;
- Capacidade: 300 kg para inclinações da escada entre 0° e 30°, 250 kg para inclinações entre 31° a 35° e 190 kg para inclinações de 36° a 45°;
- Inclinação: entre 0° e 45°;
- Percurso máximo: 40 m;
- Comandos: todos de pressão constante;
- Rebatimento automático e simultâneo dos braços de proteção e rampas, alarme de bloqueio de sobrecarga, alarme acústico de parada de emergência;

- Segurança: sensores sensíveis ao toque em ambas às rampas e na face inferior da plataforma, a plataforma só entrará em movimento quando fechada através de comandos de chamada existentes nos extremos do percurso, o movimento do elevador de escada só é possível quando aberto através de comandos existentes na própria plataforma, travão mecânico automático no caso de aumento brusco de velocidade, arranque e parada suaves.



Figura 22: Plataforma elevatória para escadas Liftslider, modelo Super.
Fonte: (Catálogo Tecno Mobile, Tecnologias de Acessibilidade, Mobilidade e Transporte, Ltda, 2013).

Nota: deve-se atentar que as informações contidas nos catálogos variam de acordo com o fabricante, portanto alguns catálogos são mais completos contendo mais informações sobre as características das plataformas.

Na Tabela 1 segue um resumo com dados das plataformas que foram citadas.

Tabela 1: Resumo das plataformas elevatórias

<i>Fabricante</i> <i>Modelo</i>	<i>Garaventa</i> <i>Artira</i>	<i>Easy Inclined</i> <i>X-press</i>	<i>Garaventa</i> <i>GSL</i>	<i>Liftslider</i> <i>Super</i>
Dimensões	700x750 mm; 800x900 mm; 800x1050 mm; 800x1220 mm.	-	1050x800 mm; 800x800 mm e 750x700 mm.	1050x850 mm, 860x650 mm, 860x710 mm e 1250x850 mm.
Capacidade	250 kg	225 kg	225 kg	300 kg 250 kg e 190 kg.
Inclinação de trabalho	entre 0° e 70°	-	entre 0° e 72°	entre 0° e 45°
Motorização	1,5 HP	-	-	-
Velocidade	0,1 m/s	0,07 m/s	-	0,07 m/s ou 0,13 m/s.
Percurso	Qualquer tipo de escada	Linear	Percurso superiores a 70 m e com mais de 10 lances de escada	Escadas lineares ou com curvas com percurso máximo de 40 m
Acionamento	Cabos de aço no interior das guias	-	Tambor que move o cabo de aço	Pinhão e cremalheira

Fonte: Autoria própria.

Nota: Deve-se ressaltar que alguns dados que não estão compondo a tabela, não foram encontrados nos catálogos dos fabricantes.

Após a realização da pesquisa a cerca das plataformas já existentes no mercado, para que suas principais características fossem conhecidas, foi feito um levantamento referente às plataformas instaladas na cidade de Curitiba, que possibilitou maior conhecimento relativo as plataformas elevatórias.

- Museu Oscar Niemeyer: Possui uma plataforma elevatória, que leva ao último nível do pavilhão frontal;
- Restaurante Dom Antônio: O acesso é feito por plataforma elevatória individual.

Portanto, realizou-se no dia 07/07/2013 uma visita ao Museu Oscar Niemeyer, no Salão Principal do Olho, onde está situada uma plataforma elevatória da marca Thyssen com uma cadeira adaptada. Essa visita foi necessária para que fosse feita algumas análises e observações a respeito do funcionamento desta plataforma, principalmente relacionado a parte elétrica.

A plataforma foi implantada desde a inauguração do museu, no ano de 2002. Porém a plataforma encontra-se interditada, pois não está atendendo às necessidades dos visitantes que necessitam utilizá-la. Além de ser um modelo que já está ultrapassado, a adaptação de uma cadeira na plataforma elevatória deixa o usuário em risco, pelo fato da cadeira ser fixada com braçadeiras de silicone, e a ausência de cinto de segurança e de apoios para o usuário se segurar, faz com que se torne um transporte perigoso.

As figuras 23 a 30 são imagens da plataforma e seus equipamentos constituintes:



Figura 23: Motor da plataforma elevatória.

Fonte: Autoria própria.

Dados de placa do motor, possui potência de 1 CV, tensão de 220/380 V e corrente nominal de 2,96 A.



Figura 24: Fixação da cadeira na plataforma elevatória.

Fonte: Autoria própria.



Figura 25: Painel de acionamento referente à plataforma elevatória.
Fonte: Autoria própria.



Figura 26: Vista da parte inferior da Plataforma elevatória no MON.
Fonte: Autoria própria.

Na Figura 26 pode-se observar o painel de acionamento onde está abrigado o motor e a parte de controle referente à plataforma. A parte de comando é composta por dois botões vermelhos e um verde tanto na parte inferior quanto na superior da escada, estes botões possuem o seguinte funcionamento: o botão verde serve para acionar a plataforma quando esta estiver localizada na parte superior para que ela desça; o vermelho para que a plataforma suba. Porém não existe acionamento de deslocamento na própria plataforma, precisando de um operador para sua utilização. Este operador deve ficar pressionando o botão, pois se soltá-lo o movimento é interrompido. Possui um botão de trava que é feito com uma chave, para que a plataforma não seja acionada indevidamente. Na parte superior da escada o procedimento se dá da mesma maneira.



Figura 27: Vista total da Plataforma elevatória no Museu Oscar Niemeyer.
Fonte: Autoria própria.

Como pode ser visualizada na Figura 27, a plataforma elevatória do museu é composta por três corrimões os quais são destinados as seguintes funções:

- O primeiro corrimão abriga a parte elétrica, levando a energia elétrica do painel onde se encontra o motor e a parte de controle, ambos na parte inferior da escada, até a coluna de comando que está situada na parte superior da escada;

- O segundo corrimão abriga a parte mecânica, onde estão situadas as engrenagens e correntes, além de possuir nas proximidades dois fins de curso. Por este corrimão também é levada a parte elétrica para a coluna de comando que está situada na parte inferior da escada;
- O terceiro corrimão serve somente como auxiliar no deslocamento e sustentação da plataforma.

O seu acionamento mecânico é feito através de engrenagens e correntes em um dos corrimões. Possui três engrenagens e três correntes para realizar o deslocamento da plataforma.

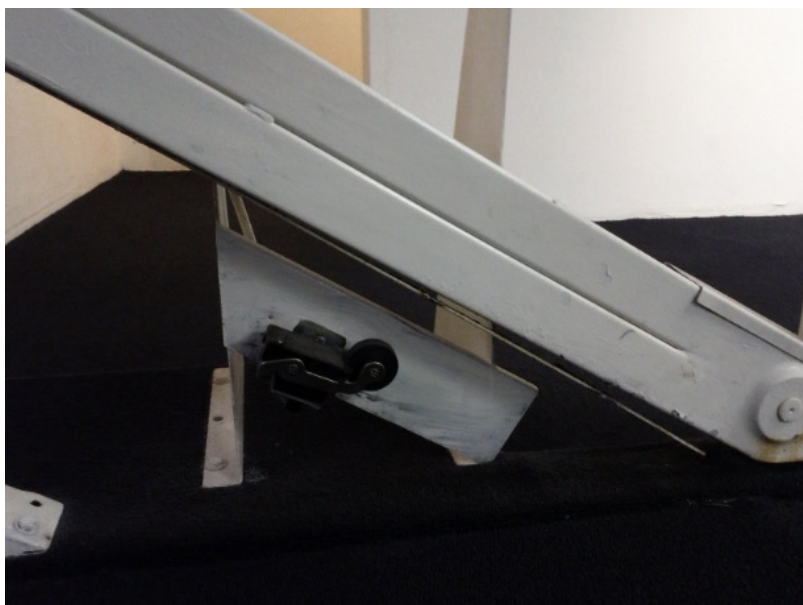


Figura 28: Segundo corrimão da escada.

Fonte: Autoria própria.

O fim de curso irá funcionar como limitador do percurso da plataforma, isto é, quando a plataforma chegar neste fim de curso seu contato será aberto, interrompendo a alimentação a partir do painel de comando.

A imagem abaixo mostra o tipo de engrenagem e correntes que estão sendo utilizadas.



Figura 29: Acionamento mecânico com engrenagens e correntes.
Fonte: Autoria própria.

A seguir foi acrescentada uma foto ilustrativa do redutor de velocidade utilizado na plataforma elevatória do museu.



Figura 30: Redutor de velocidade acoplado ao motor.
Fonte: Autoria própria.

No motor foi acoplado um redutor de velocidade para acomodar a rotação do motor com a velocidade de deslocamento da plataforma. O redutor aumenta o

torque na mesma proporção da redução da velocidade, proporcionando um motor de potência menor para o deslocamento.

Portanto, após a observação da Plataforma localizada no Museu do Olho e levantamento de dados referente aos aspectos elétricos, constatou-se que a plataforma em questão não ultrapassa a velocidade estabelecida pela norma “ABNT NBR ISO 9386-2: Plataformas de elevação motorizadas para pessoas com mobilidade reduzida - Requisitos para segurança, dimensões e operação funcional - Parte 2: Elevadores de escadaria para usuários sentados, em pé e em cadeira de rodas, deslocando-se em um plano inclinado”, a qual estabelece o valor máximo de 0,15 m/s. Analisando o desempenho da plataforma em funcionamento, foram detectados alguns aspectos negativos dessa plataforma. Um deles é o da velocidade de deslocamento ser baixa. O outro aspecto está relacionado à falta de conforto e segurança, pois foi adaptada à plataforma uma cadeira convencional comprometendo a segurança do usuário.

Tentando amenizar a diferença de tempo de deslocamento entre o indivíduo que utiliza a plataforma e o indivíduo que se desloca livremente, foi realizado um levantamento de dados para que se pudesse chegar a uma nova velocidade de deslocamento da plataforma compatível com o tempo de deslocamento de uma pessoa sem nenhuma limitação. Mais adiante há que tratar dos aspectos adicionais a norma vigente referente à comodidade e segurança aliadas a faixa de velocidade média da plataforma, esta estabelecida após o levantamento de dados.

Então a próxima abordagem será referente ao levantamento de dados, para situações reais de deslocamento em escadas de pessoas sem limitação física. O objetivo está em estabelecer uma faixa de velocidade aceitável para que as pessoas com restrições físicas utilizem com frequência a plataforma proposta em escadas residenciais, não sendo a velocidade de deslocamento motivo de desistência no uso desse recurso para o seu deslocamento.

4 Levantamento de dados experimentais

Para poder estabelecer a velocidade de deslocamento típico em escadas de pessoas aptas fisicamente, foi realizado medições dos tempos utilizados por estas pessoas em uma escada específica. No dia 14 de junho de 2013, às 15 horas, no

subsolo do bloco A na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) em Curitiba foram realizadas 19 medições em uma escada de 3,85 metros.

Cada uma das 19 medições foi feita a partir do primeiro degrau cronometrando o tempo até a chegada ao último degrau. Cada medição foi realizada sempre com uma pessoa diferente, sem avisá-las que estavam sendo observadas, para que estas representassem verdadeiramente o tempo que uma pessoa levaria para subir a escada de maneira natural, por isso não foram realizadas medições em que os passantes subissem correndo ou de dois em dois degraus. Este procedimento foi realizado com pessoas de diversas faixas etárias (alunos, professores e funcionários) que passavam pelo local. A Figura 31 é uma imagem da escadaria escolhida.



Figura 31: Escada da UTFPR bloco A.

Fonte: Autoria própria.

A tabela abaixo mostra o resultado do cálculo da velocidade média desenvolvida por cada participante para subir a escada de 3,85 metros.

Tabela 2: Velocidade desenvolvida por cada participante.

Identificação do indivíduo	Velocidade (m/s)	Identificação do indivíduo	Velocidade (m/s)
1	0,6520	11	0,5740
2	0,6311	12	0,6209
3	0,6875	13	0,5422
4	0,6637	14	0,7403
5	0,6311	15	0,6209
6	0,5065	16	0,6875
7	0,7549	17	0,6209
8	0,6754	18	0,5500
9	0,6416	19	0,5833
10	0,7540	20	-

Fonte: Autoria própria.

Para extrair informações dos dados brutos da Tabela 2, uma das formas é o de tratá-los utilizando um histograma. Para isso foram desenvolvidos os seguintes cálculos:

“Amplitude total (R): é a diferença entre o valor máximo e o valor mínimo observado no conjunto de dados, isto é:” (GUIMARÃES, 2013, p. 11).

$$R = x_n - x_1$$

$$R = 0,754 - 0,5065 = 0,2475m / s$$

“Número de Classes (k): denominado de fórmula de Sturges, onde n é o número de observações, ou tamanho da amostra.” (GUIMARÃES, 2013, p. 11).

$$k = 1 + 3,3 \log n$$

$$k = 1 + 3,3 \log 19 = 5,2198 \cong 6$$

“O número de classes deve ser um valor inteiro, quanto maior o número de classes, mais precisa é a representação gráfica da amostra estudada. Amplitude de Classe (h) é calculada por:” (GUIMARÃES, 2013, p. 11).

$$h = \frac{R}{k}$$

$$h = \frac{0,2475}{6} = 0,04125$$

Este valor da amplitude de classe é a nossa amplitude das velocidades em cada uma das seis classes.

A Tabela 3 mostra as velocidades dos indivíduos em cada classe, a frequência acumulada (fac_i) e a frequência de observações dessas velocidades dada à amostra.

Tabela 3: Dados coletados e analisados.

Classes	Faixa de velocidade das classes (m/s)	Número de observações	fac_i
1	0,5065 - 0,5477	2	2
2	0,5477 - 0,5889	3	5
3	0,5889 - 0,6302	3	8
4	0,6302 - 0,6714	5	13
5	0,6714 - 0,7127	3	16
6	0,7127 - 0,7539	3	19

Fonte: Autoria própria.

De posse desses dados, é possível fazer o histograma das velocidades pelas observações.

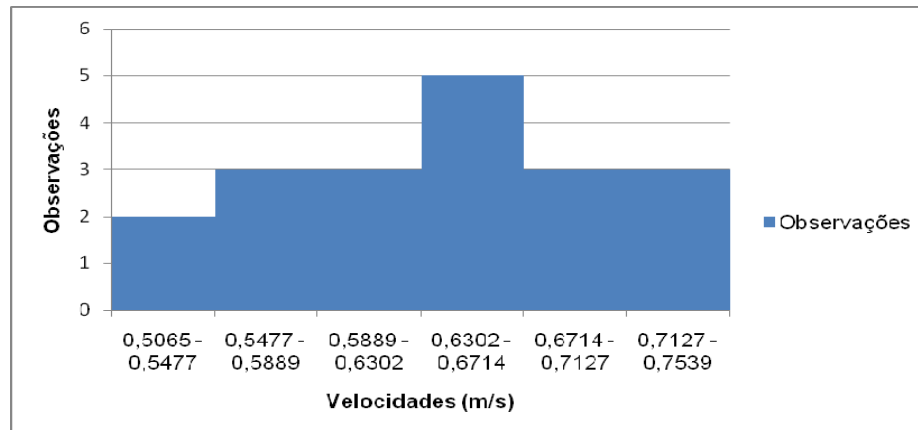


Figura 32: Histograma para dados da tabela 2.

Fonte: Autoria própria.

Pode-se comparar a distribuição de frequência da Figura 32 com uma distribuição normal, calculando a assimetria e a curtose.

Assimetria é o grau de desvio dos dados em relação ao centro da distribuição. Ela é a relação entre média aritmética, mediana e a moda. Uma distribuição de frequência pode ter assimetria positiva, negativa ou então ser simétrica. Neste último caso também chamado de distribuição normal.

Média aritmética (\bar{x}):

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = 0,6388$$

Mediana (\tilde{x}):

$$\tilde{x} = LI_x + \left[\frac{-fca + \frac{n}{2}}{fme} \right] h$$

Em que:

LI_x = limite inferior da classe que contém o valor mediano, isto é, da classe cuja frequência acumulada crescente é igual ou superior a $n/2$.

fca = frequência acumulada crescente da classe anterior à classe que contém o valor mediano.

fme = frequência simples da classe que contém o valor mediano.

h = amplitude da classe que contém o valor mediano.

$$\tilde{x} = 0,6302 + \left[\frac{-8 + \frac{19}{2}}{5} \right] 0,04125 = 0,6425$$

“Moda (Mo): a moda, ou valor modal, de um conjunto de dados é o valor com maior frequência individual. Para dados agrupados em distribuições de frequências, a moda pode ser calculada através da fórmula dada por:” (GUIMARÃES, 2013, p. 19).

$$Mo = LI_{\text{mod}} + \left[\frac{\Delta_1}{\Delta_1 + \Delta_2} \right] h$$

Em que:

LI_{mod} = limite inferior da classe modal, isto é, a de maior frequência simples;

Δ_1 = frequência simples da classe modal menos a frequência simples da classe anterior;

Δ_2 = frequência simples da classe modal menos a frequência simples da classe posterior;

h = amplitude da classe modal.

$$Mo = 0,6302 + \left[\frac{2}{2+2} \right] 0,04125 = 0,6508$$

Como $Mo > \tilde{x} > \bar{x}$, a assimetria é negativa.

O coeficiente de curtose (C) mede o achatamento de uma distribuição de frequências, em comparação com uma distribuição normal. Ele é calculado para distribuições simétricas ou muito aproximadamente simétricas. O coeficiente percentílico de curtose é dado por: (GUIMARÃES, 2013, p. 33)

$$C = \frac{P_{75} - P_{25}}{2(P_{90} - P_{10})}$$

Para dados agrupados em distribuições de frequência, o percentil (P_p), pode ser calculado pela fórmula dada por:

$$P_p = LI_p + \left[\frac{-fca + \frac{pn}{100}}{fP} \right] h$$

Em que:

LI_p = limite inferior da classe que contém o p-ésimo percentil, isto é, da classe cuja frequência acumulada crescente é igual ou imediatamente superior a $pn/100$;

fca = frequência acumulada crescente da classe anterior à classe que contém o p-ésimo percentil;

fP = frequência simples da classe que contém o p-ésimo percentil;

h = amplitude da classe que contém o p-ésimo percentil;

pn = o percentil multiplicado pelo número total da amostra.

Cálculo para o 90º percentil:

$$pn = \frac{90 \times 19}{100} = 17,1$$

$$P_{90} = 0,7127 + \left[\frac{17,1 - 16}{3} \right] \times 0,04125 = 0,7278$$

Cálculo para o 75º percentil:

$$pn = \frac{75 \times 19}{100} = 14,25$$

$$P_{75} = 0,6714 + \left[\frac{14,25 - 13}{3} \right] \times 0,04125 = 0,6885$$

Cálculo para o 25º percentil:

$$pn = \frac{25 \times 19}{100} = 4,75$$

$$P_{25} = 0,5477 + \left[\frac{4,75 - 2}{3} \right] \times 0,04125 = 0,5855$$

Cálculo para o 10º percentil:

$$pn = \frac{10 \times 19}{100} = 1,9$$

$$P_{10} = 0,5065 + \left[\frac{1,9 - 0}{2} \right] \times 0,04125 = 0,5456$$

Temos assim que a curtose será:

$$C = \frac{0,6885 - 0,5855}{2(0,7278 - 0,5456)} = 0,2826$$

Para uma distribuição normal, o coeficiente de curtose é $C = 0,263$. Como o valor calculado foi superior a esse valor, diz-se que a distribuição é platicúrtica (achatada). (GUIMARÃES, 2013, p. 33).

A caracterização do tipo de curtose auxilia na avaliação da dispersão dos dados do conjunto. Uma distribuição platicúrtica possui dispersão elevada, tomando como referência a dispersão verificada como distribuição normal. (GUIMARÃES, 2013, p. 34).

Para fazer a curva de distribuição da velocidade, foi utilizado um recurso do Microsoft Excel ®, que é a função “DIST.NORM” que toma como parâmetros os dados pontuais da amostra, a sua média e o desvio padrão. Também se pode calcular a curva de distribuição usando a função de densidade de probabilidade dada uma variável aleatória X .

$$P(x_1 \leq X \leq x_2) = \int_{x_1}^{x_2} f(x | \mu, \sigma^2) dx$$

Em que:

X é uma variável aleatória que pertence ao intervalo x_1 até x_2 ;

μ = média;

σ^2 = variância de uma população (no nosso caso é da amostra e se representa por s^2).

O desvio padrão (s) da amostra é dado por:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n-1} - \frac{n\bar{x}^2}{n-1}}$$

Fazendo os cálculos, nosso desvio padrão $s = 0,07$.

A seguir se tem a tabela das velocidades e suas frequências usando a ferramenta da distribuição normal.

Tabela 4: Valor das velocidades em m/s X frequência de observação.

Velocidade (m/s)	Frequência de observações	Velocidade (m/s)	Frequência de observações
0,5	0,78	0,64	5,74
0,51	1,03	0,65	5,66
0,52	1,33	0,66	5,48
0,53	1,69	0,67	5,19
0,54	2,09	0,68	4,82
0,55	2,54	0,69	4,38
0,56	3,02	0,7	3,9
0,57	3,52	0,71	3,4
0,58	4,01	0,72	2,9
0,59	4,48	0,73	2,43
0,6	4,91	0,74	1,99
0,61	5,27	0,75	1,6
0,62	5,53	0,9	0
0,63	5,69	-	-

Fonte: Autoria própria.

Na figura 33, tem-se a curva de distribuição dos dados das velocidades dividida em setores.

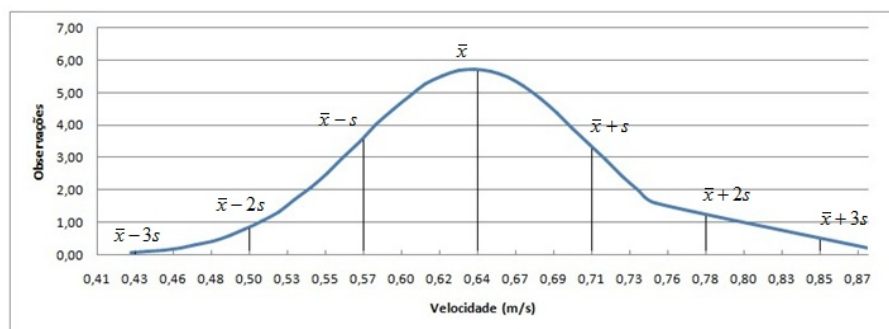


Figura 33: Curva de distribuição.

Fonte: Autoria própria.

Usando a tabela de distribuição normal padrão, pode-se calcular a porcentagem de valores de frequência de velocidade em cada ponto escolhido, basta calcular o z , distribuição normal padronizada.

$$z = \frac{x - \bar{x}}{s}$$

Em que:

x = valor da velocidade real no ponto analisado;

\bar{x} = média de velocidades da amostra;

s = desvio padrão da amostra.

Tabela 5: relacionando as regiões de desvio padrão com a frequência.

Intervalo do desvio padrão	Frequência na região
$-\infty$ -- -3	0,12 %
-3 -- -2	2,2 %
-2 -- -1	14,02 %
-1 -- 0	33,65 %
0 -- 1	34,61 %
1 -- 2	13,27 %
2 -- 3	2 %
3 -- $+\infty$	0,11 %

Fonte: Autoria própria.

Levando-se em conta que os comprimentos das escadas variam, pode não ser possível alcançar a velocidade de 0,64 m/s durante o percurso por não haver o tempo suficiente para a plataforma acelerar e desacelerar. A plataforma ao sair do repouso deverá acelerar e, próximo ao final, desacelerar de maneira a não oferecer perigo ou desconforto ao passageiro. Então, podemos com base na figura 33 estipular uma faixa de velocidade média a ser observada no projeto da plataforma. Considerando dois desvios padrão acima e abaixo do ponto de velocidade média, teremos uma faixa de valores que contém 95,55% das frequências de velocidade da amostra. Assim, poderemos trabalhar de forma mais flexível em relação às velocidades. Portanto, fica a proposta para que na fase de projeto da plataforma considere-se uma velocidade média de deslocamento compreendida entre 0,5 m/s e 0,78 m/s.

Fazendo um contraponto aos valores obtidos até o momento, foram realizadas algumas poucas medições em um elevador vertical com o intuito de calcular a velocidade média deste. Tomou-se como exemplo duas situações distintas em um elevador do edifício Princess Tower do centro de Curitiba na Avenida Sete de Setembro número 2346, com o objetivo de obter a velocidade média de deslocamento para este tipo de transporte vertical. No primeiro caso o elevador citado desloca-se de um andar para outro apenas: foi registrado 5,2 segundos para subir 2,52 metros, o equivalente a uma velocidade média de 0,48 m/s. O segundo caso foi com o elevador citado deslocando-se por 14 andares sem paradas intermediárias: foram necessários 44 segundos para deslocar-se por 14 andares, ou aproximadamente por 35,28 metros, o equivalente a uma velocidade média de 0,80 m/s. Portanto o contraponto feito com o elevador vertical em questão permite estabelecer para este uma faixa de velocidade média compreendida entre 0,48 m/s e 0,80 m/s. Logo, a velocidade média deste elevador irá depender da distância percorrida. Pelo fato deste elevador vertical estar enclausurado em um ambiente permite-se que este desenvolva velocidade média maior que a de deslocamento em escadas. Já a plataforma proposta deverá compartilhar a mesma escada com outras pessoas que farão o deslocamento sem o uso da plataforma. Neste caso o cuidado passa a ser redobrado e deve oferecer segurança para todos que irão deslocar-se pela escada. Além disso, e havendo espaço na escada, o compartilhamento do espaço poderá ser simultâneo tanto da plataforma em

movimento quanto de outras pessoas subindo e descendo a mesma escada e, neste caso, a questão da segurança ganha outra abordagem.

Em que pese à questão da segurança, o estabelecimento da faixa de velocidade para a plataforma entre 0,5 m/s e 0,78 m/s está compatível com a dos elevadores com deslocamento vertical.

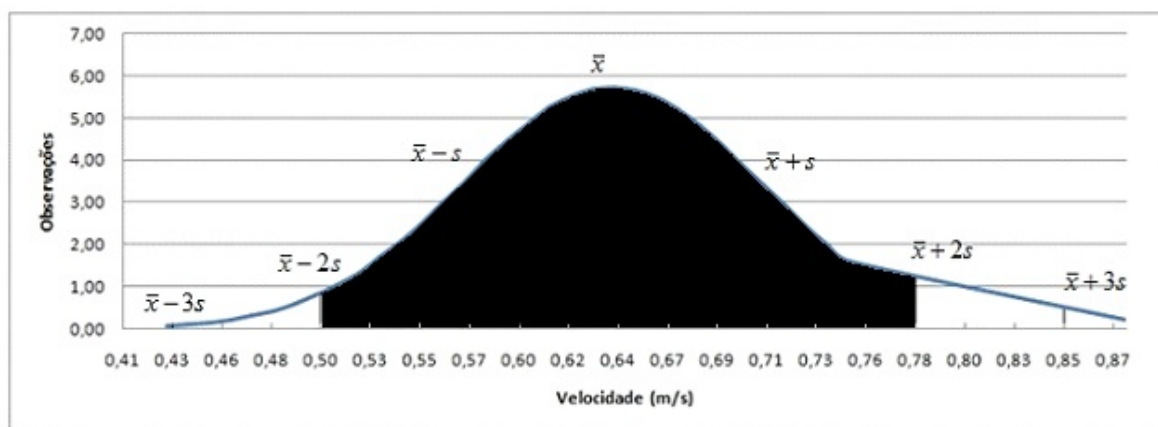


Figura 34: Faixa de velocidades.

Fonte: Autoria própria.

Portanto, tecnicamente é possível realizar o deslocamento da plataforma proposta com velocidade média compreendida entre 0,5 m/s e 0,78 m/s. No entanto e por questões de segurança, cuidados adicionais devem ser tomados em escadas nas quais não seja possível realizar o uso simultâneo tanto pela plataforma quanto por outras pessoas que se deslocam por estas escadas de modo independente. No entanto este projeto é factível desde que haja controles adicionais de segurança que evitem o uso compartilhado da escada enquanto a plataforma estiver em uso. Neste caso, a plataforma proposta poderia se comportar como um elevador vertical no quesito da velocidade, com média compreendida entre 0,5 m/s e 0,78 m/s.

5 Solução proposta

5.1 Requisitos de Funcionamento

Equipamento instalado para vencer obstáculos, que permite a elevação de pessoa com deficiência ou mobilidade reduzida, sentado, para acesso ao nível inferior ou superior de uma escada linear residencial. Requisitos:

- Classificada como escada semi-automática, pois substitui a escada da residência, requerendo a atuação manual do operador para que seja colocada na posição de utilização localizada nas extremidades da escada;
- A cadeira e o apoio dos pés da plataforma devem ser rebatíveis para ocupar menos espaço na escada quando não estiver sendo utilizada;
- Fazer com que seja leve e confortável o rebatimento da cadeira e do apoio dos pés sem fazer com que o usuário tenha que se abaixar para realizar este procedimento;
- Que a plataforma tenha uma cadeira com apoio seguro e confortável para as costas e quadril, como em forma de concha, para que o usuário se desloque o menos possível quando houver uma parada brusca;
- O funcionamento da plataforma consiste em acionar o botão quando for requerida a sua utilização, para que esta se desloque em direção ao usuário que pode estar posicionado tanto no patamar inferior, quanto no superior;
- O painel de comando da plataforma deve possuir sinalização clara de suas respectivas funções, como no caso para acionar o comando “SOBE” (“S” na botoeira remota) ou “DESCE” (“D” na botoeira remota);
- Botão de sinal sonoro para solicitar ajuda no caso do usuário estiver em alguma situação de dificuldade;
- A plataforma elevatória para escadas deve permitir a elevação de pessoa com deficiência ou mobilidade reduzida, sentado, para acesso ao nível inferior ou superior de uma escada linear residencial, fazendo com que exista sinalização de todo o procedimento, principalmente relacionado ao posicionamento seguro do usuário sobre a plataforma, avisando as demais pessoas no ambiente que a plataforma esta em uso;
- A plataforma deve permitir que o usuário tenha segurança, em seu embarque e desembarque. Esta segurança será atrelada a dispositivos como: braços de segurança e cinto de segurança quando a plataforma estiver em funcionamento e for acionado pelo usuário o botão SOBE ou DESCE localizado na plataforma;
- Não permitir deslocamento do usuário quando ele não seguir os procedimentos de segurança: estar sentado, com os pés apoiados no suporte e com o cinto de segurança devidamente afivelado;

- Que os sistemas de segurança da plataforma somente entrem em funcionamento quando alguém acionar a plataforma;
- Dependendo do usuário a operação da plataforma deve permitir que seja assistida por um operador, para maior segurança;
- A plataforma deve se movimentar de forma contínua, suave e silenciosa, sem travamentos;
- Deve ser considerada a utilização de somente um usuário de cada vez, visando que esta plataforma é para uso individual;
- A plataforma deve suportar, em operação uma carga de 120 Kg, conforme visto por norma, isto desconsiderando o seu próprio peso. Deve haver uma sinalização relacionada a carga máxima especificada para o equipamento;
- Quando a cadeira móvel chegar ao ponto inferior da escada, fazer com que ela pare um pouco depois do primeiro degrau para facilitar a saída. Quando ela estiver subindo, possibilitar que a plataforma caminhe um pouco na horizontal a uma distância segura do último degrau da escada, se não houver espaço para seu deslocamento fazer com que a cadeira gire alguns graus no sentido oposto ao da escada e trave para que o usuário possa sair em segurança;
- Deve haver finais de curso para a subida e descida, que garanta que a plataforma fique nivelada com o piso do pavimento de chegada, superior e inferior;
- Deve ter dispositivos que evitem que a plataforma elevatória se mova sem o comando manual em caso de falha do sistema;
- Deve haver dispositivo de emergência para o acionamento da plataforma elevatória para escadas em casos de falhas do sistema elétrico, que seja localizado em local de fácil acesso;
- No caso de falta de energia, avisar o usuário que ocorreu a falta e permitir que ele possa voltar ao pavimento inferior até que a energia volte. E ainda, permitir que os sistemas de segurança continuem funcionando enquanto o usuário estiver na plataforma e possibilitar que o usuário possa controlar a descida através de um freio mecânico de controle manual;

- O painel de comandos e os cabos utilizados devem ser posicionados de maneira que não ocorram interferências entre estes e os componentes móveis da plataforma;
- Que as partes móveis da plataforma que apresentarem algum risco ao usuário e para as pessoas que poderão usar a escada sem ser pela plataforma, sejam protegidas e que possa evitar ao máximo qualquer contato com qualquer parte do corpo, como dedos e cabelos. Tomar cuidado para evitar choque elétrico;
- Que o acesso para manutenção seja fácil.

5.2 Definições para projeto

Ao estabelecer uma faixa para a velocidade média a ser observada na fase do projeto da plataforma, entre 0,50 m/s e 0,78 m/s, fica a questão relacionada ao tempo que deverá ser utilizado para a aceleração e desaceleração da plataforma. O gráfico da Figura 35 poderá ser utilizado como exemplo de deslocamento de uma plataforma impulsionada por um motor elétrico controlado por um inversor de frequência. Neste tipo de resposta, adotando-se o tempo de aceleração igual ao de desaceleração, deve-se então determinar esse tempo e a velocidade máxima que a plataforma poderá atingir. Com isto a velocidade média da plataforma irá depender da distância a ser percorrida.

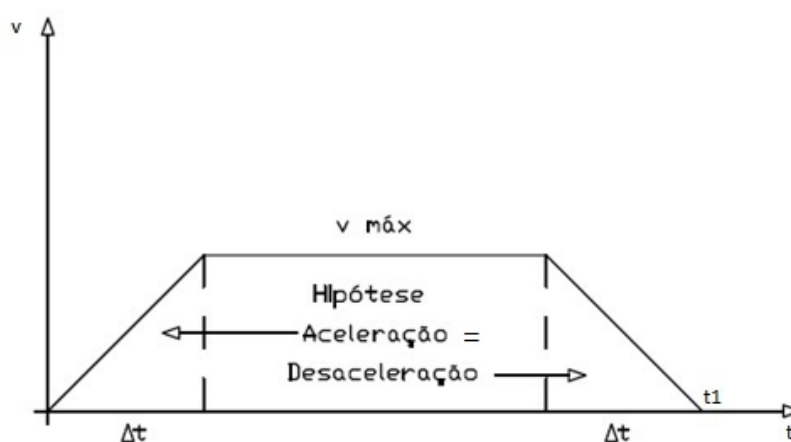


Figura 35: Comportamento do elevador.

Fonte: Autoria própria.

O gráfico de resposta desenhado para o elevador foi elaborado, supondo que o tempo de aceleração é igual ao de desaceleração e que uma vez atingida a velocidade máxima estabelecida esta se mantém até o momento em que o elevador tenha que parar. O gráfico de resposta baseia-se apenas em suposição e não em fatos.

Em resumo, no gráfico da Figura 35 são necessários dois parâmetros de projeto, quais sejam Δt e v_{\max} .

O único recurso a disposição no momento e que pode obedecer ao gráfico da Figura 35, é o elevador vertical citado no capítulo 4. Assim, a proposta está em utilizar o gráfico da Figura 35 como exemplo aproximado das respostas do elevador residencial citado. Isto ocorre também porque o uso das respostas do elevador residencial mencionado torna-se possível por apresentar características de viabilidade técnica e de segurança que podem ser empregadas na plataforma proposta. Desta forma a proposta está em definir os dois parâmetros da Figura 35 para o elevador vertical em questão e estendê-los para a plataforma.

No caso do elevador vertical citado no item anterior foi possível a obtenção de velocidades médias reais. A menor velocidade média observada foi de 0,48 m/s quando do deslocamento do elevador de um andar para o seguinte, perfazendo 2,52 metros em 5,2 segundos. Já a maior velocidade média obtida foi a de 0,80 m/s quando o elevador se deslocou sem paradas intermediárias por 14 andares em 44 segundos.

A velocidade média pode ser obtida pela seguinte fórmula genérica, em que “ $v(t)$ ” é a função da velocidade em relação ao tempo e “ v_{med} ” é a velocidade média:

$$v_{\text{med}} = \frac{\int_0^{t_1} v(t) dt}{t_1}$$

A velocidade média no gráfico da Figura 35 pode ser obtida calculando a área do gráfico e dividindo-a pelo tempo t_1 conforme segue:

$$v_{\text{med}} = \frac{\left[\left(\frac{v_{\max} \Delta t \times 2}{2} \right) + v_{\max} (t_1 - 2\Delta t) \right]}{t_1}$$

$$v_{med} = \frac{(v_{max} \Delta t + v_{max} t_1 - 2v_{max} \Delta t)}{t_1}$$

$$v_{med} = \frac{v_{max}(t_1 - \Delta t)}{t_1}$$

Na equação da velocidade média obtida do gráfico da Figura 35, sabe-se a velocidade média para cada um dos dois trechos percorrido pelo elevador. No entanto são duas as incógnitas: v_{max} e Δt .

Assim, aplica-se a fórmula da velocidade média obtida anteriormente às duas situações observadas para o elevador do item 3. A primeira para a velocidade média de 0,48 m/s obtida em 5,2 segundos de deslocamento e a segunda para a velocidade média de 0,80 m/s quando foram necessários 44 segundos para o elevador percorrer 14 andares. Com base nestes dados obtêm-se duas equações:

$$0,48 = \frac{v_{max} \times (5,2 - \Delta t)}{5,2}$$

$$0,80 = \frac{v_{max} \times (44 - \Delta t)}{44}$$

Resolvendo o sistema de equações acima obtêm-se os parâmetros de projeto para a plataforma proposta neste TCC, quais sejam:

$$\Delta t = 2,24 \text{ s}$$

$$v_{max} = 0,84 \text{ m/s.}$$

Assim, ao utilizar-se estes parâmetros de projeto, pode-se obter a velocidade média em qualquer situação inclusive para se deslocar entre dois pavimentos de uma habitação residencial.

Para uma escada dentro das normas de construção arquitetônica, ABNT NBR 9077 que trata do assunto de “acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos” é possível dimensionar uma escada hipotética.

Para se deslocar entre dois pavimentos consecutivos com desnível típico, pode-se efetuar o cálculo de dimensionamento de uma escada com um desnível de

2,52 m. Segundo a norma, as escadas fixas são projetadas usando como base a fórmula de Blondel, que determina parâmetros que devem ser seguidos para alcançar os níveis de segurança, conforto e menor gasto de energia do usuário para percorrer uma escada. Os parâmetros são:

- Pisos (p): $0,28 \text{ m} < p < 0,32 \text{ m}$;
- Espelhos (e): $0,16 \text{ m} < e < 0,18 \text{ m}$;
- $0,63 \text{ m} < p + 2.e < 0,65 \text{ m}$.

Em que o piso (p) é a profundidade do degrau e o espelho (e) é a altura de um degrau em relação ao próximo.

Sendo assim, é suposta uma escada que tenha 2,52 m de altura, um piso de 0,30 m e um espelho de 0,17 m. Essa escada terá 15 degraus e 14 pisos. Como foi escolhida uma profundidade de degrau de 0,30 m, a escada terá 4,2 m de comprimento e 31° de inclinação.

Se a escada possuir dois lances e um desnível de 5,04 m, é obrigatório ter um patamar mesmo que não for mudada a sua direção. Os patamares devem ter a profundidade no mínimo do mesmo tamanho da largura dos degraus e o mínimo recomendado em norma é de 1,5 m. Esta escada tem um comprimento total de 9,9 m se medido pelo centro da escada, mas, se a escada for construída do tipo em U, o comprimento medido da parte mais externa da escada será de 14,4 m.

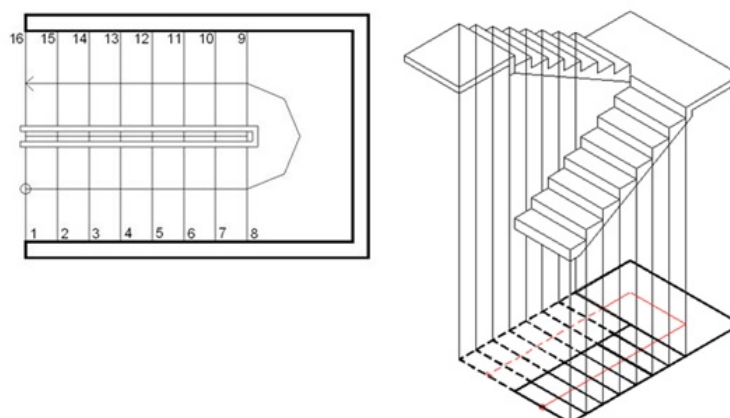


Figura 36: Escada em U.

Fonte: Aulas CAD, 2013.

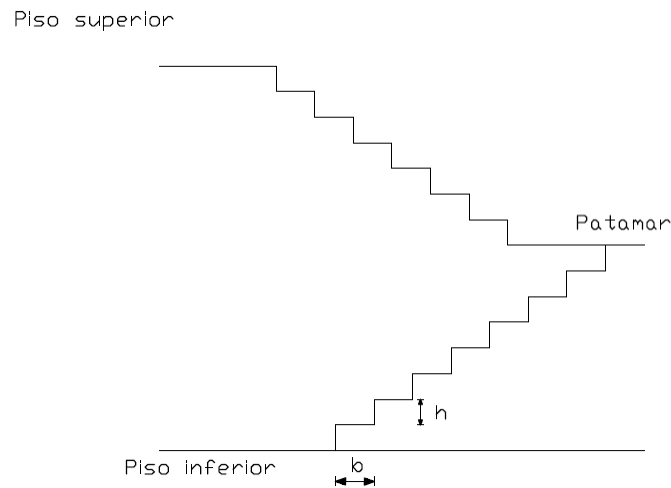


Figura 37: Esquema da escada.

Fonte: Autoria própria.

Tomando como exemplo a escada da Figura 37, que tem um desnível (h) de 5,04 m e comprimento total de deslocamento pela parte mais externa (Δx) de 14,4 m, tem-se:

o Dados da escada:

- o $h = 5,04$ m;
- o $\Delta x = 14,4$ m.

o Parâmetros de projeto:

- o $v_{\max} = 0,843$ m/s;
- o $\Delta t = 2,23$ s.

o Cálculo da velocidade média:

$$o v_{med} = \frac{14,4}{t_1}$$

Utilizando a fórmula da velocidade média extraída do gráfico da Figura 35, obtém-se o tempo de deslocamento e a velocidade média da plataforma.

$$v_{med} = \frac{v_{\max}(t_1' - \Delta t)}{t_1'}$$

$$\frac{14,4}{t_1'} = \frac{0,843(t_1' - 2,23)}{t_1'}$$

$$t_1' = \frac{14,4}{0,843} + 2,23 = 19,31 \text{ s}$$

$$v_{med} = \frac{14,4}{19,31} = 0,74 \text{ m/s.}$$

Tempo para o deslocamento: 19,31 s;

Velocidade média: 0,74 m/s.

Mesmo sendo o gráfico da Figura 35 baseado em uma suposição, é possível estabelecer para um elevador controlado por um inversor o tempo de aceleração/desaceleração e a velocidade (máxima) a ser atingida e mantida enquanto não for necessário desacelerar. Assim o gráfico de resposta é possível e pode ser independente do número de andares percorridos sem paradas pelo elevador.

Entretanto há um, porém, dependendo do tempo aceleração/desaceleração e da velocidade a ser atingida para manter o movimento uniforme (velocidade máxima), pode não ser possível alcançá-la. Não é o caso do elevador que teve os tempos de deslocamento levantados *in loco*. Se adotarmos a curva proposta de resposta da velocidade para este elevador, quando este se desloca entre dois andares consecutivos, com certeza atingirá a velocidade estabelecida para deslocamento em movimento uniforme: tempo de aceleração + desaceleração = 4,46 segundos restando $5,2 - 4,46 = 0,74$ segundos para o deslocamento do elevador em movimento uniforme. A proposta para o projeto de plataformas segundo a abordagem feita no TCC:

- Tempo de aceleração e de desaceleração entre **2,5 s a 3 s** (mais suave que a da análise que foi desenvolvida para o elevador utilizado como contra ponto para fins de comparação);
- Velocidade máxima em movimento uniforme $\leq 0,84$ m/s;
- Velocidade média compreendida entre **0,5 m/s e 0,78 m/s** como foi levantado no subtópico 3.1.

5.3 Dimensionamento

5.3.1 Dimensionamento do motor com freio

Primeiramente escolheu-se um motor do tipo motofreio, para garantir a segurança do usuário da plataforma, pois o freio irá atuar tanto no final da desaceleração como também no caso de faltar energia. Portanto o motor abaixo dimensionado deve conter essa característica.

O motor deve atender uma carga com massa de 200 kg, incluindo a plataforma e o usuário. Levando em conta que a carga se desloca em uma escada com um ângulo de 30° , a carga resultante para o motor passa a ser a componente paralela à linha de deslocamento da plataforma. Pode-se associar este deslocamento a uma carga de 200 kg se deslocando por um plano inclinado conforme a Figura 38 a seguir:

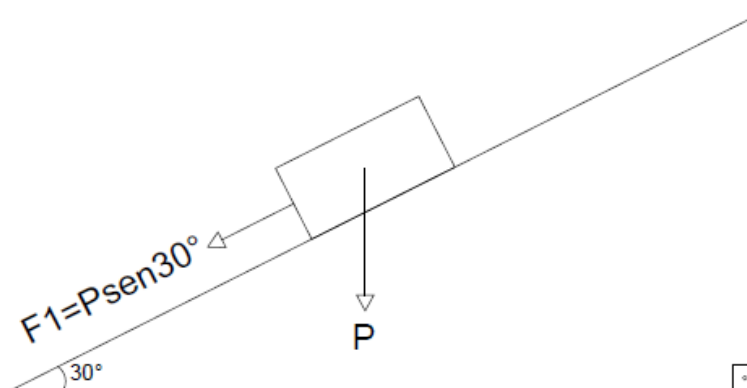


Figura 38: Carga no plano inclinado.

Fonte: Autoria própria.

Considerando a aceleração da gravidade $9,81 \text{ m/s}^2$, o peso do conjunto plataforma e usuário será:

$$P = m \times g$$

$$P = 200 \times 9,81 = 1962 \text{ N}$$

$$F_1 = P \text{ sen } 30^\circ = 1962 \times 0,5 = 981 \text{ N}$$

Conforme desenvolvido no capítulo 4 foi realizado um estudo relativo a uma faixa de velocidade de deslocamento de pessoas sem dificuldades de locomoção ao percorrer uma escada, obteve-se uma velocidade média de $0,64 \text{ m/s}$ a qual foi

atribuída ao deslocamento da plataforma para que o usuário possa se deslocar em uma escada com a mesma velocidade de uma pessoa sem qualquer limitação.

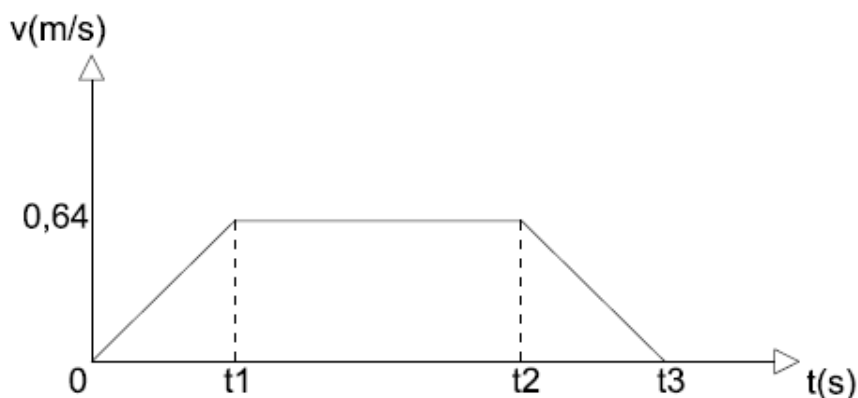


Figura 39: Figura velocidade x tempo para subida e descida da escada.

Fonte: Autoria própria.

Já para acelerar de 0 m/s até 0,64 m/s, foi adotado o valor de 3 segundos o qual irá percorrer um deslocamento de 1,5 m. Referente ao estudo realizado sobre aceleração e desaceleração de um elevador vertical, que possui uma faixa de 2,5 a 3 s tanto para aceleração quanto para desaceleração. Esses tempos podem ser observados na Figura 39, a qual relaciona velocidade e tempo. Portanto, a aceleração será de $0,21 \text{ m/s}^2$ como demonstrado pela fórmula a seguir:

$$v = v_0 + at$$

$$0,64 = 0 + a \times 3$$

$$a = 0,21 \text{ m/s}^2$$

Logo, a força necessária para acelerar a plataforma com uma massa de 200 kg, proveniente da associação usuário e plataforma, com uma aceleração de $0,21 \text{ m/s}^2$ é de 42 N.

$$F = m \times a$$

$$F_2 = 200 \times 0,21 = 42$$

A força total aplicada na plataforma será a soma das forças F_1 e F_2 e resultará em 1023 N no sentido do movimento de deslocamento da plataforma.

O motor irá exercer um esforço para girar seu eixo e vencer a força total, para assim poder movimentar a plataforma. Esse esforço também conhecido como torque é a força multiplicada pela distância perpendicular ao eixo de rotação, no caso o raio da engrenagem, $T = F \times r$.

Esta engrenagem foi incluída no eixo de carga, pois pretende-se utilizar correntes dentadas para movimentar a plataforma, já que o sistema engrenagens e corrente são mais seguros comparados ao sistema polias e cabos. A escolha por este sistema ocorreu pelo utilização do mesmo sistema em outras plataformas já existentes.

Para se dimensionar um motor deve-se saber a potência, torque e velocidade. Mas para um sistema de velocidade variável, deve-se saber também o comportamento da carga.

A velocidade linear de deslocamento da plataforma depende do raio e da velocidade angular da engrenagem, conforme a equação $v = r \times w$.

Esta velocidade linear, já foi estabelecida como sendo 0,64 m/s. A velocidade angular depende do raio da engrenagem, pois quanto menor o raio maior a velocidade.

Sendo o raio do eixo do motor de 1,2 cm, a menor engrenagem disponível comercialmente é de raio 3 cm e será acoplada ao eixo do motor para que se tenha uma maior rotação do motor e seja obtida uma velocidade de deslocamento próximo da nominal, no caso de 0,64 m/s.

$$w = \frac{64 \text{ cm} / \text{s}}{3 \text{ cm}} = 21,33 \text{ rad} / \text{s}$$

Transformando rad/s em rpm, a velocidade angular será de 204 rpm. Para essa rotação, o motor de menor rotação que poderia ser utilizado segundo os catálogos da WEG é o motor de 8 polos de rotação nominal de 840 rpm.

O cálculo do torque para essas condições é:

$$T = F \times r$$

Em que:

$$F = F_1 + F_2;$$

r é o raio em metros.

$$F = F_1 + F_2 = 1023 \text{ N}$$

$$T = 1023 \times 0,03 = 30,69 \text{ N.m}$$

Alternativa 1:

Pode-se utilizar um motor de 4 HP 8 polos para que atenda o torque que a carga exige juntamente com uma engrenagem de 3 cm acoplada diretamente ao eixo do motor. Segue abaixo as especificações técnicas do motofreio retirado do site da WEG. Nesta alternativa, pelo fato do motor especificado operar a uma rotação abaixo da sua nominal, o fará em potência inferior à sua potência nominal.


		No.:	
		Data: 26-FEV-2014	
FOLHA DE DADOS Motor trifásico de indução - Rotor de gaiola			
Cliente	:		
Linha do produto	:	Motofreio	
Carcaça	:	132M	
Potência	:	4 HP	
Frequência	:	60 Hz	
Polos	:	8	
Rotação nominal	:	865	
Escorregamento	:	3,89 %	
Tensão nominal	:	220/380 V	
Corrente nominal	:	12,8/7,41 A	
Corrente de partida	:	89,6/51,9 A	
Ip/In	:	7,0	
Corrente a vazio	:	7,20/4,17 A	
Conjugado nominal	:	33,1 Nm	
Conjugado de partida	:	300 %	
Conjugado máximo	:	260 %	
Categoria	:	N	
Classe de isolamento	:	F	
Elevação de temperatura	:	80 K	
Tempo de rotor bloqueado	:	20 s (quente)	
Fator de serviço	:	1,15	
Regime de serviço	:	S1	
Temperatura ambiente	:	-20°C - +40°C	
Altitude	:	1000	
Proteção	:	IP55	
Massa aproximada	:	83 kg	
Momento de inércia	:	0,08531 kgm ²	
Nível de ruído	:	52 dB(A)	
	Dianteiro	Traseiro	
Rolamento	6308 ZZ	6208 ZZ	
Intervalo de lubrificação	---	---	
Quantidade de graxa	---	---	
	Carga	Fator potência	Rendimento (%)
	100%	0,72	85,1
	75%	0,65	84,5
	50%	0,55	84,0

Figura 40: Dados do motor 4 HP.

Fonte: (Seleção de motores WEG, 2014).

Alternativa 2:

Como o torque calculado é elevado, e para esse torque o motor deve ter uma potência também elevada, pode-se utilizar como uma segunda alternativa um motofreio de 1 HP, 8 polos com um acoplamento de engrenagens conforme Figura

42, que possibilita a utilização de um motor de menor potência, visto que este poderá operar em velocidade perto da sua nominal e, portanto, com potência próxima da sua nominal, diferentemente da alternativa 2.


		No.:	
		Data: 26-FEV-2014	
FOLHA DE DADOS Motor trifásico de indução - Rotor de gaiola			
Cliente	:		
Linha do produto	:	Motofreio	
Carcaça	:	90L	
Potência	:	1 HP	
Frequência	:	60 Hz	
Polos	:	8	
Rotação nominal	:	840	
Escorregamento	:	6,67 %	
Tensão nominal	:	220/380 V	
Corrente nominal	:	4,46/2,58 A	
Corrente de partida	:	17,8/10,3 A	
Ip/In	:	4,0	
Corrente a vazio	:	3,74/2,17 A	
Conjugado nominal	:	8,53 Nm	
Conjugado de partida	:	180 %	
Conjugado máximo	:	200 %	
Categoria	:	N	
Classe de isolamento	:	F	
Elevação de temperatura	:	80 K	
Tempo de rotor bloqueado	:	23 s (quente)	
Fator de serviço	:	1,15	
Regime de serviço	:	S1	
Temperatura ambiente	:	-20°C - +40°C	
Altitude	:	1000	
Proteção	:	IP55	
Massa aproximada	:	30 kg	
Momento de inércia	:	0,00672 kgm ²	
Nível de ruído	:	47 dB(A)	
Rolamento	Dianteiro	Traseiro	
	6205 ZZ	6205 ZZ	
Intervalo de lubrificação	---	---	
Quantidade de graxa	---	---	
Carga	Fator potência	Rendimento (%)	
100%	0,63	70,0	
75%	0,54	68,5	
50%	0,40	67,0	

Figura 41: Dados do motor de 1 HP.

Fonte: (Seleção de motores WEG, 2014).

O uso de um acoplamento de engrenagens fará com que a carga não esteja acoplada diretamente no eixo do motor. A potência no eixo do motor deve ser a mesma que no eixo da carga, considerando o rendimento unitário. A potência é igual ao torque multiplicado pela velocidade angular. Para que a relação se mantenha a mesma, ao aumentar a velocidade angular o torque diminui. Isso se trata de uma maneira simples de como poderia ser feita a redução do torque sobre o motor.

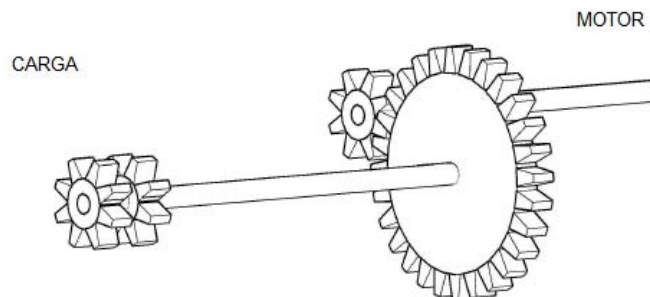


Figura 42: Esquema das engrenagens.

Fonte: Autoria própria.

Considerando que a engrenagem intermediária entre o eixo da carga e o eixo do motor, esta possui um raio 4 vezes maior que as engrenagens da carga e a engrenagem do motor que possuem o mesmo valor de raio, sendo de 3 cm. Portanto a relação entre os raios das engrenagens da carga e da engrenagem do motor em relação ao raio da engrenagem intermediária é de 1:4. A velocidade angular em RPM de rotação da engrenagem intermediária do eixo da carga será 4 vezes menor que a engrenagem acoplada no eixo do motor.

A velocidade angular da engrenagem intermediária de raio 12 cm é a mesma que a das engrenagens de raio 3 cm do eixo da carga. O raio dessa engrenagem menor sendo de 3 cm, terá uma velocidade de 204 rpm conforme calculado anteriormente. A engrenagem intermediária também terá essa velocidade angular, porém com raio de 12 cm, isto é, terá uma velocidade linear 4 vezes maior.

A potência é a multiplicação do torque pela velocidade angular. Para manter a igualdade de potência do eixo do motor em relação ao eixo da carga, haverá uma diminuição do torque do motor de 4 vezes.

Para a força teremos o mesmo raciocínio, a força F de 1023 N empregada na engrenagem de 3 cm possui potência P_1 que será de mesmo valor que a potência P_2 da engrenagem de 12 cm acoplada no mesmo eixo. Ambas as engrenagens possuem a mesma velocidade angular mas com forças diferentes. Como demonstrado abaixo:

$$P_1 = P_2$$

$$T_1 \times w_1 = T_2 \times w_2$$

$$30,69 \times 21,33 = F_2 \times 0,12 \times 21,33$$

$$F_2 = 255,75 \text{ N}$$

$$F_2 = \frac{F_1}{4}$$

A força da engrenagem de 12 cm é 4 vezes menor que a força da engrenagem de 3 cm do eixo da carga.

No eixo do motor, a engrenagem de 3 cm que possui uma força F_3 está acoplada na engrenagem de 12 cm do eixo da carga de força F_2 , possuem forças iguais por estarem acopladas, portanto pode-se obter o torque da engrenagem do eixo do motor a partir das seguintes equações:

$$F_2 = F_3 = 255,75 \text{ N}$$

$$T = F_3 \times r$$

$$T = 255,75 \times 0,03 = 7,67 \text{ Nm}$$

Portanto para que o motor atenda essa carga, no seu eixo terá que ter um torque de 7,67 Nm, no caso desse modelo experimental.

Como a demonstração acima é apenas de caráter didático, para que se obtenha a rotação desejada no eixo da carga pode ser utilizado um redutor de velocidade coaxial da marca Acionac para motores de 4 polos, conforme o quadro a seguir, que irá fornecer uma redução de velocidade de 8,07 no eixo de carga, obtendo valor de 217 rpm e um momento torçor na saída de 31 Nm se aproximando dos valores de rotação de 204 rpm e de momento torçor de saída de 30,69 Nm conforme foram calculados.

Potência (cv)	Redução	Rotação de saída (rpm)	Tamanho	Momento torçor na saída (Nm)	Fator de serviço	Força radial máxima (N)
1	8,07	217	32	31	1,44	900

Quadro 1: Redutor coaxial de velocidade.

Fonte: (Acionac, 2009).

Para que se possa dar sequência ao projeto foi escolhido um motor de 1 HP 4 polos para ser utilizado em conjunto com o redutor de velocidade coaxial da Acionac conforme descrito no Quadro 1 o qual é pertinente a motores de 1 HP. Para mais detalhes ver anexo 1.


		No.:	
		Data: 08-MAR-2014	
FOLHA DE DADOS Motor trifásico de indução - Rotor de gaiola			
Cliente	:		
Linha do produto	:	Motofreio	
Carcaça	:	80	
Potência	:	1 HP	
Frequência	:	60 Hz	
Polos	:	4	
Rotação nominal	:	1730	
Escorregamento	:	3,89 %	
Tensão nominal	:	220/380 V	
Corrente nominal	:	2,98/1,73 A	
Corrente de partida	:	23,8/13,8 A	
Ip/In	:	8,0	
Corrente a vazio	:	2,00/1,16 A	
Conjugado nominal	:	4,14 Nm	
Conjugado de partida	:	340 %	
Conjugado máximo	:	300 %	
Categoria	:	N	
Classe de isolamento	:	F	
Elevação de temperatura	:	80 K	
Tempo de rotor bloqueado	:	12 s (quente)	
Fator de serviço	:	1,15	
Regime de serviço	:	S1	
Temperatura ambiente	:	-20°C - +40°C	
Altitude	:	1000	
Proteção	:	IP55	
Massa aproximada	:	21 kg	
Momento de inércia	:	0,00328 kgm ²	
Nível de ruído	:	48 dB(A)	
	Dianteiro	Traseiro	
Rolamento	6204 ZZ	6204 ZZ	
Intervalo de lubrificação	---	---	
Quantidade de graxa	---	---	
	Carga	Fator potência	Rendimento (%)
	100%	0,80	82,6
	75%	0,72	81,0
	50%	0,60	77,5

Figura 43: Motor de 1 HP 4 polos.

Fonte: (WEG, 2014).

5.3.2 Dimensionamento do inversor

O dimensionamento correto do inversor deve ser feito em função das correntes nominais dos motores utilizados, e a corrente do motor deve ser menor ou igual a corrente nominal de saída do inversor. Este deverá ser projetado, fabricado e testado de acordo com as últimas revisões das normas ABNT, além de estar apto a operar de 0 ~ 60Hz.

Para que o inversor seja compatível com o motor escolhido e com a carga utilizada, foi escolhido o modelo CFW-11 da WEG, o qual possui as opções de funcionamento escalar e vetorial. Os escalares e vetoriais possuem a mesma

estrutura de funcionamento, mas a diferença está no modo em que o torque é controlado. Nos inversores escalares, como dissemos anteriormente, a curva V/F é fixada (parametrizada), tomando como base o tipo de regime de trabalho em que o inversor irá operar. Existe, porém uma condição problemática que é justamente o ponto crítico de qualquer sistema de acionamento AC: as baixas rotações. O sistema AC não consegue um bom torque com velocidades baixas, devido ao próprio rendimento do motor AC. Para compensar esse fenômeno, desenvolveu-se o inversor de frequência vetorial. Muito mais caro e complexo que o escalar, o qual não funciona com uma curva V/F pré- fixada (parametrizada). Na verdade ele varia tensão e frequência, de modo a otimizar o torque para qualquer condição de rotação (baixa ou alta). É como se ficássemos parametrizando a cada ms, uma nova curva V/F para cada nova situação. O inversor vetorial controla V/F através das correntes de magnetização e rotórica do motor. Como não precisamos ter uma precisão a respeito da posição do eixo do motor, não será utilizado encoder e sim um inversor vetorial “sensorless”, que não utiliza sensor de velocidade externo.

Conforme o Manual do usuário CFW-11 WEG, pode-se dizer que:

O controle vetorial, trata-se do tipo de controle baseado na separação da corrente do motor em dois componentes:

Corrente direta I_d (orientada com o vetor de fluxo eletromagnético do motor);

Corrente de quadratura I_q (perpendicular ao vetor de fluxo do motor).

A corrente direta está relacionada ao fluxo eletromagnético no motor, enquanto que a corrente de quadratura está diretamente relacionada ao torque eletromagnético produzido no eixo do motor. Com esta estratégia tem-se o chamado desacoplamento, isto é, pode-se controlar independentemente o fluxo e o torque no motor através do controle das correntes I_d e I_q , respectivamente.

O inversor será monofásico 220 V, pois o fornecedor escolhido não apresenta para este modelo de inversor CFW11 alternativa monofásica de 127 V. Portanto para que se possa efetuar a montagem desse sistema será utilizado um *NOBREAK* interligando a rede de alimentação ao inversor para que possa ser feita a alimentação do sistema de 127 V para 220 V. Esse *NOBREAK* foi escolhido como solução não somente para atender a parte relacionada a alimentação em 220 V, mas também a parte relacionada a segurança e ao desempenho do equipamento.

Portanto se ocorrer uma falta de energia não haverá transtornos para o usuário, pois a plataforma irá conseguir terminar o seu deslocamento, tornando-se assim uma alternativa segura e eficaz.

A escolha do inversor deve e foi feita a partir da corrente nominal do motor para ambos os casos, tanto para o motor de 1 HP e 4 polos, quanto para o motor 4 HP e 8 polos. Como foi escolhida a alternativa 2 utilizando o conjunto motor e redutor de velocidade, o inversor escolhido para trabalhar com este conjunto tem a corrente nominal de 6 A e pode atender motores até 1,5 CV.

Além disso o inversor apresenta a tecnologia *Optimal Braking* disponível no modo de controle vetorial, o qual dispensa neste caso o uso do resistor de frenagem que é utilizado para dissipar a energia produzida pela frenagem regenerativa de motores alimentados por inversores de frequência.

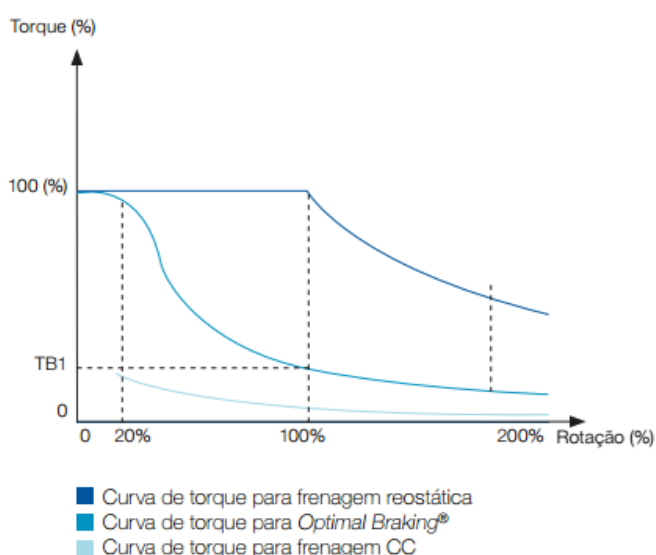


Figura 44: Curva torque x rotação.

Fonte: (Catálogo completo CFW-11 WEG, 2014).

O valor de TB1 é função do rendimento do motor, e é definido pela expressão a seguir:

$$TB_1 = \frac{1 - \eta}{\eta}$$

Em que:

η = Rendimento do motor.

Para o gráfico acima foi utilizado um rendimento de 0,84 para motor.

5.3.3 Levantamento de custos do sistema inversor motor.

Para a alternativa 1:

4 HP - 8 POLOS - R\$ 2550,29 (C/ IMPOSTOS).

CFW-11 – 4 HP - R\$ 2140,00 (C/ IMPOSTOS).

Total: R\$ 4690,29.

Para alternativa 2:

Alternativa didática:

1 HP - 8 POLOS - R\$ 1500,14 (C/ IMPOSTOS);

CFW-11 – 1 HP - R\$ 2110,00 (C/ IMPOSTOS);

2x3 cm de raio mod 5 e 12 dentes - R\$ 180 reais por peça;

12 cm de raio mod 5 e 48 dentes - R\$ 730 reais por peça.

Total: R\$ 4700,14.

Estes valores não incluem os custos com eixos, peças adicionais e mão-de-obra relativo ao sistema de engrenagens.

Alternativa com redutor de velocidade:

1 HP - 4 POLOS - R\$ 800 (C/ IMPOSTOS);

CFW-11 – 1 HP - R\$ 2110,00 (C/ IMPOSTOS);

REDUTOR 1 HP – 4 POLOS – R\$ 1800,00 (C/ IMPOSTOS).

Total: R\$ 4710,14.

Como as alternativas não apresentaram grandes variações de preços e foram somente os equipamentos e peças que teriam mais impacto no preço, opta-se pela alternativa relacionada a disponibilidade e facilidade de encontrar os respectivos equipamentos utilizados no mercado. Apesar da alternativa 1 se encaixar nessa premissa, a qual incorre também em menor manutenção, esta precisará de um ventilador adicional, pois irá operar com rotação abaixo da nominal. Já a alternativa 2, na qual será utilizado o redutor de velocidade coaxial, possui características que podem aumentar a segurança. Redutores mecânicos possuem coeficientes de irreversibilidade que impossibilitam o eixo de saída (onde a plataforma estará acoplada) de conseguir girar o eixo de entrada do redutor (onde o

motor estará acoplado). Isto pode ser utilizado adicionalmente para travar o movimento da plataforma, caso ocorra alguma pane com o sistema responsável pela movimentação da plataforma. Portanto foi escolhida a alternativa com redutor de velocidade.

5.4 Especificação

5.4.1 Especificação do inversor de frequência CFW-11 WEG

O inversor deve ser do modelo CFW110006S20FAZ monofásico para tensão 220 V, WEG Modelo Plus. O fornecimento do equipamento deve conter folhas de dados e relatórios de ensaios do inversor de baixa tensão.

Referência	Tamanho	Regime de Sobrecarga			
		Normal = Normal Duty (ND)			
		Máximo motor aplicável cv (kW)	Corrente nominal de saída (A)		
			Nominal	1 min	3 seg
CFW110006S20FAZ	A	1,5 (1,1)	6	6,6	9

Quadro 2: Dados do inversor CFW-11

Fonte: (Catálogo inversor CFW-11 WEG, 2014).

5.4.1.1 Local de instalação

O local de instalação deve ser:

Temperatura de operação	-10 a 50°C para tamanhos A, B, C e D (com redução da corrente de saída é possível operar até 60°C)
Grau de proteção	IP20: para tamanhos A, B, C sem tampa superior e sem kit NEMA 1; IP21: Tamanho A, B e C com tampa superior kit NEMA1; NEMA1/IP21: tamanho A, B, C com tampa superior e kit NEMA 1;
Altitude	2000 m (para tensão nominal 200-480 V). Para altitudes maiores deve-se aplicar um derating nesse valor de 1,1% para cada 100 m acima de 2000 m, com altitude máxima de 4000 m

Quadro 3: Instalação do inversor.

Fonte: (Catálogo inversor CFW-11 WEG, 2014).

5.4.2 Proteção do inversor

A proteção do inversor será feita por fusível ultra rápido (NH) conforme item 5.5.1.

O fusível que será utilizado é o recomendado pelo catálogo do inversor CFW-11, modelo NH ultra rápido 20 A, código de referência 10687494.

Referência	Tamanho	Máximo I ² t do fusível	Fusível aR WEG Recomendado		
		[A ² s]	Tamanho	In [A]	Item SAP
CFW110006S2OFA	A	420	0	20	10687494

Quadro 4: Fusível recomendado WEG

Fonte: (Guia de Fusíveis Recomendados CFW WEG, 2014).

5.4.3 Condutores e dispositivos de proteção

5.4.3.1 Condutor de alimentação do inversor e dispositivos de proteção

O dimensionamento dos condutores de alimentação do inversor e de alimentação inversor-motor serão calculados conforme a NBR 5410/2004 relativo à escolha da seção de um condutor e do seu respectivo dispositivo de proteção.

Conforme o Método da Ampacidade obtemos para o circuito de alimentação do inversor os condutores de 2,5 mm² e disjuntor de 20 A, conforme mostrados na tabela abaixo.

Potência [W]	Tensão [V]	Fator de Potência	rendimento η	comprimento l [m]	Condutor	Disjuntor	$\Delta V\%$
750	220	0,8	0,8	10	#2,5(2,5)T2,5	1x20	0,34

Quadro 5: Dimensionamento dos condutores de alimentação do inversor e do disjuntor.

Fonte: Autoria própria.

Para a alimentação do inversor será utilizado o cabo Superastic com bitola de #2,5 mm² com camada interna de PVC antiflam I e camada externa de PVC antiflam II, como pode ser visto no catálogo da Prysmian no Anexo 02. Será utilizado para proteção do sistema antecedendo o fusível um disjuntor motor MPW25 de até 32 A. Outros detalhes podem ser vistos conforme tabela de escolha Anexo 3

Tabela de proteção para motor trifásico 60 Hz - 4 polos			
220-240 V CV / kW	Corrente Nominal I_n (A)	Faixa de ajuste da Corrente Nominal I_n (A)	Disparo magnético instantâneo $13 \times I_n$ I_m (A)
1,5 / 1,1	6,3	4...6,3	82

Quadro 6: Disjuntor motor MPW25.

Fonte: (WEG, 2014).

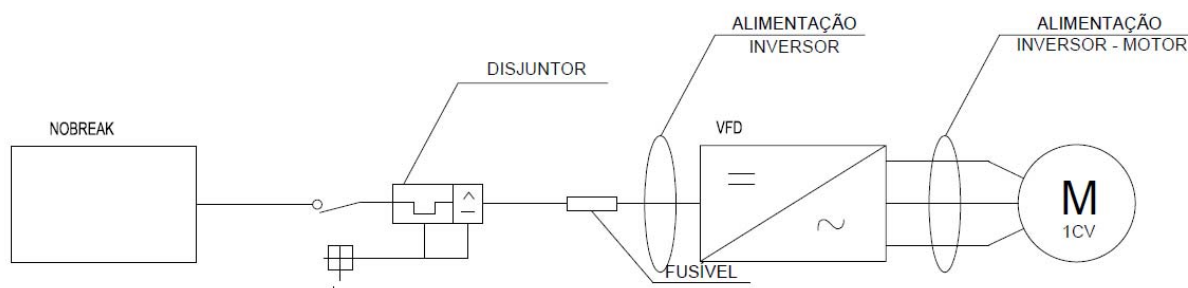


Figura 45: Disposição dos equipamentos.

Fonte: Autoria própria.

5.4.3.2 Condutor de alimentação do inversor-motor.

Utilizar no mínimo as bitolas de fiação e os disjuntores recomendados no Quadro 5.

- Usar somente fiação de cobre (90°C);
- Para a ligação inversor-motor será utilizado o cabo multipolar Eprotenax Gsette para Inversores de frequência com a bitola de #2,5 mm², o qual é um condutor trifásico simétrico, com aterramento por condutor concêntrico e com supressor de interferências eletromagnéticas, como pode ser visto no catálogo da Prysmian no Anexo 04;

Corrente Nominal do Motor [A]	Fiação do Motor [mm ²]	Fiação de Aterramento [mm ²]	Fiação de Alimentação [mm ²]	Fiação Máxima [mm ²]
6.0 (220 V)	2.5	2.5	2.5	4.0

Quadro 7: Bitolas dos condutores recomendado pelo fabricante para inversor-motor.

Fonte: (Catálogo inversor CFW-11 WEG, 2014).

5.4.4 Especificação técnica para motofreio em baixa tensão 1 cv WEG

5.4.4.1 Características elétricas

Para maiores informações sobre as características técnicas relacionadas ao motofreio WEG 1 cv podem ser encontradas no Anexo 01.

5.4.4.2 Características técnicas

O motor elétrico deverá ser do tipo motofreio, e apto para operação com inversor de frequência.

O motor deverá ser projetado, fabricado e testado de acordo com as últimas revisões das normas ABNT.

O motor acionado por inversor de frequência deverá operar de 0 ~ 60Hz sem exceder às limitações do rotor e estator.

Para obter as demais características relacionadas ao motofreio, observar Figura 43: Motor de 1 HP 4 polos.

5.4.5 Características Construtivas das caixas do inversor e do motor

O motor e o inversor e os demais componentes deverão ser instalados dentro de caixas industriais da marca Hummel, série 17, Caixas em poliéster reforçado com fibra de vidro, apresentando paredes laterais lisas e tampa com dobradiças para facilitar o acesso caso seja necessário. As dimensões deverão ser solicitadas ao fabricante de acordo com a disposição dos equipamentos. A caixa pode ser vista conforme catálogo da Hummel que se encontra no Anexo 05.

5.4.6 Mini Contator

Os contadores que deverão ser utilizados são do modelo CW07, o qual possui manobra de regime AC-03 até 7 A.

Modelo			CW07
AC-3 Serviço normal de manobras de motores com rotor gaiola com desligamento em regime	$I_m \acute{a}x (\leq 400V)$	A	7
	Potência 60 Hz KW/cv	220/ 240 V	1,5/2

Quadro 8: Características do mini contator.

Fonte: (Proteção de circuitos elétricos WEG, 2014).

5.4.7 Sensor de presença infravermelho

O sensor de presença é destinado a interrupção da plataforma caso seja detectado a presença de radiação infravermelha em seu raio de atuação.

Serão incorporados na plataforma na parte dianteira e traseira os sensores da marca Avant:

Modelo	Potência (W)	Tensão (V)	Ângulo de detecção	Distância de detecção (m)	Temperatura Ambiente (°C)
Sensor -Presença - Teto - Parede	1000 W em 220 V	220 V	180°	6	-20°C à 40°C

Quadro 9: Características do sensor de presença.

Fonte: (Avant, 2014).

5.4.8 Sensor indutivo

Os sensores indutivos posicionados no trecho inicial e final da escada servirão como final de curso, tanto para o momento da aceleração quanto para o de desaceleração da plataforma. O outro sensor indutivo será utilizado para detectar se a barra de segurança da cadeira foi posicionada para que se possa iniciar o movimento.

Suas principais características técnicas são:

Características técnicas	
Tensão de alimentação	40-250 V CA
Queda interna de tensão	8 V CA
Corrente máxima de comutação	200 mA
Corrente mínima de comutação	15 mA
Saídas	NA
Temperatura de trabalho	-10°C á 70 °C
Grau de proteção	IP67
Frequência de chaveamento	5-100 Hz
Distância sensora	1-70mm
Instalação	2 fios
Sinalização	LED
Tipo de conexão	Cabo (2m) ou conector M12 (2m ou 5m)
Proteção contra	Transientes na rede

Quadro 10: Características do sensor indutivo.

Fonte: (Sensores e fontes WEG, 2014).

5.4.9 Alarme sonoro

Para que o usuário possa sinalizar sonoramente alguma anomalia durante o movimento e com isto solicitar ajuda.

O alarme sonoro sugerido para o projeto é o modelo de campainha mecânica com indicador luminoso para tensão de 220 V da marca APT.

AD16-22SM campainha mecânica com indicador vermelho (220V AC)	
Modelo	AD16-22SM
Tensão	220 V AC
Corrente	não mais do que 20 mA
força de som	80 dB
som	intervalo / contínua

Quadro 11: Características do alarme sonoro.

Fonte: (APT, 2014).

5.4.10 Terminal Block

As ligações serão feitas por intermédio dos terminais blocks da WEG, com as seguintes características principais:

Terminal Block BTWP 2,5 Passo 5mm	
Tensão	750 V
Corrente	24 A
Seção Nominal	2,5 mm ²
Capacidade de conexão	Fio rígido 0,5 - 4 mm ² Cabo flexível 1,5 - 2,5 mm ² Condutor AWG 26 - 12

Quadro 12: Características do terminal block.

Fonte: (Conexões elétricas WEG, 2014).

5.4.11 Ventilador

O Ventilador industrial poderá ser necessário para o resfriamento do motor caso este não atinja a sua rotação nominal durante o deslocamento da plataforma. Isso pode acontecer caso a escada seja de comprimento inferior a 3 metros. O modelo proposto possui as seguintes características:

Modelo	Tensão (V)	Frequência (Hz)	Corrente (A)	Potência (W)	Rotação (RPM)
TA15052HBL-2	230	60	0,2	31	2700

Quadro 13: Características do ventilador.

Fonte: (W-TEL, 2014).

5.4.12 Chave seletora

A chave seletora rotativa TU310E STECK utilizada no projeto possui 3 posições de transferência. Que possibilita ativar a plataforma e para que se desloque pela escada tendo a possibilidade de subir (1) ou descer (2). A chave seletora TU310E STECK tem as seguintes características:

Ângulos de Manobra	60°
Pólos	3
Corrente	10
Fixação	E
Descrição	Chave Transferência com Posição "0"
Grupo	D0
Corrente Nominal Amp.	16
3 Seg.	100
10 Seg.	60
30 Seg.	32
60 Seg	25

Quadro 14: Características da chave seletora.

Fonte: (STECK, 2014).

5.4.13 NOBREAK

O *NOBREAK* desempenhará as funções de alimentação do sistema tanto na ocorrência de faltas de energia, com autonomia de 10 minutos a plena carga, quanto na operação normal da rede, além de possibilitar a conversão da tensão de 127 V para 220 V para que assim o inversor possa ser alimentado.

PREMIUM 1500 ISOLADOR		
ENTRADA	Tensão de entrada nominal	120 V-220 V automático
	Frequência de entrada	47 Hz - 63 Hz (permite ser ligado em grupo gerador)
	Subtensão	90 V para 120 V / 165 V para 220 V
	Sobretensão	145 V para 120 V / 265 V para 220 V
SAÍDA	Potência de saída nominal contínua	1500 VA / 1050 W
	Potência de pico nominal	1155 W
	Tensão de saída nominal	Disponível nos modelos 120V e 220 V
	Faixa de saída em modo inversor	120 V +-1% ou 220 V +-1%
	Frequência de saída em modo bateria	50 Hz / 60 Hz inversor adaptável de acordo com a frequência de entrada da rede
	Tempo de acionamento da bateria	0
	Forma-de-onda em modo bateria	Senoidal
	Rendimento a plena carga em rede	>= 90% (dupla conversão)
	Rendimento a plena carga em bateria	>= 94% (pela bateria)
BATERIA	Tensão de operação	48 V
	Quantidade	4 x 9 Ah / 12 V
	Tipo de bateria	Selada HLR (longa vida), chumbo-ácida
	Tempo de recarga da bateria	10 h após 90% descarregada
	Vida útil da bateria	Entre 3 a 5 anos, conforme número de ciclos de descarga e da temperatura ambiente
MECÂNICA	Comprimento do cabo AC	1,5 m Padrão Norma 14136
	Dimensões	490 x188x 236 [mm]
	Peso aproximado	29 kg
AMB.	Temperatura de operação	0°C a 40°C
	Umidade relativa	0 a 90% sem condensação
PROTEÇÕES	Desligamento do nobreak quando houver sobrecarga 110%: 16 min rede / 8 min inversor. 160%: 2 min rede / 1 min inversor	
	Acionamento da bateria para subtensão e sobretensão na rede elétrica com retorno e desligamento automático	
	Desligamento automático contra descarga profunda de bateria no modo inversor	
	Desligamento programado por carga mínima na saída e ausência da rede elétrica superior a uma hora	
	Varistores óxido metálico contra surtos de tensão entre fase / terra e neutro / terra	

Quadro 15: Características do nobreak.

Fonte: (Catálogo eletrônico On Line Premium 1500 Isolador – NHS, 2014).

5.4.14 Interruptor diferencial residual

Dispositivos utilizados para a proteção de pessoas e instalações quanto a contatos diretos ou indiretos, pois protegem contra as correntes de fuga, que possam existir em circuitos elétricos.

O IDR com sensibilidade de 30 mA é considerado de alta sensibilidade e pode ser utilizado tanto na proteção contra contatos indiretos quanto na proteção complementar contra contatos diretos, garantindo a total proteção do usuário.

Corrente nominal residual (mA)	Corrente nominal I (A)	Referência	Nº de polos
30	25	RDW30-25-2	2

Quadro 16: Especificação do IDR.

Fonte: (WEG reles temporizadores, protetores e de nível, 2014).

5.4.15 Relé temporizador

O relé temporizador irá exercer a função de comutar a alimentação da bobina de freio no tempo desejado, podendo assim sincronizar o tempo de desaceleração do inversor com o tempo de comutação do relé. Dessa forma, a bobina de freio parte com tensão 220 V e permanece assim até sua comutação.

Modelo	Tensão (V)	Faixa de temporização (s)
RTW-RD - 1E	220 - 240	0,3 - 3

Quadro 17: Modelo do relé temporizador.

Fonte: (WEG reles temporizadores, protetores e de nível).

5.5 Lista de materiais

Para montar o projeto proposto, os seguintes materiais são necessários:

Equipamento	Especificação	Fabricante	Quantidade
Inversor	CFW-11 (1 cv)	WEG	1 pç
Fusível NH	NH modelo ultra rápido 20 A	WEG	1 pç
Condutor #2,5 mm ²	Cabo multipolar Eprotenax Gsette	Prysmian	2 m
Condutor #2,5 mm ²	Superastic com camada interna de PVC antinflam I e camada externa de PVC antinflam II	Prysmian	30 m
Motofreio	1 cv	WEG	1 pç
Mini contator	CW07 regime AC-03 até 7 A	WEG	6 pç
Sensor de presença	Ângulo 180°	Avant	2 pç
Terminal block	BTWP 2,5 Passo 5mm	WEG	55 pontos
Disjuntor motor	MPW25 - 32	WEG	1 pç
Sensor indutivo	NA dois fios	WEG	3 pç
Alarme sonoro	AD16-22SM	APT	1 pç
Ventilador	TA15052HBL-2	W-TEL	2 pç
Chave seletora	TU310E	STECK	1 pç
<i>Nobreak</i>	PREMIUM 1500 ISOLADOR	NHS	1 pç
IDR	RDW30-25-2	WEG	1 pç
Rele temporizador	RTW-RD - 1E	WEG	1 pç

Quadro 18: Lista de materiais.

Fonte: Autoria própria.

5.6 Descritivo de funcionamento do sistema

O desenho esquemático da plataforma encontra-se no Apêndice A.

5.6.1 Geral

O funcionamento do comando elétrico, da plataforma, foi concebido com 3 estações de comando separadas e interdependentes;

Estação 1: No Piso Inferior

Estação 2: No Piso Superior

Estação 3: Na Plataforma

A estação 1, localizada no piso inferior, tem as seguintes funções:

- Chamar a plataforma para o piso inferior (botoeira B2) quando esta estiver estacionada no piso superior;
- Interromper o movimento da plataforma (botoeira BE2) quando esta estiver em movimento (descendo ou subindo).

A estação 2, localizada no piso superior, tem as seguintes funções:

- Chamar a plataforma para o piso superior (botoeira B1) quando esta estiver estacionada no piso inferior;
- Interromper o movimento da plataforma (botoeira BE1) quando esta estiver em movimento (descendo ou subindo).

A estação 3, localizada na plataforma, tem as seguintes funções:

- Acionar o movimento da plataforma (botoeira B3) em ambos os sentidos;
Interromper o movimento da plataforma (botoeira BE3) quando esta estiver em movimento (descendo ou subindo);
- Acionar a sinalização sonora quando o usuário se encontrar em situação de dificuldade;
- Permitir / interromper o deslocamento da plataforma pelo travamento adequado da barra de segurança (sensor indutivo Sn3).

O funcionamento da plataforma foi concebido considerando que a plataforma sempre estará ocupada por um usuário e que esta acompanha o curso da escada fixa. Em caso de falta de energia elétrica durante o curso ascendente ou descendente este não será interrompido permanecendo em movimento devido a alimentação oriunda do *NOBREAK*.

As funções de rampa de aceleração, desaceleração, velocidade de deslocamento da plataforma e demais funções pertinentes ao funcionamento do motor deverão ser parametrizadas no inversor de frequência (WEG modelo CFW-11) conforme o manual do usuário.

5.6.2 Chamar a plataforma do piso inferior para o piso superior

Esta função será possível através da (botoeira pulsante B1) se satisfeitas a seguintes condições:

- Dj1: Disjuntor acionado – alimentando o sistema elétrico e inversor de frequência;
- BE1, BE2, BE3: Botoeiras em repouso (NF) o curso irá parar se qualquer uma destas botoeiras for acionada;
- Sn3: Sensor indutivo acionado – Barra de segurança devidamente travada;
- Sn1: Sensor indutivo acionado – Sensor indutivo detectando a plataforma estacionada no piso inferior.

5.6.3 Chamar a plataforma do piso superior para o piso inferior

Esta função será possível através da botoeira pulsante (B2) se satisfeitas a seguintes condições:

Dj1: Disjuntor acionado – alimentando o sistema elétrico e inversor de frequência;

BE1, BE2, BE3: Botoeiras em repouso (NF) o curso irá parar se qualquer uma destas botoeiras for acionada;

Sn3: Sensor indutivo acionado – Barra de segurança devidamente travada;
Sn2: Acionado – Sensor indutivo detectando a plataforma estacionada no piso superior.

5.6.4 Comandar a plataforma para subir ou descer, estando o usuário na plataforma

Esta função será possível através da botoeira de três posições na plataforma (B3) se satisfeitas a seguintes condições:

Dj1: Disjuntor acionado – alimentando o sistema elétrico e inversor de frequência;

BE1, BE2, BE3: Botoeiras em repouso (NF) o curso irá parar se qualquer uma destas botoeiras for acionada;

Sn3: Sensor indutivo acionado – Barra de segurança devidamente travada;

B3 posição 1: Plataforma sobe;

Chave seletora B3 posição 2: Plataforma desce.

5.6.5 Acionamento da sinalização sonora na plataforma

Esta função será possível através da (botoeira pulsante B4) se satisfeitas a seguintes condições:

Dj1: Disjuntor acionado – alimentando o sistema;

B4: Enquanto acionada.

5.6.6 Fim do curso de deslocamento da plataforma chegando no piso superior ou no piso inferior

A plataforma finalizara seu curso de subida quando o sensor Sn2 detectar sua chegada ao piso superior – o ponto de instalação do sensor deverá ser definido conforme a rampa de desaceleração.

A plataforma finalizará seu curso de descida quando o sensor Sn1 detectar sua chegada ao piso inferior – o ponto de instalação do sensor deverá ser definido conforme a rampa de desaceleração.

5.6.7 Recomendação

Testar o funcionamento do sistema exaustivamente até que se tenha plena aceitação de suas característica e limitações, visto que trata-se de um equipamento destinado ao transporte de carga humana;

5.7 Lógica de funcionamento

O diagrama funcional da plataforma encontra-se no Apêndice B.

Primeiramente o disjuntor Dj1 deve estar armado para que o inversor e o diagrama de comandos estejam alimentados. Após a alimentação do inversor a fase irá derivar e alimentar o circuito de comando e o circuito de segurança do contator K6, que caso atue impedirá o deslocamento da plataforma. O contator K6 terá sua bobina energizada dependendo da atuação de dois sensores infravermelho de presença SnP1 e SnP2 localizados respectivamente atrás e a frente da plataforma. Estes sensores detectarão a presença de corpos que emitam radiação infravermelha no percurso da plataforma e no caso de alguma presença, por segurança, a plataforma não se deslocará. Caso o sensor não detecte nenhuma radiação infravermelha isso atende uma das condições para que seja permitido o deslocamento da plataforma. Outro item de segurança é o sensor indutivo cujo contato normalmente aberto (N.A.) Sn3, só permitirá o deslocamento da plataforma quando for ativado pelo fechamento da barra de segurança.

A buzina é uma opção para o usuário realizar a sinalização sonora de que ele precisa de ajuda. A buzina é acionada pela botoeira N.A. B4, que estará disponível na plataforma.

Os contatos responsáveis pela subida e descida da plataforma estão representados por dois contatos N.A., respectivamente dos contadores K1 e K2, que estão conectados às entradas digitais DI1 e DI2 do inversor. Estes contatos serão fechados pela atuação de outros comandos que dependerão da posição da plataforma e do usuário, conforme abaixo.

- Usuário no piso inferior solicitando a plataforma localizada no piso superior:

Para que o contato N.A. do contator K2 seja acionado e a plataforma desça são necessários os seguintes comandos: o acionamento deve ser feito pressionando a botoeira N.A. B2 localizada no console do piso inferior. O contato N.A. B2 se fechará. Se a plataforma estiver no piso superior, o sensor indutivo N.A. Sn2 estará detectando-a e assim estará energizando a bobina K4, fechando o contato N.A. K4 e

possibilitando a passagem de energia pelo sistema. Com os contatos B2 e K4 fechados, a bobina K2 e a bobina K5 serão energizados. Neste momento são realizados: o “selo” da energização das bobinas K2 e K5 através do fechamento do contato NA do contator K2 em paralelo com os contatos em série B2 e K4; Assim, o motor e a bobina do freio são alimentados, fazendo com que em sequência o freio seja liberado; a plataforma inicia então a sua descida com suavidade através do fechamento do contato K2 na entrada DI2 no inversor; o contato N.A. K5 se fecha e os ventiladores da caixa do motor serão ligados. Para fazer com que a plataforma suba há que energizar a bobina do contator K1. Porém com o contator K2 energizado durante o processo de descida da plataforma, não será possível solicitar indevidamente que a plataforma mude de sentido pois o contato K2 colocado em série com a bobina do contator K1 impede este tipo de ação. Se durante a descida o usuário acionar a botoeira de emergência N.F. BE2 no console inferior, os contatos serão abertos e a plataforma entra em sua rampa de desaceleração até parar. A bobina do freio do motor só será alimentada quando for acionado pelo contato N.A. K1 passando pelo rele temporizador e chegando até os terminais da bobina do freio. Portanto a atuação do freio só irá ocorrer após a rampa de desaceleração através da atuação do rele de retardo que irá interromper a alimentação coincidindo com o final da rampa de deaceleração após 3 segundos.

- Usuário no piso superior solicitando a plataforma localizada no piso inferior:

Para que o contato N.A. K1 se feche e a plataforma suba são necessários os seguintes comandos: o acionamento deverá ser feito através da botoeira N.A. B1 localizada no console do piso superior. O sensor indutivo N.A. Sn1 estará detectando a presença da plataforma e assim energizando a bobina K3 que irá deixar o contato N.A. K3 fechado, assim a energia poderá fluir e energizar a bobina K1 e a bobina K5, assim o contato N.A. K1 e o contato N.A. K5 se fecharão e a plataforma realizará a função de subida e os ventiladores da caixa do motor serão ligados. Neste momento a bobina K2 estará desenergizada e o contato N.A. K2 que está conectado ao inversor permanecerá em repouso.

Se durante a subida o usuário acionar a botoeira de emergência N.F. BE1 no console superior, os contatos serão abertos e a plataforma entra em sua rampa de desaceleração até parar.

A bobina do freio do motor só será alimentada quando for acionado pelo contato N.A. K2 passando pelo rele temporizador e chegando até os terminais da bobina do freio. Portanto a atuação do freio só irá ocorrer após a rampa de desaceleração através da atuação do rele de retardo que irá interromper a alimentação coincidindo com o final da rampa de deaceleração após 3 segundos.

- Usuário na plataforma:

O deslocamento da plataforma com o usuário sentado é comandado pela posição da chave seletora B3. Esta chave possui três posições que efetuarão os comandos para acionar a plataforma através da combinação de dois contatos N.A. numerados no diagrama por 3/4 e 13/14.

Quando a plataforma não é requisitada a chave permanece na posição "0", em que ambos os contatos da chave se encontram em repouso, e a plataforma não se desloca.

Se o usuário estiver no piso inferior querendo subir, ele deve girar a chave seletora B3 para a posição "1", esta irá fechar apenas o contato 3/4, o contato 13/14 permanecerá aberto. Com o fechamento de 3/4 o contato N.A. K1 de selo será acionado, e então o usuário não precisará ficar segurando a botoeira B3 na posição "1" para subir. Após a seleção a chave volta para a posição de repouso. O contato N.A. K1 permanece acionado e a plataforma sobe. O contato NF K2 permanecerá em repouso sem a bobina K2 estar energizada. Enquanto o contator K1 for energizado, o contator K5 será energizado também e acionará os ventiladores extras da caixa do motor.

O sistema não permite que o usuário acione o movimento de descida se ele estiver no piso inferior em dois casos: o primeiro é em relação ao sensor indutivo N.A. Sn1 que estará detectando a plataforma e energizando a bobina K3, abrindo o contato N.F. K3 e evitando a alimentação do acionamento de descida da plataforma. O segundo caso é devido ao sensor N.A. Sn2 do piso superior que vai estar desenergizado pelo fato da plataforma não estar estacionada no piso superior,

deixando o contator K4 sem energia e o contato N.A. K4 em repouso, desativando assim o circuito de descida.

Se durante a subida o usuário acionar a botoeira de emergência N.F. BE3, os contatos de energia irão abrir fazendo com que o inversor acione a rampa de desaceleração até que a plataforma pare.

Ainda durante a subida, se o usuário tentar girar a chave seletora para a posição "2", nenhuma ação será realizada, pois através do intertravamento de K1 e K2, quando a bobina K1 estiver energizada o contato N.F. K1 do acionamento de descida estará aberto, impossibilitando uma mudança repentina de sentido. O usuário só poderá mudar o sentido de deslocamento se este acionar primeiramente o botão de emergência N.F. BE3, e após a total parada da plataforma, pode-se girar a chave seletora para a posição "2".

Quando a plataforma estiver chegando ao piso superior, o sensor N.A. Sn2 irá detectar a presença da plataforma, fechará o seu contato e energizará a bobina do contator K4, assim abrindo o contato N.F. K4 do acionamento de subida. A rampa de desaceleração será acionada realizando a parada da plataforma. Com a plataforma no piso superior as posições das chaves do sistema ficam prontas para o acionamento para descida.

Se o usuário estiver no piso superior querendo descer, ele deve girar a chave seletora B3 para a posição "2", esta irá fechar apenas o contato 13/14, o contato 3/4 permanecerá aberto. Com o fechamento de 13/14 o contato N.A. K2 de selo será acionado, e então o usuário não precisará ficar segurando a botoeira B3 na posição "2" para descer. Após a seleção a chave volta para a posição de repouso. O contato N.A. K2 permanece acionado e a plataforma desce. O contato NF K1 permanecerá em repouso sem a bobina K1 estar energizada. Quando o contator K2 for energizado, o contator K5 será energizado também e acionará os ventiladores extras da caixa do motor.

Para realizar a descida o sensor N.A. Sn2 do piso superior deverá estar detectando a plataforma e energizando o contator K4, fazendo assim com que o contato N.F. K4 do acionamento de subida se abra. O sensor Sn1 do piso inferior estará aberto e o contator K3 sem energia e deixará também o contato N.A. K3 aberto. Isso impossibilita a opção para o usuário subir girando a chave seletora para a posição "1" enquanto a plataforma realiza a descida. Quando o sensor N.A. Sn1 for acionado ocorre a rampa de desaceleração para realizar a parada.

A bobina do freio do motor só será alimentada quando for acionado pelos contatos N.A. K1 ou K2, passando pelo rele temporizador e chegando até os terminais da bobina do freio. Portanto a atuação do freio só irá ocorrer após a rampa de desaceleração através da atuação do rele de retardo que irá interromper a alimentação coincidindo com o final da rampa de deaceleração após 3 segundos.

5.8 Parametrização

O inversor é configurado por meio da Interface Homem Máquina (IHM) para localização e alteração dos valores dos parâmetros que dizem respeito aos dados do motor e do processo a ser controlado. A IHM é um dispositivo com display para visualizar, incluir e alterar os parâmetros do inversor por meio de teclas de navegação, de seleção e de digitação de valores.

Segundo Amaral (2009) para configurar o inversor de frequência de maneira que este forneça as informações necessárias para o processo de automação a ser realizado, faz-se o uso de parâmetros. Esses parâmetros habilitam ou desabilitam o recurso desejado, e podem ser classificados em:

- Parâmetros LISTA: uma lista de valores é disponibilizada para cada parâmetro, em que o valor escolhido representa a função a ser realizada;
- Parâmetros de BIT: São regulados pela condição do bit. Como por exemplo as entradas digitais, na qual se a condição for falsa, isto é, o bit for 0, estará desligada. E se a condição for verdadeira, bit for 1, estará ligada;
- Parâmetros NUMÉRICOS: são ajustados valores numéricos, como por exemplo, a frequência máxima.

A parametrização do inversor especificado é o que segue:

Parâmetro	Descrição	Valores
P0100	Tempo de aceleração	3 s
P0101	Tempo de desaceleração	3 s
P0104	Rampa S	2 = 100%

P0184	Ativar frenagem ótima	0 = com perdas
P0185	Nível de atuação da regulação da tensão do barramento cc	375 V
P0120	Backup da referencia de velocidade	1 = ativo
P0121	Referencia de velocidade	1730 rpm
P0202	Tipo de controle	3 = Sensorless
P0263	Digital 1	4 = avanço
P0264	Digital 2	5 = retorno
P0400	Tensão nominal do motor	220 V
P0401	Corrente nominal do motor	2,98 A
P0402	Rotação nominal do motor	1730 rpm
P0403	Frequência nominal do motor	60 Hz
P0404	Potência nominal do motor	3 = 1 cv
P0407	FP nominal do motor	0,8
P0408	Auto ajuste	2 = Para Sensorless
P0409	Obtido a partir do P0408	-
P0295	Corrente nominal ND/HD	2 = 6 A/5 A
P0296	Tensão nominal da rede	0 = 200 - 240 V
P0298	Aplicação	0 = Uso normal ND
P0398	Fator de serviço	1,15
P0399	Rendimento nominal do motor	0,8

P0410	Obtido a partir do P0409	-
P0411	Obtido a partir do P0410	-
P0412	Obtido a partir do P0411	-
P0413	Obtido a partir do P0412	-

Quadro 19: Parametrização do inversor CFW-11.

Fonte: (Manual de programação do inversor CFW-11, 2014).

O diagrama da figura 46 ilustra o funcionamento das funções avanço/retorno de acordo com as entradas digitais do inversor.

AVANÇO/RETORNO

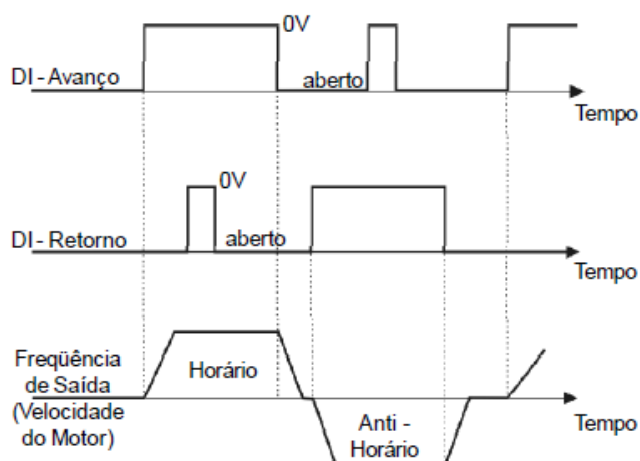


Figura 46: Diagrama de tempo das funções digitais.

Fonte: (Manual do Usuário CFW-11-WEG, 2014).

6 Conclusão

De acordo com a metodologia proposta, e com o intuito de auxiliar de alguma maneira os indivíduos que possuem mobilidade reduzida, foi realizado um projeto elétrico de uma plataforma móvel, juntamente com um estudo para deslocamento linear de pessoas em escadas, com velocidade superior as plataformas existentes no mercado, para que se pudesse atingir o objetivo deste trabalho.

Este projeto fez com que a equipe realizasse um estudo teórico sobre os equipamentos envolvidos para o desenvolvimento de uma plataforma elevatória para deslocamento de pessoas em escadas. Além deste estudo, também foram realizados levantamentos de dados, visitas que possibilitassem um melhor entendimento em relação ao projeto proposto, e busca de profissionais da área técnica com conhecimento sobre o assunto. Assim foi possível obter maiores esclarecimentos sobre o funcionamento de plataformas elevatórias.

Na parte relacionada ao levantamento de dados, foi realizado o estudo a respeito das novas velocidades que poderiam ser atribuídas no projeto em questão. A partir da obtenção da faixa de velocidades, foi possível partir para uma solução que pudesse atender a velocidade estipulada de 0,64 m/s. Foi especificada uma massa fixa, da associação usuário e plataforma para que se pudesse obter as principais forças que impactariam no dimensionamento do motofreio, resultando em duas alternativas para o deslocamento da plataforma.

As duas soluções propostas neste trabalho, tanto a alternativa 1 como a alternativa 2, poderiam ser utilizadas para escadas menores que três metros. Esta distância corresponde ao deslocamento mínimo em que é possível acelerar e desacelerar a plataforma no tempo estabelecido em projeto, ou seja de 3 s na aceleração e de 3 s na desaceleração da plataforma.

Já para escadas com um comprimento inferior a 3 metros, deve ser verificada na alternativa 2 se existe também a necessidade de instalação de ventilação forçada adicional para o motor. A razão, da ventilação forçada adicional para a alternativa 2, está no fato de que em escadas com comprimento inferior a 3 metros o motor irá operar em rotação inferior a sua nominal, prejudicando a dissipação pelo próprio motor do calor gerado no seu interior. Por este motivo, no projeto da alternativa 2, foram previstos o uso de ventiladores adicionais para o resfriamento. No entanto, e dependendo do comprimento da escada e das condições de uso da plataforma, pode-se dispensar o ventilador na instalação da plataforma.

Entre as razões da escolha pela segunda alternativa, está a rotação do motor em operação, que é mais próxima da sua nominal e portanto, em condições mais favoráveis com a de seu projeto, e conseqüentemente do seu melhor rendimento. Desta forma, também pode-se obter na segunda alternativa menor aquecimento e maior eficiência energética no motor. Outro aspecto está na

quantidade de polos do motor, que na segunda alternativa, é menor que o da primeira, pois em motores de mesma potência quanto maior for a quantidade de polos, maior será o seu peso, e maior o seu preço. Por consequência, os motores de 4 polos são mais fáceis de serem obtidos no mercado.

Portanto, optou-se pela segunda alternativa, pois ao utilizar um motor de menor potência e com menos polos, obtém-se uma solução para um motor com menor peso, menor preço, maior disponibilidade no mercado e que possibilita alcançar maior eficiência energética.

Além disso, o redutor de velocidade, necessário à segunda alternativa, pode ser especificado para que este, por si só, acrescente uma redundância adicional no quesito de segurança. Isto se deve ao coeficiente de irreversibilidade dos redutores mecânicos, que podem impossibilitar o eixo de saída, onde a plataforma está acoplada, de girar o eixo de entrada do redutor, onde o motor está acoplado. Portanto, o redutor pode também ser utilizado para travar o movimento da plataforma, caso ocorra alguma pane com o sistema responsável pela sua movimentação.

Algumas aplicações, como no caso deste projeto, requerem a variação de velocidade, controle de torque, operações em baixíssimas rotações e alta velocidade de resposta, atendidas por inversores com tecnologia vetorial.

Por isso, no projeto elétrico da plataforma foi escolhido um modelo de inversor que possui tecnologia vetorial. Pois, ao analisar o comportamento do sistema como um todo, e levando em consideração as interações entre as partes componentes, rede, inversor, motor e carga, pode-se diagnosticar que o modelo de inversor vetorial supre as necessidades do sistema, devido a este conseguir manter o torque constante, mesmo com o motor parado. Isso é uma característica importante, pois está atrelada a questão de segurança do usuário no deslocamento da plataforma. Outro motivo por se utilizar o inversor do modo vetorial, é a capacidade deste de calcular, através de artifícios matemáticos, os parâmetros e readequá-los para manter o torque nominal constante, mesmo em condições extremas, como a do motor parado.

Um outro aspecto decorrente da realização deste TCC, e o mais importante, está na aquisição e no domínio de conhecimentos que foram obtidos com a execução deste trabalho de conclusão de curso. Os conhecimentos, como os relacionados ao inversor de frequência, possibilitaram o aprofundamento acerca

deste equipamento. A importância deste não se aplica apenas a função de controlar a velocidade do motor AC, mas também manter o torque constante mesmo com carga. A grande lista de parâmetros, que pode ser escolhida de acordo com o objetivo do projeto, proporcionou a realização de um trabalho com um número maior de recursos, que foram selecionados esta aplicação específica.

Para o dimensionamento do motor elétrico, foi essencial que este fosse feito a partir do torque a ser desenvolvido, e não a partir da potência desejada. A potência pode ser calculada como a multiplicação da força (massa do sistema a ser deslocado) pela distância a ser percorrida, tudo dividido pelo tempo. Não há erros nessa forma de dimensionar, mas no caso específico desse TCC, a velocidade de rotação do motor inicialmente não era a nominal e sim uma sugerida. Dessa forma, se no dimensionamento do motor fosse somente levado em conta a potência a ser desenvolvida, e não o torque necessário, o motor operando em uma rotação de menos da metade da nominal, iria influenciar seu desempenho, baixando também a sua potência. Com a potência menor do que aquela dimensionada, o motor não iria partir por falta de potência e torque no eixo. Já o dimensionamento do motor realizado, visando o torque necessário para o deslocamento da carga, é mais eficiente, porque leva em consideração a velocidade angular de rotação do eixo e a massa a ser tracionada.

Os comandos elétricos foram explorados com a finalidade de manobra do motor elétrico no circuito automatizado, para que a plataforma pudesse obter o funcionamento desejado. Dessa forma, foi feito o dimensionamento do modelo didático, para aprimorar conhecimentos por meio da associação da parte mecânica com a elétrica. Tudo isso levou ao desenvolvimento de uma pesquisa, na qual obteve-se uma referência de dados para prosseguir com o desenvolvimento do projeto elétrico.

Além disso, foi realizado um estudo relativo às normas de acessibilidade para que o projeto atendesse as principais necessidades, e não colocasse em risco a vida do usuário. A intenção foi de elaborar o projeto elétrico com uma nova velocidade, e também o estudo visando proporcionar aos portadores de mobilidade reduzida uma oportunidade de obter uma melhoria no seu dia a dia.

Referências

ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. 2004. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ALVES, Livia. **Acessibilidade dentro de casa**. Seção Delas, São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://delas.ig.com.br/casa/arquitetura/acessibilidade-dentro-de-casa/n1237541605153.html>>. Acesso em 15 de Junho de 2013.

AMARAL, Róger Puziol. **Controle de um motor de indução trifásico através de um inversor estático de frequência**. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009. Disponível em: <http://www2.ele.ufes.br/~projgrad/documentos/PG2007_2/rogerpuziolamaral.pdf >. Acesso em 20 de Janeiro de 2014.

BORBA, Walmir José. **Barreiras Arquitetônicas: Acessibilidade/2001**, Curitiba, Ed. CEFET-PR. Página 11, consultada Monografia de Pós-Graduação.

BRASIL. **Decreto nº 5.296** de 2 de dezembro de 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004006/2004/decreto/d5296.htm>. Acesso em 22 de Fevereiro de 2013.

BRASIL. Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000. Estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Poder Legislativo, Brasília, DF, 20 dez. 2000. Disponível em: <<http://www.usp.br/drh/novo/legislacao/dou2000/lei10098.html>>. Acesso em 22 de Fevereiro de 2013.

CAMPOS, Marina. **Sobrados comprometem a acessibilidade do idoso no lar**. Piracicaba, 2009. Disponível em: <<http://cardapiodenoticias.wordpress.com/2009/10/08/>>. Acesso em 14 de Junho de 2013.

CAPELLI, Alexandre. **Inversores de Frequência**. MECATRÔNICA ATUAL Nº 2 - FEVEREIRO/2002. Disponível em <http://w3.ufsm.br/fuentes/index_arquivos/Inversores.pdf>. Acesso em 5 de Julho de 2013.

DISCHINGER, Marta. BINS ELY. **A acessibilidade espacial segundo alunos cadeirantes em uma escola de ensino regular.** Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

FERREIRA JÚNIOR, M. G. **Controle de um Inversor de Frequência via CLP.** Universidade Federal de Ouro Preto, 2012. Disponível em: <<http://www.em.ufop.br/cecau/monografias/2012/Milton%20Gontijo%20Ferreira%20Junior.pdf>>. Acesso em 13 de Julho de 2013.

GARCIA, Vera. **Conheça os Locais Acessíveis da Cidade de Curitiba.** Seção Lugares Acessíveis, Curitiba, 2011. Disponível em: <<http://www.deficienteciente.com.br/2011/05/conheca-os-locais-acessiveis-dacidade-de-curitiba.html>>. Acesso em 17 de Junho de 2013.

GUIMARÃES, Inácio Andruski. **Apostila de Estatística.** 2013, Curitiba.

GRIPP JUNIOR, P. E. **Estudo das Tecnologias e Aplicações dos Inversores de Frequência de Média Tensão.** Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005. Disponível em: <http://www2.ele.ufes.br/~projgrad/documentos/PG2005_1/percyemerichgrippjunior.pdf>. Acesso em 14 de Julho de 2013.

IBDA, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura. **Acessibilidade e a sua importância nos projetos de hoje e do futuro.** Seção Arquitetura, 2013. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=32&Cod=144>>. Acesso em 15 de Junho de 2013.

LAGUNA, Marcelo. **Ainda sobre os números dos deficientes físicos brasileiros.** Coluna do blog espirito olímpico, 2012. Disponível em: <<http://colunistas.ig.com.br/esportesolimpicos/2012/09/03/ainda-sobre-os-numeros-dos-deficientes-fisicos-rasileiros/>> Acesso em 24 de Fevereiro de 2013.

LENZ, André. **Dispositivos de Proteção e Manobra.** Apostila SENAI, São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.portaldoeletrodomestico.com.br/cursos/electricidade_eletronica/1/Apostila-SENAI-Dispositivos-de-Protecao-e-Manobra.pdf>. Acesso em 21 de Julho de 2013.

LIMA, Luiz Henrique. **Acessibilidade para pessoas portadoras de deficiências: requisito da legalidade, legitimidade e economicidade das edificações públicas** Jus Navigandi, Teresina, 2011. Disponível em:

<<http://jus.com.br/revista/texto/9167/acessibilidade-para-pessoas-portadoras-de-deficiencias>> - Acesso em 21 de Fevereiro de 2013.

MARQUES, Luiz Carlos de Souza. **Inversores de Frequência**. Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em: <<http://coral.ufsm.br/desp/luizcarlos/aula2of2.pdf>>. Acesso em 29 de Julho de 2013.

MONTEIRO, Julio. **Saiba o que é nobreak e conheça as funções do aparelho**. 2012. Disponível em: <<http://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2012/03/o-que-e-nobreak.html>> Acesso em 20 março de 2014.

MORIMOTO, Carlos. **Entendendo NObreaks**. 2009. Disponível em: <<http://www.hardware.com.br/dicas/entendendo-nobreaks.html>> Acesso em 20 março de 2014.

OSIS, Luis Roberto. **Alimentação de Motores para Refrigeração Doméstica Utilizando Energia Solar Fotovoltaica**. Universidade Federal de Lavras, 2007. Disponível em <<http://www.solenerg.com.br/files/Monografia%20FAE%20Luis%20R%20Osis.pdf>>. Acesso em 29 de Julho de 2013.

PRYSMIAN. **Guia de dimensionamento em baixa tensão**. Disponível em: <http://br.prysmiangroup.com/br/files/dimensionamento_bt.pdf> Acesso em 07 de fevereiro de 2014.

RELATÓRIO MUNDIAL SOBRE A DEFICIÊNCIA. São Paulo. **Organização Mundial da Saúde**, 2011. Disponível em: <http://www.pessoacomdeficiencia.sp.gov.br/usr/share/documents/RELATORIO_MUNDIAL_COMPLETO.pdf>. Acesso em 18 de Janeiro de 2013.

RUIVO, André. **Grupo de Interesse em Fisioterapia no Desporto, GIFD**. Disponível em: <http://www.apfisio.pt/gifd/e4_meniscos.html>. Acesso em 19 de Agosto de 2013.

SOUZA, Valdéria. **Num piscar de olhos**. 2012. Disponível em: <<http://nosnacidadeteatro.wordpress.com/tag/relatorio-mundial-sobre-deficiencia/>>. Acesso em 26 de Fevereiro de 2013.

TOSTES, Marcelo. Grupo de Interesse em Fisioterapia. Disponível em: <<http://www.drmarcelotostes.com/#!condromalacia/clg6>>. Acesso em 20 de Agosto de 2013.

VENDRAMINI, Roberta Miranda. **Aulas de Cad.** 2011. Disponível em: <<http://www.aulascad.com/2011/10/autocad-aula-18-calculando-e-desenhando.html>>. Acesso em 11 de setembro de 2013.

WEG Equipamentos Elétricos S.A. **Drivers & Controls.** Guia Técnico, Jaraguá do Sul, 2012.

WEG Equipamentos Elétricos S.A. **Guia de Especificação de Motores Elétricos.** Guia Técnico, Jaraguá do Sul, 2013.

WEG Equipamentos Elétricos S.A. **Instruções para Instalação e Manutenção do Motofreio.** Centro de Treinamento de Clientes, Jaraguá do Sul, 2012.

WEG Equipamentos Elétricos S.A. **Módulo 1B – Comando e Proteção de Motores Elétricos C.A. de Baixa Tensão.** Centro de Treinamento de Clientes, Jaraguá do Sul, 2012.

WEG Equipamentos Elétricos S.A. **Módulo 2 – Variação de Velocidade.** Centro de Treinamento de Clientes, Jaraguá do Sul, 2012.

WEG Equipamentos Elétricos S.A. **Motores de Indução Alimentados por Inversores de Frequência PWM.** Guia Técnico, Jaraguá do Sul, 2009.

WEG Equipamentos Elétricos S.A. **Sensores e Fontes.** Guia Técnico, Jaraguá do Sul, 2013.

WEG Equipamentos Elétricos S.A. **Soluções em controle de acesso e automação rodoviária.** Guia Técnico, Jaraguá do Sul, 2013.

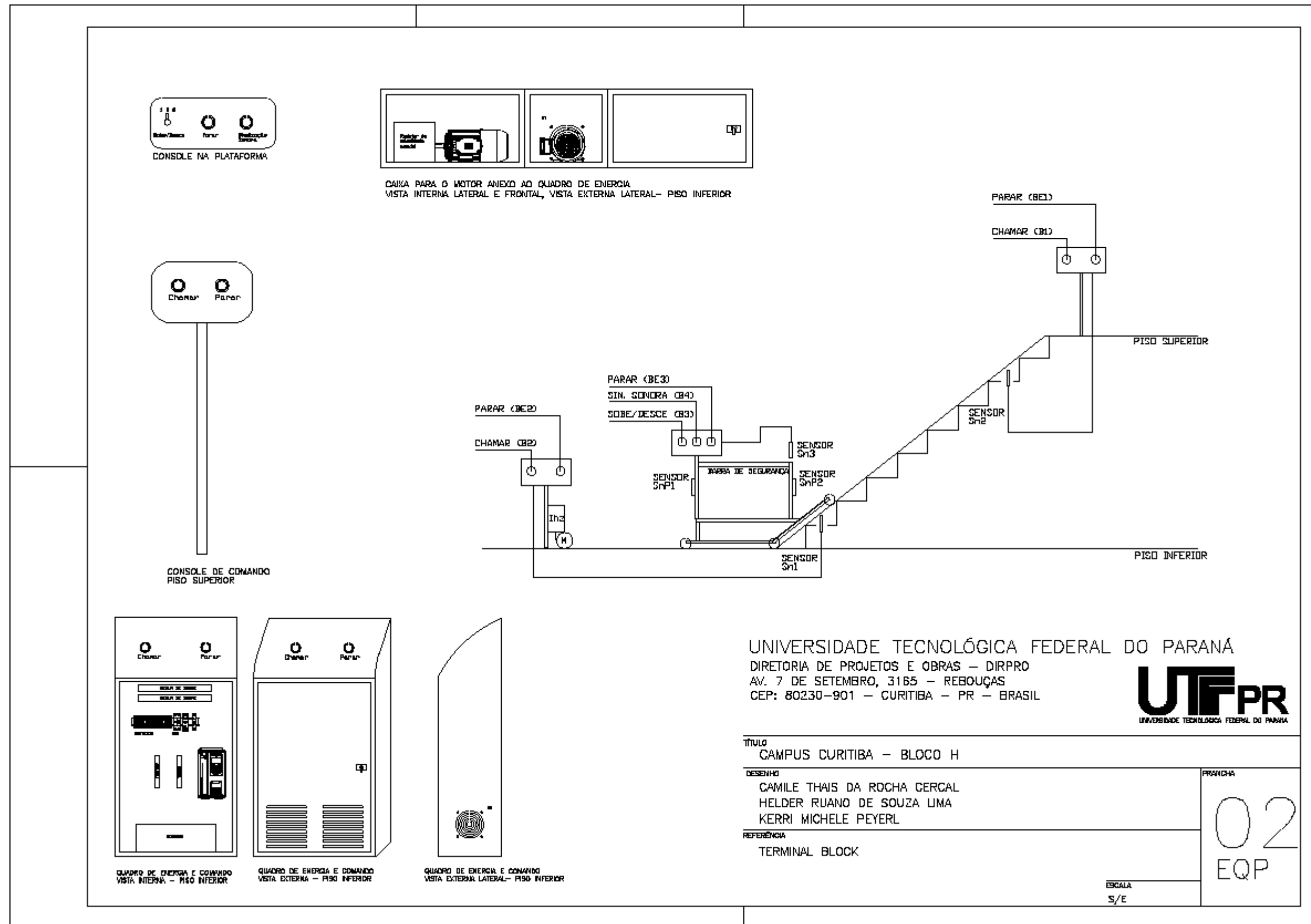
WEG Equipamentos Elétricos S.A. **Disjuntores-Motores MPW - Manobra e Proteção de Motores Elétricos até 100 A.** Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-disjuntores-motores-mpw-catalogo-especifico-50009822-catalogo-portugues-br.pdf>> Acesso em 07 de fevereiro de 2014.

WEG Equipamentos Elétricos S.A. **Automação - Fusíveis aR e gL/gG.** Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-fusiveis-ar-e-gl-gg-50009817-catalogo-portugues-br.pdf>> Acesso em 07 de fevereiro de 2014.

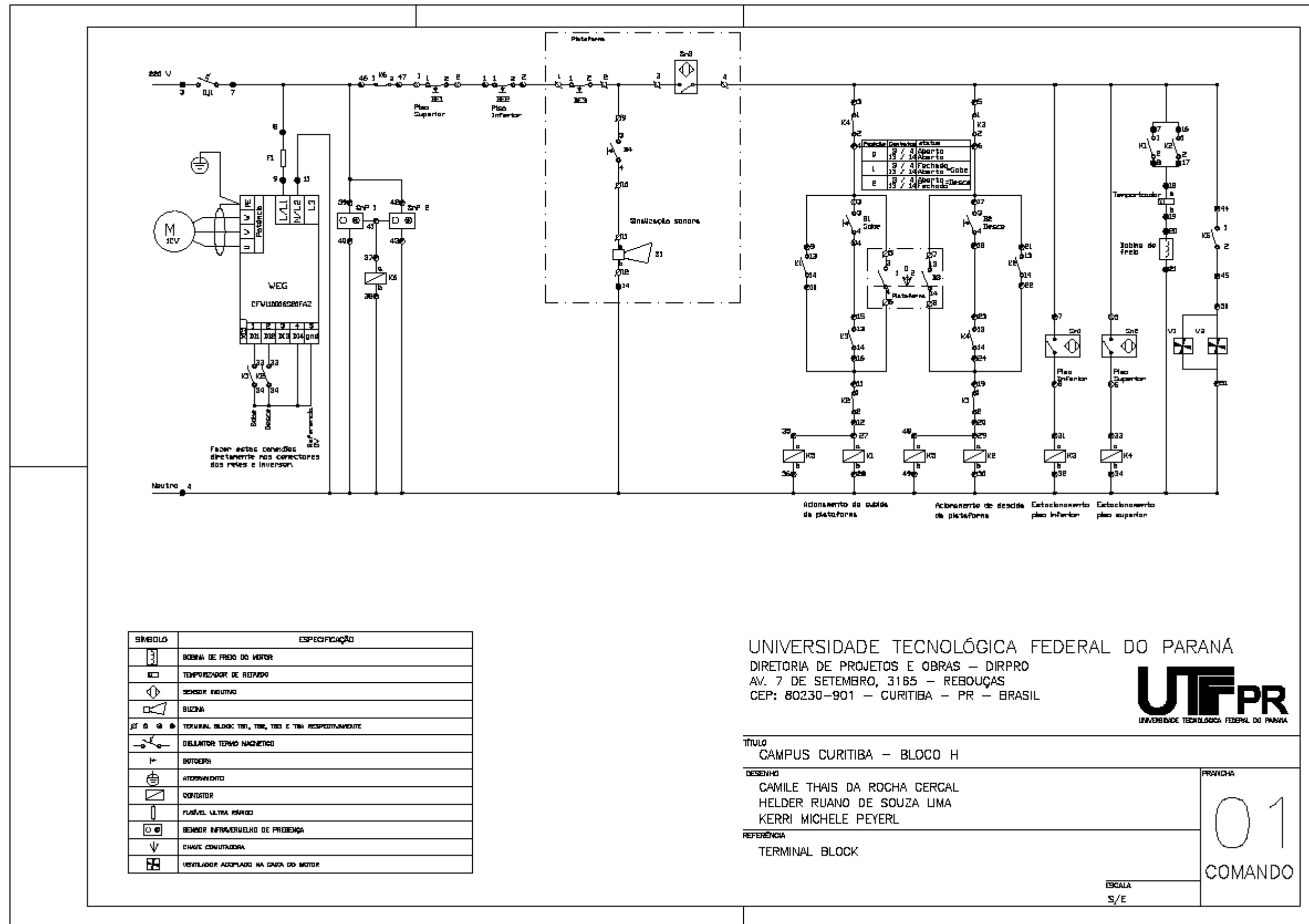
WENDLING, Marcelo. **Sensores**. Versão 2.0. Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, SP, 2010.

WINNICK, J. P; **Educação Física e esportes adaptados**. Tradução [3ª. ed. original] de LOPES, F. A. Barueri, SP: Manole, 2004.

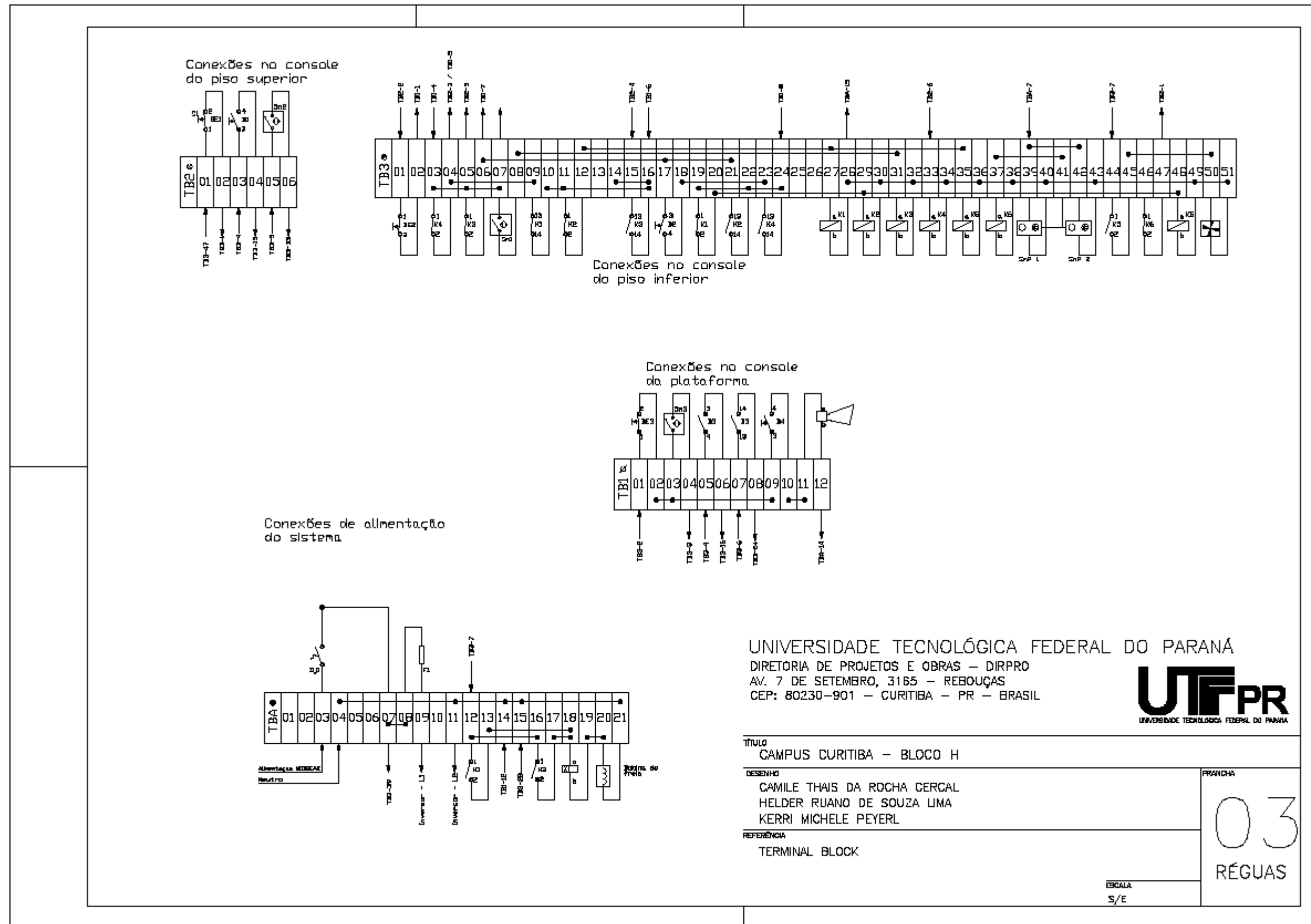
APÊNDICE A




APÊNDICE B




APÊNDICE C



ANEXO 1

		No.:
		Data: 15-ABR-2014
Cliente : _____		
<p>TECHNICAL PROPOSAL</p> <p>Motor trifásico de indução - Rotor de gaiola</p>		
Linha do produto : Motofreio		
Catalog Number :		
List Price : \$		
Observações:		
Executor:		Verificado:

	No.:				
	Data: 15-ABR-2014				
FOLHA DE DADOS Motor trifásico de indução - Rotor de gaiola					
Cliente	:				
Linha do produto	: Motofreio				
Carcaça	: 80				
Potência	: 1 HP				
Frequência	: 60 Hz				
Polos	: 4				
Rotação nominal	: 1730				
Escorregamento	: 3,89 %				
Tensão nominal	: 220/380 V				
Corrente nominal	: 2,98/1,73 A				
Corrente de partida	: 23,8/13,8 A				
Ip/In	: 8,0				
Corrente a vazio	: 2,00/1,16 A				
Conjugado nominal	: 4,14 Nm				
Conjugado de partida	: 340 %				
Conjugado máximo	: 300 %				
Categoria	: N				
Classe de isolamento	: F				
Elevação de temperatura	: 80 K				
Tempo de rotor bloqueado	: 12 s (quente)				
Fator de serviço	: 1,15				
Regime de serviço	: S1				
Temperatura ambiente	: -20°C - +40°C				
Altitude	: 1000				
Proteção	: IP55				
Massa aproximada	: 21 kg				
Momento de inércia	: 0,00328 kgm ²				
Nível de ruído	: 48 dB(A)				
	Dianteiro	Traseiro	Carga	Fator potência	Rendimento (%)
Rolamento	6204 ZZ	6204 ZZ	100%	0,80	82,6
Intervalo de lubrificação	—	—	76%	0,72	81,0
Quantidade de graxa	—	—	60%	0,60	77,6
Observações:					
Executor			Verificado		

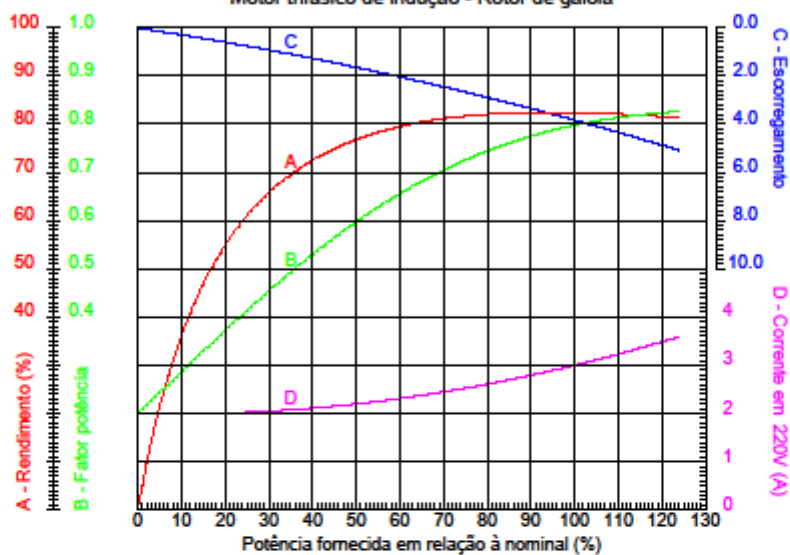


No.:

Data: 15-ABR-2014

CURVAS CARACTERÍSTICAS EM FUNÇÃO DA POTÊNCIA

Motor trifásico de indução - Rotor de gaiola



Cliente :
 Linha do produto : Motofreio

Carcaça	: 80	Ip/In	: 8,0
Potência	: 1 HP	Regime de serviço	: S1
Frequência	: 60 Hz	Fator de serviço	: 1,15
Rotação nominal	: 1730	Categoria	: N
Tensão nominal	: 220/380 V	Conjugado de partida	: 340 %
Corrente nominal	: 2,98/1,73 A	Conjugado máximo	: 300 %
Classe de isolamento	: F		

Observações:

Executor Verificado

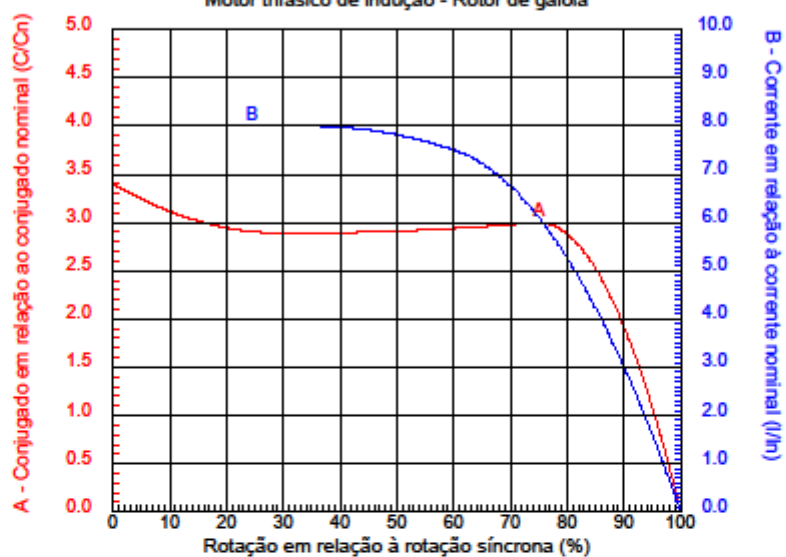


No.:

Data: 15-ABR-2014

CURVAS CARACTERÍSTICAS EM FUNÇÃO DA ROTAÇÃO

Motor trifásico de indução - Rotor de gaiola



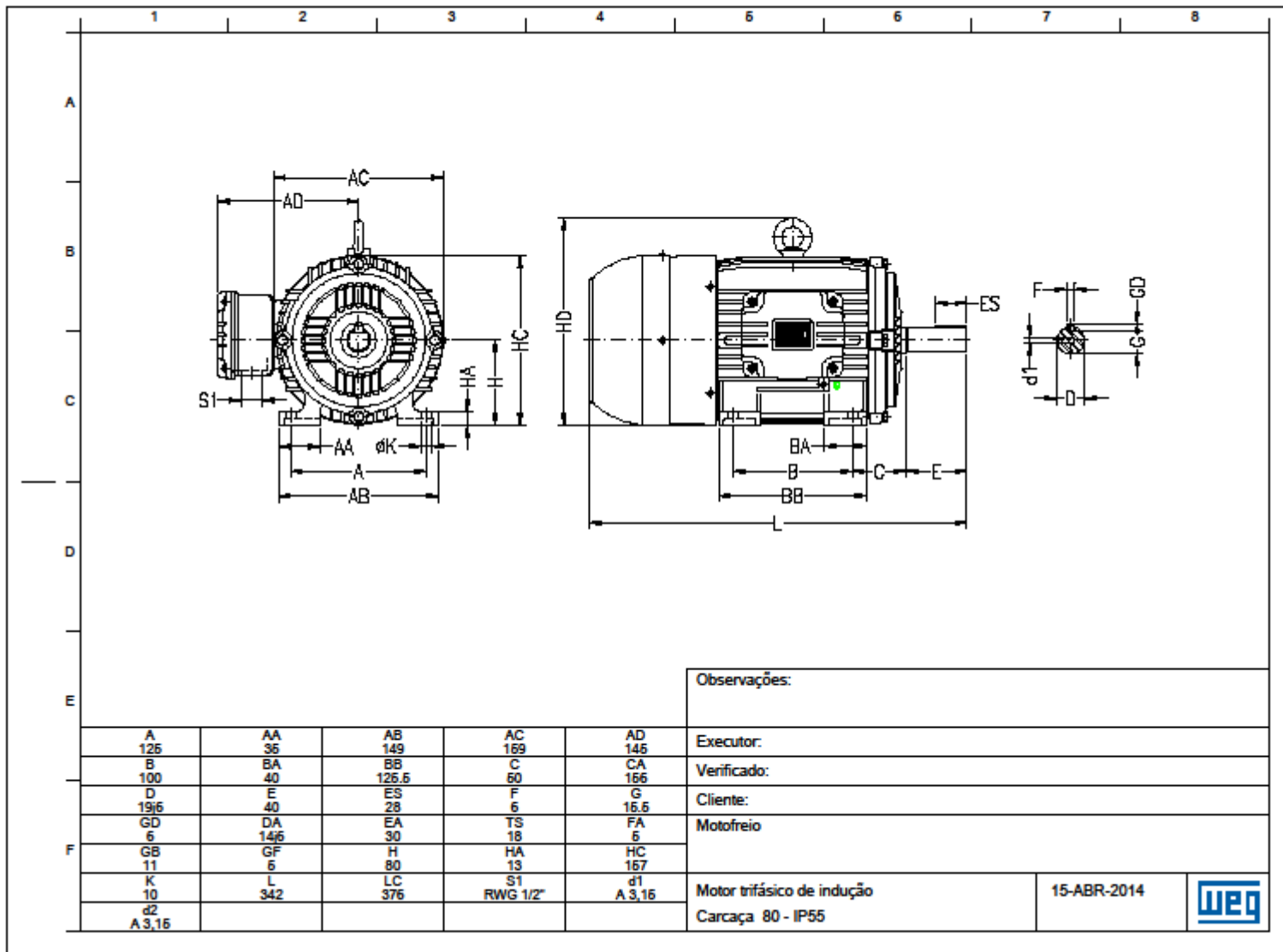
Cliente :
 Linha do produto : Motofreio

Carcaça	: 80	Ip/In	: 8,0
Potência	: 1 HP	Regime de serviço	: S1
Frequência	: 60 Hz	Fator de serviço	: 1,15
Rotação nominal	: 1730	Categoria	: N
Tensão nominal	: 220/380 V	Conjugado de partida	: 340 %
Corrente nominal	: 2,98/1,73 A	Conjugado máximo	: 300 %
Classe de isolamento	: F		

Observações:

Executor

Verificado



ANEXO 2

BAIXA TENSÃO

Uso Geral

CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE

TABELA 2 - (*) CAPACIDADES DE CONDUÇÃO DE CORRENTE, EM AMPÈRES, PARA OS MÉTODOS DE REFERÊNCIA, A1, A2, B1, B2, C e D DA TABELA 1 FIOS E CABOS ISOLADOS EM TERMOPLÁSTICO, CONDUTOR DE COBRE.

- > • Cabo Superastic, Cabo Superastic Flex, Fio Superastic, Cabo Sintenax, Cabo Sintenax Flex e Afumex 750V;
 • 2 e 3 condutores carregados;
 • Temperatura no condutor: 70 °C;
 • Temperaturas: 30 °C (ambiente) e 20 °C (solo).

seções nominais (mm ²)	métodos de instalação definidos na tabela 1											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203
150	240	216	219	196	309	275	265	236	344	299	278	230
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258
240	321	286	291	261	415	370	351	313	461	403	361	297
300	367	328	334	298	477	426	401	358	530	464	408	336
400	438	390	398	355	571	510	477	425	634	557	478	394
500	502	447	456	406	656	587	545	486	729	642	540	445
630	578	514	526	467	758	678	626	559	843	743	614	506
800	669	593	609	540	881	788	723	645	978	865	700	577
1000	767	679	698	618	1012	906	827	738	1125	996	792	652

(*) De acordo com a tabela 36 da NBR 5410/2004.

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.



Tel: 11 4998-4155; Fax: 11 4998-4166; e-mail: webcabos@prysmian.com; internet: www.prysmian.com.br

ANEXO 3

Disjuntor-Motor MPW25 - Tabela de Escolha

Disjuntor-Motor MPW25 até 32 A - Termomagnético ou Somente Magnético

- Permite manobra e proteção contra sobrecarga e curto-circuito de motores elétricos
- Disparador de curto-circuito fixo no valor de 13 vezes a corrente nominal máxima do disjuntor
- Sensível à falta de fase de acordo com norma IEC/EN 60947-4-1 e DIN VDE 0660 T.102
- Compensado por temperatura
- Permite o uso como chave geral (IEC 60947-2)
- Autoprotegido contra curto-circuito até 6,3 A em 500 V CA

**Disjuntor-Motor Termomagnético MPW25 - Proteção Contra Sobrecarga e Curto-Circuito**

Tabela orientativa para seleção da proteção de motores trifásicos 60 Hz - 4 polos ¹⁾			Corrente nominal In (A)	Faixa de ajuste da corrente nominal In (A)	Disparo magnético instantâneo 13x In Im (A)	Terminal parafuso		Peso kg
220-240 V	380-415 V	440-480 V				Referência	Código	
cv / kW	cv / kW	cv / kW						
-	-	-	0,16	0,1...0,16	2,08	MPW25-3-C016	10045306	0,36
-	-	-	0,25	0,16...0,25	3,25	MPW25-3-C025	10045307	
-	-	0,16 / 0,12	0,4	0,25...0,4	5,2	MPW25-3-D004	10045308	
-	0,16 / 0,12	0,25 / 0,18	0,63	0,4...0,63	8,2	MPW25-3-C063	10045309	
0,16 / 0,12	0,33 / 0,25	0,33 / 0,25	1	0,63...1	13	MPW25-3-U001	10409813	
0,33 / 0,25	0,5 / 0,37	1 / 0,75	1,6	1...1,6	20,8	MPW25-3-D016	10409814	
0,5 / 0,37	1 / 0,75	1,5 / 1,1	2,5	1,6...2,5	32,5	MPW25-3-D025	10409815	
1 / 0,75	2 / 1,5	2 / 1,5	4	2,5...4	52	MPW25-3-U004	10409816	
1,5 / 1,1	3 / 2,2	4 / 3	6,3	4...6,3	82	MPW25-3-D063	10409817	
3 / 2,2	6 / 4,5	7,5 / 5,5	10	6,3...10	130	MPW25-3-U010	10409818	
5 / 3,7	10 / 7,5	12,5 / 9,2	16	10...16	208	MPW25-3-U016	10409819	
7,5 / 5,5	12,5 / 9,2	15 / 11	20	16...20	260	MPW25-3-U020	10409820	
-	15 / 11	-	25	20...25	325	MPW25-3-U025	10045310	
12,5 / 9,2	20 / 15	20 / 15	32	25...32	416	MPW25-3-U032	10410323	

ANEXO 4

BAIXA TENSÃO

Uso Geral

CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE

TABELA 5 - (*) CAPACIDADES DE CONDUÇÃO DE CORRENTE, EM AMPÈRES, PARA OS MÉTODOS DE REFERÊNCIA E, F, G DA TABELA 1 CABOS ISOLADOS EM TERMOFIXO, CONDUTOR DE COBRE.

- Cabos Voltalene, Eprotenax, Eprotenax Gsette e Afumex 0,6/1kV;
- Temperatura no condutor: 90 °C;
- Temperatura ambiente: 30 °C.

seções nominais (mm ²)	métodos de instalação definidos na tabela 1							
	cabos multipolares		cabos unipolares ou condutores isolados					
	E	E	F	F	F	G	G	
	cabos bipolares	cabos tripolares e tetrapolares	2 condutores isolados ou 2 cabos unipolares	condutores isolados ou cabos unipolares em trifólio	3 cabos unipolares ou 3 condutores isolados contíguos	espaçados horizontalmente	espaçados verticalmente	De
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
0,5	13	12	13	10	10	15	12	
0,75	17	15	17	13	14	19	16	
1	21	18	21	16	17	23	19	
1,5	26	23	27	21	22	30	25	
2,5	36	32	37	29	30	41	35	
4	49	42	50	40	42	56	48	
6	63	54	65	53	55	73	63	
10	86	75	90	74	77	101	88	
16	115	100	121	101	105	137	120	
25	149	127	161	135	141	182	161	
35	185	158	200	169	176	226	201	
50	225	192	242	207	216	275	246	
70	289	246	310	268	279	353	318	
95	352	298	377	328	342	430	389	
120	410	346	437	383	400	500	454	
150	473	399	504	444	464	577	527	
185	542	456	575	510	533	661	605	
240	641	538	679	607	634	781	719	
300	741	621	783	703	736	902	833	
400	892	745	940	823	868	1085	1008	
500	1030	859	1083	946	998	1253	1169	
630	1196	995	1254	1088	1151	1454	1362	
800	1396	1159	1460	1252	1328	1696	1595	
1000	1613	1336	1683	1420	1511	1958	1849	

(*) De acordo com a tabela 39 da NBR 5410/2004.

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

PRYSMIAN
CABOS & SISTEMAS

Tel: 11 4998-4155; Fax: 11 4998-4166; e-mail: webcabos@prysmian.com; internet: www.prysmian.com.br

ANEXO 5





www.hummel.com.br

SÉRIE 15 - Caixas em alumínio

As caixas Hummel em alumínio seguem a composição Al Si 12, com pintura a pó, RAL 7001 cinza-prata. As laterais oferecem a possibilidade de uso de dobradiças, assim como o fundo oferece pontos de fixação para suportes de fixação em parede. O alumínio oferece alta resistência contra diversos agentes e combinados químicos, gasolina ou óleos, assim como possui uma altíssima resistência mecânica contra impactos. Vantagem adicional do alumínio é sua excelente capacidade de reciclagem. Sob encomenda fornecemos a caixa crua ou em qualquer coloração padrão RAL. Adicionalmente podem ser fornecidos tamanhos variados sob encomenda.



Normas e Aprovações

Caixa em alumínio: Relé    

Dados técnicos

Proteção EN 60 529 IP 66 / IP 57/68 a pedido
Resistência de Impacto EN 501.08K PC: IK 08 (-25°C, +35°C)
Temperatura de Trabalho PC: -30°C, +80°C

Material

Base da Caixa / Tampa Alumínio fundido ou coqueado
Parafusos da tampa Aço Inoxidável, Imperdível (VGA)
Vedação Neoprene

Cor Standard

Base da Caixa Cinza, RAL 7035
Tampa Cinza, RAL 7035 ou transparente

Consulte acessórios no catálogo: Placa de montagem, trilhes, fechos, dobradiças, etc.

Dimensões	Código	Dimensões	Código
50x45x30mm	3.150.0654.50	160x360x90mm	3.150.0658.94
64x58x36mm	3.150.0657.71	160x560x90mm	3.150.0658.00
64x98x36mm	3.150.0657.99	200x290x110mm	3.150.0658.17
64x150x36mm	3.150.0657.95	200x290x180mm	3.150.0658.24
80x75x57mm	3.150.0658.01	230x290x110mm	3.150.0658.31
80x125x57mm	3.150.0658.18	230x330x110mm	3.150.0658.48
80x175x57mm	3.150.0658.25	230x330x180mm	3.150.0658.55
80x250x57mm	3.150.0658.32	230x400x110mm	3.150.0658.62
120x122x90mm	3.150.0658.50	230x600x110mm	3.150.0658.79
122x220x90mm	3.150.0658.56	310x402x110mm	3.150.0658.86
122x360x90mm	3.150.0658.64	310x402x180mm	3.150.0658.93
160x180x90mm	3.150.0658.70	310x600x110mm	3.150.0680.06
160x260x90mm	3.150.0658.87	310x600x180mm	3.150.0680.13

SÉRIE 17 - Caixas em poliéster

As caixas são feitas de poliéster reforçado com fibra de vidro, apresentam paredes laterais lisas e parafusos de tampa Imperdíveis de aço Inox. Graças ao seu modelo compacto, excelente resistência à corrosão e a produtos químicos, podem ser utilizadas em refinarias de óleo, no setor químico e petroquímico.



Normas e Aprovações

Caixa em alumínio: Relé    

Dados técnicos

Proteção EN 60 529 IP 66 / IP 57/68 a pedido
Resistência de Impacto EN 501.08K PC: IK 08 (-25°C, +35°C)
Temperatura de Trabalho PC: -30°C, +80°C

Material

Base da Caixa / Tampa Poliéster reforçado com fibra de vidro
Parafusos da tampa Aço Inoxidável, Imperdível (VGA)
Vedação Neoprene

Cor Standard

Base da Caixa / Tampa Cinza, RAL 7000 / Opção Preto RAL 9005

Consulte acessórios no catálogo: Placa de montagem, trilhes, fechos, dobradiças, etc.

Dimensões	Código
75x80x55mm	3.170.0656.10
75x110x55mm	3.170.0656.27
75x160x55mm	3.170.0656.34
75x190x55mm	3.170.0656.41
120x122x90mm	3.170.0656.58
120x220x90mm	3.170.0656.72
160x160x90mm	3.170.0656.89
160x260x90mm	3.170.0657.02
160x360x90mm	3.170.0657.19
160x560x90mm	3.170.0657.26
250x255x120mm	3.170.0657.33
250x400x120mm	3.170.0657.57
400x405x120mm	3.170.0657.64

ANEXO 6

1 Escopo

Esta parte da ABNT ISO 9386 especifica os requisitos de segurança, dimensões e operação funcional para elevadores de escadaria motorizados para uso de pessoas com mobilidade reduzida, sentadas, em pé e usuários de cadeira de rodas, que se deslocam em um plano substancialmente inclinado.

Esta parte da ABNT NBR ISO 9386 é restrita aos elevadores de escadaria:

- a) que se deslocam entre dois níveis fixos de um lance de escadaria ou superfície acessível inclinada (ver nota);
- b) cuja velocidade nominal não exceda 0,15 m/s;
- c) cuja inclinação não exceda 75° do plano horizontal;
- d) cujo carro seja mantido e conduzido por um trilho ou trilhos (ver nota).

NOTA Não é necessário fechamento para a área de percurso do elevador de escadaria.

Esta parte do ABNT NBR ISO 9386 não especifica todos os requisitos técnicos gerais para todos os aspectos de construção mecânica, elétrica e predial.

Na medida do possível, esta parte da ANBT NBR ISO 9386 especifica apenas os requisitos que os materiais e equipamentos precisam atender para garantir a operação funcional e a segurança.

Também foram incluídos requisitos de proteção contra influências prejudiciais que os equipamentos instalados em ambientes externos podem sofrer.

4.3 Projeto geral

Os componentes devem ser de construção mecânica e elétrica segura, utilizando materiais livres dos defeitos óbvios e que sejam de resistência suficiente e qualidade adequada. Deve-se assegurar que as dimensões especificadas nesta parte da ABNT NBR ISO 9386 sejam mantidas, apesar do desgaste. Deve ser levada em conta, também, a necessidade de proteção contra os efeitos da corrosão. A transmissão de ruído e de vibração a todas as paredes ao redor e outras estruturas de apoio deve ser minimizada. Todos os materiais devem ser livres de amianto.

4.4 Diretrizes de projeto particulares à instalação

Assegurar que os requisitos de projetos particulares à instalação ou usuário sejam levados em conta.

4.5 Acesso para manutenção

Os elevadores de escadaria devem ser projetados, construídos e instalados de forma que os componentes que exijam inspeção periódica, ensaio, manutenção ou reparo sejam de fácil acesso.

4.6 Resistência ao fogo

Os materiais usados na construção do elevador de escadaria não podem favorecer à combustão, nem devem ser perigosos através de sua natureza tóxica e quantidade de gás e fumaça que podem ser gerados em uma situação de incêndio.

Os componentes plásticos e a isolamento da fiação elétrica devem ser retardantes de chama e autoextinguíveis.

4.8 Carga nominal

Os elevadores de escadaria devem ser projetados para uma pessoa, nesse caso a carga nominal não pode ser inferior a 115 kg, ou para uma pessoa de cadeira de rodas com carga nominal mínima de 150 kg.

4.11 Proteção do equipamento contra influências externas prejudiciais

4.11.1 Geral

Os componentes elétricos e mecânicos devem ser protegidos contra efeitos prejudiciais e perigosos de influências externas encontradas na área de instalação prevista, como, por exemplo:

- a) entrada de água ou corpos sólidos;
- b) efeitos da umidade, temperatura, corrosão, poluição atmosférica, radiação solar etc.;
- c) ação da flora, fauna etc.

4.12 Supressão de interferência de rádio e televisão

Os projetos do motor elétrico e dos dispositivos de contato e de controle devem estar de acordo com as determinações legais para a supressão de interferências eletromagnéticas. Entretanto, os componentes necessários para proporcionar o grau adequado de supressão não podem ser usados em qualquer parte de um circuito onde uma falha possa causar uma condição insegura.

4.13 Proteção

Os componentes (por exemplo, engrenagem e unidade de acionamento) devem ser protegidos até onde possível para impedir riscos de danos físicos às pessoas. Onde necessário, as proteções devem ser feitas de material não perfurado. Os painéis de acesso devem ser fixados por meios que exijam o uso de ferramenta ou chave para sua retirada.

7 Unidades motrizes e sistemas de acionamento

7.1 Requisitos gerais

NOTA A ISO 9085-1 apresenta as diretrizes para o cálculo de carga das engrenagens de dentes retos e helicoidais.

7.1.1 O método de acionamento deve estar de acordo com um dos sistemas especificados em 7.4 a 7.13.

Outros métodos de acionamento podem ser empregados desde que proporcionem grau equivalente de segurança.

7.1.2 Todos os tipos de acionamento, exceto o hidráulico, devem ser energizados nos dois sentidos do percurso.

7.1.3 Os coeficientes de segurança empregados no projeto das unidades de acionamento com engrenagem devem ser mantidos, mesmo após terem sido totalmente considerados efeitos de desgaste e fadiga que tendem a crescer durante o ciclo de vida estimado desse sistema de acionamento.

A menos que seja parte integrante do seu eixo ou unidade acionadora, toda polia, tambor para cabo, engrenagem de dentes retos, parafuso sem-fim e roda helicoidal ou tambor de freio devem ser fixados a seu eixo ou outra unidade acionadora por um dos seguintes métodos:

- a) chave embutida;
- b) chaveta paralela (splines);
- c) pinagem cruzada;
- d) outros métodos podem ser empregados, contando que ofereçam um grau de segurança equivalente aos oferecidos por a), b) e c) acima.

As engrenagens devem estar protegidas o máximo. Toda a proteção deve ser de material não perfurado.

7.1.4 Se forem empregados acionamentos intermediários de corrente ou correia dentro do sistema de acionamento, as seguintes condições devem ser atendidas:

- a) a engrenagem de acionamento de saída deve estar no lado da carga da corrente ou correia de acionamento intermediário; e
- b) a engrenagem de acionamento de saída deve ser autotravante; ou
- c) o freio deve estar no lado da carga da corrente ou correia de acionamento intermediário e devem ser usadas no mínimo duas correias.

8 Equipamentos e instalação elétrica

8.1 Geral

8.1.1 Os elevadores de escadaria devem ser ligados a uma fonte de energia exclusiva em conformidade com a parte pertinente da IEC 60364, terminando no interruptor principal e fusível ou dispositivo de sobrecarga. Os requisitos para alimentação exclusiva não se aplicam a elevadores de escadaria operados por bateria.

NOTA 1 Requisitos nacionais para circuitos de distribuição elétrica deixam de ser aplicáveis aos terminais de entrada da chave principal referida acima.

NOTA 2 É permitida uma interpretação nacional de "fonte de energia exclusiva".

8.1.2 Os equipamentos e a instalação elétrica devem cumprir os requisitos tanto da IEC-60204-1 como da IEC 60335-1, como apropriado.

A tensão de corrente contínua nominal principal ou a tensão de corrente alternada entre condutores e entre condutores e terra não pode exceder 250 V para controle e circuitos de segurança. Circuitos de controle de alimentação pela entrada, outros que não de alimentação fase-a-terra neutra, devem ser derivados do enrolamento secundário de um transformador isolante de acordo com a IEC 60742. Uma fase do circuito de controle deve ser aterrada (ou "massa" em circuitos isolados) e a outra fase deve ter um fusível.

8.1.3 A tensão de operação da unidade acionadora deve ser no máximo igual a 500 V.

8.1.4 O condutor neutro e qualquer condutor protetor do circuito devem ser separados.

8.2 Contactores de acionamento

8.2.1 Contactores principais (como requerido em 8.3) devem ter uma especificação mínima de:

a) categoria de utilização AC-3 para contactores para motores c.a conforme especificado na IEC 60947-4-1:1999.

8.2.3 Cada contactor especificado em 8.2.1 e 8.2.2 deve operar de forma que:

a) se um dos contatos normalmente fechados estiver fechado, todos os contatos normalmente abertos devem estar abertos; e,

b) se um dos contatos normalmente abertos estiver fechado, todos os contatos normalmente fechados devem estar abertos.

Essas condições devem ser mantidas mesmo se um dos contatos se soldar.

8.3 Circuitos de motor e freio para parada da máquina e verificação de sua condição de parada

8.3.1 Motores alimentados diretamente da fonte c.a.

A alimentação para o motor e freio deve ser interrompida por dois contactores independentes, os contatos dos quais devem estar em série nos circuitos de alimentação do motor e do freio. Se, enquanto o elevador de escadaria estiver parado, um dos contactores não abrir os contatos principais, o movimento posterior do elevador de escadaria deve ser impedido, o mais tardar, na próxima mudança de direção de movimento.

8.3.2 Motores c.a. e c.c. controlados e alimentados por elementos no estado sólido

Um dos seguintes métodos deve ser usado:

a) como em 8.3.1;

8.3.3 Alimentação elétrica para o motor de acionamento e freio

A alimentação deve ser interrompida após o término do sinal de controle de sentido ou após a falha da alimentação elétrica ou na operação de qualquer contato de segurança.

8.4 Distâncias de isolamento e folga e requisitos para invólucros

8.4.1 Requisitos para invólucros

As partes vivas de controles e contatos de segurança devem estar localizadas dentro de um invólucro com grau de proteção mínimo de IP 2X.

8.6 Dispositivos elétricos de segurança

8.6.1 Os dispositivos de segurança (por exemplo, os listados na Tabela 1) devem atuar diretamente no equipamento que controla a alimentação do motor de acionamento e o freio.

NOTA A falha na resposta de um interruptor ou dispositivo de segurança é uma condição insegura.

O movimento da máquina deve ser impedido ou deve causar sua parada imediata como indicado em 8.3. Os dispositivos elétricos de segurança devem consistir em

a) um ou mais contatos de segurança de acordo com 8.6.4, que interrompam diretamente a alimentação dos contactores referidos em 8.2 ou seus contactores de relé;

8.6.3 Um interruptor de segurança não pode ser instalado em um condutor de retorno ou em um condutor de proteção de circuito.

8.6.5 A Abrasão do material condutor não pode provocar curto-circuito dos contatos.

Tabela 1 – Exemplos de interruptores ou dispositivos elétricos de segurança

Interruptor ou dispositivo	Subseção pertinente
Interruptor de segurança para detectar afrouxamento em cabo ou corrente de suspensão	7.1.5
Dispositivo de segurança de parada do carro	8.14.1
Interruptores operados por bordas ou superfícies sensíveis	9.2.3 9.3.4 9.4.7
Limitador de percurso final	8.15
Interruptor do freio de segurança	6
Interruptor de posição do braço da barreira	9.4.6
Interruptor de falha de acionamento da rosca/fuso	6.8
Interruptor de segurança da rampa	9.4.6.1
Interruptor de rotação ou movimentação do assento	9.2.2

8.6.6 Se os contatos de segurança estiverem acessíveis a pessoas não habilitadas, eles devem ser construídos de tal forma que não possam tornar-se inoperantes por meios simples.

NOTA Um ímã ou uma ponte elétrica não são considerados meios simples.

8.7 Retardo de tempo

Provisões devem ser feitas para um retardo de 1 s no mínimo entre a parada do elevador de escadaria e sua partida em qualquer sentido.

8.9 Fiação elétrica

8.9.1 Condutores, isolamento e ligação a terra

8.9.1.1 Área nominal da seção transversal

A área nominal da seção transversal de todos os condutores deve ser adequada à faixa de corrente. Condutores para o circuito de segurança e potência devem ter no mínimo 0,5 mm².

8.9.1.2 Isolação

Se um duto ou cabo contiverem condutores cujos circuitos têm diferentes tensões, todos esses condutores ou cabos devem ter isolamento compatível com a tensão mais alta.

8.9.1.3 Cabos móveis de controle e potência

8.9.1.3.1 Cabos móveis de controle e potência devem ser seguramente afixados em cada extremidade de forma a garantir que nenhuma carga mecânica seja transmitida para as terminações dos cabos. Provisões devem ser feitas para proteger o cabo contra abrasão.

8.9.1.3.2 É recomendado que cabos planos sejam construídos conforme a EN 50214 e que cabos redondos sejam construídos conforme a CENELEC HD 360 S2.

8.9.1.3.3 Nenhum condutor deve ser menor que 0,5 mm². Além disso, os condutores do circuito de segurança e potência não podem ser menores do que 0,75 mm². Nenhum condutor de aterramento pode ser menor do que o maior condutor de alimentação com maior área de seção transversal.

8.9.3 Identificação elétrica

Terminais, conectores e componentes elétricos devem, quando apropriado, ser marcados com meios adequados de identificação.

8.11 Dispositivo de corrente residual

Todos os circuitos elétricos, que não sejam da alimentação de unidades de carga de elevadores de escadaria operados por bateria, portanto uma tensão maior do que 50 V acima do terra devem ser protegidos pelo uso de um dispositivo de corrente residual (DCR). A máxima corrente nominal de desarme é 30mA. O tempo máximo de acionamento na corrente nominal de desarme deve ser de 200ms. O tempo máximo de acionamento a cinco vezes a corrente nominal de desarme deve ser 40ms.

Quando possível, o ensaio desse dispositivo não pode causar acionamentos indesejados de outros dispositivos similares ligados ao circuito de alimentação principal.

A validade deste requisito está sujeita aos requisitos locais referentes ao fornecimento de energia elétrica.

8.14 Dispositivos operacionais

8.14.1 Os dispositivos operacionais devem ser colocados em cada pavimento e no carro. Eles devem ser utilizados para controlar o sentido de movimento do elevador de escadaria e sua função deve ser "pressionar para funcionar". Em edifícios com acesso privativo, os controles de pavimento podem ser omitidos, se não forem solicitados pelo usuário.

A posição dos dispositivos de controle deve ser adequada às necessidades específicas do usuário, esteja ele em pé, sentado ou em cadeira de rodas.

8.15 Limitadores de percurso normal e limitadores de percurso final

8.15.1 Limitadores de percurso normal e limitadores de percurso final devem ser instalados.

A abertura do limitados de percurso final deve impedir o movimento posterior do elevador de escadaria em ambos os sentidos de viagem, até que o elevador de escadaria tenha sido corretamente reposicionado manualmente.

9 Carro

9.1 Requisitos gerais

9.1.1 Tipos de carro

Existem vários modelos de carro para atender às necessidades individuais de um usuário específico. As classificações mais amplas são:

- a) com cadeira (9.2);
- b) com plataforma pra usuário em pé (9.3);
- c) com plataforma para cadeira de rodas (9.4).

9.1.2 Adaptações especiais

Se forem necessárias adaptações especiais para atender à condição de um usuário específico, deve-se levar em conta a necessidade de dispositivos de segurança adicionais.

9.1.4 Construção

O carro deve consistir em uma armação móvel, que é contida, sustentada e guiada por um ou mais trilhos, sobre a qual uma cadeira, plataforma ou uma adaptação específica tenha sustentação e esteja firmemente presa, para transportar o usuário.

9.1.6 Placa de identificação

Também em posição de destaque, uma placa de identificação deve ser firmemente fixada contendo, pelo menos o endereço do fornecedor e o número de referência do elevador de escadaria.

9.2 Carro com cadeira

9.2.1 Cadeira

A cadeira no carro deve ser composta de assento, encosto, apoio(s) de braço(s) [ou alça(s) para as mãos] e um descanso de pés, combinados de maneira a proporcionar apoio seguro ao usuário. A parte superior do encosto não pode ser inferior a 300 mm acima da superfície do assento. Os descansos de pés devem ser dobráveis.

A superfície do descanso de pés deve ser recoberta com material antiderrapante.

NOTA 1 O assento e o(s) descanso(s) de braço(s) [ou alça(s) para as mãos], conforme o caso, podem ser feitos de modo que possam ser dobrados quando não estiverem em uso.

NOTA 2 A cadeira pode ser capaz de ter um movimento adequado, por exemplo rotação.

Quando a cadeira estiver parada em sua posição normal em um pavimento, a altura do descanso de pés não pode exceder 200 mm em relação ao piso. Se for preferível montar a cadeira a partir de um degrau ou pavimento acima do nível do piso, esta medida de 200 mm deve ser iniciada a partir desse ponto.

Devem ser providos meios de instalação de um cinto de segurança ou outra forma de retenção.

9.2.3 Bordas e superfícies sensíveis

9.2.3.1 As bordas e superfícies sensíveis devem ser instaladas conforme abaixo:

- a) na borda superior do descanso do pé;
- b) na superfície inferior do descanso de pé, se a distância entre o piso e a parte inferior do descanso de pé for inferior a 120 mm;
- c) no lado inferior do descanso de pé, quando dobrado, se a distância entre o piso e a parte inferior do descanso de pé dobrado for inferior a 120 mm;
- d) nas superfícies inferior e superior da armação do carro adjacente à guia;
- e) sob o carro, se a distância do piso for inferior a 120 mm.

NOTA Outras orientações em relação a bordas e superfícies são encontradas na ISO 13854.

9.2.3.2 Deve-se levar em conta a necessidade de proteção adicional, por exemplo, entre os apoios fixos como os encontrados nas terminações das guias.

Sempre que possível, qualquer outra parte do carro que possa entrar em contato inevitável com o usuário ou outras pessoas deve ser devidamente suavizada, almofadada ou protegida.