

CURSO DE QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL



**ELETRICISTA INSTALADOR
PREDIAL, RESIDENCIAL E
INDUSTRIAL**

SUMÁRIO

1 ELETRICIDADE BÁSICA	6
1.1GERAÇÃO, TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	6
1.2CORRENTE CONTÍNUA E CORRENTE ALTERNADA	8
1.3MULTIPLOS E SUBMULTIPLOS DA UNIDADE	9
1.4. ASSOCIAÇÃO DE CARGAS SÉRIE E PARELELO	9
1.4.1 Associação Série de Cargas	9
1.4.2 Associação Paralela de Cargas	10
1.5. 1^a LEI DE OHM.....	10
1.5.1. Exercícios 1^a Lei de Ohm	11
1.6. 2^a LEI DE OHM.....	12
1.6.1. Exercícios 2^a Lei de Ohm	13
1.7POTÊNCIA ELÉTRICA.....	13
1.7.1.Potência Ativa	13
1.7.2.Potência Reativa.....	14
1.7.3.Potência Aparente.....	14
1.8MEDIDAS ELÉTRICAS	14
1.8.1. Medição de Corrente Elétrica	14
1.8.2. Medição de Tensão Elétrica	15
1.8.3. Medição de Resistência Elétrica.....	15
1.8.4. Medição de Potência Elétrica.....	15
2 SEGURANÇA NO TRABALHO E GESTÃO AMBIENTAL.....	16
2.1EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO	16
2.1.1Equipamentos de Proteção Coletiva - EPC.....	16
2.1.2Equipamentos de Proteção Individual - EPI	16
2.1.3 Equipamentos de proteção individual do eletricista	17
2.2 Recomendações gerais	17
2.3 Fontes de choque elétrico.....	17
2.4 Efeitos indiretos e diretos	18
2.5 Resistência elétrica do corpo humano.....	18
2.6 Tensões de toque e passo	18
2.7 Segurança do trabalho	18
2.7.1 Regras básicas de Segurança no trabalho	18

2.7.2 Regras para o trabalho com energia elétrica	19
3 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS RESIDÊNCIAIS E PREDIAIS	20
3.1 Condutores elétricos	20
3.1.1.Emendas em condutores elétricos.....	23
3.2 Símbologia de Instalação Elétrica Predial	25
3.3Tipos de Lâmpadas Elétricas e Características	28
3.3.1 Lâmpada Incandescente.....	29
3.3.2 Lâmpada Halógena	30
3.3.3 Lâmpada de Descarga Fluorescente Tubular	31
3.3.4 Lâmpada de Descarga Fluorescente Circular	31
3.3.5 Lâmpada de Descarga Fluorescente Compacta	32
3.3.6 Lâmpada de Descarga Fluorescente Compacta com Reator Integrado	32
3.3.7 Lâmpada de Luz Mista.....	32
3.3.8 Lâmpada de Descarga Vapor de Mercúrio.....	33
3.3.9 Lâmpada de Descarga Vapor de Sódio.....	33
3.3.10 Lâmpada de Descarga Vapor Metálico.....	34
3.4 Reatores para Lâmpadas de Descarga.....	35
3.5 Diagrama Elétricos	36
3.5.1 Diagrama Funcional.....	36
3.5.2 Diagrama Multifilar	36
3.5.3 Diagrama Unifilar.....	36
3.6 Instalação de Lâmpadas	37
3.6.1 Instalação de Lâmpada Comandada de 1 ponto (Interruptor Simples)	37
3.6.2 Instalação de Lâmpada Comandada de 1 Ponto e 1 Tomada Baixa.....	37
3.6.3 Instalação de 2 Lâmpadas, Comandada por Interruptor 2 Seções	38
3.6.4 Instalação de 2 Lâmpadas, Comandada por Interruptor Simples	39
3.6.5 Instalação de 1 Lâmpada, Comandada de 2 Pontos (Interruptor Paralelo).....	39
3.6.6 Instalação de Lâmpada, Comandada 3 Pontos (Interruptor Intermediário).....	40
3.6.7 Instalação de Lâmpada, Comandada de Vários Pontos (Relé de Impulso)	40
3.6.8 Instalação de Lâmpada Incandescente Comandada por Dimmer.....	41
3.6.9 Instalação de Lâmpada Comandada por Fotocélula	41
3.6.10 Instalação de Lâmpada Comandada por Sensor de Presença.....	42
3.6.11 Instalação de Lâmpada Comandada por Minuteria Coletiva	42
3.7 Instalação de Campainha.....	43

3.8 Instalação de Programador Horário Digital	43
3.9 Instalação de Ventilador de Teto	44
3.10 Dispositivos de Proteção	45
3.10.1 Disjuntores	45
3.10.2 Interruptores ou Disjuntores DR	47
3.10.3 Dispositivo de Proteção Contra Surto (DPS)	48
3.11 Quadro de Distribuição	49
3.12 Divisão de Circuitos	50
3.12.1 Circuitos de Iluminação	51
3.12.2 Circuitos de Força	51
3.13 Dimensionamento de Condutores elétricos	53
3.13.1 Método pela capacidade de Condução de Corrente	53
3.13.2 Método pelo critério da queda de tensão	59
4 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS INDUSTRIAIS.....	62
4.1 Motores Elétricos	62
4.1.1 Motor Universal	62
4.1.2 Motor de Corrente Contínua.....	62
4.1.3 Motor de Corrente Alternada	62
4.2 Motores Elétricos Monofásicos (Fase Auxiliar)	62
4.2.1 Identificação das bobinas de um motor monofásico com seis terminais	63
4.2.2 Motor Monofásico com Dois Terminais	64
4.2.3 Motor Monofásico com Quatro Terminais	64
4.2.4 Motor Monofásico com Seis Terminais.....	65
4.3 Motores Elétricos Trifásicos	65
4.3.1 Motores Elétricos de Indução Trifásicos Assíncronos	66
4.3.2 Ligação de Motores Elétricos Trifásicos	67
4.3.3 Motor Dahlander	68
4.3.4 Placas de Identificação de Motores Elétricos Trifásicos	69
4.4 Dispositivos de Comando	70
4.4.1 Botoeira ou Botão de Comando.....	70
4.4.2 Comutador com Travas.....	70
4.4.3 Botoeira de Emergência	71
4.4.4 Contactor de Força	71
4.4.5 Contator Auxiliar ou de Comando.....	74

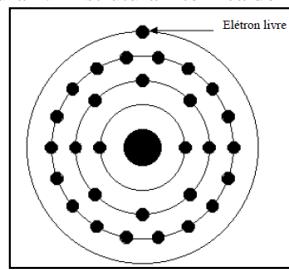
4.5. Dispositivos de Sinalização.....	75
4.6 Dispositivos de Proteção	75
4.6.1 Fusíveis	75
4.6.2 Relé Térmico ou Bimetálico.....	81
4.6.3 Disjuntor Motor.....	82
4.6.4 Relé Falta de Fase.....	82
4.6.5 Relé Sequencia de Fase	82
4.6.6 Relé Subtensão e Sobretensão.....	83
4.6.7 Relé de Proteção Térmica	83
4.7 Relé Temporizador.....	84
4.7.1 Relé Temporizador com Retardo na Energização	84
4.7.2 Relé Temporizador com Pulso na Energização	85
4.7.3 Relé Temporizador com Retardo na Desenergização com Comando.....	85
4.7.4 Relé Temporizador com Retardo na Desenergização sem Comando	86
4.7.5 Relé Temporizador Cíclico 2 Estágios (Início Ligado)	86
4.7.6 Relé Temporizador Cíclico 2 Estágios (Início Desligado)	86
4.7.7 Relé Temporizador Cíclico 1 Ajuste (Início Ligado)	87
4.7.8 Relé Temporizador Estrela Triângulo (Y-Δ)	87
4.8 Chaves de Partida de Motores Elétricos Trifásicos	88
4.8.1 Chave de Partida Direta	88
4.8.2 Chave de Partida Direta com Reversão.....	89
4.8.3 Chave de Partida Estrela Triângulo (YΔ).....	89
4.8.4 Chave de Partida Estrela Triângulo (YΔ) Com reversão	91
4.8.5 Chave de Partida Compensadora	92
4.8.6 Chave de Partida Compensadora Com Reversão.....	93
4.8.7 Chave de Partida Para Motor Dahlander	94
4.8.8 Chave de Partida Para Motor Dahlander com Reversão.....	94
REFERÊNCIAS	96

1 ELETRICIDADE BÁSICA

Eletricidade é o fenômeno físico associado a cargas elétricas estáticas ou em movimento. Para conhecermos este fenômeno, precisamos conhecer a estrutura de um átomo.

A parte central do átomo é formada pelo núcleo, que concentra a maior parte da massa do átomo e contém os prótons (cargas carregadas positivamente) e os nêutrons (eletricamente neutros). Ao redor do núcleo, circulam os elétrons (cargas carregadas negativamente), em trajetórias denominadas órbitas, semelhante aos planetas girando em torno do sol. A carga positiva dos prótons é contrabalanceada pela carga negativa dos elétrons, portanto o átomo é eletricamente neutro. Em cada átomo, existe um número determinado de órbitas e um número máximo de elétrons por órbita. Os elétrons situados na órbita mais afastada do núcleo podem, em alguns casos, ser retirados com facilidade do átomo e, por este motivo, chamam-se de elétrons livres. O átomo que perde um elétron, fica carregado positivamente, podendo então receber um novo elétron de outro átomo. Este fenômeno pode ocorrer nos condutores elétricos, que possuem elétrons livres na última órbita, que é chamada de órbita de valência. Ex.: Cobre, alumínio e prata (NAGEL,2008).

Figura 1.1-Estrutura Atômica do Cobre



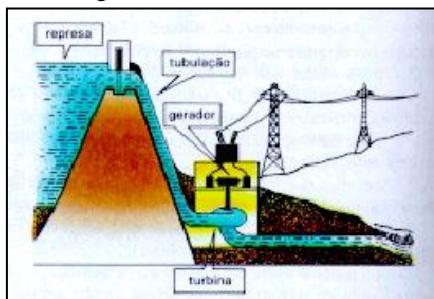
Fonte: O Autor (2012)

1.1 GERAÇÃO, TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Existem várias maneiras de gerar energia elétrica, dentre as formas convencionais podemos citar as fontes energéticas Hidroelétricas, Termoelétricas a Carvão, Termoelétricas a Gás, Termonucleares, Eletroquímica (portáteis). Todas se valem do movimento (energia cinética) de alguma fonte primária para acionar um gerador (alternador ou gerador síncrono) e então gerar energia elétrica.

O movimento da água de um rio aciona diretamente uma turbina que por sua vez aciona o gerador de eletricidade.

Figura 1.2-Usina Hidroelétrica



Fonte: O Autor (2012)

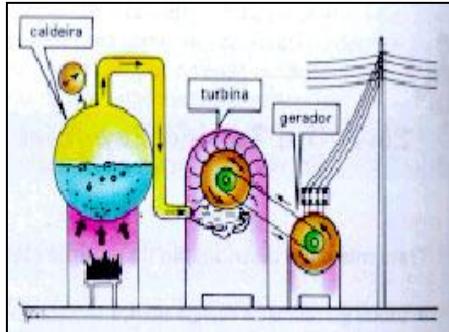
Figura 1.3-Usina de Itaipú-PR



Fonte: O Autor (2012)

O carvão mineral, óleo combustível ou gás aquecem água e o vapor sob pressão gerado movimenta uma turbina que acoplada a um gerador transforma a energia cinética em energia elétrica.

Figura 1.4-Usina Termoelétrica



Fonte: O Autor (2012)

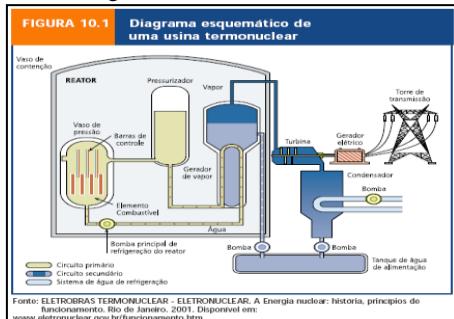
Figura 1.5-Usina Jorge Lacerda-SC



Fonte: O Autor (2012)

As usinas nucleares também são termoelétricas, onde a fissão controlada do urâno é a fonte primária de calor.

Figura 1.6-Usina Termonuclear



Fonte: O Autor (2012)

Figura 1.7-Usina Angra 2-RJ

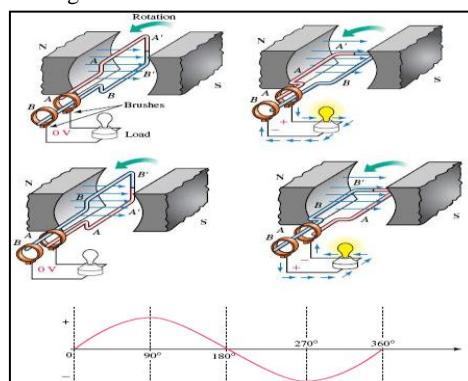


Fonte: O Autor (2012)

Entre as formas alternativas de geração de energia elétrica, podemos citar: Eólica, Biomassa, solar Fotovoltaica, Geotérmica, Das Marés, Das Ondas,...

O princípio do gerador baseia-se no princípio da indução magnética, no qual uma espira movimentando-se em um campo magnético gera uma tensão induzida através dos seus terminais:

Figura 1.8-Funcionamento Gerador



Fonte: MILLER,ROBBINS (2004)

A quantidade de energia gerada depende do tamanho do gerador, este varia com o tamanho dos eletroímãs, diâmetro dos condutores dos enrolamentos do rotor, etc. Nas pequenas propriedades que possuem vazão suficiente para a instalação de PCH's (pequenas centrais Hidrelétricas) encontramos geradores de pequena potência, com tensões de 127 V ou 220 V.

Nas grandes usinas geradoras, a tensão gerada é trifásica podendo chegar até 13,8 kV (13800V) com alta capacidade de corrente (quiloampéres - kA) e altas potências (megawatts - MW).

*Veremos mais adiante todos estes conceitos de grandezas elétricas, tensão, corrente, resistência e potência.

A energia elétrica precisa ser distribuída aos centros consumidores que estão na maioria das vezes milhares de quilômetros distantes, ficaria inviável economicamente transportá-la com as correntes originalmente geradas.

O problema estaria na secção dos condutores envolvidos no transporte da energia, no custo dos mesmos, no peso das torres de transmissão, nos equipamentos das subestações, etc, estes custos seriam proibitivos. Para resolver este problema, próximo das unidades geradoras é construída a subestação elevadora que converte a tensão de 13,8kV para uma tensão muito maior (69kV, 138kV, 250kV, 500kV, 750kV, etc.), desta forma reduzindo a corrente nas linhas de transmissão e possibilitando o uso de fios com secção menor.

Ao chegar aos grandes centros, a tensão é novamente reduzida nas subestações abaixadoras e trafega em 23,1 kV, 13,8 kV ou 69kV, desta forma possibilitando um aumento na capacidade de corrente que pode trafegar nas linhas.

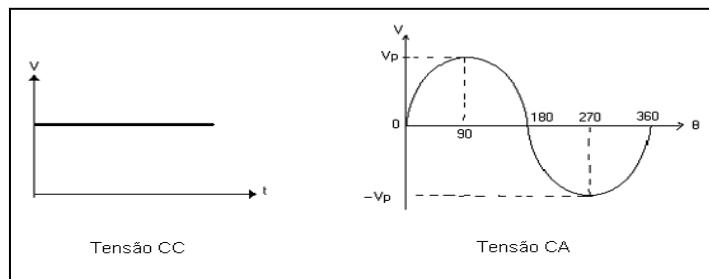
Por fim, das subestações abaixadoras a energia segue até nossas residências, passando pelos transformadores instalados nos postes de distribuição, onde a tensão é reduzida para a tensão de utilização dos diversos eletrodomésticos instalados (NAGEL,2008).

1.2 CORRENTE CONTÍNUA E CORRENTE ALTERNADA

A energia elétrica gerada nos geradores, são produzidas em corrente alternada (CA), onde a amplitude da onda, alterna no decorrer do tempo, conforme Figura 1.9, estabelecendo uma forma de onda senoidal, que no nosso caso é estabelecida uma frequência de 60 Hz (ciclos por segundo). A energia que recebemos em nossa residência, comércio ou industriais, tem este formato em corrente alternada.

A energia elétrica gerada por uma bateria é denominada em corrente contínua (CC), ou seja, não se alterna no decorrer do tempo. Todo equipamento eletrônico, converte a corrente alternada da rede para corrente contínua, através de suas fontes de alimentação, para poder ser utilizada em seus circuitos eletrônicos.

Figura 1.9-Formas de Onda CC e CA



Fonte: (NAGEL,2008)

1.3MULTIPOS E SUBMULTIPOS DA UNIDADE

Na matemática, um múltiplo é o produto de qualquer quantidade e um inteiro. Em eletricidade vem facilitar a quantificação de unidades expressas em valores pequenos ou elevados, simplificando a escrita e pronúncia destes valores.

A tabela 1.1 expressa os principais múltiplos e submúltiplos da unidade.

Tabela 1.1- Multípios e Submultiplos

Prefixo SI	Símbolo	Fator multiplicador
Giga	G	$10^9 = 1000\ 000\ 000$
Mega	M	$10^6 = 1000\ 000$
Quilo	k	$10^3 = 1000$
Mili	m	$10^{-3} = 0,001$
Micro	μ	$10^{-6} = 0,000\ 001$
Nano	n	$10^{-9} = 0,000\ 000\ 001$
Pico	p	$10^{-12} = 0,000\ 000\ 000\ 001$

Fonte: O Autor (2012)

Segue abaixo exemplos de conversão de múltiplos e submúltiplos:

- | | |
|---|-----------------------------|
| a) $3\ kW = 3.000\ (W)$ | b) $10.000\ VA = 10\ (kVA)$ |
| c) $88\ M\Omega = 88.000.000\ (\Omega)$ | d) $5.000\ mA = 5\ (A)$ |
| e) $1.000\ MW = 1\ (GW)$ | f) $2.000\ \mu A = 2\ (mA)$ |
| g) $1.000.000\ \Omega = 1\ (M\Omega)$ | h) $500\ W = 0,5\ (kW)$ |

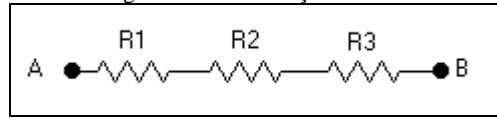
1.4. ASSOCIAÇÃO DE CARGAS SÉRIE E PARELELO

As cargas em um circuito podem estar associadas de diversas maneiras, basicamente elas serão combinações de duas associações: a associação série e a associação paralela, podendo ser combinadas considerando assim mistas.

1.4.1 Associação Série de Cargas

É aquela onde o terminal final de um resistor está conectado ao terminal inicial do outro resistor, e assim por diante, conforme a figura 1.10.

Figura 1.10-Associação Série



Fonte: (NAGEL,2008)

Neste tipo de associação, a resistência equivalente do circuito (entre os pontos A e B) será a soma das resistências R1, R2 e R3. Em um circuito série, a resistência equivalente será:

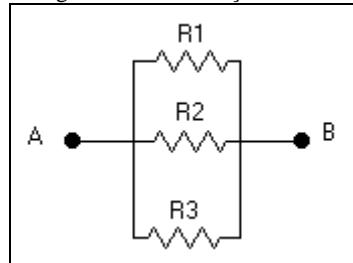
$$R_{AB} = R1 + R2 + R3 + Rn$$

Equação 1.1 – Associação Série

1.4.2 Associação Paralela de Cargas

É aquela onde os terminais iniciais de cada resistor estão ligados juntos, bem como os terminais finais dos mesmos, conforme Fig. 9.11.

Figura 1.11-Associação Paralela



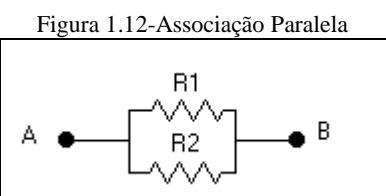
Fonte: (NAGEL,2008)

Neste tipo de associação, a resistência equivalente do circuito (entre os pontos A e B) será o paralelo das resistências R1, R2 e R3. Num circuito paralelo, a resistência equivalente é dada por:

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} + \frac{1}{Rn}$$

Equação 1.2 – Associação Paralela

Podemos também calcular a resistência em um circuito paralelo aos pares, através da equação:



$$R_{AB} = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2}$$

Equação 1.3 – Associação Paralela dois

Fonte: (NAGEL,2008)

1.5. 1^a LEI DE OHM

A 1^a Lei de Ohm estabelece a relação entre tensão, corrente e resistência. Antes de prosseguir vamos definir estas grandezas elétricas. Além da resistência existe outra relação entre tensão e corrente é a potência elétrica.

Tensão elétrica é a força que impulsiona os elétrons. A unidade de medida é o Volt, seu símbolo é (V).

Corrente elétrica é o movimento de cargas elétricas (elétrons) em um circuito. A unidade de medida é o Amper, seu símbolo é (A).

Resistência elétrica é a oposição à passagem da corrente elétrica. A unidade de medida é o Ohm, seu símbolo é (Ω).

Potência elétrica é o trabalho realizado em determinado espaço de tempo, quanto maior a potência de um equipamento elétrico maior será sua capacidade em realizar trabalho. A unidade de medida é o Watt, seu símbolo é (W) (NAGEL,2008).

$$V = R \cdot I$$

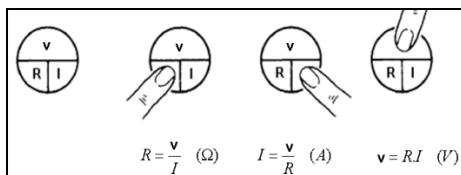
Equação 1.4 – 1^a Lei de Ohm

$$P = V \cdot I$$

Equação 1.5 – Potência

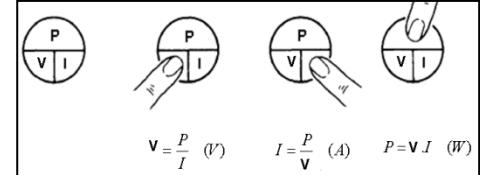
Nas Figs. 1.13 e 1.14, temos a, simplificação para o entendimento das derivações das fórmulas:

Figura 1.13 – Derivações de $V=R.I$



Fonte: (ELLIOTT,2007)

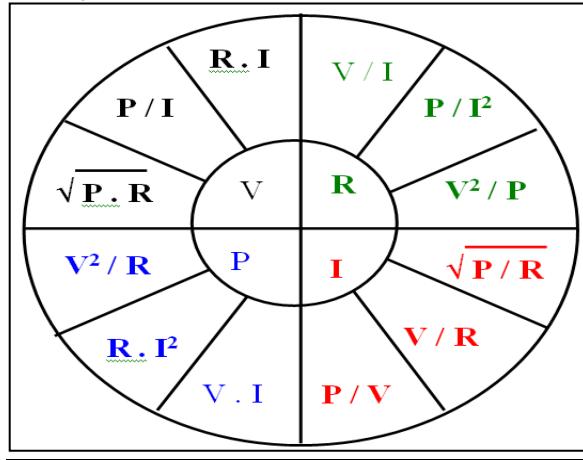
Figura 1.14 - Derivações de $P=V.I$



Fonte: (ELLIOTT,2007)

A Fig. 1.15 trás o formulário geral de eletricidade básica:

Figura 1.15 – Formulário Geral eletricidade



Fonte: O Autor (2012)

1.5.1. Exercícios 1^a Lei de Ohm

- a) Um forno elétrico possui uma potência de 1800 W quando ligado em 220 V. Calcule a resistência e a corrente consumida deste forno.

- b) Calcule a corrente elétrica consumida por um chuveiro elétrico de 7500 W ligado em 220 V.
- c) Calcule a potência consumida por um ferro elétrico que, quando ligado em 220 V, consome uma corrente de 6 A.
- d) Um aquecedor elétrico possui uma resistência interna de $20,5\ \Omega$, quando dissipava uma potência de 2500 W. Calcule a corrente consumida por este aquecedor.
- e) Desprezando a variação da resistência com a temperatura, considere a seguinte situação:
Um chuveiro elétrico é ligado em 220 V e possui duas posições: verão e inverno. Na posição verão, a água aquece menos, e o chuveiro consome uma corrente de 18,18 A. Na posição inverno, a água aquece mais, e o chuveiro consome uma corrente de 27,27 A. Calcule a potência e a resistência do chuveiro nas duas situações.

1.6. 2^A LEI DE OHM

A resistência elétrica depende do material que constitui o condutor, do comprimento desse condutor e da área da seção do condutor, e pode ser determinada pela equação:

$$R = \rho L/S$$

Equação 1.6 – Resistência do Condutor

Onde: R – Resistência elétrica do condutor em Ohm (Ω)

ρ – Resistividade do material do condutor (Ωm)

L – Comprimento do fio (m)

S – Área da seção transversal do condutor (m^2)

Observando com atenção a equação podemos perceber que quanto maior for o comprimento do condutor, maior será a sua resistência, ao passo que quanto maior a área da seção transversal, menor será a sua resistência.

Pelo fato de cada material que existe na natureza ter um átomo diferente dos demais materiais, é fácil compreender que cada um se comporta de maneira única em relação à passagem da corrente elétrica devido à sua estrutura atômica. Isso implica em diferentes valores de resistência específica para diferentes materiais, confira na tabela a seguir.

Tabela 1.2- Resistividade e Coeficiente de Temperatura

Material		$\rho (\Omega m)$	$\rho (\Omega mm^2/m)$	$\alpha (^{\circ}C^{-1})$
	Para T = 20°C	Para T = 20°C		
Metais	Alumínio	$2,8 \times 10^{-8}$	0,028	$3,2 \times 10^{-3}$
	Chumbo	21×10^{-8}	0,21	$4,2 \times 10^{-3}$
	Cobre	$1,72 \times 10^{-8}$	0,0172	$3,9 \times 10^{-3}$
	Ferro	$9 \text{ a } 15 \times 10^{-8}$	0,09 a 0,15	$5,0 \times 10^{-3}$
	Mercúrio	$95,8 \times 10^{-8}$	0,958	$0,92 \times 10^{-3}$
	Platina	$10,8 \times 10^{-8}$	0,108	$3,8 \times 10^{-4}$
	Prata	$1,6 \times 10^{-8}$	0,016	$4,0 \times 10^{-3}$
	Tungstênio	$5,2 \times 10^{-8}$	0,052	$4,5 \times 10^{-3}$
Ligas Metálicas	Constantan	50×10^{-8}	0,50	$(0,4 \text{ a } 0,1) \times 10^{-4}$
	Latão	8×10^{-8}	0,08	15×10^{-4}
	Manganina	42×10^{-8}	0,42	$(0 \text{ a } 0,3) \times 10^{-4}$
	Níquel-cromo	100×10^{-8}	1,00	$1,7 \times 10^{-4}$
Semicondutores	Níquelina	42×10^{-8}	0,42	$2,3 \times 10^{-4}$
	Fe_3O_4	0,01	10^4	
	Germânio	0,47	47×10^4	
		0,004 a 0,007	$(0,4 \text{ a } 0,7) \times 10^{-4}$	
	Grafite	3000	3×10^9	
Isolantes	Silício			
	Ebonite	$10^{13} \text{ a } 10^{16}$		
	Mármore	$10^7 \text{ a } 10^9$		
	Mica	$10^{13} \text{ a } 10^{15}$		
	Vidro	$10^{10} \text{ a } 10^{11}$		

Fonte: O Autor (2012)

1.6.1. Exercícios 2^a Lei de Ohm

- a) Determine a resistência de um condutor de cobre com 30 m de comprimento e 0,5 mm² de seção transversal à temperatura de 20 °C.
- b) Determine o comprimento necessário para que um fio de níquel-cromo de seção 1 mm² apresente uma resistência de 10 Ω.

1.7 POTÊNCIA ELÉTRICA

A maior parte dos equipamentos, dispositivos e máquinas elétricas, necessitam que a potência elétrica seja especificada no projeto ou na aquisição, por isso a potência elétrica é uma grandeza muito importante na eletricidade.

Define-se potência elétrica como sendo, a grandeza que relaciona o trabalho elétrico realizado com o tempo necessário para sua realização. Enfim, potência elétrica é a capacidade de realizar um trabalho na unidade de tempo, a partir da energia elétrica.

Em corrente alternada, podemos dividir a corrente elétrica em três segmentos:

1.7.1. Potência Ativa

Quando a carga alimentada é uma carga puramente resistiva, (ferro de passar roupas, chuveiro, etc.) dizemos que a potência é uma potência ativa, ou seja, toda a energia elétrica é

convertida em trabalho. O símbolo da potência ativa é o P e sua unidade é o Watt (W). $\cos \emptyset$ é o fator de potência da carga.

$$P = V \cdot I \cdot \cos \emptyset (W)$$

Equação 1.7 – Potência Ativa

1.7.2. Potência Reativa

Existem cargas que não são puramente resistivas tais como motores, transformadores, etc. Estas cargas são chamadas cargas reativas e necessitam além da potência ativa a potência reativa, necessária para estabelecer o campo magnético que faz o motor funcionar. A potência reativa é simbolizada pela letra Q e sua unidade é o Volt-ampere reativo (VAr).

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \emptyset (VAr)$$

Equação 1.8 – Potência Reativa

1.7.3. Potência Aparente

Em instalações que contenham diversas cargas (ativas e reativas) a potência total deve ser especificada pela potência aparente que é o produto da tensão pela corrente do circuito, ou como sendo a soma vetorial das potências ativa e reativa, o símbolo da potência aparente é o S e sua unidade é o Volt-ampere (VA).

$$S = V \cdot I (VA)$$

Equação 1.9 – Potência Aparente

Nas cargas reativas teremos sempre especificado o fator de potência, que relaciona a potência aparente com a potência ativa, ou seja, qual o percentual da energia elétrica consumida que efetivamente é transformada em trabalho.

O símbolo do fator de potência é: FP ou $\cos \emptyset$

Para cargas puramente resistivas o $\cos \emptyset$ é igual a 1, nas cargas reativas ele será sempre menor que 1. (NAGEL, 2008).

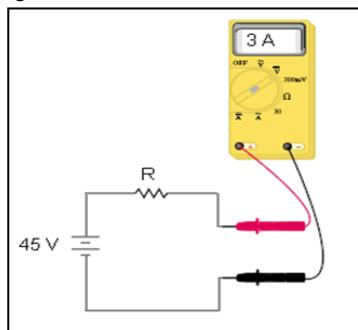
1.8 MEDIDAS ELÉTRICAS

Todas as grandezas elétricas estudadas até o momento podem ser mensuradas, ou seja, medidas. Para cada grandeza elétrica existe um instrumento de medição, conforme descrições abaixo. Existem instrumentos que são chamados de multímetros ou multitestes, que realizam medidas de várias grandezas.

1.8.1. Medição de Corrente Elétrica

O instrumento utilizado para medir a corrente elétrica é o amperímetro, este deve ser ligado em série com o componente do circuito que desejo conhecer a corrente elétrica circulante. Também podemos efetuar a leitura de corrente através de um alicate amperímetro, mostrado na figura 1.17, sem a necessidade de interromper o circuito para a medição.

Figura 1.16 – Leitura Corrente Elétrica



Fonte: (NAGEL,2008)

Figura 1.17 – Alicate Amperímetro

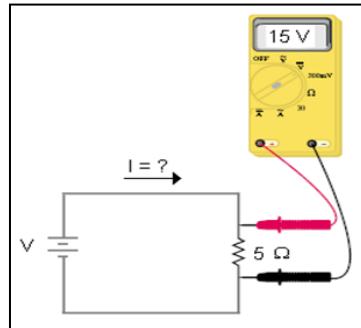


Fonte: Minipa (2012)

1.8.2. Medição de Tensão Elétrica

O instrumento utilizado para medir a tensão elétrica é o voltímetro, este deve ser ligado em paralelo ao componente do circuito que desejo conhecer a tensão elétrica.

Figura 1.18 – Leitura Tensão Elétrica



Fonte: (NAGEL,2008)

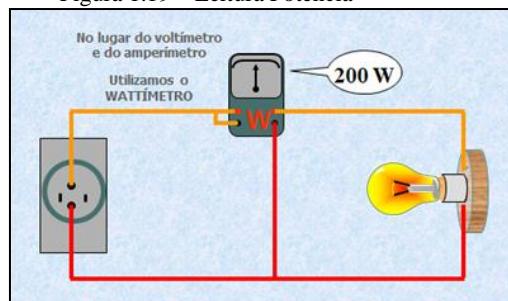
1.8.3. Medição de Resistência Elétrica

O instrumento utilizado para medir a resistência elétrica é o ohmímetro, este deve ser ligado em paralelo ao componente do circuito que desejo conhecer a resistência elétrica, mas este componente deve estar isolado do circuito e desenergizado.

1.8.4. Medição de Potência Elétrica

O instrumento utilizado para medir a potência elétrica é o wattímetro, este deve ser ligado em paralelo e em série ao componente do circuito que desejo conhecer a potência, pois sabemos que potência é o produto da corrente e tensão elétrica.

Figura 1.19 – Leitura Potência



Fonte: CPNST (2012)

2 SEGURANÇA NO TRABALHO E GESTÃO AMBIENTAL

Toda norma de segurança é um princípio técnico e científico, baseado em experiências anteriores, que se propõe a nos orientar sobre como prevenir acidentes em determinada atividade.

Segurança do trabalho é um conjunto de procedimentos educacionais, técnicos, médicos e psicológicos empregados para evitar lesões a pessoas, danos aos equipamentos, ferramentas e dependências.

2.1 EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO

São equipamentos projetados a proteger o trabalhador dos riscos inerentes a determinada atividade.

2.1.1 Equipamentos de Proteção Coletiva - EPC

São equipamentos instalados pelo empregador, nos locais de trabalho, para dar proteção a todos os que ali executam suas tarefas, preservando a integridade física do empregado no exercício das suas funções. Podemos citar entre eles:

- Fusíveis e disjuntores;
- Andaimes;
- Corrimão;
- Placas e avisos;
- Aspiradores de pó e gases;
- Ventiladores e exaustores;
- Tampas;
- Extintores de incêndio;
- Mangueira;
- Hidrantes;
- Guarda-corpos;
- Barreira de proteção contra luminosidade e radiação;
- Telas, etc.

2.1.2 Equipamentos de Proteção Individual - EPI

São equipamentos de uso pessoal, cuja finalidade é proteger o trabalhador contra os efeitos incomodativos e/ou insalubres dos agentes agressivos. A NR-6 da Portaria nº 3214, de 08/06/78, do Ministério do Trabalho, regulamenta o assunto, tornando obrigatório o fornecimento gratuito do EPI pelo empregador e o uso, por parte do trabalhador, apenas para a finalidade a que se destina.

Destacam-se entre eles:

- Capacete contra impactos – para a proteção do crânio. Também se faz essa proteção com touca, rede, gorro e boné, contra a ação de arrancamento do couro cabeludo (escalpelamento);
- Respiradores (filtro mecânico ou químico) ou máscaras (oxigênio ou ar mandado) contra a ação de poeiras, gases e vapores, com a finalidade de proteger as vias respiratórias;
- Abafadores de ruído (tipo concha ou inserção) para proteção da audição;

- óculos, de vários tipos, contra a ação de impacto e radiação luminosa, para proteção dos olhos;
- Viseira ou protetor facial, para proteção da face contra a ação de impacto e radiação luminosa;
- Avental, contra a umidade, calor, cores, respingos, etc. para proteção do tronco;
- Braçadeiras ou luva de cano, usadas contra a ação de umidade, calor, corte, respingos, eletricidade, etc.;
- Luva de cano curto, médio ou longo, utilizada contra a ação de umidade, calor, corte, respingos, eletricidade, etc.;
- Sapato, botina, bota de PVC, perneira (polainas) e calça-bota para proteção das pernas e pés contra a ação de umidade, calor, perfuração, respingos, etc.;
- Cinto de segurança (comum ou tipo alpinista), usado como proteção contra queda de altura.

Todo EPI deve ser verificado antes de ser usado (EPI defeituoso torna-se uma condição insegura).

Para cada tipo de serviço existe um EPI apropriado.

2.1.3 Equipamentos de proteção individual do eletricista

- Capacete contra impacto;
- Cinto de segurança;
- Botina vulcanizada para eletricista;
- Luvas de borracha para eletricista com luvas de cobertura;
- Porta-ferramentas;
- Óculos de segurança.

2.2 RECOMENDAÇÕES GERAIS

- Não improvise instalações elétricas.
- Faça emendas resistentes e proteja-as com fita isolante, mantendo a bitola do fio.
- Substitua as instalações elétricas em mau estado.
- Recolha as instalações e equipamentos elétricos fora de uso.
- Faça o aterramento de todos os equipamentos.
- Não utilize tubulações e ferragens para o aterramento.
- Avise os trabalhadores antes de desligar um circuito.
- Verifique as instalações das máquinas e equipamentos antes do início das atividades.
- Conserve as suas ferramentas de trabalho em bom estado.

2.3 FONTES DE CHOQUE ELÉTRICO

Choque elétrico é um estímulo rápido e acidental do sistema nervoso do corpo humano, pela passagem de uma corrente elétrica.

2.4 EFEITOS INDIRETOS E DIRETOS

São efeitos indiretos de um choque elétrico:

- Quedas;
- Ferimentos;
- Manifestações nervosas.

Os efeitos que se chamam indiretos são:

- Formigamento;
- Contração muscular;
- Queimaduras;
- Parada respiratória;
- Parada cardíaca.

2.5 RESISTÊNCIA ELÉTRICA DO CORPO HUMANO

Dados experimentais revelam que:

- O corpo humano tem uma resistência média de 1300Ω , podendo variar de acordo com resistência da pele e umidade;
- Uma corrente de $50mA$ pode ser fatal.

2.6 TENSÕES DE TOQUE E PASSO

Se uma pessoa toca um equipamento aterrado ou o próprio condutor, pode ser que se estabeleça – dependendo das condições de isolamento – uma diferença de potencial entre a mão e os pés. Consequentemente, teremos a passagem de uma corrente pelo braço, tronco e pernas; dependendo da duração e intensidade da corrente, pode ocorrer fibrilação no coração, com graves riscos.

Mesmo não estando encostado em nada, a pessoa estiver colocada lateralmente ao gradiente de potencial, estará sujeita a um diferencial de tensão de uma corrente através das duas pernas, que geralmente é de menor valor e não é tão perigosa quanto a tensão de toque, porém ainda pode causar problemas, dependendo do local e da intensidade.

2.7 SEGURANÇA DO TRABALHO

Segurança do trabalho é um conjunto de procedimentos educacionais, técnicos, médicos e psicológicos empregados para evitar lesões a pessoas, danos aos equipamentos, ferramentas e dependências. Todo profissional que interage no sistema elétrico, deve ter conhecimento da NR-10 que trata sobre segurança em serviços com Eletricidade.

2.7.1 Regras básicas de Segurança no trabalho

a – Adquira conhecimento do trabalho.

- b – Cumpra as instruções, evite improvisar.
- c – Use o equipamento de proteção adequado.
- d – Use a ferramenta adequada e sem defeitos.
- e – Não brinque e não se arrisque à toa.
- f – Ordem, arrumação e limpeza são vitais.
- g – As falhas devem ser comunicadas ao chefe, se for o caso.
- h – Levante pesos corretamente – peça ajuda.
- i – Você é o responsável pela sua segurança/equipe.
- j – Em caso de acidente, informe à sua chefia, quando houver, ou procure socorro médico.
- k – Utilize a isolação ou desligue a energia.

2.7.2 Regras para o trabalho com energia elétrica

- a – Todo circuito sob tensão é perigoso.
- b – Use os equipamentos e isolações adequados.
- c – Só utilize ajuste ou repare equipamentos e instalações elétricas, quando autorizado.
- d – Sempre que possível, desligue os circuitos antes do trabalho – use avisos e trancas.
- e – Antes de religar, verifique se outra pessoa não está trabalhando com o mesmo circuito.

3 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS RESIDÊNCIAIS E PREDIAIS

Neste capítulo trataremos de vários circuitos utilizados em instalações elétricas residenciais e prediais, focando atividades práticas subsidiando conhecimentos e técnicas para o exercício da atividade de eletricista instalador residencial e predial.

3.1 CONDUTORES ELÉTRICOS

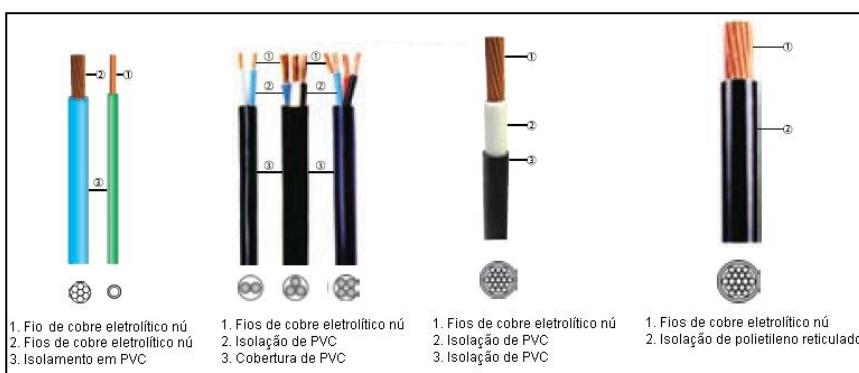
Condutor Elétrico é todo material capaz de conduzir ou transportar a energia elétrica, na maioria dos casos o condutor elétrico é feito de cobre eletrolítico e em certos casos, de alumínio.

Um condutor pode ser feito de fio maciço, rígido, ou composto de diversos fios mais finos entrelaçados formando um condutor flexível, tanto um como outro é chamado de condutor unipolar e consiste em um condutor e sua isolação.

Quando temos dispostos diversos condutores, não isolados entre si, teremos um cabo unipolar, que também é composto pelo condutor (vários fios) e a isolação, podendo ainda existir uma terceira camada que tem a função de proteção mecânica(NAGEL,2008).

Quando temos diversos condutores isolados entre si formaremos um cabo multipolar, que é composto por dois ou mais condutores com isolamento e mais a proteção mecânica. A figura 3.1 mostra as situações:

Figura 3.1 – Condutores elétricos



Fonte: (NAGEL,2008)

Pode parecer a princípio, que um condutor é algo banal, apenas um meio de interligação da rede até a carga. Cabe lembrar, que a escolha errada do condutor (bem como dos dispositivos de proteção) pode acarretar em graves acidentes, desde a exposição accidental a choques elétricos até incêndios com prejuízos de alta monta, cabendo a responsabilidade ao projetista ou ao instalador.

A principal causa dos problemas em condutores está no aquecimento, quer seja o do meio onde o condutor está, quer seja aquele imposto pela passagem da corrente.

Um condutor com seção menor do que a necessária irá aquecer em demasia, assim como a utilização de condutores com a camada isolante imprópria para o meio também trará problemas(NAGEL,2008).

Os dois compostos isolantes mais utilizados no Brasil são o PVC(cloreto de polivinila), o EPR(borracha etíleno-propileno) e o XLPE(polietileno reticulado). Em relação à isolamento, a utilização do PVC está limitada a 6 kV enquanto o EPR pode ser usado até 138 kV (o limite de isolamento também depende da espessura da camada isolante).

Como é fácil perceber, o PVC tem aplicação em baixa tensão (< 1000V), enquanto o EPR pode ser utilizado em baixa tensão, média tensão(1 kV a 35 kV) ou alta tensão (> 35 kV).

Em instalações elétricas prediais, o condutor com camada isolante de PVC é o mais utilizado.

Os fios e cabos isolados são caracterizados por três temperaturas:

- Normal ou em regime: máxima temperatura que o condutor pode trabalhar quando em condições normais de carga.
- Em sobrecarga: temperatura máxima a que o condutor pode estar exposto em caso de sobrecarga, está limitada a 100h durante 12 meses consecutivos ou 500h durante a vida do condutor.
- Em curto circuito: temperatura máxima que o condutor pode estar submetido quando em regime de curto circuito, cuja duração não pode ser superior a cinco segundos durante toda a vida do condutor.

A tabela 3.1 é a comparativa entre o PVC e o EPR relacionando as classes térmicas:

Tabela 3.1 – Classe térmica de condutores elétricos

Isolação	Regime (°C)	Sobrecarga(°C)	Curto(°C)
PVC	70	100	160
EPR e XLPE	90	130	250

Fonte: NBR 5410 (2004)

Além da corrente e da temperatura ambiente, haverá uma alteração na temperatura do condutor quando tivermos vários condutores ou cabos instalados juntos, um afetará a temperatura dos outros, o que pode ser agravado conforme o tipo de conduto utilizada.

Denomina-se conduto o tipo de estrutura utilizada para dar suporte e/ou fixação ao condutor ou cabo na linha elétrica, são exemplos de condutos: eletrodutos, calhas, canaletas, molduras, escadas para cabos, isoladores, suportes, etc.

Como veremos mais adiante, o dimensionamento dos condutores leva em conta o tipo de conduto utilizada na instalação, dentre outros fatores.

A NBR 5410, cuja última edição data de 31 de março de 2005, recomenda que ao efetuar-se a identificação dos condutores pela cor, seja utilizada a cor azul-claro para identificar o neutro (N) da instalação, quer seja em condutores unipolares ou cabos multipolares, da mesma forma, recomenda que o condutor de proteção (PE) utilize a dupla coloração verde – amarela ou na falta desta, a cor verde.

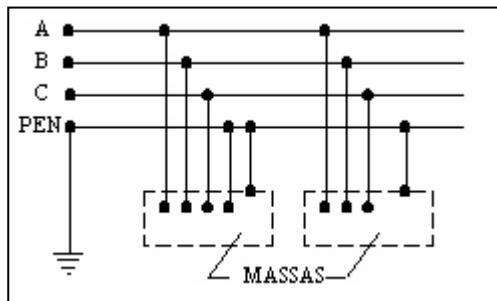
Quando se utilizar o mesmo condutor para a função de neutro e proteção, sua designação será (PEN) e a cor a ser usada será o azul-claro. Para o(s) condutor(es) fase(s), as cores utilizadas serão: preto, branco, vermelho, cinza ou qualquer outra cor desde que diferente das adotadas para o neutro e proteção, recomenda-se não utilizar a cor amarela para evitar a confusão com a dupla coloração do condutor de proteção(NAGEL,2008).

- Neutro(N): azul-claro
- Fase(F): preto, branco, vermelho, cinza, etc. (menos amarela)
- Proteção(PE): verde-amarelo
- Proteção + neutro: azul-claro

- Quais as diferenças entre os condutores de neutro e proteção?

O condutor de proteção é essencialmente um condutor de aterramento. No Brasil, o sistema de aterramento da rede de distribuição pública é o de multiaterramento ou sistema TN-C, onde neutro e proteção são ligados juntos (PEN), isto garante que não haja diferença de potencial entre a rede de distribuição (neutro da concessionária) e o aterramento na entrada do consumidor.

Figura 3.2 – Sistema TNC (Terra e neutro conectado)



Fonte: NBR 5410 (2004)

A diferença entre o neutro e o condutor de proteção (terra) é que o neutro é o condutor de retorno da corrente elétrica, fornecido pela concessionária, ou seja, pelo neutro pode circular corrente, já no condutor de aterramento não circula corrente, exceto tenhamos algum problema na instalação e aí sim ele executa sua função (proteção).

Os condutores são especificados pela seção nominal em **mm²** conforme a tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Bitola comercial de condutores mm²

0,5	0,75	1,0	1,5	2,5	4,0	6,0	10	16	25	35	50
70	95	120	150	185	240	300	400	500	630	800	1000

Fonte: NBR 5410 (2004)

Quanto maior a seção maior a capacidade de condução de corrente.

A norma especifica que a seção mínima do condutor fase para circuitos de iluminação é de 1,5 mm² para condutores de cobre e de 10 mm² para condutores de alumínio. Nos circuitos de força, aqueles utilizados na instalação de tomadas e equipamentos em geral, a norma exige que o condutor fase seja de no mínimo 2,5 mm² (Cu) ou 10 mm² (Al), para os circuitos de sinalização e controle a bitola do condutor pode ser de 0,5 mm².

Em relação ao neutro, para circuitos monofásicos a seção do neutro deve ser igual a seção do condutor fase, qualquer que seja a bitola do condutor, para circuitos trifásicos usamos a tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Seção condutor neutro

Seção do condutor fase mm ²	Seção do condutor neutro mm ²
De 1,5 a 25	Mesma seção do condutor fase
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150

400	185
-----	-----

Fonte: NBR 5410 (2004)

Obs: nos circuitos trifásicos quando for prevista a presença de harmônicos o neutro também deverá ser de mesma seção que o fase, qualquer que seja a bitola do mesmo.

A norma ainda enfatiza que em instalações residenciais só podem ser utilizados condutores de cobre, exceto para aterramento e proteção, cuja seção mínima obedece a tabela 3.4.

Tabela 3.4 – Seção condutor de proteção

Seção do condutor fase mm²	Seção condutor de proteção (S') mm²
$S \leq 16 \text{ mm}^2$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S' - S/2$

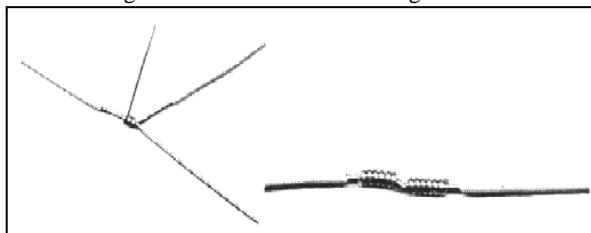
Fonte: NBR 5410 (2004)

3.1.1.Emendas em condutores elétricos

Apresentaremos vários tipos e técnicas de emendas em condutores, utilizada em instalações elétricas, podemos citar as seguintes:

Emenda em Prosseguimento ou Linha: Tem a finalidade de aumentar seu comprimento, devem ser feitas entre condutores de mesma bitola.

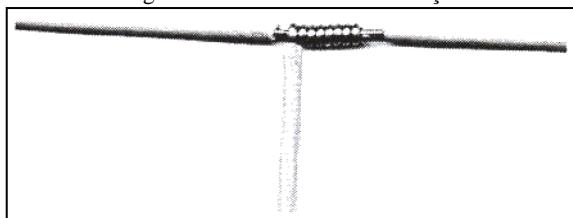
Figura 3.4 – Emenda em Prosseguimento



Fonte: (SENAI, 1980)

Emenda em Derivação: Utilizadas para ramificar os condutores, podem ser executadas entre condutores de bitolas diferentes.

Figura 3.5 – Emenda em Derivação



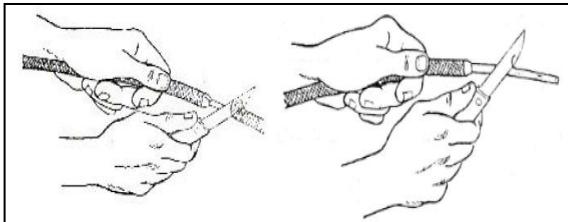
Fonte: (SENAI, 1980)

Sempre que possível devemos evitar emendar os condutores em uma instalação, a emenda representa uma perda na força de tração do condutor bem como um ponto de maior aquecimento em pela passagem da corrente elétrica.

Na maioria das instalações a emenda é inevitável, portanto veremos a melhor forma de fazê-la:

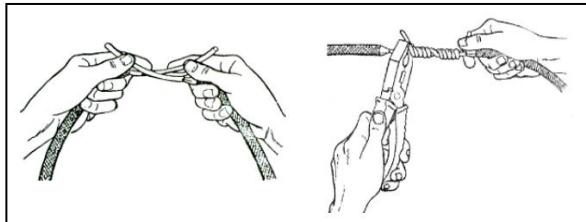
Retire a capa isolante do condutor desencapando em torno de 50 vezes o diâmetro do mesmo, manuseie o canivete ou estilete sempre saindo do condutor e nunca em sua direção. Se o condutor estiver oxidado retire a oxidação com as costas do corte, limpando a área onde será efetuada a emenda.

Figura 3.6 – Retirada da Capa Isolante



Fonte: (SENAI, 1980)

Figura 3.7 – Emenda em Prosseguimento

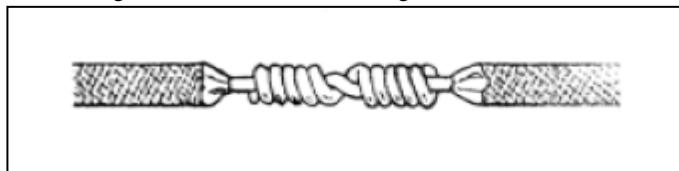


Fonte: (SENAI, 1980)

Cruze os condutores um sobre o outro e com a ajuda de um alicate universal torça as pontas dos mesmos em sentidos contrários, cada uma das pontas deve dar cinco voltas no mínimo. Observe se não ficou alguma ponta na emenda capaz de perfurar a isolação, nosso próximo passo.

O acabamento final da emenda deve ficar conforme a figura 3.8.

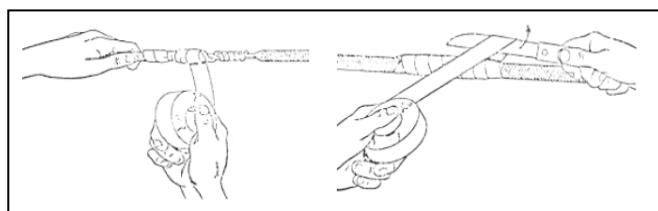
Figura 3.8 – Emenda em Prosseguimento Acabada



Fonte: (SENAI, 1980)

Após finalizar a emenda, efetue a isolação utilizando a fita isolante e cobrindo a emenda, as camadas da fita isolante devem ultrapassar a capa do fio em torno de uma largura da fita, procure deixar isolação o mais uniforme possível, corte a fita isolante sempre no sentido oposto ao corpo.

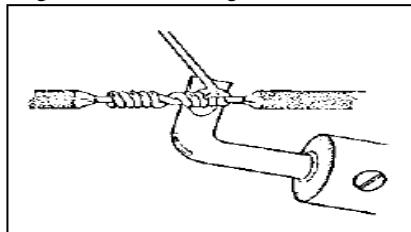
Figura 3.9 – Isolação de Emendas



Fonte: (SENAI, 1980)

Podemos ainda soldar ou estanhar a emenda antes de efetuarmos a isolação, o acabamento e a conexão elétrica são significativamente melhorados. Encoste a ponta do ferro de solda na emenda aquecendo-a, em seguida aplique o estanho deixando que o mesmo se funda à emenda, procure manter uma solda uniforme. Espere esfriar e efetue a isolação.

Figura 3.10 – Estanhagem de Emendas



Fonte: (SENAI, 1980)

Figura 3.11 – Vários tipos de Emendas



Fonte: O Autor (2012)

3.2 SIMBOLOGIA DE INSTALAÇÃO ELÉTRICA PREDIAL

Para representarmos os circuitos elétricos em uma instalação, utilizamos uma simbologia padrão, especificada pela norma da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), NBR 5444/1989. Nas Tabelas 3.5 à 3.9, mostramos os principais símbolos desta norma.

Tabela 3.5 – Dutos e Distribuição

Nº	Símbolo	Significado	Observações
5.1	— $\varnothing 25$	Eletroduto embutido no teto ou parede	Para todas as dimensões em mm indicar a seção, se esta não for de 15 mm
5.2	--- $\varnothing 25$ ---	Eletroduto embutido no piso	
5.3	_____	Telefone no teto	
5.4	— · — · —	Telefone no piso	
5.5	— —	Tubulação para campainha, som, anunciador ou outro sistema	Indicar na legenda o sistema passante
5.6	— + —	Condutor de fase no interior do eletroduto	Cada traço representa um condutor. Indicar a seção, nº de condutores, nº do circuito e a seção dos condutores, exceto se forem de 1,5 mm ²
5.7	— —	Condutor neutro no interior do eletroduto	
5.8	— —	Condutor de retorno no interior do eletroduto	
5.9	— T —	Condutor terra no interior do eletroduto	

Fonte: NBR 5444 (1989)

Tabela 3.6 – Quadros de Distribuição

Nº	Símbolo	Significado	Observações
6.1		Quadro parcial de luz e força aparente	Indicar as cargas de luz em watts e de força em W ou kW
6.2		Quadro parcial de luz e força embutido	
6.3		Quadro geral de luz e força aparente	
6.4		Quadro geral de luz e força embutido	
6.5		Caixa de telefones	
6.6		Caixa para medidor	

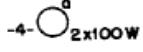
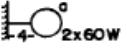
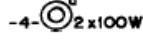
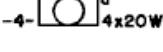
Fonte: NBR 5444 (1989)

Tabela 3.7 – Interruptores

Nº	Símbolo	Significado	Observações
7.1		Interruptor de uma seção	A letra minúscula indica o ponto comandado
7.2		Interruptor de duas seções	As letras minúsculas indicam os pontos comandados
7.3		Interruptor de três seções	As letras minúsculas indicam os pontos comandados
7.4		Interruptor paralelo ou <i>Three-Way</i>	A letra minúscula indica o ponto comandado
7.5		Interruptor intermediário ou <i>Four-Way</i>	A letra minúscula indica o ponto comandado
7.6		Botão de minutaria	Nota: Os símbolos de 7.1 a 7.8 são para plantas e 7.9 a 7.16 para diagramas
7.7		Botão de campainha na parede (ou comando à distância)	
7.8		Botão de campainha no piso (ou comando à distância)	
7.9		Fusível	Indicar a tensão, correntes nominais
7.10		Chave seccionadora com fusíveis, abertura sem carga	Indicar a tensão, correntes nominais Ex.: chave tripolar
7.11		Chave seccionadora com fusíveis, abertura em carga	Indicar a tensão, correntes nominais Ex.: chave bipolar

Fonte: NBR 5444 (1989)

Tabela 3.8 – Luminárias, Refletores e Lâmpadas

Nº	Símbolo	Significado	Observações
8.1	-4- 	Ponto de luz incandescente no teto. Indicar o nº de lâmpadas e a potência em watts	A letra minúscula indica o ponto de comando e o número entre dois traços o circuito correspondente
8.2	-4- 	Ponto de luz incandescente na parede (aranjela)	Deve-se indicar a altura da arandela
8.3	-4- 	Ponto de luz incandescente no teto (embutido)	
8.4	-4- 	Ponto de luz fluorescente no teto (indicar o nº de lâmpadas e na legenda o tipo de partida e reator)	A letra minúscula indica o ponto de comando e o número entre dois traços o circuito correspondente
8.5	-4- 	Ponto de luz fluorescente na parede	Deve-se indicar a altura da luminária
8.6	-4- 	Ponto de luz fluorescente no teto (embutido)	
8.7	-4- 	Ponto de luz incandescente no teto em circuito vigia (emergência)	
8.8	-4- 	Ponto de luz fluorescente no teto em circuito vigia (emergência)	
8.9		Sinalização de tráfego (rampas, entradas, etc.)	

Fonte: NBR 5444 (1989)

Tabela 3.9 – Tomadas

Nº	Símbolo	Significado	Observações
9.1		Tomada de luz na parede, baixo (300 mm do piso acabado)	A potência deverá ser indicada ao lado em VA (exceto se for de 100 VA), como também o nº do circuito correspondente e a altura da tomada, se for diferente da normalizada; se a tomada for de força, indicar o nº de W ou kW
9.2		Tomada de luz a meio a altura (1.300 mm do piso acabado)	
9.3		Tomada de luz alta (2.000 mm do piso acabado)	
9.4		Tomada de luz no piso	
9.5		Saída para telefone externo na parede (rede Telebrás)	
9.6		Saída para telefone externo na parede a uma altura "h"	Especificar "h"
9.7		Saída para telefone interno na parede	
9.8		Saída para telefone externo no piso	
9.9		Saída para telefone interno no piso	
9.10		Tomada para rádio e televisão	

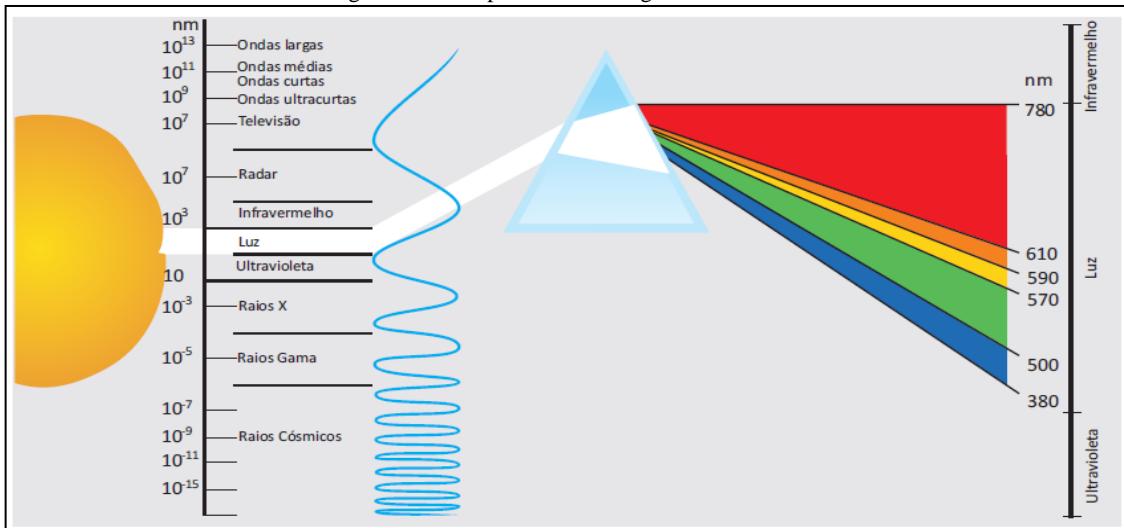
Fonte: NBR 5444 (1989)

3.3 TIPOS DE LÂMPADAS ELÉTRICAS E CARACTERÍSTICAS

Antes de iniciarmos a apresentação dos tipos de lâmpadas, vamos definir alguns conceitos importantes em iluminação.

LUZ VISÍVEL: É uma radiação eletromagnética compreendida entre 380 e 780 nm.

Figura 3.12 – Espectro Eletromagnético



Fonte: OSRAM (2009)

CORES: São porções do espectro visível que são refletidas pelos objetos, a luz é composta por três cores primárias: o verde, o vermelho e o azul, o restante das outras cores são combinações destas.

FLUXO LUMINOSO: quantidade total de luz emitida por uma fonte.
Unidade: lúmen (lm) Símbolo: (\emptyset)

INTENSIDADE LUMINOSA: fluxo luminoso irradiado na direção de um determinado ponto.
Unidade: candela (cd) Símbolo: (I)

ILUMINÂNCIA: quantidade de luz que incide sobre uma superfície situada a uma certa distância desta.
Unidade: lux (lx) Símbolo: (E)

LUMINÂNCIA: quantidade de luz refletida por uma superfície.
Unidade: (cd/m^2) Símbolo: (L)

LUXÍMETRO: Equipamento destinado a realizar medição do nível de iluminação ambiente.

Figura 3.13 – Luxímetro



Fonte: O Autor (2012)

Principais características das lâmpadas:

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: relação entre a quantidade de luz gerada e a potência consumida.

Unidade: lúmen/watt (lm/W) Símbolo: η_w ou K

TEMPERATURA DE COR: definida para diferenciar a tonalidade de cor das lâmpadas, quanto maior mais branca aparenta ser a iluminação.

Unidade: kelvin (k) Símbolo: (T)

Obs: Do ponto de vista psicológico dizemos que uma luz é “quente” quanto apresenta uma tonalidade mais amarelada e “fria” quanto mais branca for a iluminação, isto está relacionado a sensação de aconchego de um ambiente iluminado por uma luz “quente” em relação a uma luz “fria”.

ÍNDICE DE REPRODUÇÃO DE CORES: escala de 1 a 100 que indica o desempenho na reprodução das cores quando comparadas a lâmpada incandescente (IRC = 100).

Símbolo: IRC ou Ra.

Obs: Quanto maior a diferença na aparência de cor de um objeto iluminado em relação ao padrão (IRC = 100) menor é o seu IRC.

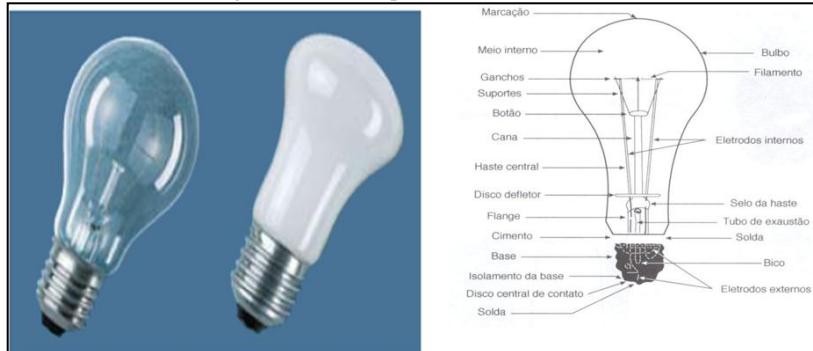
FATOR DE FLUXO LUMINOSO: desempenho do conjunto reator/lâmpada quando comparado ao fluxo nominal da lâmpada somente.

Unidade: % Símbolo: BF

3.3.1 Lâmpada Incandescente

Funcionam através da incandescência de um filamento de tungstênio colocado em bulbo onde é feito vácuo ou preenchido com um gás inerte (nitrogênio ou argônio). Com temperatura de cor de 2700K (amarelada) e IRC de 100 possuem vida média de 1000h, o fluxo luminoso para uma lâmpada de 60W fica em torno de 715 lúmens. Em função do custo e da durabilidade é ainda a mais usada na iluminação residencial.

Figura 3.14 – Lâmpada Incandescente



Fonte: (OSRAM, 2009)

Aplicação: iluminação geral onde se deseja luz dirigida e de facho intenso com diversos ângulos de abertura, tem grande aplicação em iluminação de pequenos ambientes, principalmente residenciais. São encontradas nas potências de 25W, 40W, 60W, 100W, 150W e 200W.

3.3.2 Lâmpada Halógena

Também são consideradas incandescentes por terem o mesmo princípio de funcionamento; porém, são incrementadas com gases halógenos que, dentro do bulbo, se combinam com as partículas de tungstênio desprendidas do filamento. Essa combinação, associada à corrente térmica dentro da lâmpada, faz com que as partículas se depositem de volta no filamento, criando assim o ciclo regenerativo do halogênio.

Suas principais vantagens em relação às lâmpadas incandescentes são:

- luz mais branca, brilhante e uniforme durante toda vida;
- alta eficiência energética;
- vida útil mais longa (entre 2 e 4 mil horas);
- menores dimensões.

Sua temperatura de cor é de 3000k com IRC de 100, fluxo luminoso de 350 lúmens (20W). As lâmpadas Halógenas dícrôicas possuem um refletor dícrôico que tem a função de desviar parte do calor para trás, reduzindo assim a radiação térmica emitida pela lâmpada em até 66%.

Figura 3.15 – Lâmpada Halógena



Fonte: (OSRAM, 2009)

Aplicação: tipo lapiseira são usadas em refletores para iluminar fachadas e outdoors. São encontradas nas potências de 100W, 150W, 300W, 500W e 1000W. Halógenas Dícrôicas

são utilizadas principalmente em vitrines, para realçar um produto e em decoração de interiores onde a iluminação indireta realça o ambiente.

3.3.3 Lâmpada de Descarga Fluorescente Tubular

Todas as lâmpadas de descarga à exceção da lâmpada mista necessitam de um reator, que tem a função de gerar um pulso de alta tensão necessário para ionizar o gás no interior da lâmpada e após esta ionização limitar a corrente da mesma.

As lâmpadas fluorescentes tubulares possuem alta eficiência e longa durabilidade, emitem luz pela passagem da corrente elétrica através de um gás, descarga essa quase que totalmente formada por radiação ultravioleta (invisível ao olho humano) que, por sua vez, será convertida em luz pelo pó fluorescente que reveste a superfície interna do bulbo.

É da composição deste pó que resultam as mais diferentes alternativas de cor de luz adequadas a cada tipo de aplicação, além de determinar a qualidade e quantidade de luz e a eficiência na reprodução de cor.

São encontradas nas versões Standard (com eficiência energética de até 70lm/W, temperatura de cor entre 4.100 e 6.100K e índice de reprodução de cor de 85%) e Trifósforo (eficiência energética de até 100lm/W, temperatura de cor entre 4.000 e 6.000K e índice de reprodução de cor de 85%), a vida útil da fluorescente tubular é de aproximadamente 7500h.

Aplicação: por seu ótimo desempenho são indicadas para iluminação de escritórios, lojas e indústrias tendo espectro luminoso para casa aplicação. São encontradas nas potências de 10W (luminárias de emergência), 15W, 20W, 30W, 40W e 110W (HO).

3.3.4 Lâmpada de Descarga Fluorescente Circular

Lâmpada fluorescente circular são de dimensões reduzidas em comparação a tubular e com as mesmas características da fluorescente compacta. Encontrada nas temperaturas de 2700k até 6400k possuem vida útil em torno de 6000h, seu IRC fica entre 80 e 89 e o fluxo luminoso em torno de 1300 lm (22W).

Figura 3.16 – Lâmpada Fluorescente Tubular e Circular



Fonte: (OSRAM, 2009)

Aplicação: as fluorescentes compactas eletrônicas e a fluorescente circular vem aos poucos substituindo as lâmpadas incandescentes na iluminação residencial visto sua maior durabilidade, economia e queda de preços no mercado. São encontradas nas potências de 5W, 11W, 15W, 20W e 22W (eletrônicas), as circulares encontramos na potência de 22W e 32W. As fluorescentes compactas são utilizadas principalmente em abajures para uma iluminação direta, são encontradas nas potências de 9W e 10W.

3.3.5 Lâmpada de Descarga Fluorescente Compacta

Apresentam as mesmas vantagens da fluorescente tubular porém com dimensões reduzidas, o índice de reprodução de cores varia de 80 a 89 e é encontrada nas temperaturas de cor de 2700k até 6400k, o fluxo luminoso para uma lâmpada de 10W é de aproximadamente 250 lm. A vida útil da fluorescente compacta fica em torno de 6000h.

Figura 3.17 – Lâmpada Fluorescente Compacta



Fonte: (OSRAM, 2009)

3.3.6 Lâmpada de Descarga Fluorescente Compacta com Reator Integrado

Também com dimensões reduzidas, difere das outras lâmpadas fluorescentes por possuir um reator eletrônico integrado ao seu corpo. Encontradas nas temperaturas de cor de 2700k até 6400k, sua vida média fica em torno das 6000h, o IRC na faixa de 80 a 89 e o fluxo luminoso em torno de 1500 lm (26W).

Figura 3.18 – Lâmpada Fluorescente Compacta com Reator Integrado



Fonte: (OSRAM, 2009)

3.3.7 Lâmpada de Luz Mista

São lâmpadas de descarga com alta intensidade, e formato ovóide, composta por um tubo de descarga de quartzo preenchido por vapor de mercúrio , conectado em série com um filamento de tungstênio. Podem ser ligadas diretamente a rede sem a necessidade da utilização de reatores e são uma alternativa para a substituição de lâmpadas incandescentes de alta potência. Sua vida útil é de aproximadamente 8.000 horas, sua temperatura de cor situa-se entre 3600k, o IRC está entre 60 e 69 e seu fluxo luminoso é de aproximadamente 3100 lm (160W). É necessário ter atenção com sua posição de funcionamento, pois ela não pode ser instalada na posição horizontal. Seu ângulo máximo em relação a vertical é de 45°.

Figura 3.19 – Lâmpada de Luz Mista



Fonte: (OSRAM, 2009)

Aplicação: quando se deseja uma maior iluminação que a lâmpada incandescente sem que se faça uso do reator, a lâmpada de luz mista é utilizada. Geralmente é usada na iluminação externa ou em galpões e interiores de indústrias. É encontrada nas potências de 160W, 250W e 500W.

3.3.8 Lâmpada de Descarga Vapor de Mercúrio

É uma lâmpada de descarga com aparência branco azulado, com eficiência energética de até 55 lm/W. Necessitam de reatores para sua ligação. Seu tempo de vida útil é de aproximadamente 24.000 horas, seu fluxo luminoso de 3800 lm (80W), o IRC fica entre 40 e 59 e a temperatura de cor situa-se na faixa de 4100k, funcionam em qualquer posição .

Aplicação: é utilizada na iluminação de interiores de grandes proporções onde o pé direito é alto e a substituição das lâmpadas é de elevado custo, também é utilizada em iluminação de vias públicas e áreas externas. Encontramos a vapor de mercúrio nas seguintes potências: 80W, 125W, 250W e 400W.

3.3.9 Lâmpada de Descarga Vapor de Sódio

A lâmpada vapor de sódio oferece luz amarela e monocromática que distorce as cores - seu IRC é de no máximo 30. É uma lâmpada que oferece grande fluxo luminoso com baixo consumo. Seu funcionamento é parecido com o das fluorescentes, exceto pela presença do sódio no lugar do mercúrio.

A partida requer reator específico e ignitor (espécie de starter que eleva a tensão na hora da partida).

As lâmpadas de vapor de sódio representam as mais econômicas e práticas alternativas para a iluminação de exteriores e interiores, onde não se faz necessária uma excelente reprodução de cores.

Seu tempo de vida útil varia entre 16.000 e 32.000 horas, podem ser instaladas em qualquer posição, o IRC fica entre 20 e 39, a temperatura de cor é de 2000k e o fluxo luminoso fica na faixa de 10200 lm (100W).

Existem ainda as lâmpadas de vapor de sódio brancas, uma combinação do vapor de sódio com o gás xenon resultando numa luz brilhante como as halógenas e com excelentes índices de reprodução de cores.

Figura 3.20 – Lâmpada Vapor de Sódio



Fonte: (OSRAM, 2009)

3.3.10 Lâmpada de Descarga Vapor Metálico

Essa lâmpada emprega um tubo de descarga cerâmico e substituem com maior eficiência as lâmpadas em formato ovóide, proporcionando até 25% mais luz.

Possuem maior estabilidade de cores ao longo de sua vida útil, sua luz é extremamente branca e brilhante, possui excelente reprodução de cores (IRC de 90 a 100), sua temperatura de cor situa-se na faixa de 4200k, tem vida útil de 18000 a 24000h e fluxo luminoso de 6700 lm (70W). Podem ser instaladas em qualquer posição e necessitam de reatores e ignitores para o seu funcionamento.

Figura 3.21 – Lâmpada Vapor Metálico

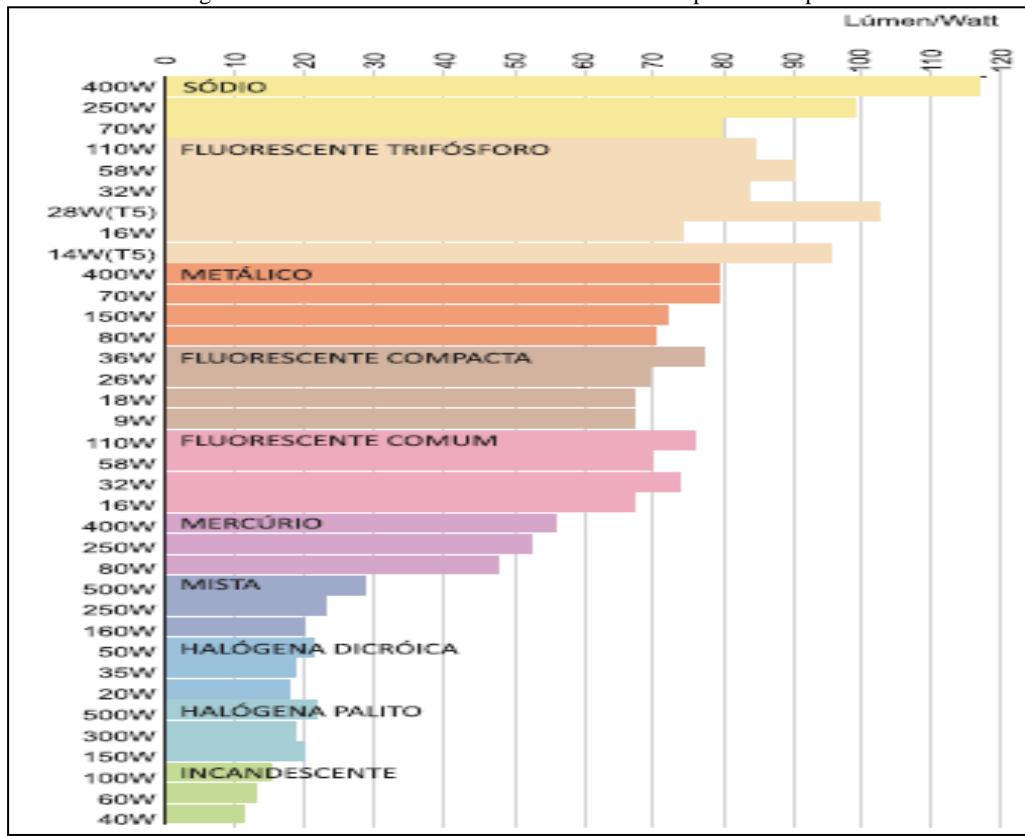


Fonte: (OSRAM, 2009)

Aplicação: tem a mesma aplicação que a vapor de mercúrio e vapor de sódio com a vantagem de uma maior eficiência energética e uma reprodução de cores maior, são encontradas nas potências de: 70W, 100W, 150W, 250W, 400W, 600W e 1000W (vapor de sódio) e 70W, 150W, 250W, 400W, 500W, 1000W e 2000W.

Segue abaixo um figura que resume os dados referente a eficiência de cada tipo de lâmpada.

Figura 3.22 – Rendimento Luminoso dos diferentes tipos de Lâmpadas



Fonte: LUMICENTER (2009)

3.4 REATORES PARA LÂMPADAS DE DESCARGA

Os reatores utilizados nas lâmpadas fluorescentes tubulares podem ser, eletromagnéticos convencionais, eletromagnéticos partida rápida e eletrônicos.

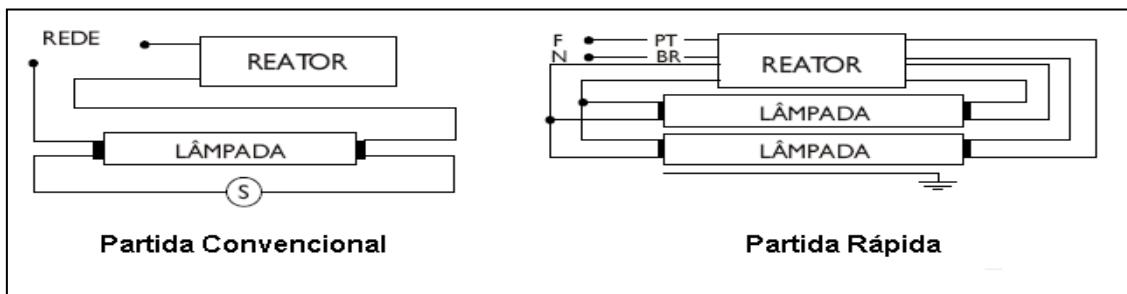
Como comentado anteriormente, a função do reator é fornecer um pico de alta tensão necessário à partida da lâmpada (ionização do gás) e, após a partida da mesma, limitar a corrente.

Figura 3.23 – Reatores Convencionais para Lâmpada Incandescente



Fonte: (PRELETRI, 2008)

Figura 3.24 – Ligações de Reatores para Lâmpadas Fluorescentes



Fonte: (PRELETRI, 2008)

Nos reatores eletrônicos o cuidado na ligação é quanto a tensão de entrada, pois o mesmo possui 3 terminais de seleção, um comum, um para 127V e outro para 220V. Cabe também salientar que não é obedecido um padrão para as cores dos fios em reatores de diversos fabricantes, sendo assim, temos que ter muita atenção nos reatores, interpretando seus esquemas de ligações, que costumam estar estampadas em seus corpos.

Abaixo os reatores das lâmpadas de descarga: vapor metálico e mercúrio.

Figura 3.25 – Reatores para Lâmpadas Vapor Metálico e Mercúrio



Fonte: (PRELETRI, 2008)

3.5 DIAGRAMA ELÉTRICOS

Podemos representar um circuito elétrico em uma instalação predial de três maneiras através de diagramas chamados de: diagrama funcional, multifilar e unifilar. Os circuitos que iremos estudar serão representados através destes diagramas.

3.5.1 Diagrama Funcional

É mais utilizado para fins didáticos pois representa o esquema funcional de forma clara e acessível.

3.5.2 Diagrama Multifilar

Representa todo o sistema elétrico, indicando todos os condutores detalhadamente. Cada condutor é representado por um traço que será utilizado na ligação dos componentes.

3.5.3 Diagrama Unifilar

É o que comumente vimos nas plantas de instalações elétricas prediais. Define as principais partes do sistema elétrico permitindo identificar o tipo de instalação, sua dimensão, ligação, o número de condutores, modelo do interruptor, e dimensionamento de eletrodutos, condutores, lâmpadas e tomadas. Esse tipo de diagrama localiza todos os componentes da instalação.

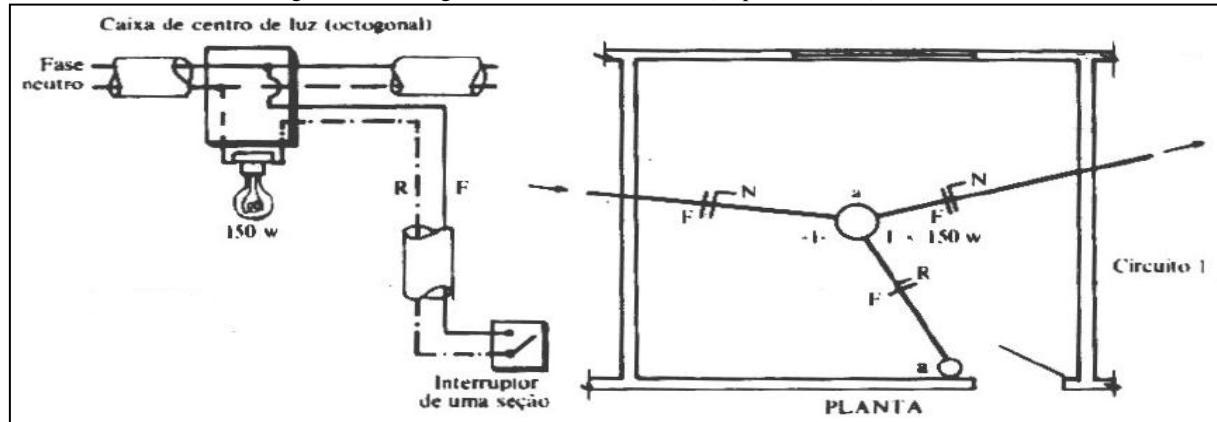
3.6 INSTALAÇÃO DE LÂMPADAS

Podemos instalar lâmpadas ou luminárias, de várias formas de acordo com a necessidade e condição financeira do proprietário da obra. Demonstraremos as ligações apenas para lâmpadas incandescentes, mas lembramos que todos os circuitos apresentados agora podem ser considerados para acionar todos os tipos de lâmpadas. Segue abaixo algumas destas formas.

3.6.1 Instalação de Lâmpada Comandada de 1 ponto (Interruptor Simples)

Este sistema é utilizado para comandar uma lâmpada incandescente de um único ponto.

Figura 3.26 – Diagrama Funcional e Unifilar (respectivamente)

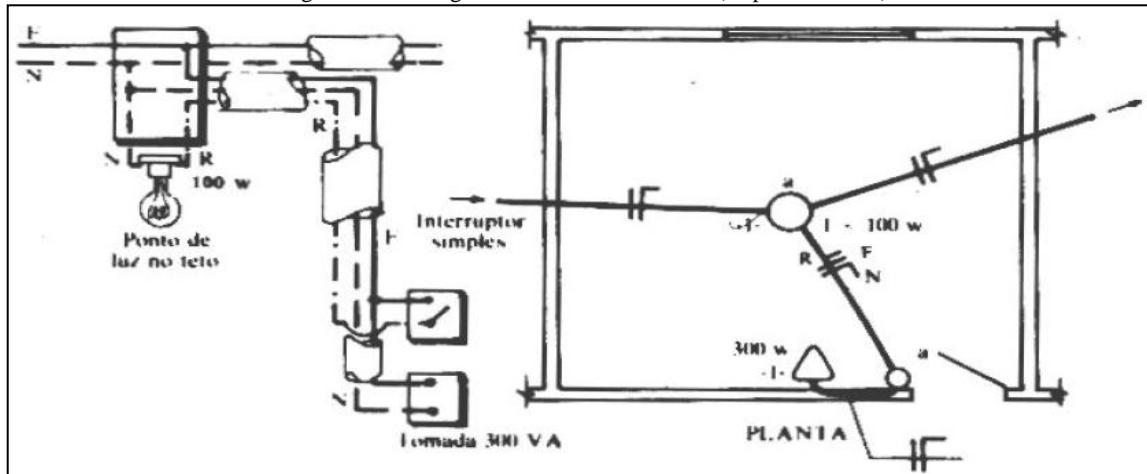


Fonte: O Autor (2012)

3.6.2 Instalação de Lâmpada Comandada de 1 Ponto e 1 Tomada Baixa

Este sistema é utilizado para comandar uma lâmpada incandescente de um único ponto e uma tomada baixa.

Figura 3.26 – Diagrama Funcional e Unifilar (respectivamente)

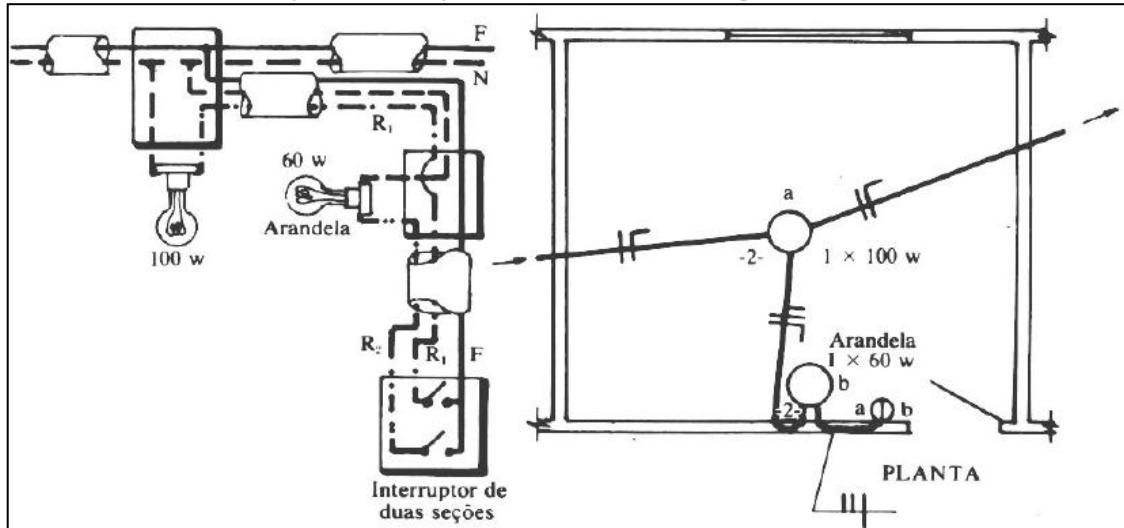


Fonte: O Autor (2012)

3.6.3 Instalação de 2 Lâmpadas, Comandada por Interruptor 2 Seções

Este sistema é utilizado para comandar duas lâmpadas incandescente independente (interruptor 2 seções) de um único ponto.

Figura 3.27 – Diagrama Funcional e Unifilar (respectivamente)

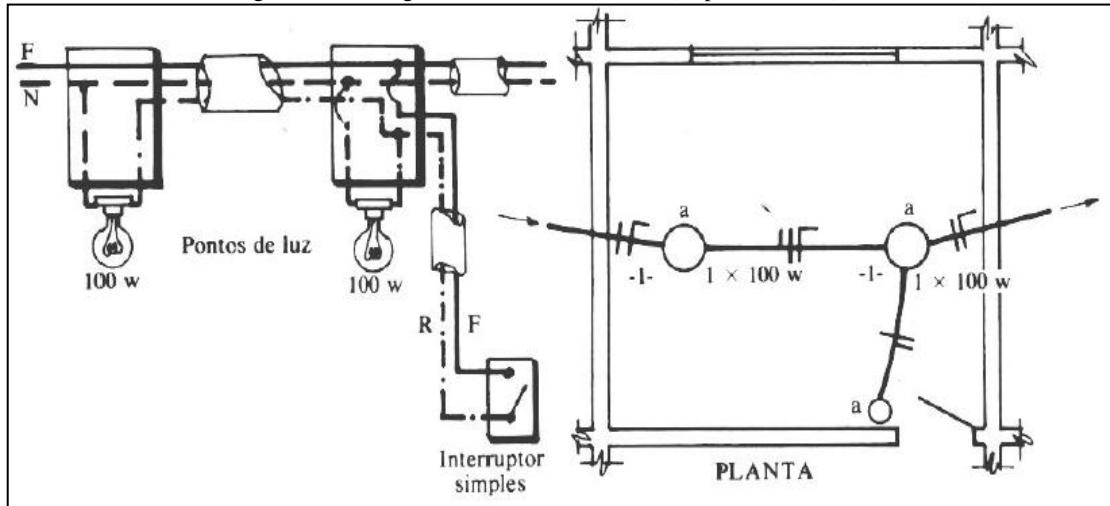


Fonte: O Autor (2012)

3.6.4 Instalação de 2 Lâmpadas, Comandada por Interruptor Simples

Este sistema é utilizado para comandar duas lâmpadas incandescentes de um único ponto.

Figura 3.28 – Diagrama Funcional e Unifilar (respectivamente)

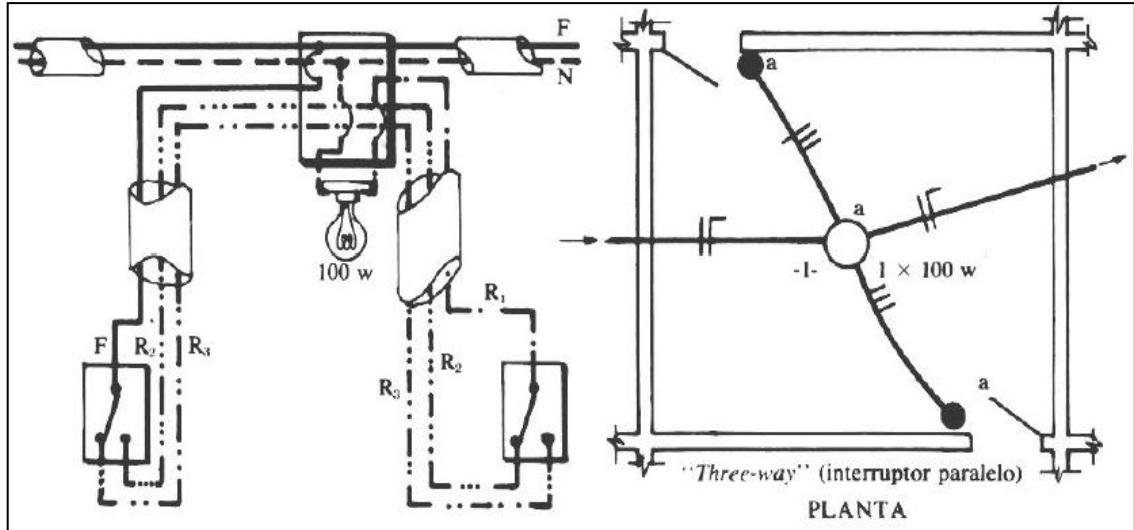


Fonte: O Autor (2012)

3.6.5 Instalação de 1 Lâmpada, Comandada de 2 Pontos (Interruptor Paralelo)

Este sistema é utilizado para comandar uma lâmpada incandescente de dois pontos distintos. O interruptor utilizado neste circuito é denominado de interruptor paralelo ou “three-way”.

Figura 3.29 – Diagrama Funcional e Unifilar (respectivamente)

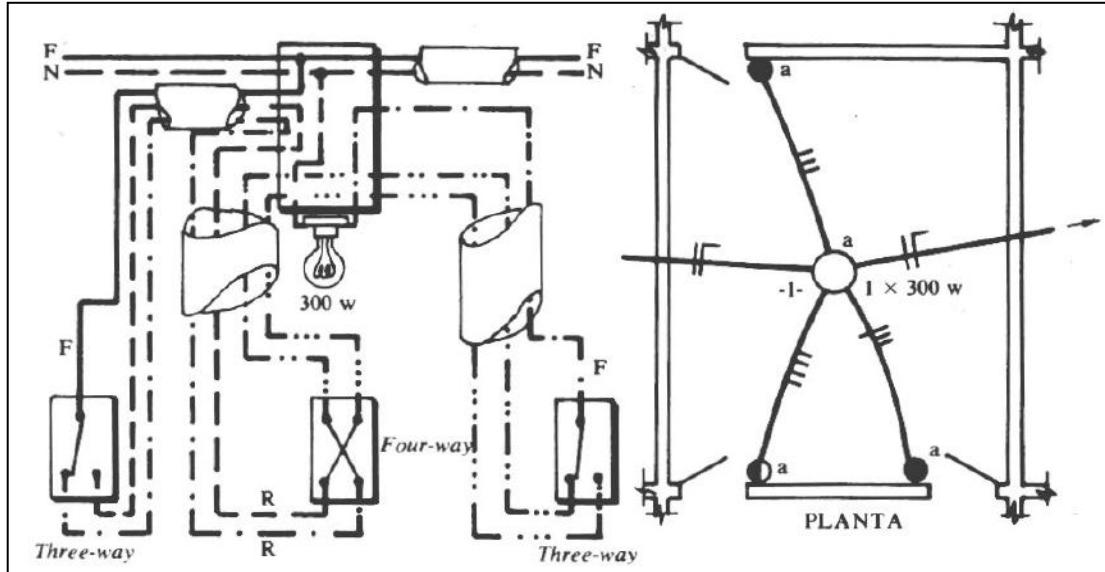


Fonte: O Autor (2012)

3.6.6 Instalação de Lâmpada, Comandada 3 Pontos (Interruptor Intermediário)

Este sistema é utilizado para comandar uma lâmpada incandescente de três ou mais pontos distintos. Os interruptores utilizados neste circuito são dois paralelos e um intermediário ou “four-way”, sendo que sempre nas extremidades estarão dois interruptores paralelos e no centro do circuito um ou vários interruptores intermediários, dependendo da necessidade.

Figura 3.30 – Diagrama Funcional e Unifilar (respectivamente)

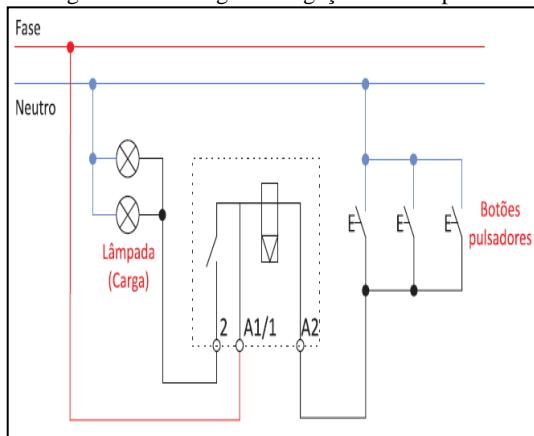


Fonte: O Autor (2012)

3.6.7 Instalação de Lâmpada, Comandada de Vários Pontos (Relé de Impulso)

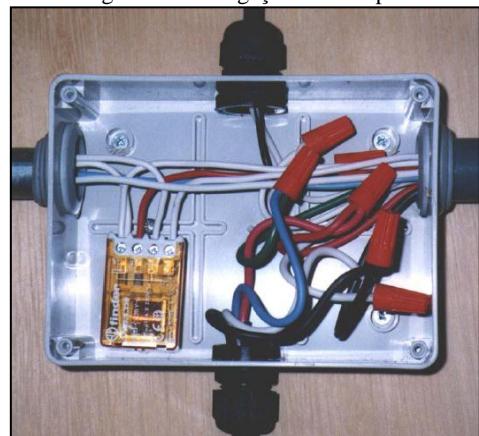
Este sistema é utilizado para comandar uma lâmpada incandescente de vários pontos, utilizando vários botões de impulso com auxílio de um relé de impulso, diminuindo a quantidade de fios, consequentemente a bitola de eletrodotros para passagem destes. Este sistema substitui o uso de interruptores paralelos e intermediários.

Figura 3.31 – Diagrama Ligação Relé Impulso



Fonte: FINDER (2012)

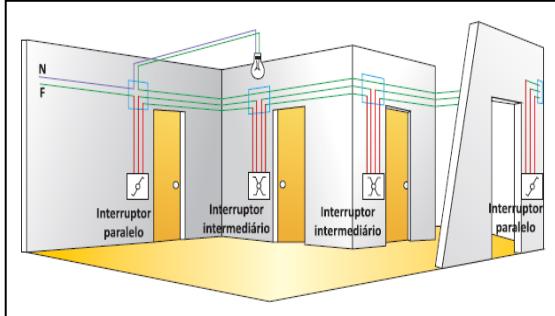
Figura 3.32 – Ligação Relé Impulso



Fonte: FINDER (2012)

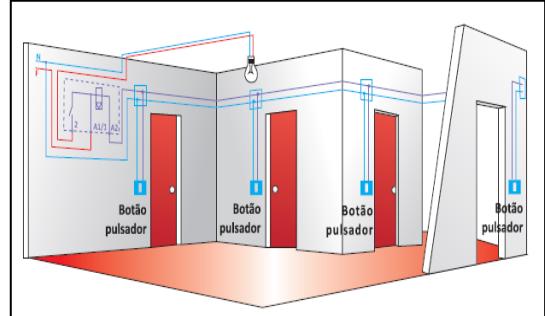
As Figuras 3.33 e 3.34, mostram comparativos de uma instalação utilizando interruptores paralelos com auxilio de interruptores intermediários e utilização de relé de impulso.

Figura 3.33 – Sistema Interruptor Intermediário



Fonte: O Autor (2012)

Figura 3.34 – Sistema com Relé de Impulso



Fonte: O Autor (2012)

3.6.8 Instalação de Lâmpada Incandescente Comandada por Dimmer

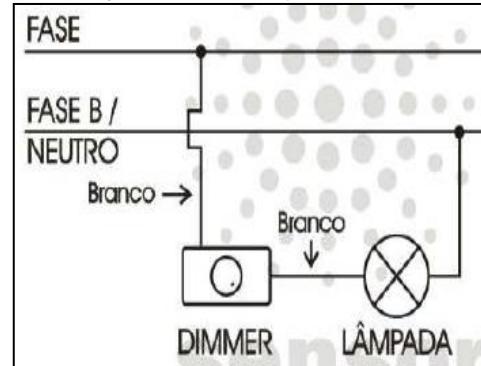
Este sistema além de comandar uma lâmpada incandescente, também serve para aumentar ou diminuir o nível de iluminação da mesma, variando a tensão aplicada sobre a lâmpada, consequentemente variando sua luminosidade. Só podemos instalar dimmer em lâmpadas incandescentes, lâmpadas de descargas não permitem o uso.

Figura 3.35 – Dimmer



Fonte: O Autor (2012)

Figura 3.36 – Instalação Dimmer



Fonte: O Autor (2012)

3.6.9 Instalação de Lâmpada Comandada por Fotocélula

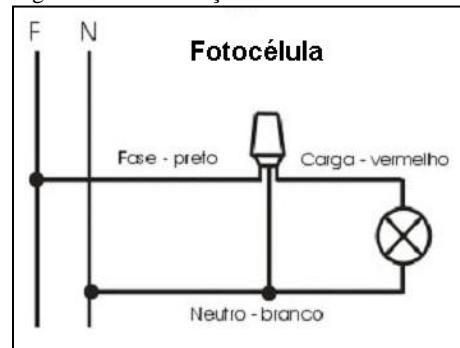
O relé fotoelétrico ou fotocélula automatiza um sistema de iluminação e faz com que ao anoitecer seja acionada a iluminação e ao amanhecer desligada. É claro que isso não se aplica somente nesta situação, basta haver variação na iluminação do ambiente e esta sensibilizar o relé para que este atue.

Figura 3.37 – Fotocélula



Fonte: O Autor (2012)

Figura 3.38 – Instalação de Fotocélula

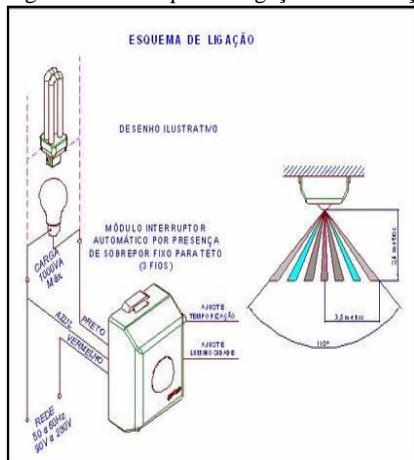


Fonte: O Autor (2012)

3.6.10 Instalação de Lâmpada Comandada por Sensor de Presença

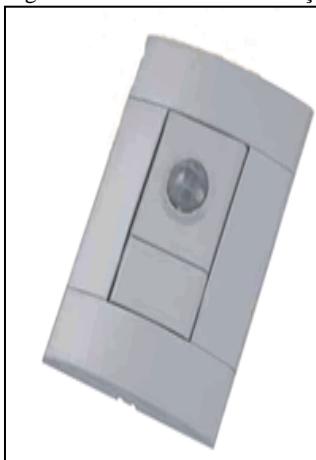
O sensor de presença vem tendo uma alta aceitação no mercado, pois o mesmo aciona lâmpadas através de movimento no ambiente em que o ele está instalado. Utiliza um sensor infravermelho, que detecta o calor de algo que se movimenta no ambiente, este possui um circuito secundário que interpreta o sinal proveniente deste sensor, acionando geralmente um relé, onde será acionado a carga (lâmpada). Existe sensor de presença também com sensor de luminosidade, ou seja, quando o ambiente não necessita de iluminação, este sensor não faz o acionamento da lâmpada, melhorando ainda mais a performance do sistema, economizando energia. Este equipamento também é provido de um sistema de minutaria, ou seja, após a acionamento da lâmpada, esta permanecerá ligada por um determinado tempo pré-definido.

Figura 3.39 – Esquema Ligação S. Presença



Fonte: O Autor (2012)

Figura 3.40 – Sensor de Presença



Fonte: EXATRON (2012)

Figura 3.41 – Sensor de Presença



Fonte: EXATRON (2012)

3.6.11 Instalação de Lâmpada Comandada por Minutaria Coletiva

A minutaria é muito utilizada em prédios, principalmente em corredores ou escadarias, onde ao acionar um botão de impulso, a iluminação se acende por um determinado tempo, após decorrido este tempo a mesma desliga-se automaticamente.

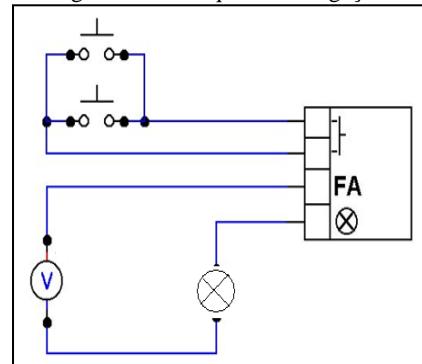
Atualmente só se encontram minutarias eletrônicas e todas possuem um esquema de ligação estampado em sua carcaça.

Figura 3.42 – Minuteria Coletiva



Fonte: EXATRON (2012)

Figura 3.43 – Esquema de Ligação



Fonte: EXATRON (2012)

3.7 INSTALAÇÃO DE CAMPAINHA

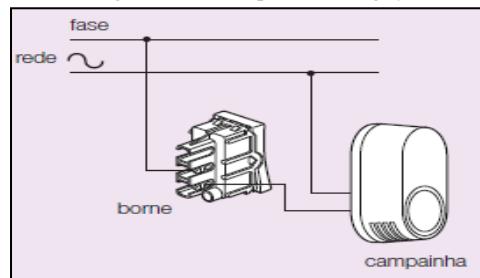
A campainha é um equipamento que emite um sinal sonoro, tendo utilidade para alertar, ou chamar no caso de instalação predial.

Figura 3.44 – Campainha



Fonte: PIAL (2012)

Figura 3.45 – Esquema de Ligação



Fonte: PIAL (2012)

3.8 INSTALAÇÃO DE PROGRAMADOR HORÁRIO DIGITAL

O Programador Horário Digital tem a função de ligar ou desligar cargas (iluminação ou tomadas) através de uma programação pré-determinada em seu painel digital, podendo ser programado, semana, dia, hora de determinada atuação liga ou desliga. Podem ser encontrados para painel ou tomada.

Figura 3.46 – Programador Horário de Painel



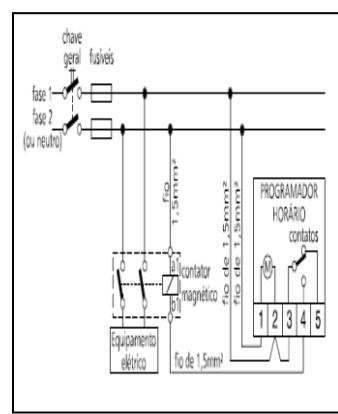
Fonte: COEL (2012)

Figura 3.47 – Programador Horário de Tomada



Fonte: O Autor (2012)

Figura 3.48 – Esquema de Ligação

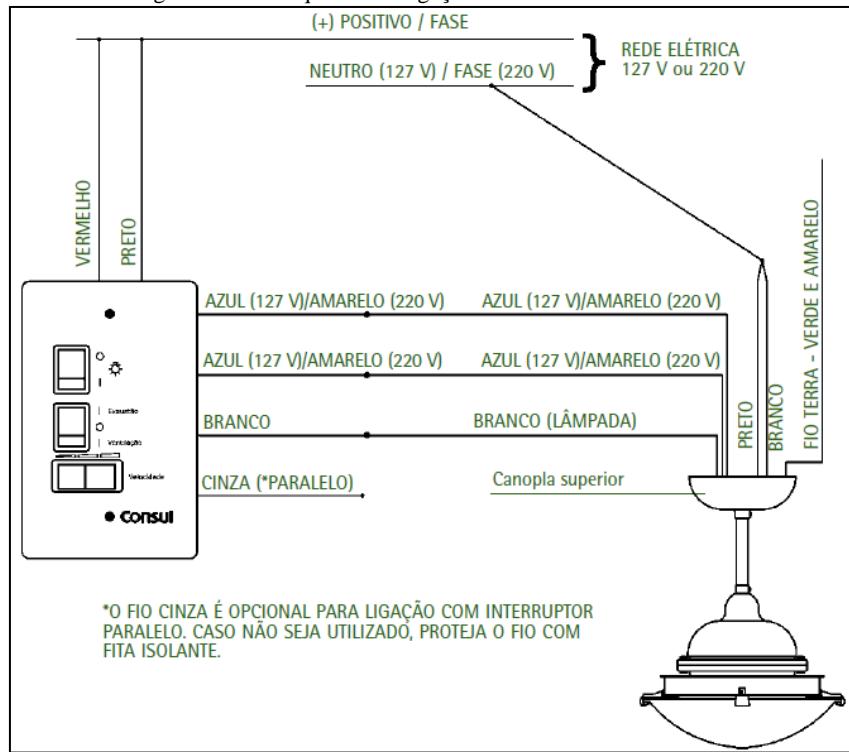


Fonte: COEL (2012)

3.9 INSTALAÇÃO DE VENTILADOR DE TETO

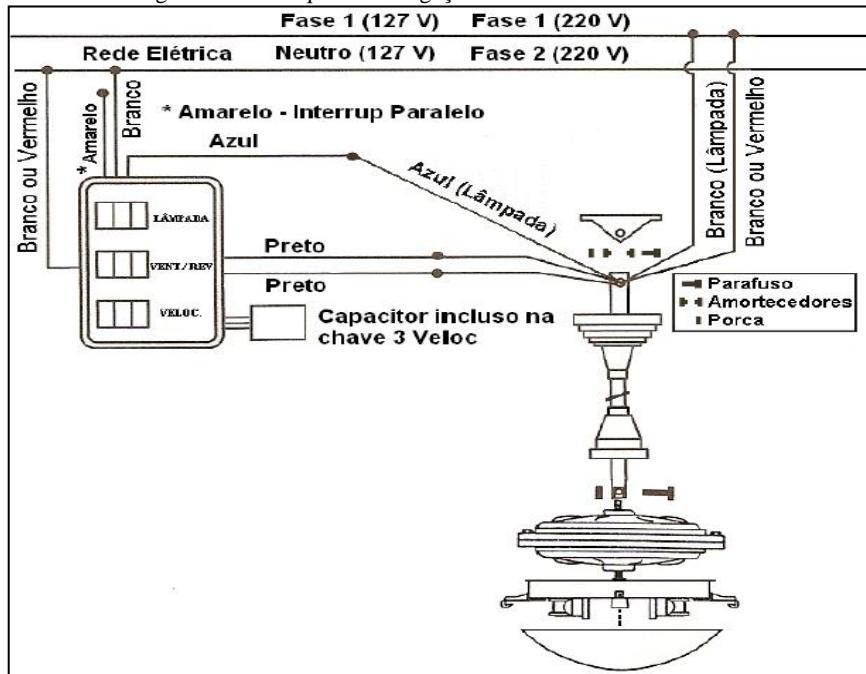
Um equipamento muito solicitado para instalação em residências é o ventilador de teto, este geralmente associado a um sistema de iluminação, onde em um painel de comando posso acionar o ventilador, tendo a opção de aumentar e diminuir a velocidade, selecionar modo ventilador ou exaustor e um acionamento de uma lâmpada conjugada ao ventilador.

Figura 3.49 – Esquema de Ligação Ventilador de Teto Consul



Fonte: CONSUL (2012)

Figura 3.50 – Esquema de Ligação Ventilador de Teto



Fonte: O Autor (2012)

3.10 DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO

São utilizados vários dispositivos de proteção em instalações elétricas, veremos alguns destes.

3.10.1 Disjuntores

Disjuntores são equipamentos de proteção, destinados a proteger um determinado circuito contra sobrecarga e/ou curto-circuito. Em nossas instalações poderemos utilizar disjuntores térmicos (DT), que protegem apenas contra sobrecarga, ou termomagnéticos (DTM), que protegem contra sobrecorrente. Os disjuntores proporcionam também a manobra (ligar/desligar) dos circuitos ao qual estão protegendo.

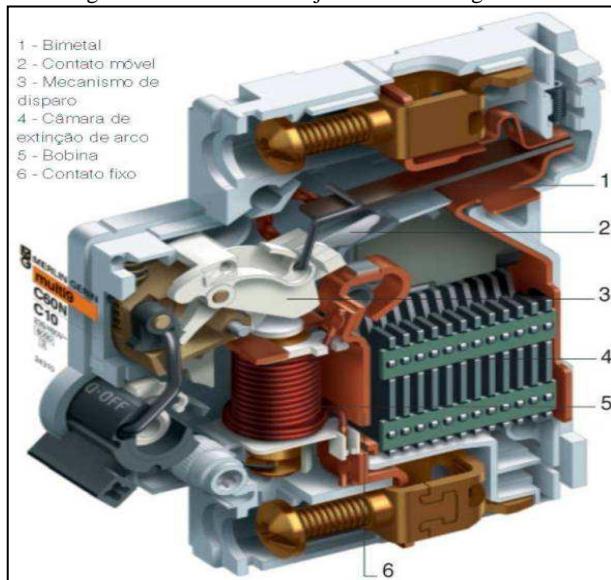
Sobrecarga é a elevação gradativa da corrente, e sobrecorrente é a elevação instantânea da corrente (curto-círcito). (NAGEL,2008).

Figura 3.51 – Disjuntor Termomagnético Siemens



Fonte: SIEMENS (2012)

Figura 3.52 – Detalhe Disjuntor Termomagnético

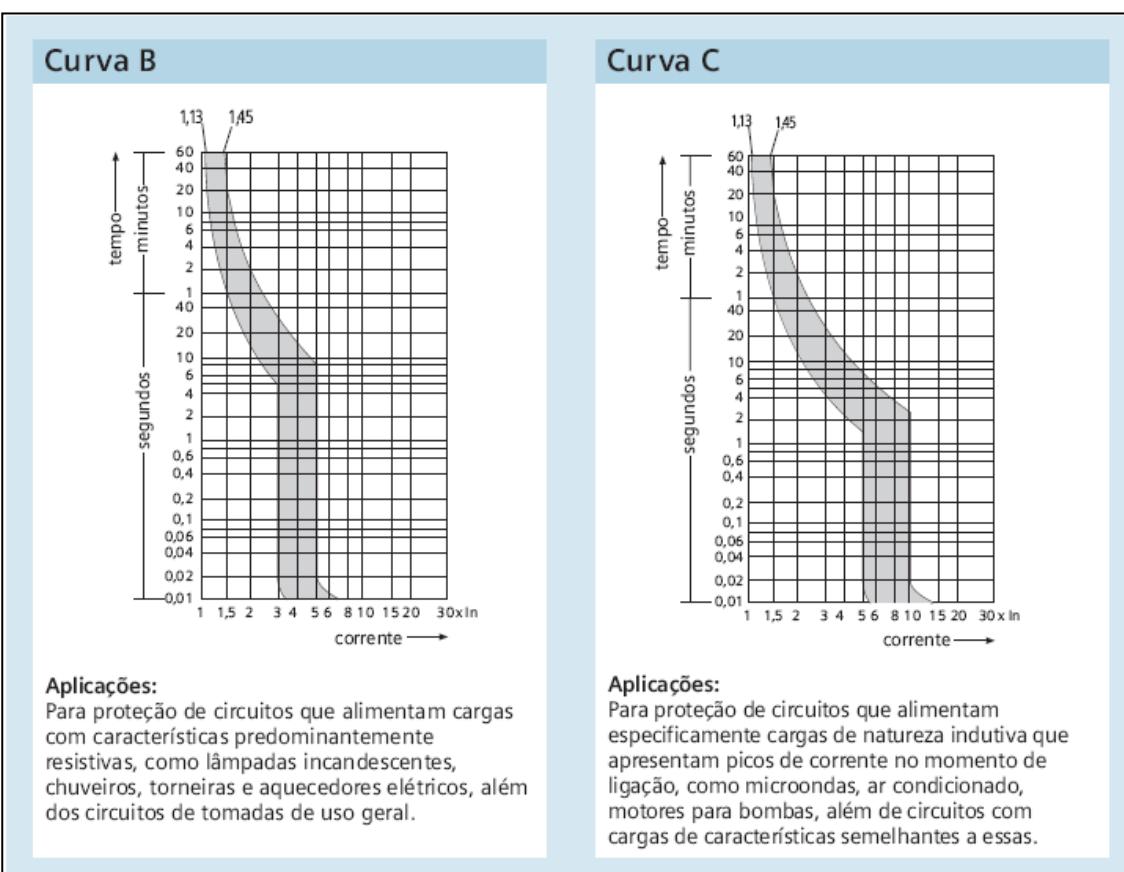


Fonte: SCHNEIDER ELECTRIC (2012)

Existem muitos modelos e fabricantes de disjuntores, por isso no catálogo destes fabricantes encontramos diversas correntes nominais, mas podemos tomar por base as seguintes: 6A, 10A; 15A; 20A; 25A; 30A; 35A; 40A; 50A; 60A e 70A.

O disjuntor deve proteger a isolação dos condutores contra excessivo aquecimento oriundo de sobrecarga ou curto circuito. Um disjuntor termomagnético possui uma curva de atuação semelhante as curvas da Fig. 3.53.

Figura 3.53 – Curvas de Disjuntores



Fonte: SIEMENS (2012)

A norma prevê que os dispositivos de proteção devam atuar em até uma hora (ou em até duas horas para dispositivos maiores) quando houver uma sobrecarga de 45%, protegendo desta forma os condutores da instalação contra excessivo aquecimento.

Nas curvas da fig. 3.53, na linha horizontal temos a sobrecarga de corrente, a linha sombreada nas curvas anteriores mostra o limite de atuação do dispositivo (13% de sobrecarga) e a atuação garantida (45%), para correntes maiores o tempo de atuação será menor e vice versa, note que em caso de curto circuito a atuação é quase instantânea com correntes em torno de 6 vezes a corrente nominal.

No escolha do disjuntor, devemos satisfazer as seguintes condições:

$$I_p \leq I_N \leq I_z$$

Onde I_p = corrente nominal do projeto

I_N = corrente nominal do disjuntor

I_z = capacidade de condução do condutor (já com os fatores de correção, se necessários).

$$I_2 \leq 1,45 \times I_z$$

Onde I_2 = corrente que assegura efetivamente a atuação do dispositivo.

Ou seja, a norma diz que a corrente nominal do disjuntor deve ser maior que a corrente do projeto (das cargas) para que não tenhamos o disparo do aleatório do disjuntor, mas que a mesma seja suficiente para proteger o condutor. (NAGEL,2008).

A corrente nominal dos disjuntores diminui com o acréscimo da temperatura ambiente, conforme tabela 3.10, que mostra esta influência:

Tabela 3.10 – Variação Corrente com Temperatura

Temp.°C	20		30		40		50	
	U	M	U	M	U	M	U	M
I_N (A)	10		9,5	9,6	9,0	9,2	8,5	8,8
	15		14,3	14,4	13,5	13,8	12,8	13,2
	20		19,0	19,2	18,0	18,4	17,0	17,6
	25		23,8	24,0	22,5	23,0	21,3	22,0
	30		28,5	28,8	27,0	27,6	25,5	26,4
	35		33,3	33,6	31,5	32,2	29,8	30,8
	40		38,0	38,4	36,0	36,8	34,0	35,2
	50		47,5	48,0	45,0	46,0	42,5	44,0
	60		57,0	57,6	54,0	55,2	51,0	52,8

Fonte: SIEMENS (2012)

U = disjuntor unipolar

M = disjuntor multipolar

3.10.2 Interruptores ou Disjuntores DR

Os interruptores / disjuntores diferenciais residuais são dispositivos utilizados para proteção de pessoas ou animais contra choques elétricos e das instalações contra incêndios, é uma exigência da NBR 5410/05.

Seu princípio de funcionamento baseia-se na diferença das correntes de entrada e saída do circuito, ou seja, se houver uma “fuga” de corrente, o dispositivo automaticamente detecta esta fuga e desliga.

No mercado existe o IDR (Interruptor Diferencial Residual) e o DR (Disjuntor Diferencial Residual), sendo que o mais comum é o IDR, pelo custo mais acessível, neste caso ele não atua como disjuntor, apenas contra choques elétricos.

O disjuntor diferencial residual atua na proteção contra sobrecorrente e contra contato direto ou indireto de pessoas ou animais. O contato direto como o próprio nome diz é aquele que ocorre diretamente à rede elétrica, geralmente por uma falha na isolação dos condutores que ligam os equipamentos na rede ou por contato nas tomadas de força.

O contato indireto é aquele causado quando uma pessoa toca uma superfície metálica de uma instalação ou equipamento que está energizada por falha na isolação ou em seu funcionamento.

Os dispositivos DR são dispositivos bipolares (fase e neutro ou fase e fase) ou tetrapolares (trifásico + neutro) e são encontrados nas correntes de 10mA até 500mA dependendo da corrente nominal do disjuntor e do tipo de rede de alimentação.

A atuação do dispositivo de 30mA é a que melhor protege o ser humano contra choques acidentais, mesmo que diretos.

Enquanto nos disjuntores conectamos apenas o fase, nos DR conectamos fase e neutro e este não pode ser aterrado após o disjuntor residual diferencial.

Valores de corrente nominais de DR, 25 A, 40 A, 63 A, 80 A, 100 A e 125 A. (NAGEL,2008).

Figura 3.54 – Disjuntores DR



Fonte: SIEMENS (2012)

3.10.3 Dispositivo de Proteção Contra Surto (DPS)

O DPS é utilizado para proteger o circuito contra surtos de tensão, sobretensões causadas por descarga atmosférica (raios).

Figura 3.55 – Disjuntores DPS

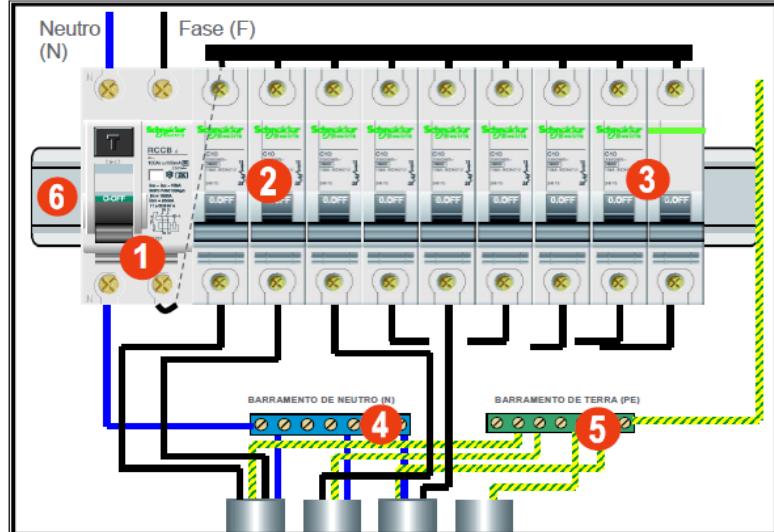


Fonte: O Autor (2012)

3.11 QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO

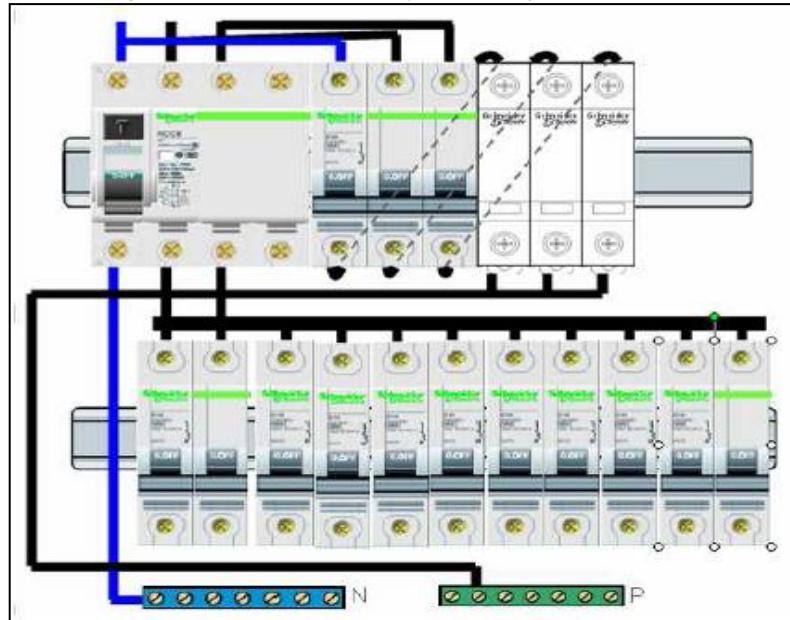
O quadro de distribuição contém os dispositivos de proteção para a instalação (disjuntores, DR e DPS), a quantidade de circuitos depende da quantidade de carga instalada em casa residência.

Figura 3.56 – Quadro Distribuição Com Disjuntores e DR



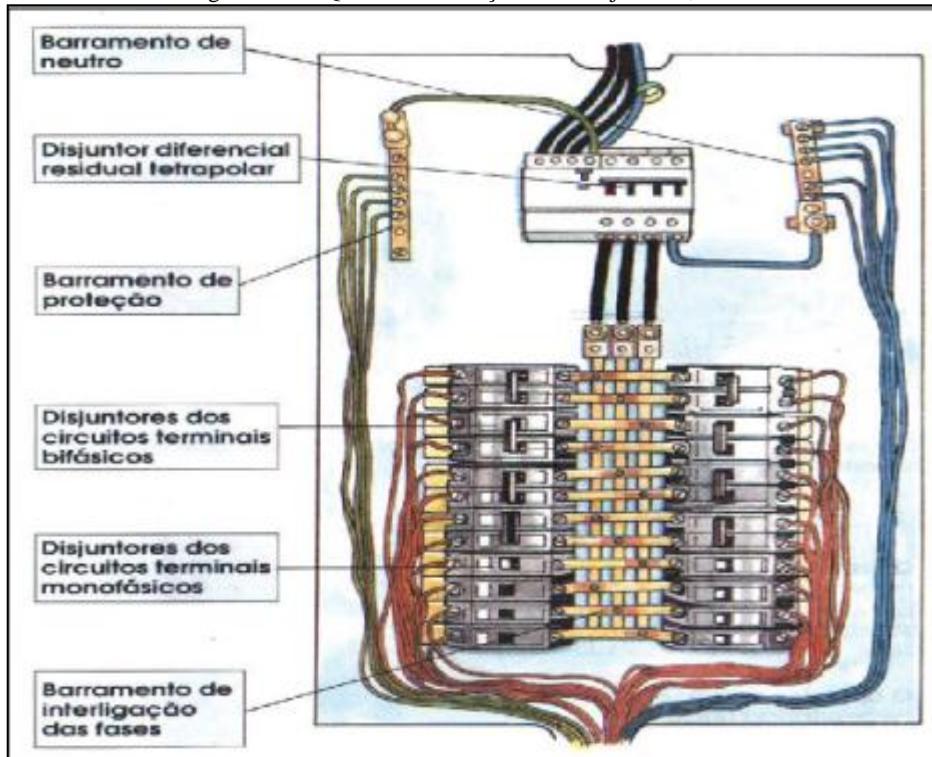
Fonte: SCHNEIDER ELECTRIC (2012)

Figura 3.57 – Quadro Distribuição Com Disjuntores, DR e DPS



Fonte: SCHNEIDER ELECTRIC (2012)

Figura 3.58 – Quadro Distribuição Com Disjuntores, DR



Fonte: O Autor (2012)

3.12 DIVISÃO DE CIRCUITOS

A NBR 5410/2005 determina que os circuitos de iluminação e tomadas sejam separados, logo temos de imediato dois circuitos, ela afirma ainda, que devemos prever um circuito independente para cada equipamento com corrente acima de 10A (TUE - Tomada de Uso Específico).

A esta altura fica extremamente razoável prever que as demais tomadas não estejam em um único circuito, pois se tivermos problemas em uma tomada as demais estarão inutilizadas, portanto devemos dividir o circuito de tomadas gerais (TUG – Tomada de Uso Geral) em quantos circuitos convier.

Uma regra prática considera que nas tomadas de uso geral, a seção do fio não seja superior a $2,5 \text{ mm}^2$, logo, devemos dividir a instalação sempre que o somatório das potências nos circuitos ultrapassar 1270VA em 127V ou 2200VA em 220V(outra regra prática).

Desta divisão serão originados mais circuitos, além destes, devemos prever no quadro de distribuição espaço para um disjuntor geral, um disjuntor diferencial DR, DPS e ainda para futuras ampliações.

A previsão de espaço adicional para futuras ampliações deve ser feita baseado na tabela abaixo:

Tabela 3.11 – Previsão Espaço Adicional Quadro de Distribuição

Até 6 circuitos	2 circuitos adicionais
7 a 12 circuitos	3 circuitos adicionais
13 a 30 circuitos	4 circuitos adicionais
Acima de 30 circuitos	15% dos circuitos

Fonte: NBR 5410 (2004)

Para circuitos bifásicos ou trifásicos as cargas devem ser distribuídas de modo a termos o maior equilíbrio possível entre as fases. (NAGEL,2008).

3.12.1 Circuitos de Iluminação

A NBR 5410/2004 estabelece que se deva prever pelo menos um ponto de luz no teto em cada cômodo ou dependência comandado por interruptor de parede. As arandelas de banheiros devem estar no mínimo a 60 cm do limite do Box.

As potências mínimas devem atender as condições:

- 100 VA para área igual ou inferior a $6m^2$.
- 100 VA para os primeiros $6m^2$ mais 60 VA para cada $4m^2$ inteiros.

Por exemplo, se tivermos um cômodo de $4,5m \times 5m$, a área total será de $22,5m^2$ logo teremos: para os primeiros $6m^2$, 100 VA, como restam $16,5m^2$, dividindo por 4 teremos como resultado 4,125, utilizando os inteiros, ou seja, 4, acrescentamos mais 240 VA de iluminação totalizando 340 VA.

A distribuição desta iluminação deve ser a mais uniforme possível, para evitar espaços iluminados demais e outros com pouca iluminação. Para utilizarmos lâmpadas iguais, podemos arredondar para cima a potência necessária.

Podemos utilizar lâmpadas fluorescentes em vez das incandescentes desde que elas tenham equivalência de fluxo luminoso. A norma não estabelece critérios para a iluminação exterior, ficando esta a cargo do cliente ou do projetista.

3.12.2 Circuitos de Força

As tomadas de força, segundo a norma, são classificadas em dois grupos:

- Tomadas de Uso Geral (TUG)
- Tomadas de Uso Específico (TUE)

As tomadas de uso geral são aquelas utilizadas em eletrodomésticos comuns tais como: televisores, rádios, ventiladores, geladeiras, aspiradores de pó, etc., ou seja, para cargas com pouca potência.

As tomadas de uso específico são aquelas destinadas aos equipamentos de maior consumo tais como: chuveiros, torneiras elétricas, aparelhos de ar condicionado, fornos elétricos, etc.

Em relação as tomadas de uso geral (TUG's) a norma especifica que devemos ter no mínimo uma tomada em dependências iguais ou inferiores a $6m^2$. Para cômodos ou dependências maiores que $6m^2$ no mínimo uma tomada para cada $5m$ ou fração do perímetro.

Para cozinhas, copas ou copa-cozinha, uma tomada a cada $3,5m$ ou fração do perímetro, independentemente da área.

Em banheiros uma tomada junto ao lavatório e distante no mínimo 60cm do Box, independentemente da área.

Em varandas, sótãos, garagens, etc. no mínimo uma tomada, independentemente da área.

As potências atribuídas às tomadas de uso geral são:

- Para banheiros, cozinhas, copas, copa-cozinha, lavanderias, áreas de serviço e semelhantes atribuir 600VA para as três primeiras tomadas e 100VA para as demais.
- Para os demais cômodos ou dependências da residência atribuir 100VA por tomada.

As potências atribuídas às tomadas de uso específico devem ser a potência nominal do equipamento a ser alimentado.

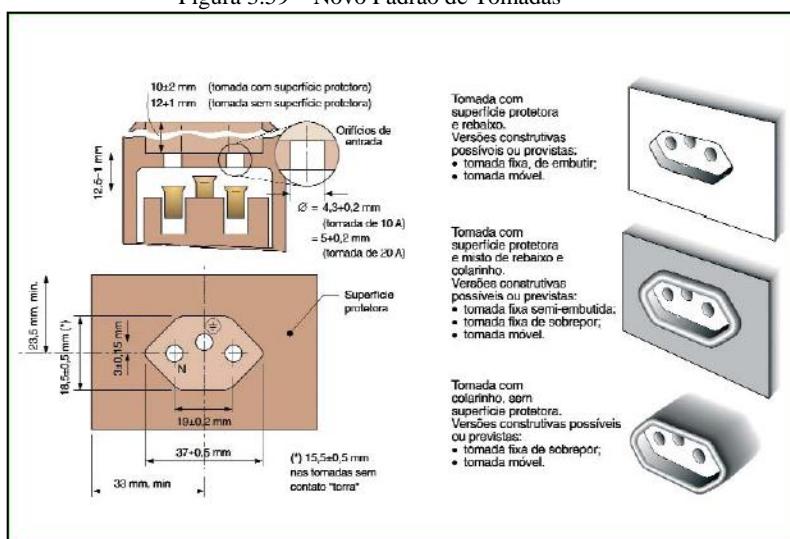
Tabela 3.12 – Potência Nominal de Equipamentos

Aparelhos	Potências nominais típicas (de entrada)	
Aquecedor de água central (boiler)	50 a 100 litros 150 a 200 litros 250 litros 300 a 350 litros 400 litros	1.000 W 1.250 W 1.500 W 2.000 W 2.500 W
Aquecedor de água de passagem		4.000 a 8.000 W
Aquecedor de ambiente (portátil)		500 a 1.500 W
Aspirador de pó (tipo residencial)		500 a 1.000 W
Barbeador		8 a 12 W
Batedeira		100 a 300 W
Cafeteira		1.000 W
Caixa registradora		100 W
Centrifuga		150 a 300 W
Churrasqueira		3.000 W
Chuveiro		2.500 a 7.500 W
Condicionador de ar central		8.000 W
Condicionador tipo janela	7.100 BTU/h 8.500 BTU/h 10.000 BTU/h 12.000 BTU/h 14.000 BTU/h 18.000 BTU/h 21.000 BTU/h 30.000 BTU/h	900 W 1.300 W 1.400 W 1.600 W 1.900 W 2.600 W 2.800 W 3.600 W
Congelador (freezer) residencial		350 a 500 VA
Copiadora tipo xerox		1.500 a 6.500 VA
Cortador de grama		800 a 1.500 W
Distribuidor de ar (fan coil)		250 W
Ebulidor		2.000 W
Esterilizador		200 W
Exaustor de ar para cozinha (tipo residencial)		300 a 500 VA
Ferro de passar roupa		800 a 1.650 W
Fogão (tipo residencial), por boca		2.500 W
Forno (tipo residencial)		4.500 W
Forno de microondas (tipo residencial)		1.200 VA
Geladeira (tipo residencial)		150 a 500 VA
Grelha		1.200 W
Lavadora de pratos (tipo residencial)		1.200 a 2.800 VA
Lavadora de roupas (tipo residencial)		770 VA
Liquidificador		270 W
Máquina de costura (doméstica)		60 a 150 W
Microcomputador		200 a 300 VA
Projector de slides		250 W
Retroprojector		1.200 W
Secador de cabelo (doméstico)		500 a 1.200 W
Secadora de roupas (tipo residencial)		2.500 a 6.000 W
Televisor		75 a 300 W
Torneira		2.800 a 4.500 W
Torradeira (tipo residencial)		500 a 1.200 W
Triturador de lixo (de pia)		300 W
Ventilador (circulador de ar) portátil		60 a 100 W
Ventilador (circulador de ar) de pé		300 W

Fonte: SCHNEIDER ELECTRIC (2012)

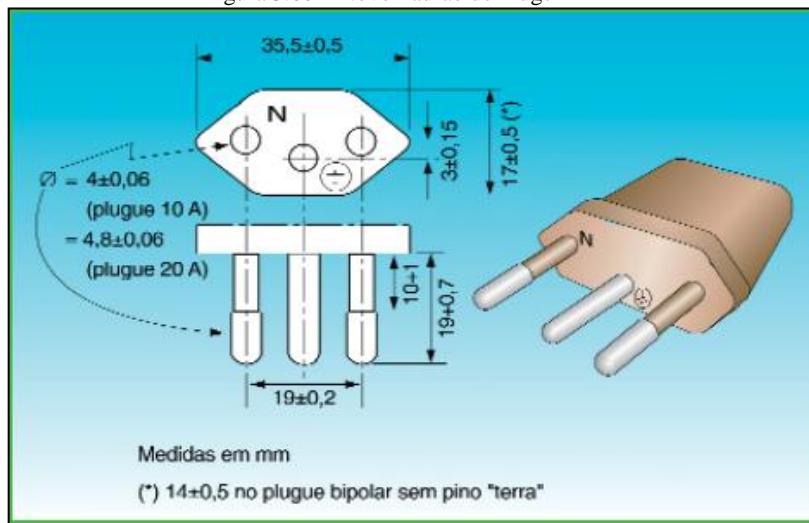
O Brasil adotou um novo padrão de tomadas, exigindo que a mesma possua três pinos, sendo acrescentado o condutor de proteção PE, onde é conectado o fio terra.

Figura 3.59 – Novo Padrão de Tomadas



Fonte: SCHNEIDER ELECTRIC (2012)

Figura 3.60 – Novo Padrão de Plugs



Fonte: SCHNEIDER ELECTRIC (2012)

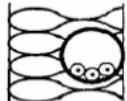
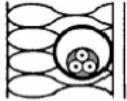
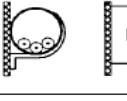
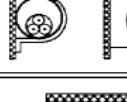
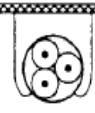
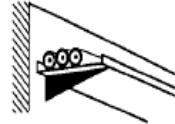
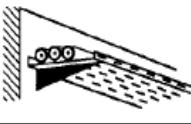
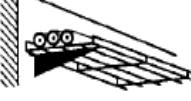
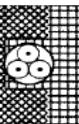
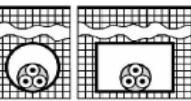
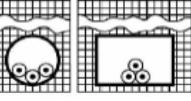
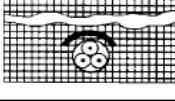
3.13 DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES ELÉTRICOS

Iremos abordar neste material o dimensionamento de cabos através de dois métodos, conforme a NBR-5410/2005, um método é pela capacidade de condução de corrente e outro pela queda de tensão. (NAGEL,2008).

3.13.1 Método pela capacidade de Condução de Corrente

A NBR-5410/2005 apresenta várias maneiras de instalar um condutor, sendo que cada maneira influí na capacidade de condução de corrente do condutor. Outros fatores importantes também é a temperatura ambiente onde este cabo estará exposto e a quantidade de cabo que existe dentro do conduto. A tabela 3.13, mostra algumas maneiras de instalar mais comuns, conforme NBR5410/2005.

Tabela 3.13 - Maneiras de Instalar

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
1	 Face interna	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A1
2	 Face interna	Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A2
3		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B1
4		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B2
11B		Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado do teto mais de 0,3 vez o diâmetro do cabo	C
12		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja não-perfurada, perfurada ou prateleira ³⁾	C
13		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja perfurada, horizontal ou vertical ⁴⁾	E (multipolar) F (unipolares)
14		Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre suportes horizontais, eletrocalha aramada ou tela	E (multipolar) F (unipolares)
52		Cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) diretamente em alvenaria sem proteção mecânica adicional	C
53		Cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) diretamente em alvenaria com proteção mecânica adicional	C
61		Cabo multipolar em eletroduto(de seção circular ou não) ou em canaleta não-ventilada enterrado(a)	D
61A		Cabos unipolares em eletroduto(de seção não-circular ou não) ou em canaleta não-ventilada enterrado(a) ⁸⁾	D
63		Cabos unipolares ou cabo multipolar diretamente enterrado(s), com proteção mecânica adicional ⁹⁾	D

Após saber a maneira como o condutor é instalado, devo calcular a corrente nominal do circuito, aplicar os fatores de correção de temperatura ou agrupamento conforme tabelas 3.14 e 3.15.

Tabela 3.14 Fator de Correção de Temperatura

Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não-subterrâneas e de 20°C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas		
Temperatura °C	Isolação	
	PVC	EPR ou XLPE
Ambiente		
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76
60	0,50	0,71
65	—	0,65
70	—	0,58
75	—	0,50
80	—	0,41
Do solo		
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	—	0,60
70	—	0,53
75	—	0,46
80	—	0,38

Fonte: NBR-5410 (2005)

Tabela 3.15 Fator de Correção por Agrupamento

Ref.	Forma de agrupamento dos condutores	Número de circuitos ou de cabos multipolares											Tabelas dos métodos de referência
		1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19	
1	Em feixe: ao ar livre ou sobre superfície; embutidos; em conduto fechado	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38
2	Camada única sobre parede, piso, ou em bandeja não perfurada ou prateleira	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70			
3	Camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61			
4	Camada única em bandeja perfurada	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72			
5	Camada única sobre leito, suporte etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78			

Fonte: NBR-5410 (2005)

A tabela 3.16, indica o número de condutores carregados, de acordo com o tipo de circuito.

Tabela 3.16 Número de Condutores Carregados

Número de condutores carregados a ser considerado, em função do tipo de circuito	
Esquema de condutores vivos do circuito	Número de condutores carregados a ser adotado
Monofásico a dois condutores	2
Monofásico a três condutores	2
Duas fases sem neutro	2
Duas fases com neutro	3
Trifásico sem neutro	3
Trifásico com neutro	3 ou 4 ¹⁾

¹⁾ Ver 6.2.5.6.1.

Fonte: NBR-5410 (2005)

A tabela 3.17, indica a seção do condutor Neutro.

Tabela 3.17 Condutor Neutro

Seção reduzida do condutor neutro	
Seção dos condutores de fase mm ²	Seção reduzida do condutor neutro mm ²
S ≤ 25	S
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

Fonte: NBR-5410 (2005)

A tabela 3.18, indica a seção do condutor de Proteção.

Tabela 3.18 Condutor de Proteção

Seção mínima do condutor de proteção	
Seção dos condutores de fase S mm²	Seção mínima do condutor de proteção correspondente mm²
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

Fonte: NBR-5410 (2005)

As Tabelas 3.19 à 3.21 são os padrões para capacidade de condução de corrente, das várias maneiras de instalar cada bitola de cabo.

Tabela 3.19 Capacidade de Condução de Corrente (PVC)

Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D													
Seções nominais mm²	Métodos de referência indicados na tabela 33												
	A1			A2			B1			B2			C
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	D
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	
Cobre													
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	

Tabela 3.20 Capacidade de Condução de Corrente-PVC(Continuação)

Alumínio													
16	48	43	44	41	60	53	54	48	66	59	62	52	
25	63	57	58	53	79	70	71	62	83	73	80	66	
35	77	70	71	65	97	86	86	77	103	90	96	80	
50	93	84	86	78	118	104	104	92	125	110	113	94	
70	118	107	108	98	150	133	131	116	160	140	140	117	
95	142	129	130	118	181	161	157	139	195	170	166	138	
120	164	149	150	135	210	186	181	160	226	197	189	157	
150	189	170	172	155	241	214	206	183	261	227	213	178	
185	215	194	195	176	275	245	234	208	298	259	240	200	
240	252	227	229	207	324	288	274	243	352	305	277	230	
300	289	261	263	237	372	331	313	278	406	351	313	260	
400	345	311	314	283	446	397	372	331	488	422	366	305	
500	396	356	360	324	512	456	425	378	563	486	414	345	
630	456	410	416	373	592	527	488	435	653	562	471	391	
800	529	475	482	432	687	612	563	502	761	654	537	446	
1 000	607	544	552	495	790	704	643	574	878	753	607	505	

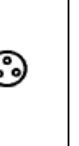
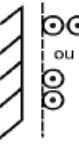
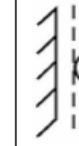
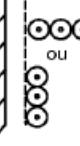
Fonte: NBR-5410 (2005)

Tabela 3.21 Capacidade de Condução de Corrente (EPR ou XLPE)

Seções nominais mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	10	9	10	9	12	10	11	10	12	11	14	12
0,75	12	11	12	11	15	13	15	13	16	14	18	15
1	15	13	14	13	18	16	17	15	19	17	21	17
1,5	19	17	18,5	16,5	23	20	22	19,5	24	22	26	22
2,5	26	23	25	22	31	28	30	26	33	30	34	29
4	35	31	33	30	42	37	40	35	45	40	44	37
6	45	40	42	38	54	48	51	44	58	52	56	46
10	61	54	57	51	75	66	69	60	80	71	73	61
16	81	73	76	68	100	88	91	80	107	96	95	79
25	106	95	99	89	133	117	119	105	138	119	121	101
35	131	117	121	109	164	144	146	128	171	147	146	122
50	158	141	145	130	198	175	175	154	209	179	173	144
70	200	179	183	164	253	222	221	194	269	229	213	178
95	241	216	220	197	306	269	265	233	328	278	252	211
120	278	249	253	227	354	312	305	268	382	322	287	240
150	318	285	290	259	407	358	349	307	441	371	324	271
185	362	324	329	295	464	408	395	348	506	424	363	304
240	424	380	386	346	546	481	462	407	599	500	419	351
300	486	435	442	396	628	553	529	465	693	576	474	396

Fonte: NBR-5410 (2005)

Tabela 3.22 Capacidade de Condução de Corrente (PVC)

Seções nominais dos condutores mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33							
	Cabos multipolares		Cabos unipolares ¹⁾					
	Dois condutores carregados	Três condutores carregados	Dois condutores carregados, justapostos	Três condutores carregados, em trifólio	Três condutores carregados, no mesmo plano			
	Método E	Método E	Método F	Método F	Justapostos	Espaçados		
			 ou 		 ou 	Horizontal	Vertical	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Cobre								
0,5	11	9	11	8	9	12	10	
0,75	14	12	14	11	11	16	13	
1	17	14	17	13	14	19	16	
1,5	22	18,5	22	17	18	24	21	
2,5	30	25	31	24	25	34	29	
4	40	34	41	33	34	45	39	
6	51	43	53	43	45	59	51	
10	70	60	73	60	63	81	71	
16	94	80	99	82	85	110	97	
25	119	101	131	110	114	146	130	
35	148	126	162	137	143	181	162	
50	180	153	196	167	174	219	197	
70	232	196	251	216	225	281	254	

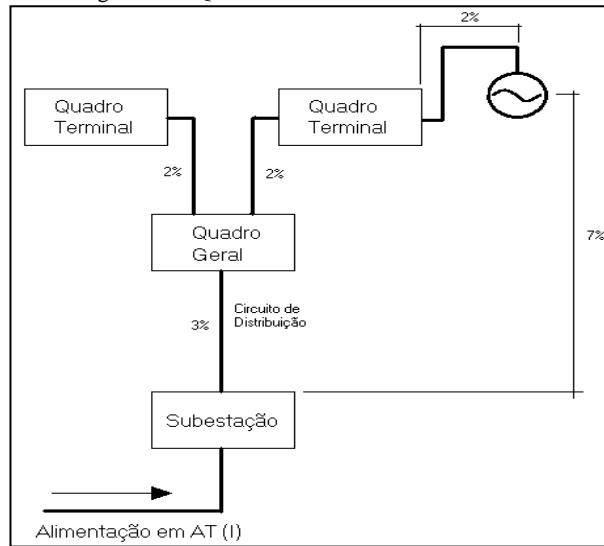
Fonte: NBR-5410 (2005)

3.13.2 Método pelo critério da queda de tensão

A queda de tensão não deve ser superior aos limites estabelecidos pela NBR-5410, cuja finalidade é não prejudicar o funcionamento dos equipamentos de utilização conectados aos circuitos da instalação.

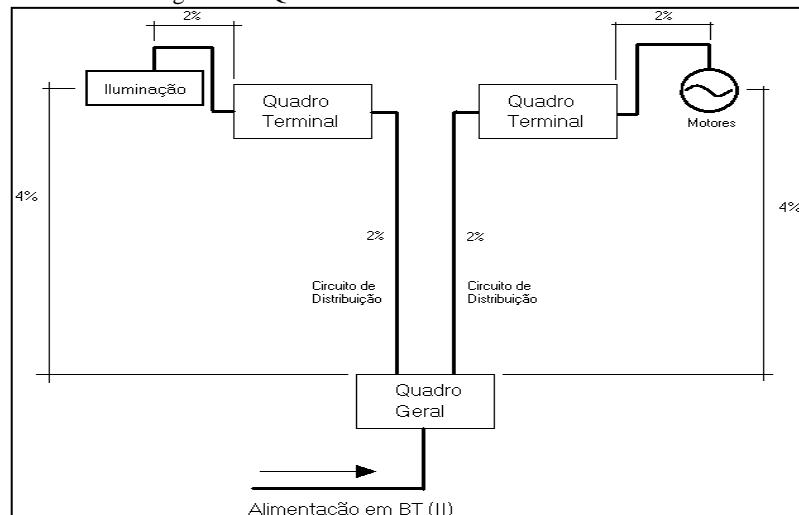
A queda de tensão, desde a origem até o ponto mais afastado de qualquer circuito de utilização não deve ser superior aos estabelecidos conforme figuras 3.62 e 3.63.

Figura 3.62 Queda de Tensões Permitidas AT



Fonte: NBR-5410 (2005)

Figura 3.63 Queda de Tensões Permitidas BT



Fonte: NBR-5410 (2005)

Em qualquer um dos dois casos, a queda de tensão máxima entre dois pontos é de 2%.

3.13.2.1 Queda de tensão para circuitos monofásicos.

$$\Delta V\% = \frac{200 \times \rho \times L_c \times I_c \times \cos \phi}{S_c \times V_{fn}}$$

Onde:

ρ (resistividade do material) |

ϕ = ângulo do fator de potência

L_c = comprimento do circuito, em metros;

I_c = corrente total do circuito, em Ampere;

S_c = área da seção do condutor, em mm², determinado pelo critério da capacidade (capacidade de condução de corrente).

V_{fn} = tensão entre fase e neutro, em Volt

3.13.2.2 Queda de tensão para circuitos trifásicos.

$$\Delta V\% = \frac{173,2 \times \rho \times L_c \times I_c \times \cos \phi}{S_c \times V_{FF}}$$

Exemplo:

V_{FF} = tensão fase – fase = 380V

S_c cabo 16mm²

$\cos \phi = 0,92$

$L_c = 50m$

$I_c = 60A$

$$\Delta V\% = \frac{173,2 \times 1/56 \times 50 \times 60 \times 0,92}{16 \times 380}$$

$$\boxed{\Delta V\% = 1,4\%}$$

4 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS INDUSTRIAIS

Neste capítulo trataremos de instalações elétricas industriais, focando em vários tipos de partidas convencionais de motores elétricos.

4.1 MOTORES ELÉTRICOS

Motores elétricos são dispositivos que transformam energia elétrica em energia mecânica cujo acionamento pode ser por corrente contínua ou alternada. Devido a diferença de custo, o motor de corrente alternada é o mais amplamente utilizado.

Em aplicações específicas tais como o controle preciso de velocidade, a utilização do motor de corrente contínua é mais apropriada.

Apresentaremos alguns tipos de motores elétricos.

4.1.1 Motor Universal

O motor universal pode operar tanto com corrente alternada quanto contínua, daí sua denominação. É utilizado em pequenos eletrodomésticos tais como furadeiras, liquidificadores, aspiradores de pó, etc.

Em baixas velocidades possui grande torque e em altas velocidades sua aplicação é para pequenas cargas. Normalmente são fabricados para potências de até 3/4 de CV.

4.1.2 Motor de Corrente Contínua

É aplicado onde é necessário o controle preciso de velocidade, são motores com dimensões maiores e custo mais elevado.

4.1.3 Motor de Corrente Alternada

São os motores mais utilizados, podem ser monofásicos ou trifásicos e se dividem em diversas categorias, abordaremos as mais usuais.

4.2 MOTORES ELÉTRICOS MONOFÁSICOS (FASE AUXILIAR)

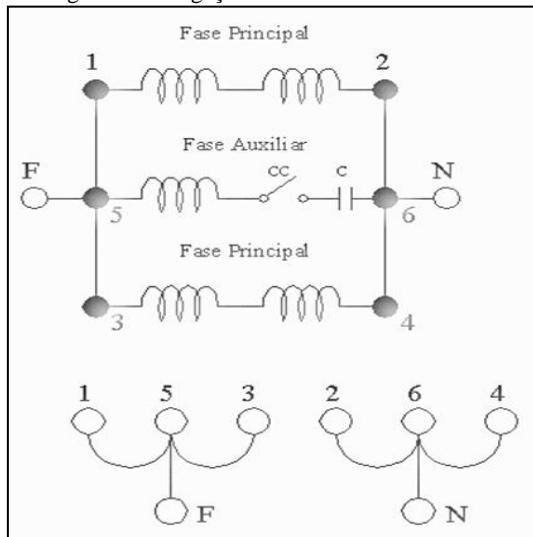
Fabricados normalmente em potências de até 2 CV, podem ser construídos com dois, quatro ou seis terminais de ligação. Os motores com dois terminais funcionam em apenas uma tensão, 110V ou 220V e em apenas um sentido de rotação, os de quatro terminais possuem duas tensões de trabalho sem inversão (existem motores com quatro terminais e uma tensão de trabalho que permitem inversão no sentido de rotação) e os de seis terminais possuem dois enrolamentos principais ou de trabalho e um enrolamento auxiliar ou de partida e podem ser ligados nas duas tensões permitindo inversão no sentido de rotação.

Figura 4.1 – Motor Monofásico



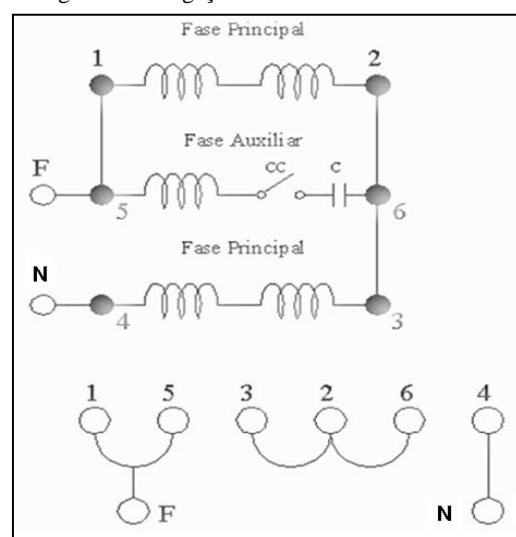
Fonte: WEG (2012)

Figura 4.2 – Ligação Motor 1Ø em 110V



Fonte: O Autor (2012)

Figura 4.3 – Ligação Motor 1Ø em 220V



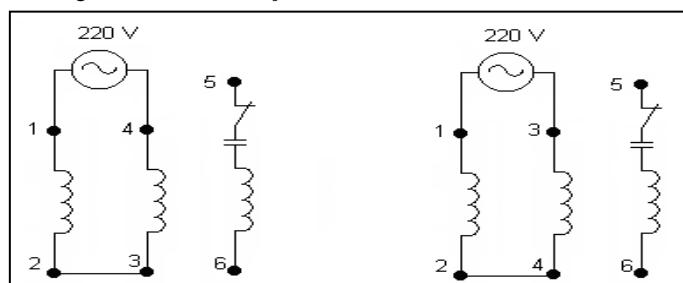
Fonte: O Autor (2012)

4.2.1 Identificação das bobinas de um motor monofásico com seis terminais

Primeiramente medimos a resistência dos enrolamentos, aquela que apresentar maior resistência será o enrolamento auxiliar, em seguida conectamos em série os enrolamentos principais numerando-os de 1 a 4.

Aplique a tensão nominal das bobinas e meça a corrente que circula, em seguida inverta o sentido do enrolamento 3 e 4 medindo novamente a corrente. A numeração correta será aquela que apresentar menor corrente. (NAGEL,2008).

Figura 4.4 – Identificação das Bobinas Motor Monofásico



Fonte: (NAGEL,2008)

Para os motores de quatro terminais, geralmente o enrolamento principal é numerado como 1 e 2 e o enrolamento auxiliar como 3 e 4, para mudarmos o sentido de rotação basta inverter os terminais 3 e 4 ou se tivermos duas tensões, ligarmos os enrolamentos em série(maior tensão) ou em paralelo (menor tensão).

Nos motores de seis terminais os enrolamentos principais (1 e 2, 3 e 4) são ligados em paralelo quando desejamos alimentar o motor em 110V e em série quando o alimentamos com 220V. Para efetuarmos a inversão de fase, basta invertermos os terminais do enrolamento auxiliar (5 e 6).

O enrolamento auxiliar normalmente é feito com fio mais fino do que o enrolamento principal e possui conectado a ele um capacitor e um interruptor automático chamado de chave centrífuga.

A utilização de chaves de reversão nos motores monofásicos de fase auxiliar é perfeitamente implementável, mas a reversão só pode ser feita como motor parado.

Os motores de indução monofásicos são aplicados onde se requer baixa potência, em equipamentos tais como: bombas d'água, ventiladores e pequenas máquinas. Destacam-se pela simplicidade de fabricação, robustez, confiabilidade e manutenção reduzida.

Dentre as desvantagens do motor monofásico, podemos destacar: desgaste mecânico do platinado (contato centrífugo), custo maior em relação a um motor trifásico de mesma potência, potência menor em relação a um motor trifásico de mesmo tamanho.

Os motores elétricos monofásicos, possuem alguns inconvenientes, comparado a um motor trifásico, podemos citar:

- Custo mais elevado que um motor trifásico de mesma potência;
- Alcança 60 a 70% da potência de um motor trifásico do mesmo tamanho;
- Apresenta rendimento e fator de potência menor;
- Não é possível inverter diretamente o sentido de rotação do motor;

4.2.2 Motor Monofásico com Dois Terminais

Características do motor monofásico com dois terminais:

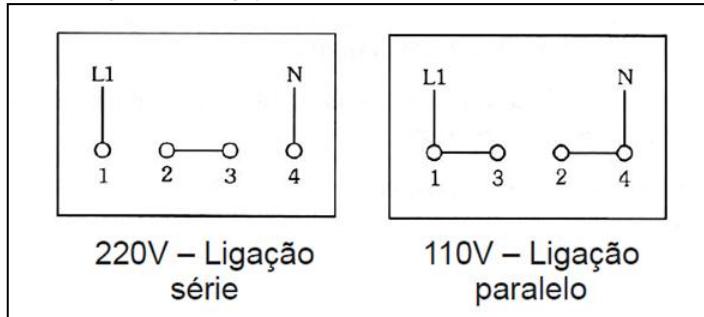
- Destinado apenas a um nível ou valor de tensão;
- Não é possível a inversão no seu sentido de rotação;
- Utilizado em motores de pequenas bombas d'água, ventiladores,...;

4.2.3 Motor Monofásico com Quatro Terminais

Características do motor monofásico com quatro terminais:

- Posso alimentar com dois níveis de tensão (110 / 220 VCA);
- Não é possível a inversão no seu sentido de rotação;

Figura 4.5 – Ligação Motor Monofásico com 4 Terminais

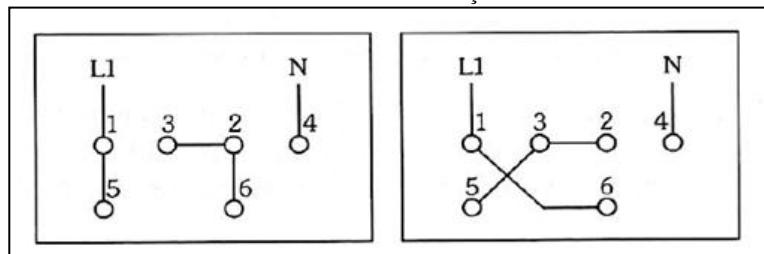


Fonte: O Autor (2012)

4.2.4 Motor Monofásico com Seis Terminais

Características do motor monofásico com quatro terminais:

- Posso alimentar com dois níveis de tensão (110 / 220 VCA);
- Pode-se inverter o sentido de giro deste motor;

Figura 4.6 – Ligação Motor Monofásico com 6 Terminais 220V
Com Reversão da Rotação

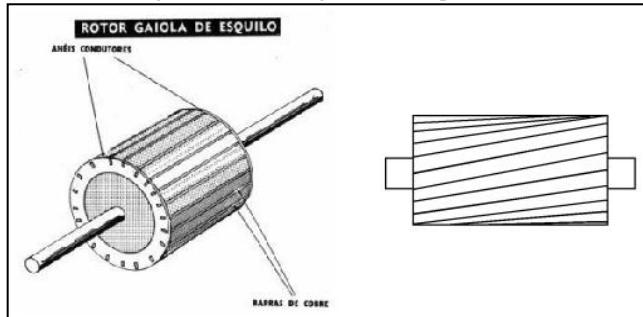
Fonte: O Autor (2012)

4.3 MOTORES ELÉTRICOS TRIFÁSICOS

Os motores de indução trifásicos são os mais utilizados no ambiente industrial, sua utilização é aconselhável quando se necessita de potências acima de 2kW, abaixo desta potência o emprego do motor monofásico se justifica.

Entre os tipos de motores trifásicos utilizados na indústria o de maior utilização é o motor de indução com rotor gaiola de esquilo que é composto por um núcleo de chapas ferromagnéticas isoladas entre si, sobre as quais são colocadas chapas de alumínio (condutores) dispostas paralelamente entre si e unidas em cada extremidade fechando em curto os condutores.

Figura 4.7 – Rotor gaiola de Esquilo

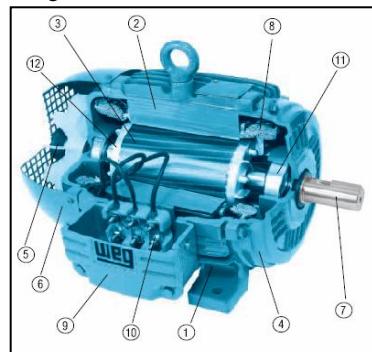


Fonte: (NAGEL, 2008)

As barras condutoras do rotor são colocadas com certa inclinação, isto é feito para reduzir as trepidações e o ruído gerados pelo campo eletromagnético entre o rotor e o estator.

O estator do motor também é constituído por um núcleo ferromagnético laminado e os enrolamentos colocados nas cavas deste. Abaixo a vista do motor de indução trifásico.

Figura 4.8 – Motor trifásico



Fonte: WEG (2012)

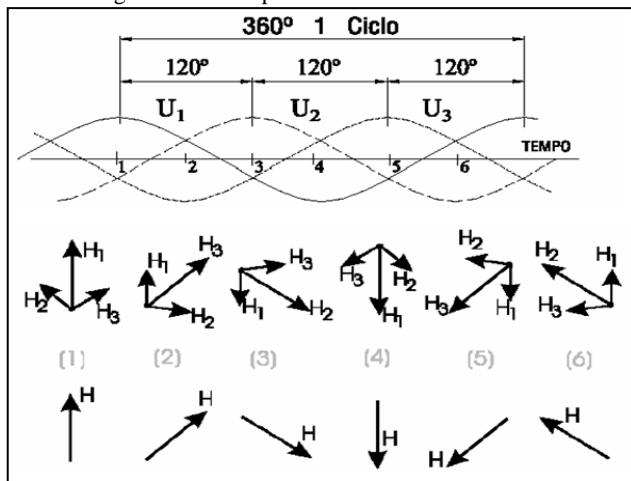
4.3.1 Motores Elétricos de Indução Trifásicos Assíncronos

O motor assíncrono CA, é o mais utilizado por ser de construção simples, resistente e de baixo custo. O rotor deste tipo de motor possui uma parte auto-suficiente que não necessita de ligações externas.

Este motor também é conhecido como motor de indução, porque as corrente alternadas (CA) são induzidas no circuito do rotor, pelo campo magnético rotativo do estator, ou campo girante.

No estator do motor são enrolados três bobinas, defasadas fisicamente de 120° cada.

Figura 4.9 – Campo Girante Motor Trifásico

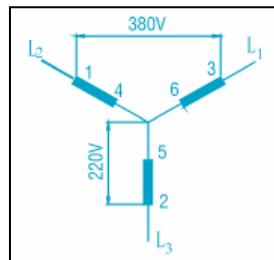


Fonte: O Autor (2012)

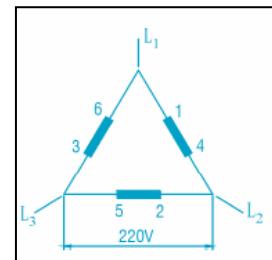
4.3.2 Ligação de Motores Elétricos Trifásicos

Temos nos motores trifásicos dois tipos de conexões: ligação em estrela (Y) e ligação em triângulo ou delta (Δ).

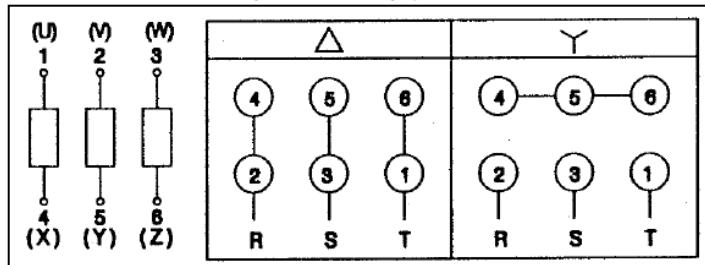
Figura 4.10 – Ligação Y



Fonte: (NAGEL,2008)

Figura 4.11 – Ligação Δ 

Fonte: (NAGEL,2008)

Figura 4.12 – Ligação Δ Y

Fonte: O Autor (2012)

Na conexão em estrela as entradas L_1 , L_2 e L_3 são chamadas tensões de linha e em nossa rede comercial valem 380 V, os enrolamentos numerados como 1 e 4, 2 e 5, 3 e 6, são alimentados com uma tensão de 220V, chamada tensão de fase, o ponto central ou ponto comum aos enrolamentos é denominado de 0 ou neutro.

Observe que a relação das tensões e linha e de fase tem relação de $\sqrt{3}$. A corrente que circula por cada enrolamento é igual a corrente de linha ou seja, $I_L = I_F$.

Na conexão triângulo as tensões de linha e de fase são iguais e as correntes mantêm relação de $\sqrt{3}$ ou seja $I_L = I_F \sqrt{3}$.

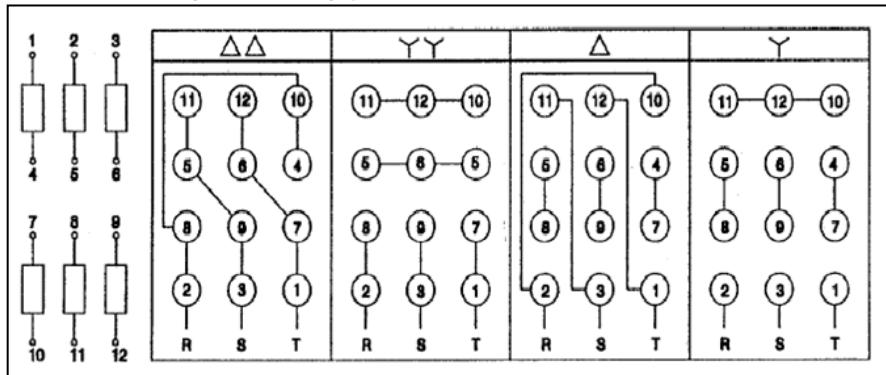
A ligação triângulo sempre terá menor tensão do que a ligação estrela, nos motores trifásicos mais comuns, quando conectamos o motor em triângulo teremos a numeração dos terminais conforme a figura anterior, ou seja, 1-6; 2-4 e 3-5. Na ligação estrela, basta ligarmos juntos 1-2-3 ou 4-5-6 e conectarmos a rede os demais terminais, um em cada fase.

Para invertermos a rotação do motor basta inverter duas das fases que alimentam os enrolamentos, ou seja, numa ligação estrela com a fase R em 1, S-2 e T-3, basta fazermos, S-1, R2 e T3 que o motor terá seu sentido de giro invertido.

Existem outros tipos de motores cuja conexão é diferente das mencionadas acima. Motores com doze terminais, por sua vez, tem a possibilidade de ligação em quatro tensões: 220V, 380V, 440V e 760V.

A ligação à rede elétrica é feita da seguinte maneira: $\Delta\Delta$ para 220VCA, YY para 380VCA, Δ para 440VCA e Y para 760V.

Figura 4.13 – Ligação 220, 380, 440 e 760VCA

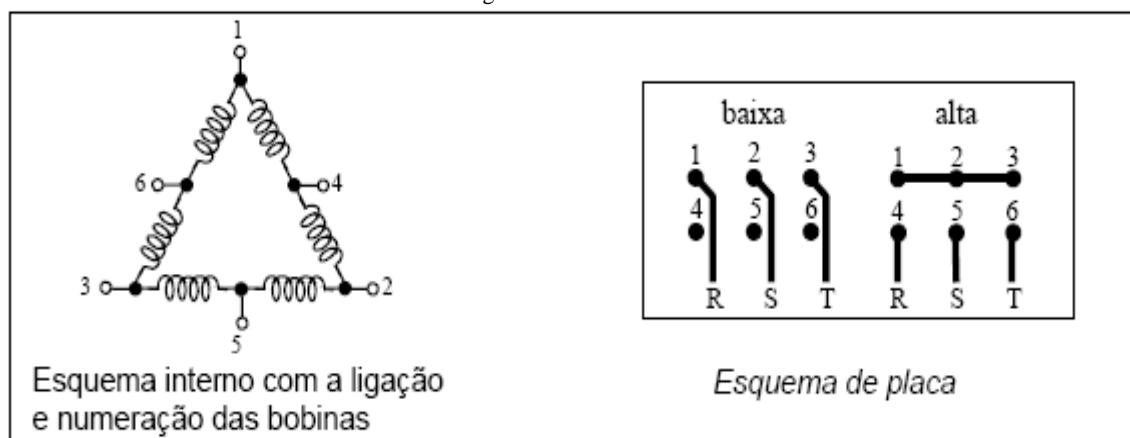


Fonte: O Autor (2012)

4.3.3 Motor Dahlander

O motor Dahlander é utilizado quando se necessita de duas velocidades diferentes, nele a velocidade maior é sempre o dobro da menor. O motor Dahlander é alimentado com uma única tensão e o que varia sua velocidade é a maneira com que se efetua a conexão do mesmo (fechamento dos enrolamentos), abaixo a estrutura interna do motor Dahlander:

Figura 4.14 – Motor Dahlander



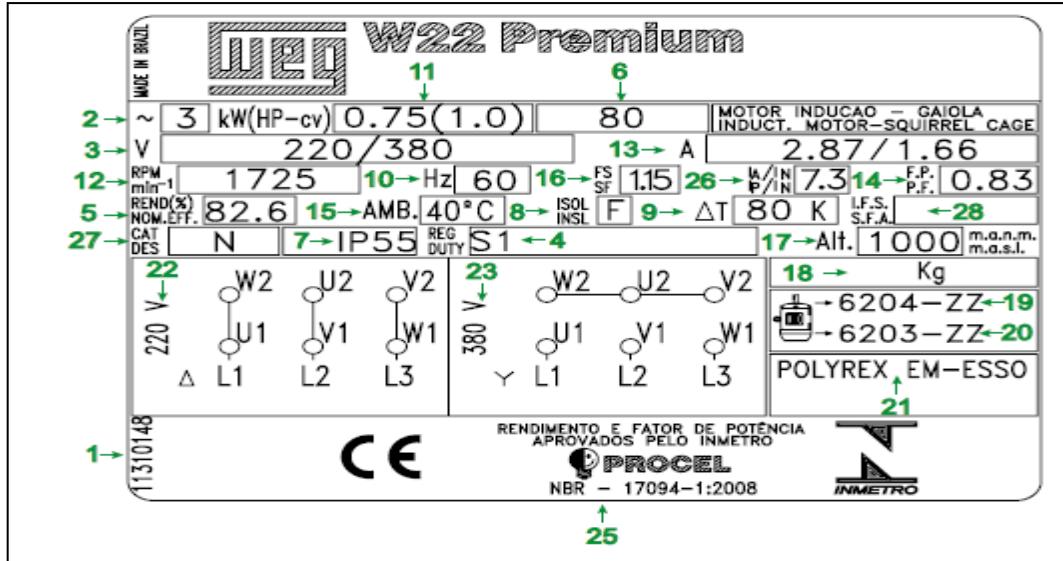
Fonte: (SENAI, 1980)

É importante verificar a sequência correta das fases no motor para que nas duas velocidades o sentido de giro seja o mesmo.

4.3.4 Placas de Identificação de Motores Elétricos Trifásicos

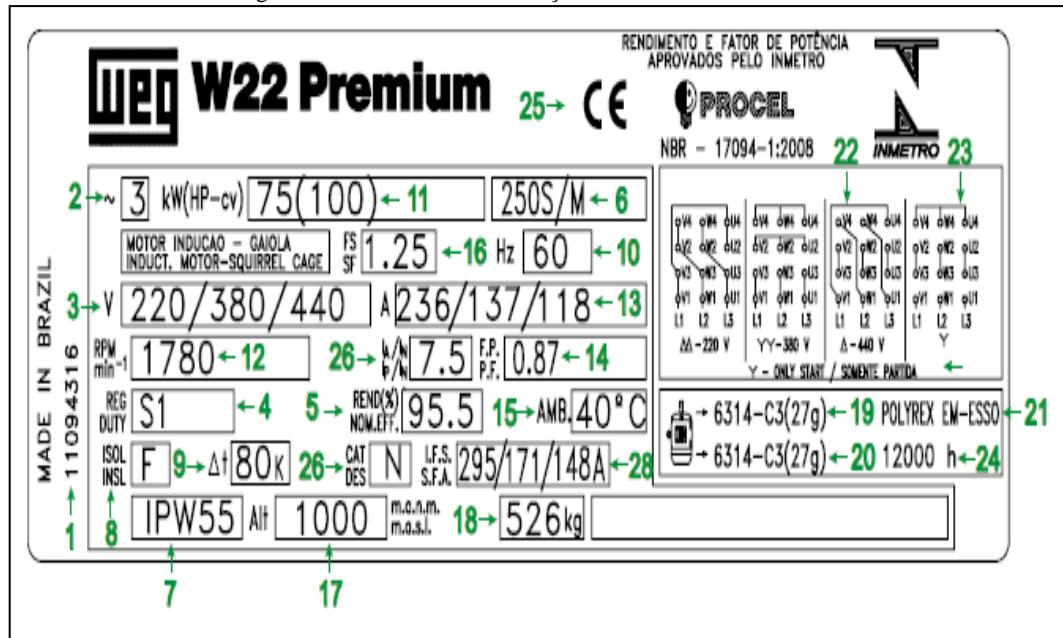
Os motores elétricos possuem em sua carcaça uma placa de identificação contendo vários dados com suas características eletromecânicas, segue abaixo exemplos desta placa.

Figura 4.15 – Placa de Identificação Motor Trifásico 6 Pontas



Fonte: WEG (2012)

Figura 4.16 – Placa de Identificação Motor Trifásico 12 Pontas



Fonte: WEG (2012)

4.4 DISPOSITIVOS DE COMANDO

Os dispositivos de comando auxiliam em manobras de acionamentos de máquinas e equipamentos, vamos conhecer alguns destes dispositivos.

4.4.1 Botoeira ou Botão de Comando

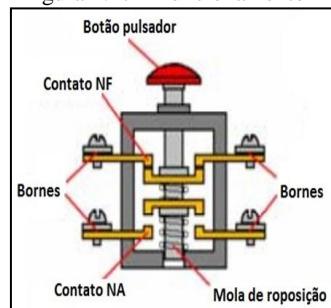
As botoeiras são chaves manuais que tem a função tanto de acionar quanto de interromper o circuito de comando quando desejado. Apresentam um contato normalmente aberto (3 e 4), e outro fechado (1 e 2).

Elas possuem os contatos fechado e/ou aberto. Ao ser acionado o botão, os contatos abertos fecham, e os contatos fechados abrem, ou seja, comutam seus contatos. Após este pulso, devido a ação de uma mola, os contatos voltam as suas posições de origem. Deste tipo de botoeira existem a simples, saliente, e a cogumelo.

As botoeiras possuem cores definidas por norma, de acordo com a sua função:

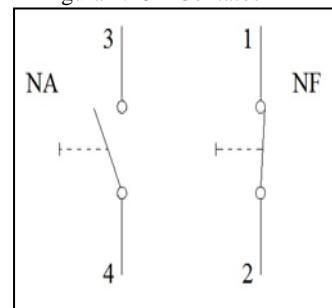
- Vermelho: parar, desligar ou botão de emergência.
- Amarelo: retorno, eliminar uma condição perigosa.
- Verde ou preto: ligar, partida.
- Branco ou azul: qualquer função diferente das anteriores.

Figura 4.17 – Funcionamento



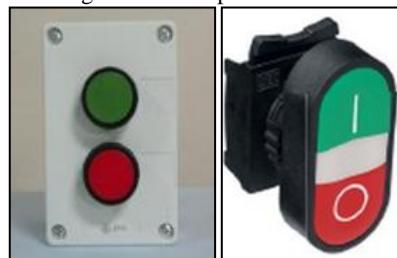
Fonte: O Autor (2012)

Figura 4.18 – Contatos



Fonte: O Autor (2012)

Figura 4.19 – Tipos Botoeiras



Fonte: WEG (2012)

4.4.2 Comutador com Trava

O comutador com trava permanece comutado após o acionamento. O corpo de contato é o mesmo da botoeira de pulso. Para que os contatos voltem as suas posições de origem, é necessário acionar esta mesma botoeira para o sentido contrário á do acionamento.

Figura 4.20 – Comutador com Trava



Fonte: WEG (2012)

4.4.3 Botoeira de Emergência

Esta botoeira serve para desativar todo o circuito caso haja alguma irregularidade que esteja acontecendo no processo.

Existem botoeiras de emergência c/ chave, girar p/ soltar, e puxar p/ soltar.

Figura 4.21 – Botoeira de Emergência



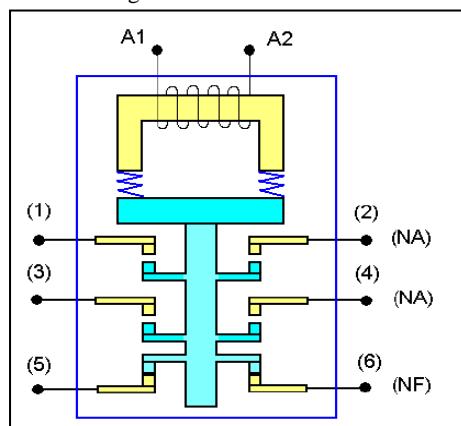
Fonte: WEG (2012)

4.4.4 Contactor de Força

São dispositivos de comutação eletromecânicos, possuem no mínimo três contatos principais, podendo ainda conter vários contatos auxiliares. O acionamento do contator é feito através de uma bobina que envolve um núcleo fixo de material ferromagnético.

Quando energizada a bobina cria um campo eletromagnético que atrai o núcleo móvel do contator, fechando seus contatos principais e alterando o estado dos contatos auxiliares.

Figura 4.22 – Contactor



Fonte: SENAI (1980)

Os contatores tem seu emprego designado pela norma IEC 947 e separados em diversas categorias para aplicação em AC e DC. Abaixo a descrição de cada categoria:

AC1: aplica-se para manobra de aparelhos com fator de potência maior ou igual a 0,95, ou seja, para cargas ôhmicas ou pouco indutivas, utiliza-se para manobras leves. Exemplos: aquecedores, lâmpadas incandescentes, lâmpadas fluorescentes com reator de alto fator.

AC2: destina-se a partidas leves de motores, no acionamento pode manusear correntes de até 2,5 vezes a corrente nominal do motor, no desligamento suporta a corrente nominal do mesmo. Exemplo: bombas, compressores, guinchos.

AC3: aplica-se a manobra dos motores de indução tipo gaiola de esquilo, no acionamento pode manusear a corrente de partida do motor, é o tipo mais usado de contator. Exemplo: bombas, ventiladores, etc.

AC4: sua utilização é adequada às manobras pesadas tais como: partida à plena carga, acionamento intermitente, reversão à plena carga e parada por contra corrente. Exemplo: esteiras rolantes, bobinadeiras.

DC1: também usados para acionamento de cargas ôhmicas ou pouco indutivas.

DC2/DC3: utilizados para acionamento de motores de corrente contínua tipo shunt, com corrente de até duas vezes e meia a corrente nominal.

DC4/DC5: utilizados para motores de corrente contínua tipo série com corrente de até duas vezes e meia a corrente nominal.

As vantagens no uso dos contatores são:

- Ligação rápida e segura
- Controle de alta corrente por acionamento de baixa corrente
- Comando manual ou à distância
- Efetiva proteção do operador
- Simplificação do sistema de operação

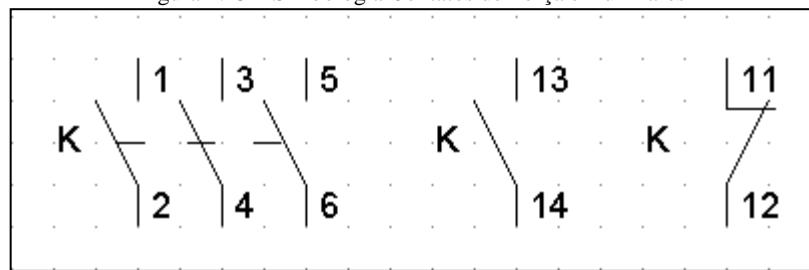
Na escolha do contator devemos levar em consideração a categoria de emprego, a corrente da carga, a tensão e frequência do comando, o número de manobras por hora e o número de contatos auxiliares.

A bobina do contator é uma carga indutiva e no desligamento gera uma elevação de tensão (característica inerente aos indutores) bem como sinais eletromagnéticos que podem interferir em outros equipamentos.

Em função destas características usamos filtros RC denominados de Blocos Antiparasitas, que reduzem estes efeitos; os mesmos são ligados em paralelo com a bobina do contator e seus valores ficam na faixa de 100Ω a 220Ω e $100\eta F$ a $220\eta F$.

As Figuras 4.26 e 4.27 mostram catálogo de contatores do fabricante WEG.

Figura 4.23 – Símbologia Contatos de Força e Auxiliares



Fonte: WEG (2012)

Figura 4.24 – Blocos de Contatos Auxiliares



Fonte: WEG (2012)

Figura 4.25 – Filtros RC



Fonte: WEG (2012)

Figura 4.26 – Contator de Força

Contatores		CW07	CWC07	CWC09	CWC012	CWC016	CWC025
Potência nominal de emprego em AC-3 ¹							
220/230Vca (kW / cv)	1,5 / 2	1,5 / 2	2,2 / 3	3 / 4	3,7 / 5		5,5 / 7,5
380Vca (kW / cv)	3 / 4	3 / 4	3,7 / 5	5,5 / 7,5	7,5 / 10		11 / 15
400/415Vca (kW / cv)	3 / 4	3 / 4	3,7 / 5	5,5 / 7,5	7,5 / 10		11 / 15
440Vca (kW / cv)	-	3,7 / 5	4,5 / 6	5,5 / 7,5	7,5 / 10		11 / 15
500Vca (kW / cv)	-	3,7 / 5	4,5 / 6	5,5 / 7,5	7,5 / 10		11 / 15
660/690Vca (kW / cv)	-	3 / 4	3,7 / 5	5,5 / 7,5	7,5 / 10		11 / 15
Correntes nominais de emprego ($U_s \leq 440V$)							
I _e AC-3 (A)	7 ²)	7	9	12	16		25
I _e AC-1 (A)	16 ²)	18	20	22	22		32
I _e AC-4 (A)	-	2,8	3,5	4,5	5		9
Relés de Sobre carga (A)	RW17-1D					RW17-2D	
	RW17-1D relay component with two sets of terminals. The top set is labeled with current ranges: 0,28...0,4; 0,4...0,63; 0,56...0,8; 0,8...1,2; 1,2...1,8; 1,8...2,8. The bottom set is labeled with current ranges: 2,8...4; 4...6,3; 5,6...8; 7...10; 8...12,5; 10...15; 11...17.					RW17-2D relay component with two sets of terminals. The top set is labeled with current ranges: 7...10; 8...12,5; 10...15; 11...17; 15...23; 22...32.	

Fonte: WEG (2012)

Figura 4.27 – Contactor de Força

CWM9	CWM12	CWM18	CWM25	CWM32	CWM40	CWM50	CWM65	CWM80	CWM95	CWM105
2,2 / 3	3 / 4	4,5 / 6	5,5 / 7,5	9,2 / 12,5	11 / 15	15 / 20	18,5 / 25	22 / 30	22 / 30	30 / 40
3,7 / 5	5,5 / 7,5	7,5 / 10	11 / 15	15 / 20	18,5 / 25	22 / 30	30 / 40	37 / 50	45 / 60	55 / 75
3,7 / 5	5,5 / 7,5	7,5 / 10	11 / 15	15 / 20	18,5 / 25	22 / 30	30 / 40	37 / 50	45 / 60	55 / 75
4,5 / 6	5,5 / 7,5	9,2 / 12,5	11 / 15	15 / 20	22 / 30	30 / 40	37 / 50	45 / 60	55 / 75	55 / 75
4,5 / 6	5,5 / 7,5	9,2 / 12,5	11 / 15	15 / 20	22 / 30	30 / 40	37 / 50	45 / 60	55 / 75	55 / 75
5,5 / 7,5	7,5 / 10	11 / 15	11 / 15	18,5 / 25	22 / 30	30 / 40	37 / 50	45 / 60	55 / 75	55 / 75
9	12	18	25	32	40	50	65	80	95	105
25	25	32	45	60	60	90	110	110	140	140
5	7	8	12	16	18,5	23	30	37	44	50
RW27-1D 0,28...0,4 0,4...0,63 0,56...0,8 0,8...1,2 1,2...1,8 1,8...2,8 2,8...4 4...6,3	5,6...8 7...10 8...12,5 10...15 11...17 15...23 22...32	RW67-1D 25...40 32...50	RW67-2D 40...57 50...63 57...70 63...80	RW117-1D 63...80 75...97 90...112						

Fonte: WEG (2012)

4.4.5 Contator Auxiliar ou de Comando

Os contatores de comando servem para auxiliar o circuito elétrico para intertravamentos e sinalizações, por eles circulam correntes baixas, apenas do circuito de comando, não sendo indicado para ligar cargas.

Segue catálogo de contatores auxiliares do fabricante WEG.

Figura 4.28 – Contatores Auxiliar

I_{n} máxima	AC-14 / AC-15 ($U_e \leq 230V$)	DC-13 ($U_e \leq 24V$)	Nº de contatos auxiliares por contator		Referência para completar com a tensão de comando	Peso 4) kg
			'3' '4' NA	'1' '2' NF		
6	6	A	2	2	CAW04-22-00♦	0,130
10	6	A	3	1	CWCA0-22-00♦	0,188
6	6	A	4	-	CAW04-31-00♦	0,130
10	6	A	1	3	CWCA0-31-00♦	0,188
6	6	A	1	4	CAW04-40-00♦	0,130
10	6	A	-	4	CWCA0-40-00♦	0,188
6	6	A	-	-	CAW04-13-00♦	0,130
10	6	A	-	-	CWCA0-13-00♦	0,188
10	6	A	-	-	CWCA0-04-00♦	0,188

Fonte: WEG (2012)

4.5. DISPOSITIVOS DE SINALIZAÇÃO

São utilizadas para indicar algo que está ocorrendo no circuito. Eles também tem um padrão de cores, para a identificação das mesmas, como na Figura 4.29.

Figura 4.29 – Padrão de Cores

Cores	Significado	Aplicações Típicas
● Vermelho	• Condições anormais, perigo ou alarme.	• Temperatura excede os limites de segurança • Aviso de paralisação (ex.: sobrecarga)
● Amarelo	• Atenção, cuidado.	• O valor de uma grandeza aproxima-se de seu limite
● Verde	• Condição de serviço segura.	• Indicação de que a máquina está pronta para operar.
● Branco	• Circuitos sob tensão, funcionamento normal	• Máquina em movimento.
● Azul	• Informações especiais, exceto as acima	• Sinalização de comando remoto. • Sinalização de preparação da máquina.

Fonte: WEG (2012)

Figura 4.30 – Sinaleiros



Fonte: WEG (2012)

4.6 DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO

As máquinas e equipamentos possuem dispositivos destinados a proteção de seus circuitos ou instalação, vamos estudar alguns destes dispositivos.

4.6.1 Fusíveis

São elementos do circuito de alimentação que atuam na proteção contra curto circuito, sua classificação se dá segundo alguns critérios dos quais os mais importantes são:

- Alta ou baixa tensão
- Ultra-rápidos ou de retardo

Os fusíveis de alta tensão, como o próprio nome diz, têm aplicação onde a tensão é elevada, tal como nas subestações, etc.

Os fusíveis rápidos ou ultra-rápidos são utilizados na proteção de circuitos eletrônicos ou que contenham semicondutores.

Nas instalações elétricas em geral usamos fusíveis para baixa tensão e de efeito retardado. Isto se deve principalmente a corrente de partida dos motores elétricos que pode alcançar de oito a dez vezes a corrente nominal do motor.

Caso utilizássemos um fusível ultra-rápido este abriria na partida do motor que é uma condição normal do mesmo. Na condição de curto circuito, a ação do fusível retardado e do ultra-rápido é muito semelhante haja vista a intensidade de corrente envolvida, que causa uma dissipação térmica muito elevada, fundindo o fusível.

Os fusíveis são constituídos por um material com baixo ponto de fusão, é basicamente um fio ou lâmina de cobre, prata, estanho ou outra liga, alocado em um corpo (geralmente cerâmica) preenchido por um material extintor (areia de quartzo) e hermeticamente fechado.

Em relação ao material extintor, este é necessário, pois uma vez que o fusível se funda, sob a ação de um curto circuito, a corrente não é interrompida plenamente pois se estabelece um arco elétrico, o material extintor envolve o arco elétrico e o extingue. O corpo do fusível deve permanecer isolante após a fusão, caso contrário se estabeleceria uma nova corrente.

*** ATENÇÃO: NUNCA ABRA UM CIRCUITO SOB CARGA**

As correntes dos fusíveis são padronizadas nos seguintes valores, conforme Tab. 4.1.

Tabela 4.1 – Corrente Nominal

Correntes nominais dos fusíveis (A)							
2	4	6	8	10	12	16	20
25	32	40	50	63	80	100	125
160	200	250	315	400	500	630	800
1000	1250						

Fonte: WEG (2012)

Características dos fusíveis:

Os fusíveis são escolhidos por sua tensão de trabalho, pela corrente nominal e além destes, especificados pela classe de serviço que engloba as classes de função e de objeto protegido, conforme as tabelas 4.2 à 4.4.

- Classes de função

Tabela 4.2 – Classes de Função

g	Fusíveis que suportam indefinidamente sua corrente nominal. Atuam na menor intensidade de sobrecorrente até a corrente nominal de desligamento. São chamados de fusíveis de faixa completa.
a	Fusíveis que suportam indefinidamente sua corrente nominal. Atuam a partir de um determinado múltiplo da corrente nominal até a corrente de desligamento. São chamados de fusíveis de faixa parcial.

Fonte: WEG (2012)

- Classes de objetos protegidos

Tabela 4.3 – Classes de Função

L-G	Cabos e linhas / Proteção geral
M	Equipamentos eletromecânicos
R	Semicondutores
B	Instalações em condições pesadas (minas)

Fonte: WEG (2012)

- Portanto as classes de serviço são compostas por duas letras:

Tabela 4.4 – Classes de Função

gL	Proteção total de cabos e linhas
gG	Proteção total geral
aM	Proteção parcial de equipamentos eletromecânicos
aR	Proteção parcial de equipamentos eletrônicos
gR	Proteção total de equipamentos eletrônicos
gB	Proteção total de equipamentos em minas

Fonte: WEG (2012)

A Fig. 4.31 mostra, Fusíveis tipo D (Diametral) – Diaized (Marca Siemens)

Figura 4.31 – Fusíveis Tipo D



Fonte: WEG (2012)

Os fusíveis tipo D são utilizados na proteção de curto circuito em instalações elétricas residenciais, comerciais e industriais. Quando normalmente instalados, permitem o seu manuseio sem risco de toque acidental. Possuem categoria de utilização gL/gG e são indicados para correntes nominais de 2 a 63 A com capacidade de ruptura de 50kA e tensão máxima de 500V.

Os fusíveis tipo D são compostos por: tampa, fusível, anel de proteção ou capa de proteção, parafuso de ajuste e base unipolar com fixação rápida (trilho) ou por parafuso.

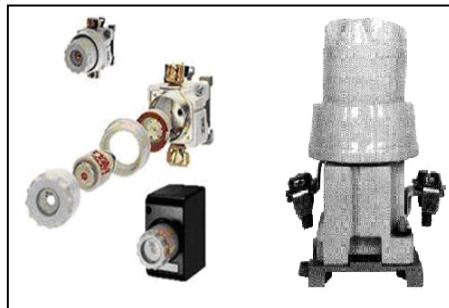
A cor do parafuso de ajuste indica a corrente do fusível conforme a tabela:

Tabela 4.5 – Fusíveis Tipo D Comercial

2 A	Rosa	20 A	Azul
4 A	Marrom	25 A	Amarelo
6 A	Verde	35 A	Preto
10 A	Vermelho	50 A	Branco
16 A	Cinza	63 A	Cobre

Fonte: WEG (2012)

Figura 4.32 – Fusíveis Tipo D com Base



Fonte: WEG (2012)

Fusíveis tipo NH

É um fusível de alta capacidade para uso industrial. Encontramos os fusíveis NH nas seguintes correntes, conforme Tabela 4.6.

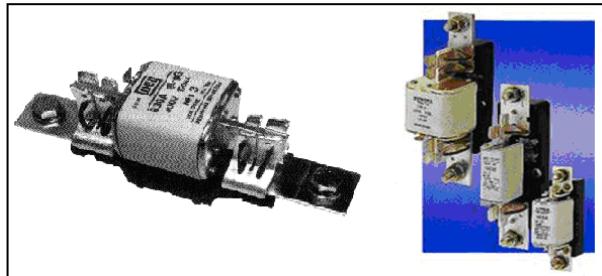
Tabela 4.6 – Fusíveis Tipo NH Comercial

NH	Corrente Nominal (A)												
	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160
000	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100		
00	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160
1	40	50	63	80	100	125	160	200	224	250			
2	125	160	200	224	250	315	355	400					
3	315	355	400	500	630								
4	500	630	800	1000	1250								

Fonte: WEG (2012)

A capacidade de ruptura dos fusíveis NH é de 120kA com tensão máxima de 500V e a classe de serviço é a gG, uso geral e faixa completa.

Figura 4.33 – Fusíveis Tipo NH com Base



Fonte: WEG (2012)

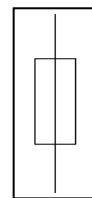
Usualmente utiliza-se fusíveis Diazed para instalações até 63 A, acima desta corrente usa-se fusíveis NH.

Na montagem ou substituição dos fusíveis NH utiliza-se o punho saca fusível e dispõe-se de placa divisória para aumentar a segurança na instalação. O fusível NH é montado sobre uma base, parafusada sobre a superfície da instalação.

Tanto o fusível Diazed quanto o NH possuem um dispositivo sinalizador de queima do elo fusível, no diazed o indicador é ejetado quando o fusível abre e no NH a espoleta se desprende.

A Figura 4.34, mostra o símbolo do fusível:

Figura 4.34 – Simbologia



Fonte: O Autor (2012)

Em sistemas de proteção trifásicos recomenda-se substituir os demais fusíveis quando um deles abrir, em função de um curto circuito, pois os demais com certeza terão alteradas suas características, sofrendo envelhecimento precoce.

Além dos fusíveis tipo D e NH existem outros tipos para a proteção dos mais diversos tipos de cargas, são eles: Fusível Ultra Rápido, Fusíveis miniatura (NEOZED), Fusíveis ultra rápidos(SITOR), Fusíveis cilíndricos (retardados e rápidos).

Existem também no mercado os seccionadores- fusível que efetuam a conexão e o desligamento dos circuitos, eles tem a vantagem de conectarem ou desconectarem os fusíveis ao mesmo tempo nas manobras sob carga, diminuindo o falsoalarme e o mal contato.

Seccionadores – Fusível

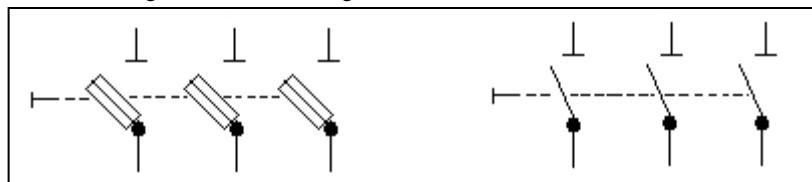
Figura 4.35 – Chave Seccionaladora com Fusível



Fonte: O Autor (2012)

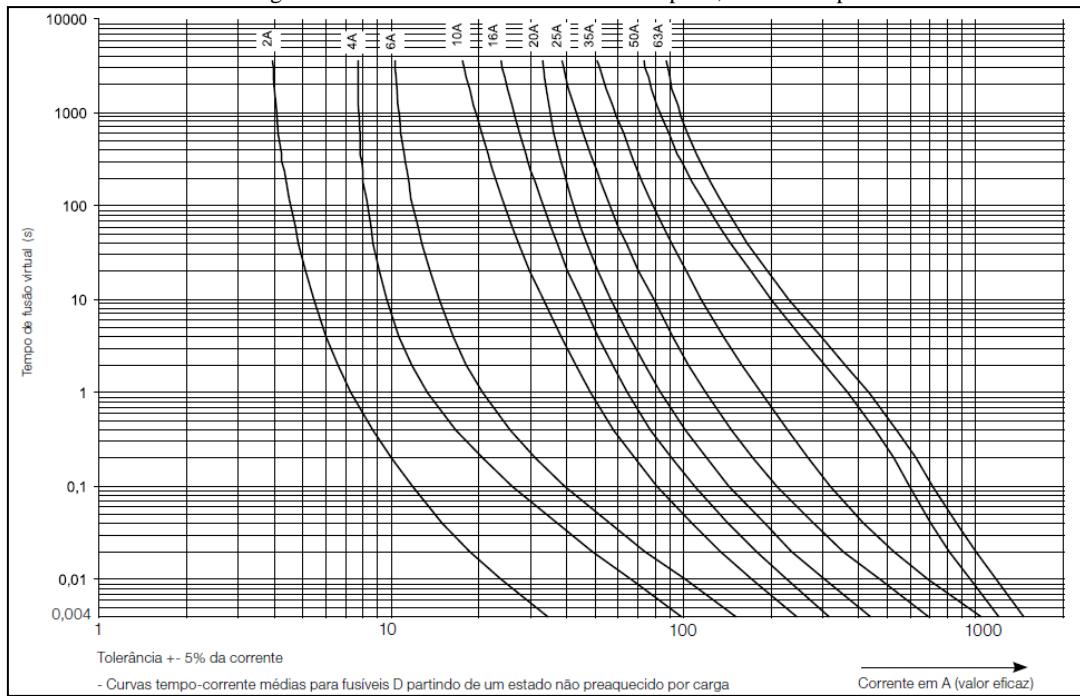
A Figura 4.36 mostra o símbolo da chave seccionaladora com fusível tripolar bem como somente da chave seccionaladora.

Figura 4.36 – Simbologia Chave Seccionaladora com Fusível



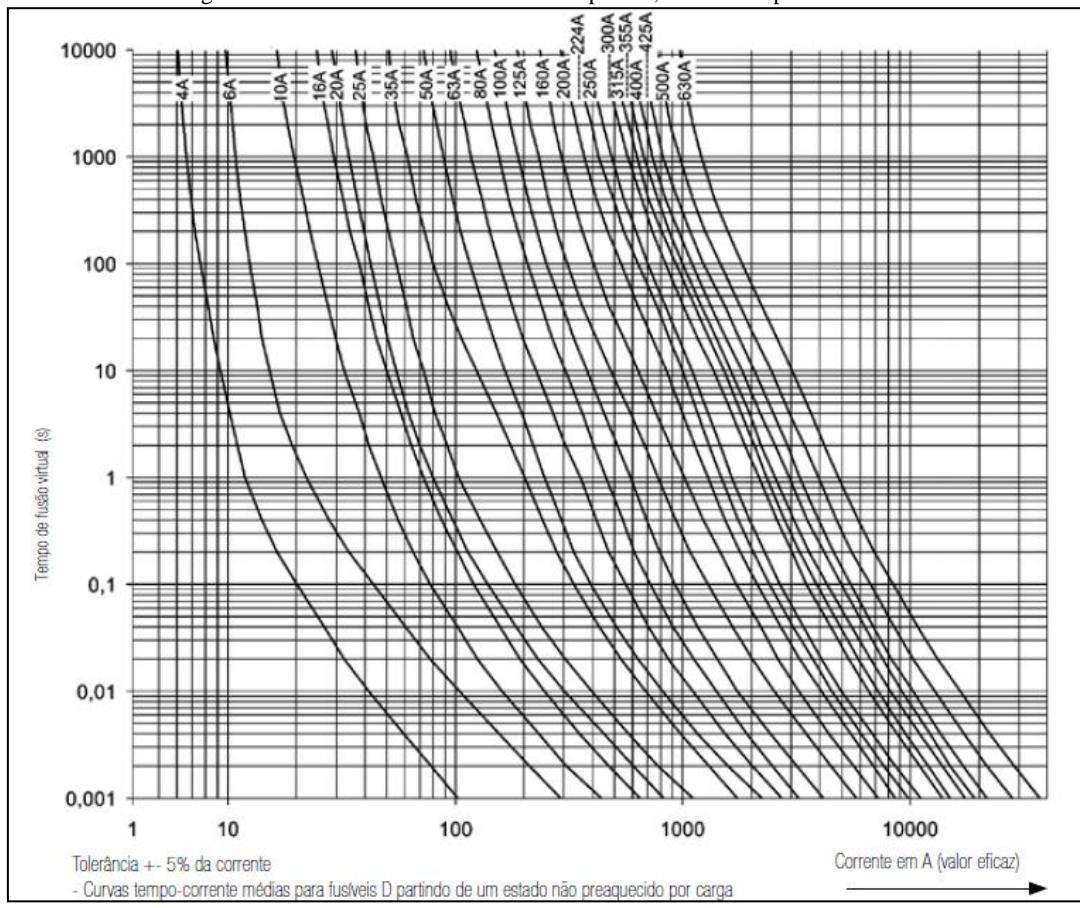
Fonte: (NAGEL,2008)

Figura 4.37 Curva Característica Fusíveis tipo D, Curva Tempo x Corrente



Fonte: WEG (2012)

Figura 4.38 Curva característica fusíveis tipo NH, Curva Tempo x Corrente



Fonte: WEG (2012)

4.6.2 Relé Térmico ou Bimetálico

Relés de sobrecarga, também conhecido como relé térmico, atua na proteção do circuito quando ocorre uma elevação de corrente no motor ocasionada pelos seguintes motivos:

- Sobrecarga mecânica no eixo.
- Tempo de partida muito alto.
- Rotor bloqueado.
- Falta de fase.
- Elevada freqüência de manobras.

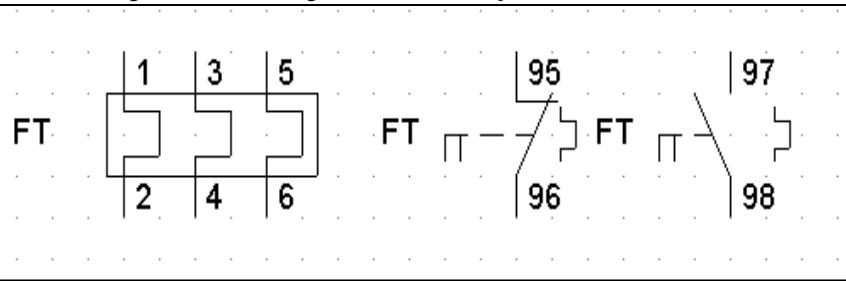
A ação do relé térmico ocorre pela deformação dos dois metais que compõe os bimetálicos, deformação esta que atua sobre um contato auxiliar e este no circuito de comando, desligando o mesmo e protegendo o motor.

Figura 4.39 Relé Térmico



Fonte: WEG (2012)

Figura 4.40 Símbologia Contatos de Força e Comando Relé Térmico



Fonte: WEG (2012)

Os relés térmicos devem suportar o pico da corrente de partida dos motores sem disparar o contato auxiliar de proteção, atuando apenas se o tempo da partida for prolongado, por isso os relés além da corrente nominal devem ser escolhidos pelas classes de disparo, (NAGEL,2008):

- Relés classe 10: tempo de partida inferior a 10 segundos.
- Relés classe 20: tempo de partida de até 20 segundos
- Relés classe 30: tempo de partida de até 30 segundos.

Os relés devem conter em sua faixa de ajuste a corrente nominal do motor ao qual irão proteger, esta corrente não deve estar na faixa inferior ou superior de atuação pois assim, no caso de desarme durante a partida ou na utilização do motor com fator de serviço acima da nominal não teríamos como ajustar a corrente do relé. O ajuste de corrente nos relays deve seguir a relação:

$$I_r = 1,15 \text{ até } 1,25 \cdot I_N$$

Onde I_r = corrente do relé e I_N = corrente nominal do motor.

4.6.3 Disjuntor Motor

Dispositivo de proteção e manobra em um único dispositivo, permite a comutação sob carga desde que a frequência de operação seja baixa e o acionamento seja localizado. Possui ampla faixa de corrente e sua atuação é multipolar evitando a atuação desequilibrada.

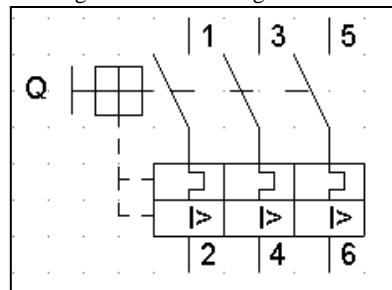
Possui proteção por sobrecarga e sobrecorrente podendo ainda ser incorporado ao dispositivo a proteção por subtensão, bem como contatos auxiliares.

Figura 4.41 Disjuntor Motor



Fonte: ABB (2012)

Figura 4.42 Símbologia



Fonte: O Autor (2012)

4.6.4 Relé Falta de Fase

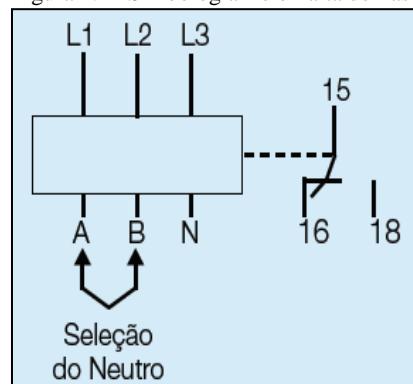
Tem a função de proteção de sistemas trifásicos contra queda de uma fase (sem neutro). Para a proteção do neutro deve-se executar uma ponte entre os terminais A e B, o relé irá realizar a mesma proteção para falta da fase e também irá monitorar a tensão no neutro (terminal N).

Figura 4.43 - Relé Falta de Fase



Fonte: WEG (2012)

Figura 4.44 Símbologia Relé Falta de Fase



Fonte: WEG (2012)

4.6.5 Relé Sequencia de Fase

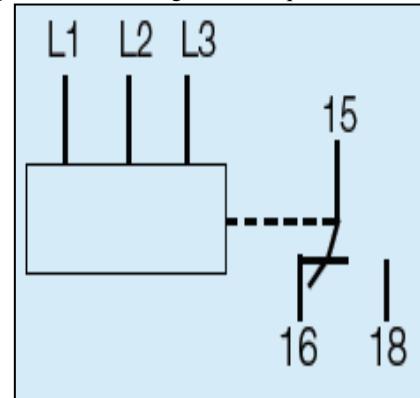
Tem a função de proteção de sistemas elétricos trifásicos contra a inversão da sequência das fases (L1-L2-L3).

Figura 4.45 Relé Sequencia de Fase



Fonte: WEG (2012)

Figura 4.46 Símbologia Relé Sequencia de Fase



Fonte: WEG (2012)

4.6.6 Relé Subtensão e Sobretensão

Destina-se para monitorar as variações máximas e mínimas de tensão nas quais uma alimentação trifásica pode operar.

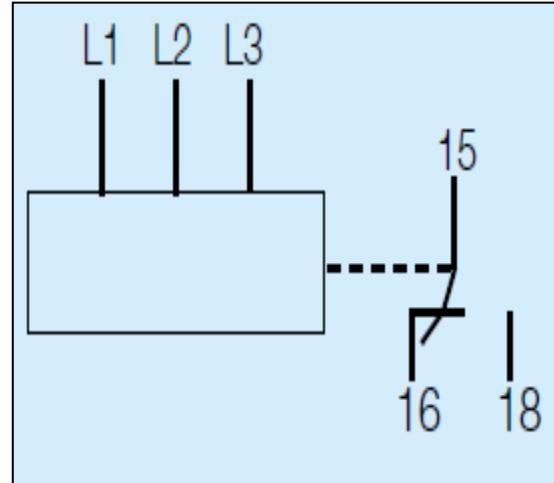
Sempre que houver uma condição de subtensão ou sobretensão, o relé comutará sua saída para interromper a operação do motor ou processo a ser protegido. Protege o circuito elétrico contra assimetria (20% ou maior entre as fases).

Figura 4.47 Relé Sub e Sobretensão



Fonte: WEG (2012)

Figura 4.48 Símbologia Relé Sub e Sobretensão



Fonte: WEG (2012)

4.6.7 Relé de Proteção Térmica

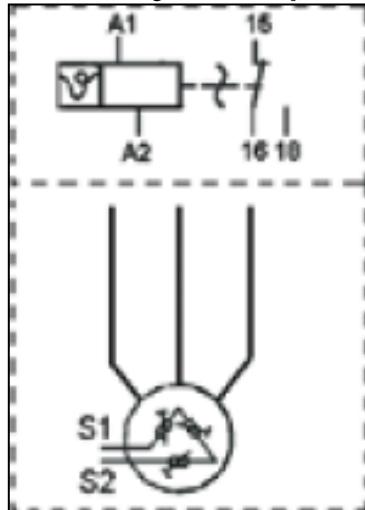
Destina-se ao monitoramento da variação da temperatura em motores ou geradores em máquinas em geral equipadas com sensor de temperatura tipo PTC. Possui eletrônica digital que proporciona elevado padrão de precisão e imunidade a ruídos.

Figura 4.49 Relé Proteção Térmica



Fonte: WEG (2012)

Figura 4.50 Símbologia Relé Proteção Térmica



Fonte: WEG (2012)

4.7 RELÉ TEMPORIZADOR

O relé temporizador é um dispositivo eletrônico que permite, de acordo com a função de temporização e do tempo selecionado, comutar um sinal de saída.

4.7.1 Relé Temporizador com Retardo na Energização

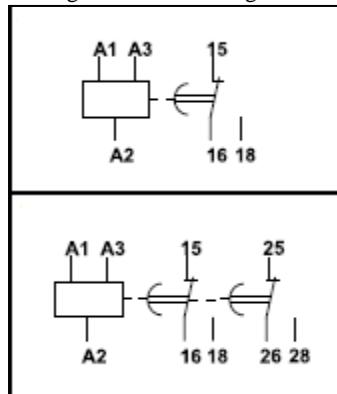
Após a energização do relé, inicia-se a contagem do tempo (T) ajustado no seletor. Decorrido este período ocorrerá a comutação dos contatos de saída, os quais permanecem neste estado até que a alimentação seja interrompida.

Figura 4.51 Relé Temporizador



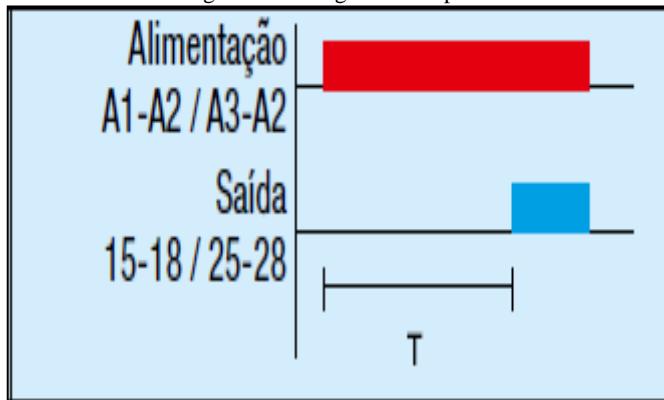
Fonte: WEG (2012)

Figura 4.52 Símbologia



Fonte: WEG (2012)

Figura 4.53 Diagrama Temporal

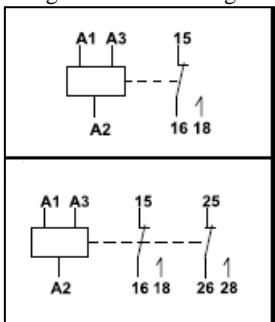


Fonte: WEG (2012)

4.7.2 Relé Temporizador com Pulso na Energização

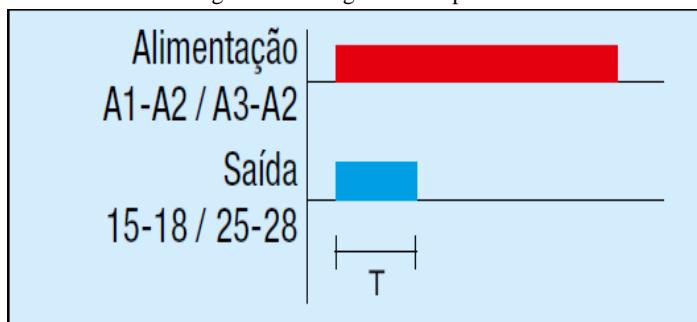
Após a energização do relé, os contatos de saída são comutados instantaneamente e permanecem acionados durante o período (T) ajustado no seletor.

Figura 4.54 Símbologia



Fonte: WEG (2012)

Figura 4.55 Diagrama Temporal

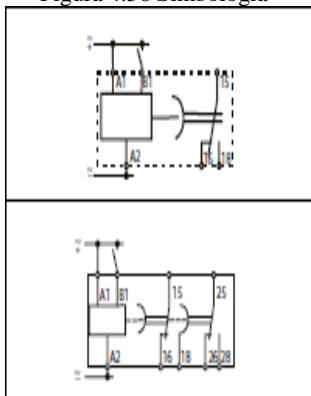


Fonte: WEG (2012)

4.7.3 Relé Temporizador com Retardo na Desenergização com Comando

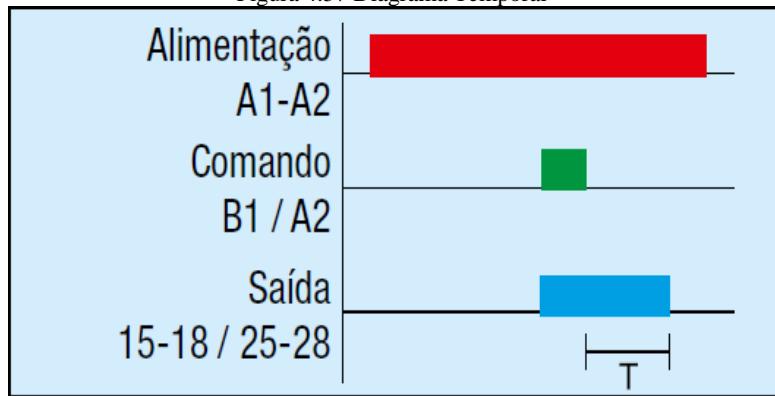
Com o relé alimentado, a partir da energização do terminal de comando os contatos de saída comutam instantaneamente. Ao se retirar o comando, os contatos de saída retornam a condição original após decorrido o período (T) ajustado no seletor.

Figura 4.56 Símbologia



Fonte: WEG (2012)

Figura 4.57 Diagrama Temporal

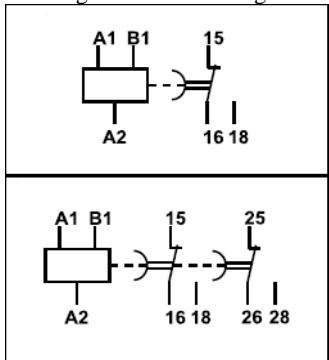


Fonte: WEG (2012)

4.7.4 Relé Temporizador com Retardo na Desenergização sem Comando

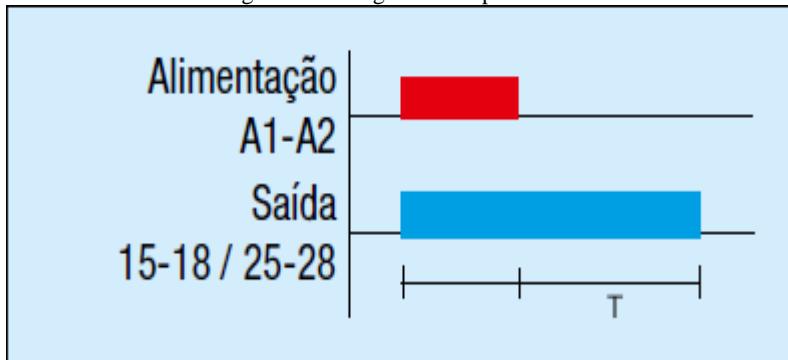
Após a energização do relé, os contatos de saída são comutados instantaneamente, após a desenergização do relé os contatos de saída permanecem acionados durante o período (T) selecionado no seletor frontal, após este período a saída é desacionada.

Figura 4.58 Símbologia



Fonte: WEG (2012)

Figura 4.59 Diagrama Temporal



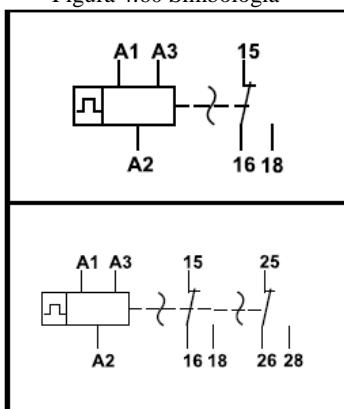
Fonte: WEG (2012)

4.7.5 Relé Temporizador Cíclico 2 Estágios (Início Ligado)

Após a energização do relé, os contatos de saída são acionados e desacionados cicличicamente com o primeiro ciclo ligado.

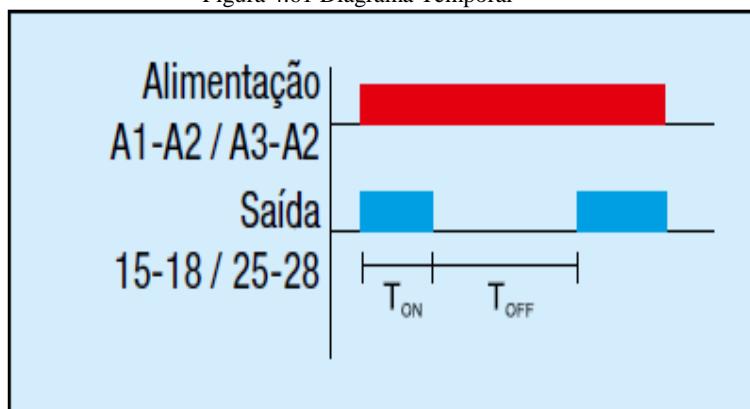
O seletor superior determina o tempo (TON) em que os contatos permanecem acionados, enquanto que o seletor inferior determina o tempo (TOFF) em que os contatos permanecem desacionados.

Figura 4.60 Símbologia



Fonte: WEG (2012)

Figura 4.61 Diagrama Temporal



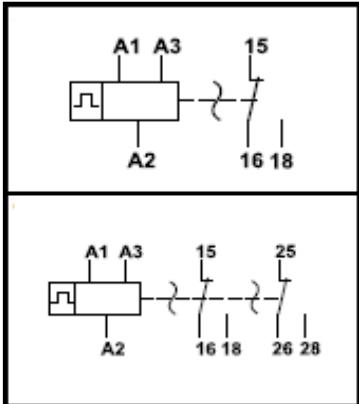
Fonte: WEG (2012)

4.7.6 Relé Temporizador Cíclico 2 Estágios (Início Desligado)

Após a energização do relé, os contatos de saída são acionados e desacionados cicличicamente, com o primeiro ciclo desligado.

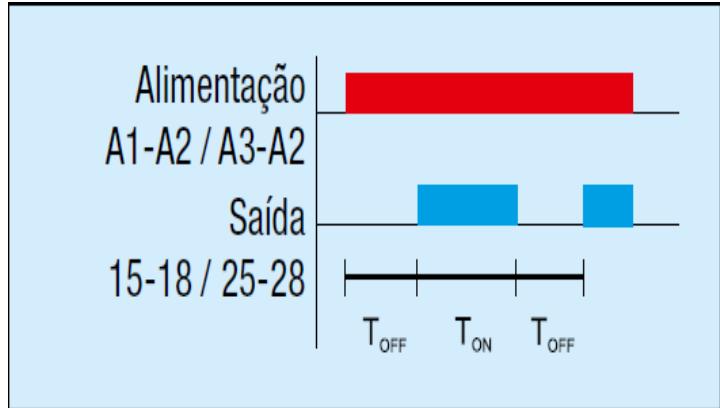
O seletor superior determina o tempo (TON) em que os contatos permanecem acionados, enquanto o seletor inferior (TOFF) determina o tempo em que os contatos permanecem desacionados.

Figura 4.62 Símbologia



Fonte: WEG (2012)

Figura 4.63 Diagrama Temporal

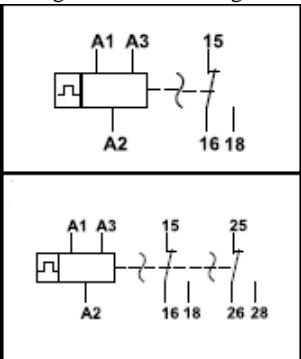


Fonte: WEG (2012)

4.7.7 Relé Temporizador Cíclico 1 Ajuste (Início Ligado)

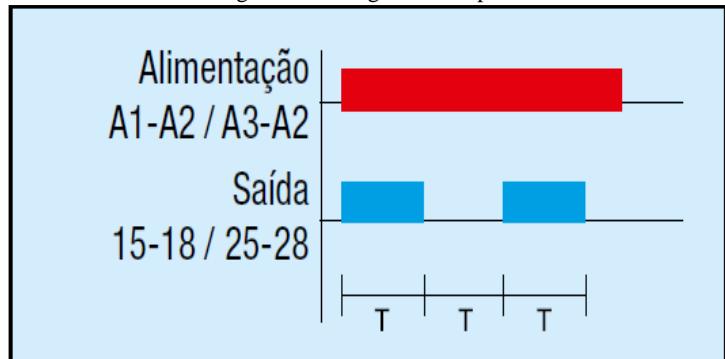
Após a energização do relé, os contatos de saída são acionados, após percorrido o tempo selecionado no seletor de ajuste os contatos serão desacionados, este comportamento continuara ciclicamente. Uma única seleção determina o tempo ligado e o tempo desligado do relé.

Figura 4.64 Símbologia



Fonte: WEG (2012)

Figura 4.65 Diagrama Temporal

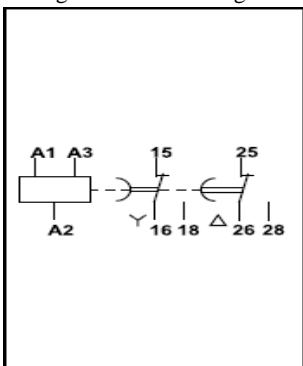


Fonte: WEG (2012)

4.7.8 Relé Temporizador Estrela Triângulo (Y-Δ)

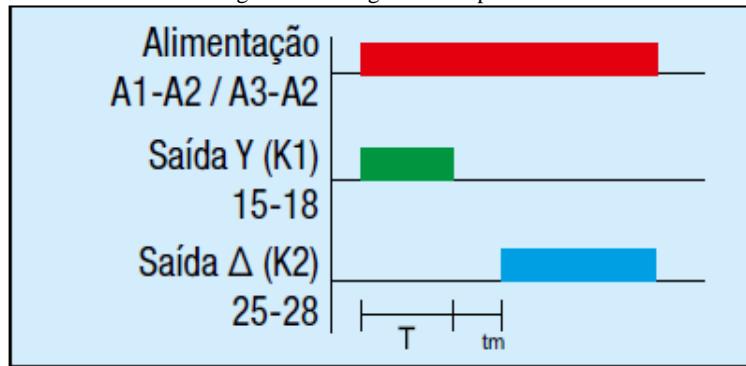
Após a energização do relé os contatos de saída Estrela comutam instantaneamente, permanecendo acionados durante o período (T) ajustado no seletor. Após o tempo Tm fixo os terminais triângulo serão então acionados e permanecem neste estado até que a alimentação seja interrompida.

Figura 4.66 Símbologia



Fonte: WEG (2012)

Figura 4.67 Diagrama Temporal



Fonte: WEG (2012)

4.8 CHAVES DE PARTIDA DE MOTORES ELÉTRICOS TRIFÁSICOS

A indústria é movida por motores elétricos, todas as máquinas e equipamentos de produção são compostas por vários motores elétricos, geralmente motores de indução trifásicos, onde necessitamos de equipamentos de proteção, comando e sinalização para podermos acionar este motor. Sendo assim foram desenvolvidos vários tipos de partidas de motores trifásicos, de acordo com a necessidade de cada acionamento.

O uso dos dispositivos de comando e proteção propicia a construção de chaves de partida para motores com relativa simplicidade. A facilidade em se automatizar processos, comandar máquinas a distância bem como sequenciar a partida de vários motores é totalmente possível, com segurança e confiabilidade. Veremos agora alguns destas chaves de partidas.

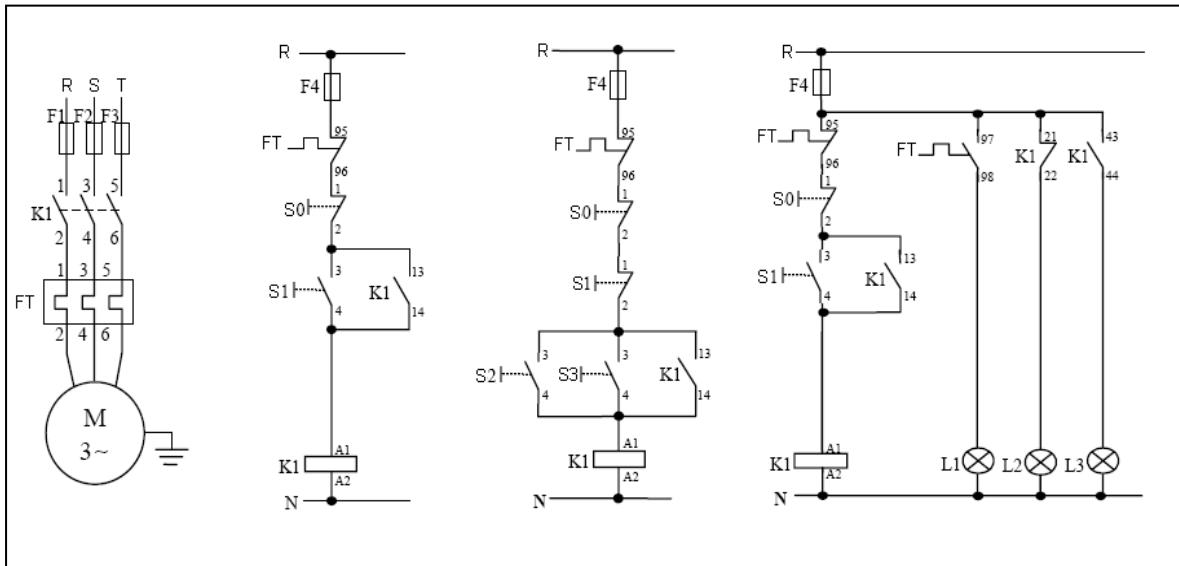
4.8.1 Chave de Partida Direta

A chave de partida direta é a mais comum e simples que existe, consiste em ligar o motor diretamente as três fases da rede, tendo este uma corrente de partida de acordo com a placa de identificação do motor (IP/IN), geralmente variando de 5 a 9 vezes a corrente nominal (IN).

Esta chave é destinada a motores de até 7,5 CV e que não necessite de inversão do sentido de giro do motor.

A Fig. 4.68 mostra diagramas de força ou potência e diagrama de comando desta chave.

Figura 4.68 Circuito Força e Comando (Chave Partida Direta)



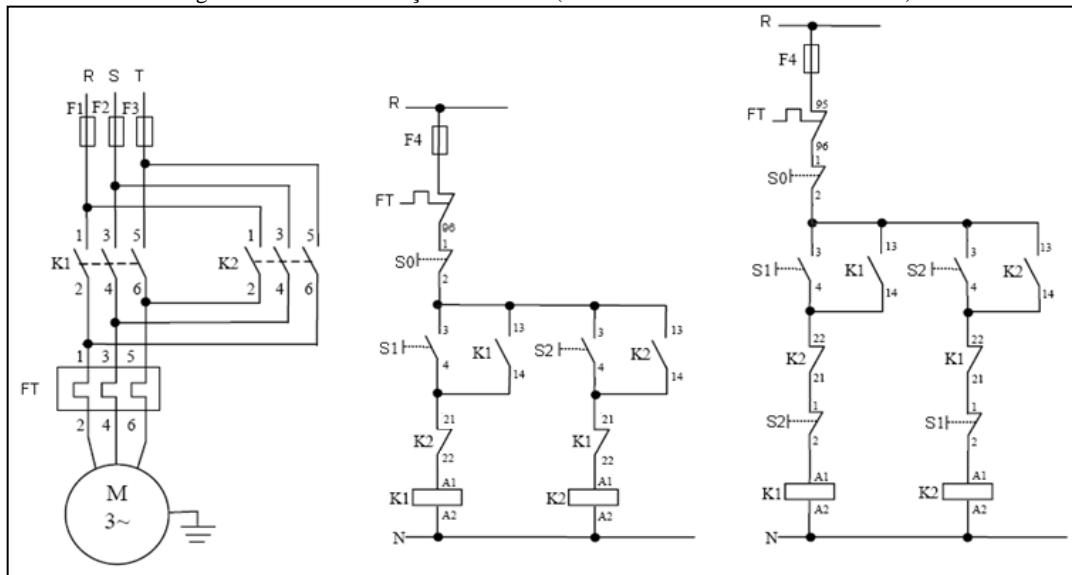
Fonte: (NAGEL,2008).

4.8.2 Chave de Partida Direta com Reversão

A chave de partida direta com reversão é utilizada onde necessita de reversão no sentido de giro do motor.

A Fig 4.69 mostra diagramas de força ou potência e diagrama de comando desta chave.

Figura 4.69 Circuito Força e Comando (Chave Partida Direta com Reversão)



Fonte: (NAGEL,2008)

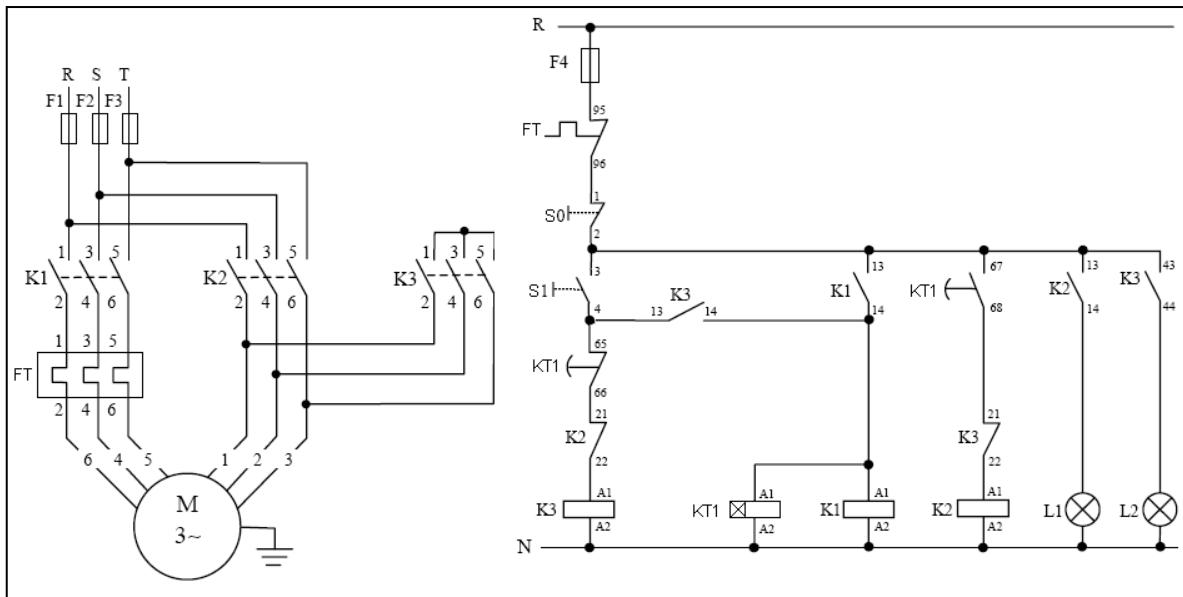
4.8.3 Chave de Partida Estrela Triângulo (YΔ)

A chave de partida estrela triângulo foi concebida para melhorar o problema que temos devido a alta corrente de partida em uma chave de partida direta. Indicada para motores acima de 7,5CV. Possui as seguintes características:

- Reduz a corrente de partida em 1/3;
- Reduz o conjugado de partida em 1/3;

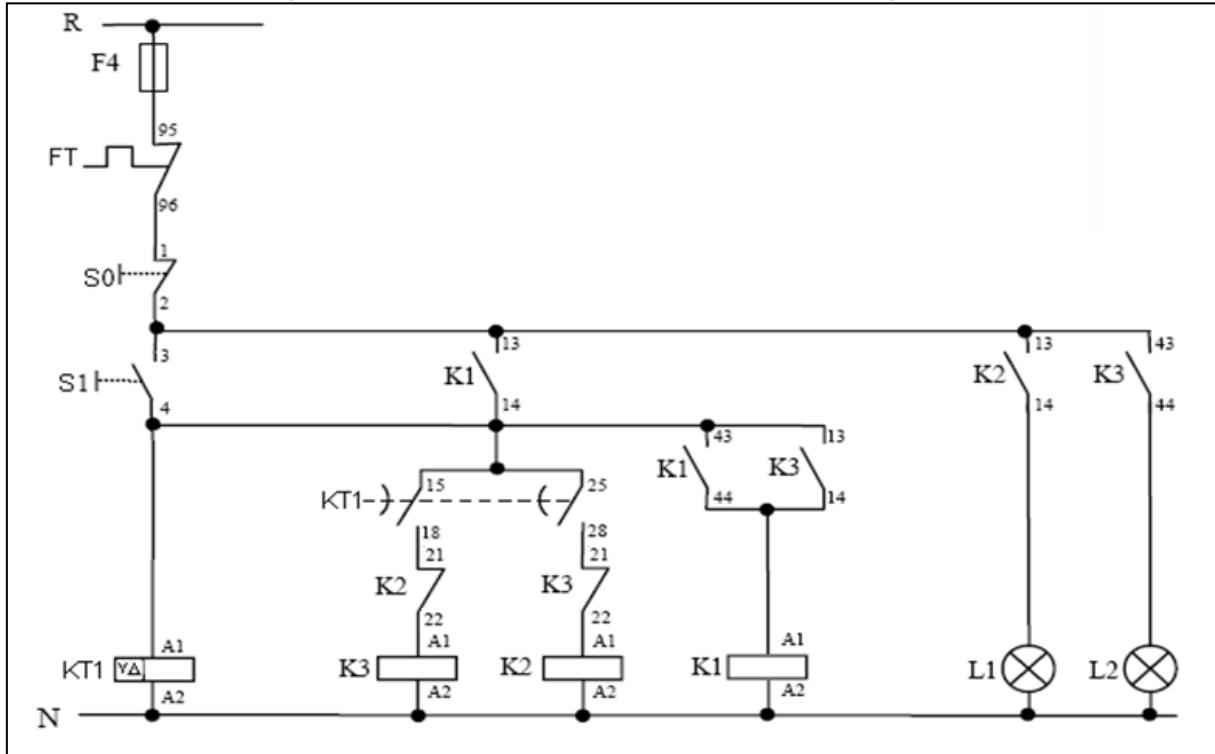
- Motor deve ter 6 terminais acessível a ligação;
 - Para rede 380VCA trifásico, motor deverá ser 380/660V;
 - Para rede 220VCA trifásico, motor deverá ser 220/380V;
 - Motor parte em Estrela, após um tempo comuta automaticamente para triângulo;
 - O tempo de comutação deve ser quando motor atingir 90% da rotação nominal;
- As Figuras 4.70 à 4.72 mostram os diagramas de força ou potência e diagrama de comando desta chave, apresentaremos três diagramas de comando distintos, com a mesma finalidade.

Figura 4.70 Circuito Força e Comando 1 (Chave Partida Estrela Triângulo)



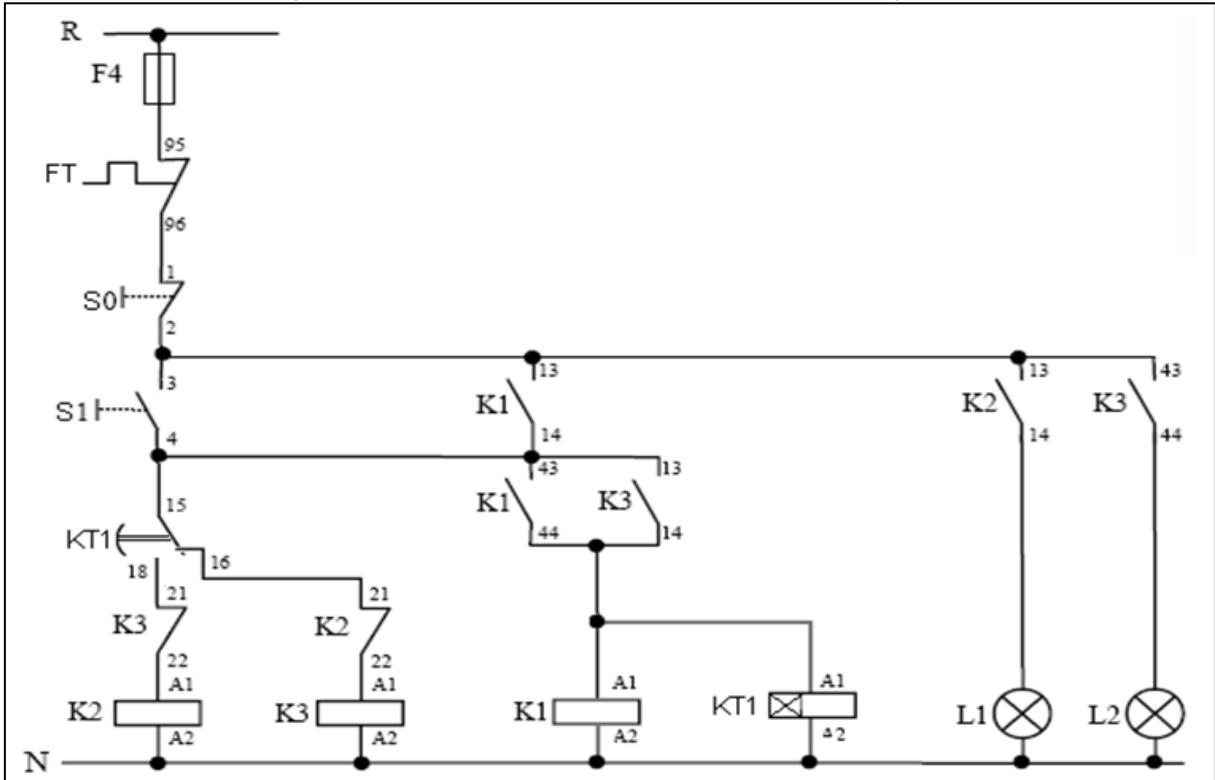
Fonte: (NAGEL,2008)

Figura 4.71 Circuito de Comando 2 (Chave Partida Estrela Triângulo)



Fonte: (NAGEL,2008)

Figura 4.72 Circuito de Comando 3 (Chave Partida Estrela Triângulo)



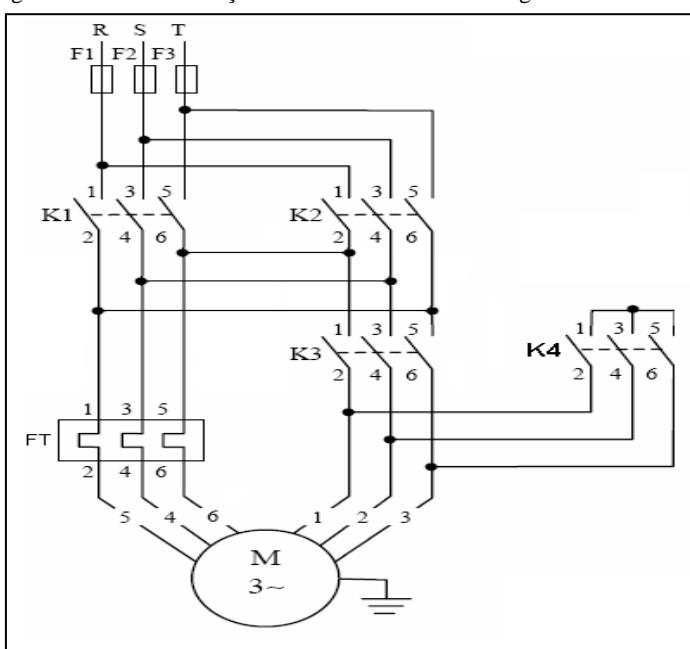
Fonte: (NAGEL,2008)

4.8.4 Chave de Partida Estrela Triângulo ($Y\Delta$) Com reversão

A chave de partida estrela triângulo com reversão é utilizada onde necessito de reversão no sentido de giro do motor.

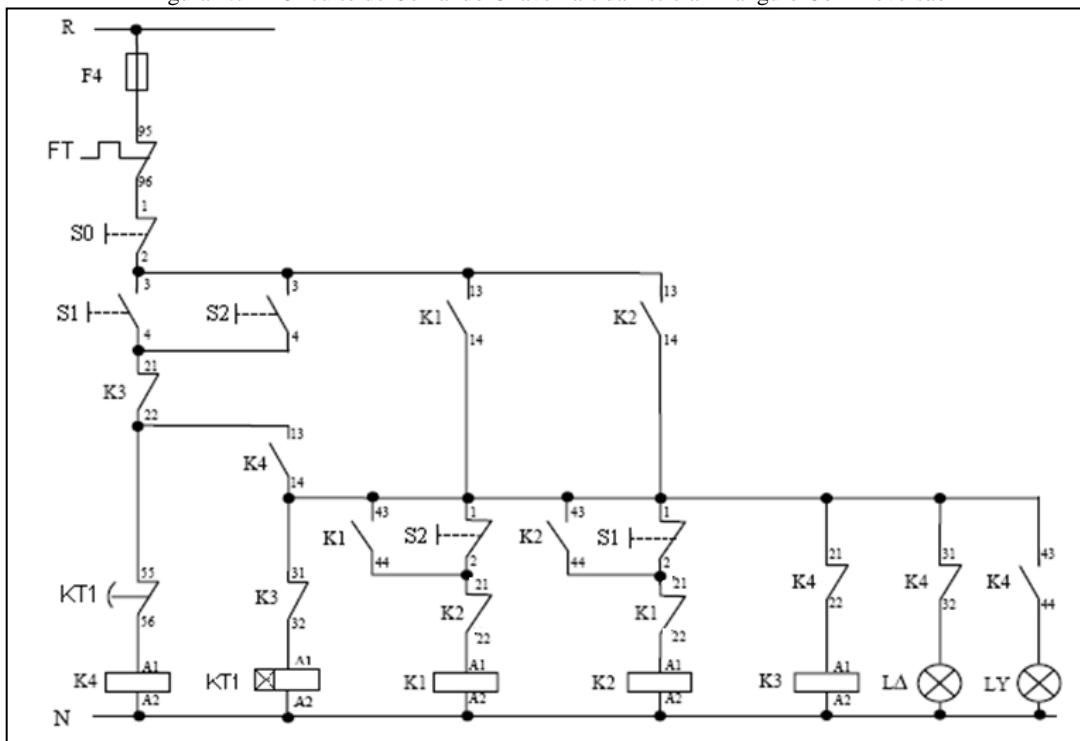
As figuras 4.73 e 4.74 mostram os diagrama de força ou potência e diagrama de comando desta chave.

Figura 4.73 Circuito Força Chave Partida Estrela Triângulo Com Reversão



Fonte: (NAGEL,2008)

Figura 4.74 - Circuito de Comando Chave Partida Estrela Triângulo Com Reversão



Fonte: (NAGEL,2008).

4.8.5 Chave de Partida Compensadora

A chave compensadora utiliza um autotransformador para reduzir a tensão de partida do motor, é utilizada geralmente para motores acima de 15 CV e onde se necessita a partida com carga.

Os tap's de conexão do autotransformador aplicam ao motor 80% e 65% da tensão nominal de alimentação e reduzem a corrente de partida para 64% e 42% do seu valor comparada à partida direta.

A utilização dos tap's é definida pelo conjugado de partida, conjugados mais pesados utilizarão o tap de 80% e conjugados mais leves o de 65%. Existem autotransformadores com tap's de saída com 85%, 80%, 65% e 50% da tensão de alimentação.

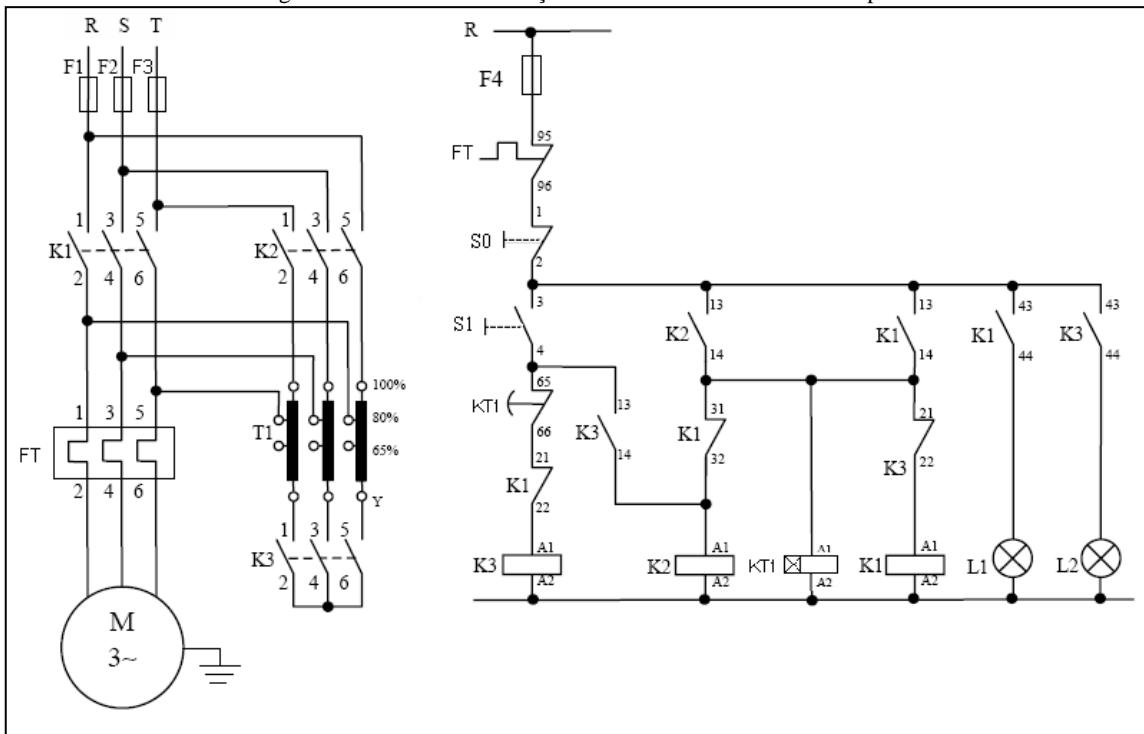
As vantagens da partida compensadora são:

- Pico da corrente quando ocorre a comutação do motor para tensão nominal menor que o da estrela-triângulo.
- Ajuste do tap de acordo com a necessidade de partida (conjugado)
- A tensão da rede pode coincidir com a conexão estrela ou triângulo do motor.
- Podem ser ligados motores com apenas 3 bornes de conexão.

Desvantagens:

- Capacidade limitada de manobras
- Custo mais elevado
- Maiores dimensões devido ao autotransformador.

Figura 4.75 - Circuito de Força e Comando Chave Partida Compensadora



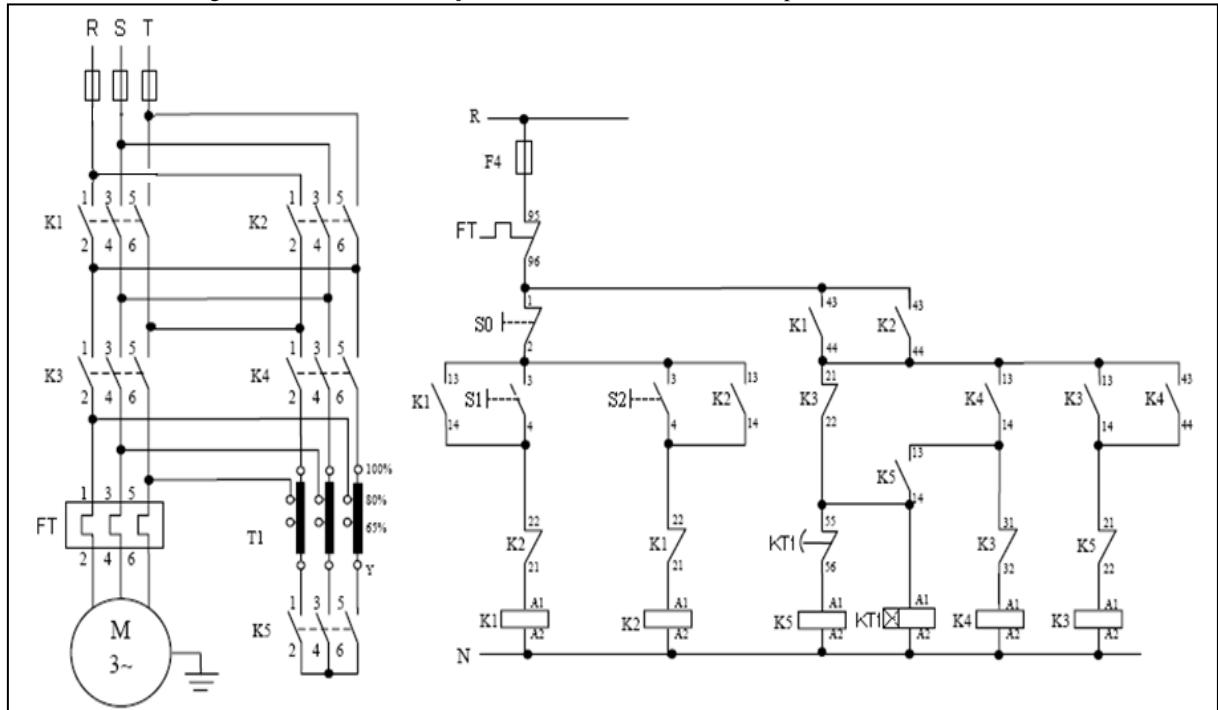
Fonte: (NAGEL,2008)

4.8.6 Chave de Partida Compensadora Com Reversão

A chave de partida compensadora com reversão é utilizada onde necessita de reversão no sentido de giro do motor.

A figura 4.76 mostra o diagrama de força ou potência e diagrama de comando desta chave.

Figura 4.76 Circuito de Força e Comando Chave Partida Compensadora Com Reversão

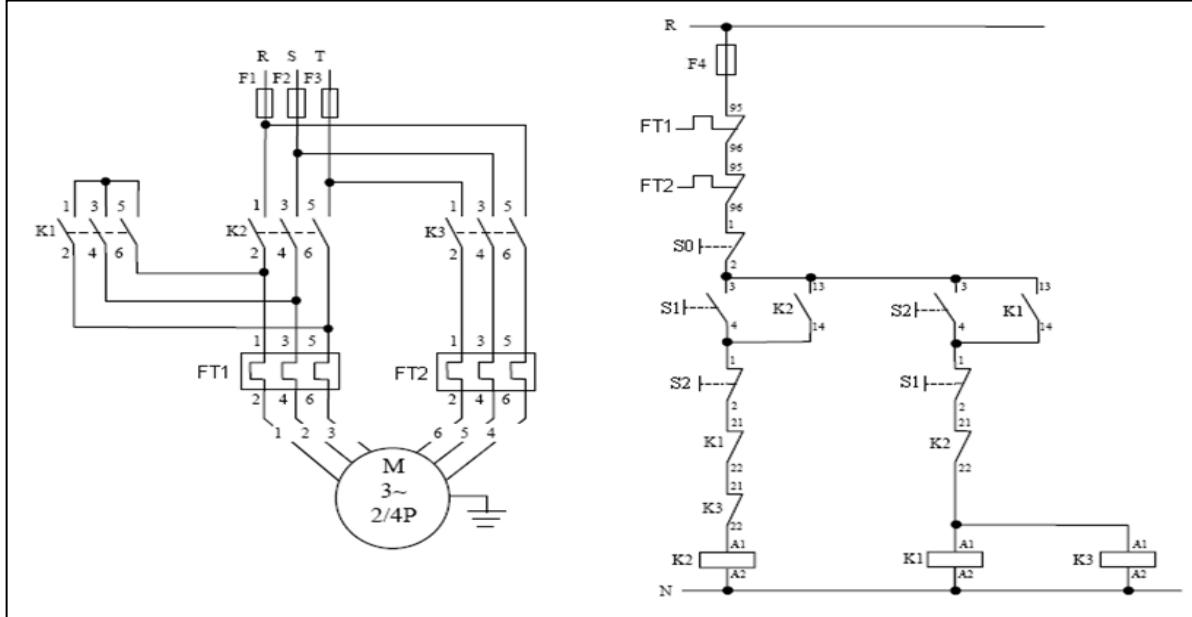


Fonte: (NAGEL,2008).

4.8.7 Chave de Partida Para Motor Dahlander

Quando necessitados de duas velocidades, podemos utilizar o motor Dahlander.

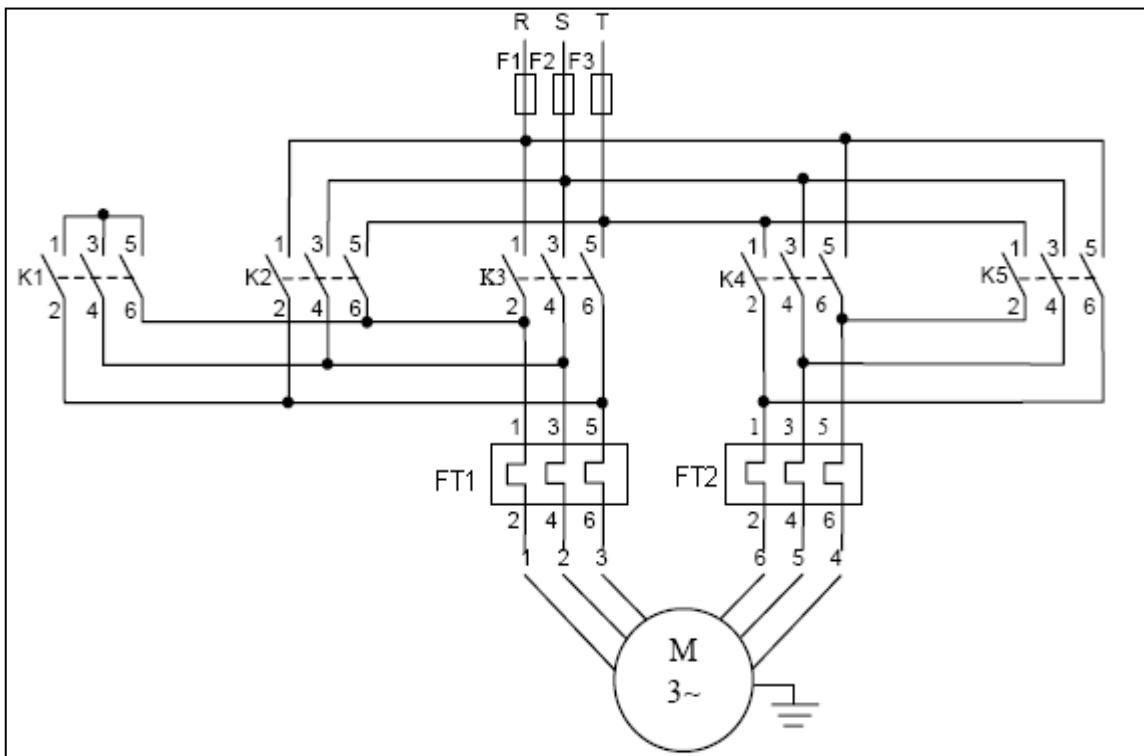
Figura 4.77 Circuito de Força e Comando Chave Partida Para Motor Dahlander



Fonte: (NAGEL,2008)

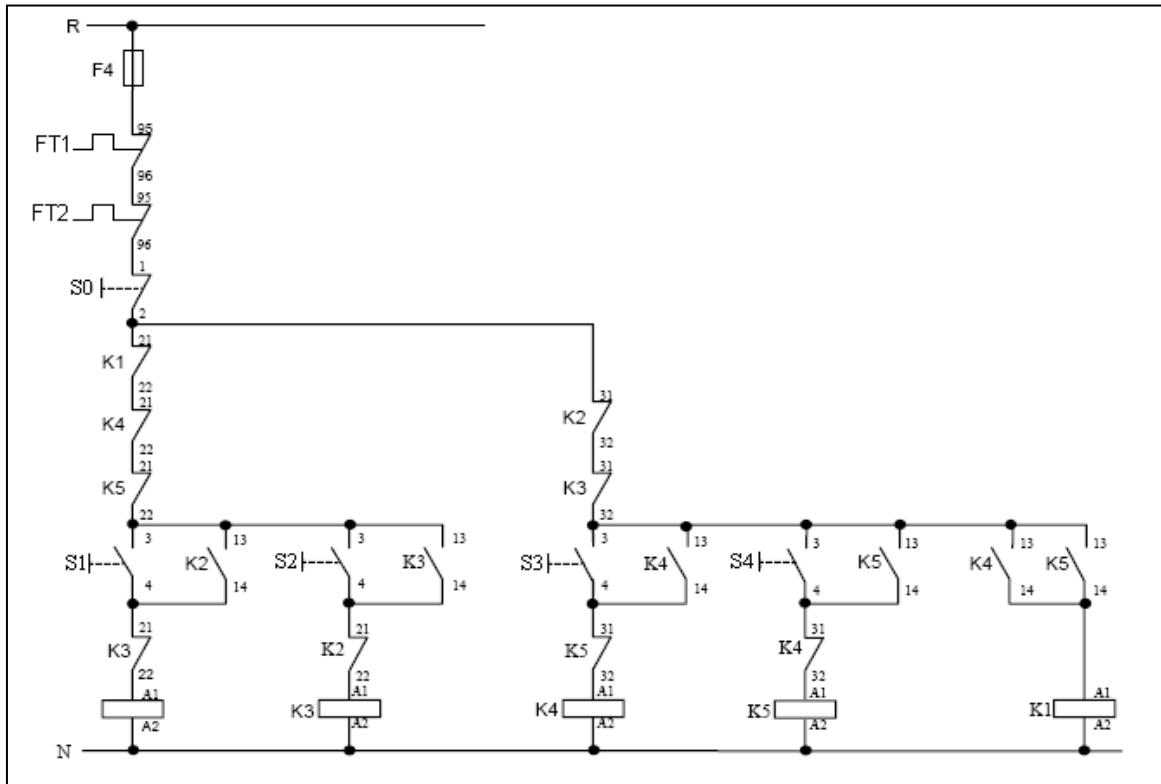
4.8.8 Chave de Partida Para Motor Dahlander com Reversão

Figura 4.78 Circuito de Força Chave Partida Para Motor Dahlander com Reversão



Fonte: (NAGEL,2008)

Figura 4.79 Circuito de Comando Chave Partida Para Motor Dahlander com Reversão



Fonte: (NAGEL,2008)

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Eletrical Installation. **NBR 5444 - Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais:** simbologia. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 1989. 9 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Lighting. **NBR 5413 – Iluminação de interiores:** procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. 13 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410:** Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro - RJ: ABNT, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5419 - Proteção de estruturas contra descarga atmosféricas.** 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 2005. 42 p.
- BASOTTI, Márcio Rogério. **Eletricidade:** instalações industriais. Sapucaia do Sul-RS: Centro de Educação Profissional SENAI de Eletromecânica, 2001. 124 p.
- CARVALHO, Moisés Roberto Lanner. **Apostila Instalações Elétricas De Baixa Tensão.** Rio de Janeiro – RJ: ABACUS Informática e Engenharia, 2003. 80 p.
- CAVALIN, Geraldo; CERVELIN, Severino. **Instalações Elétricas Prediais.** 15. ed. São Paulo: Editora Érica, 2006.
- CENTRAIS ELÉTRICAS SANTA CATARINA S.A. **NT03 - BT:** Fornecimento de Energia Elétrica a Edifícios de Uso Coletivo. Florianópolis – SC: CELESC, 1997.
- COTRIM, Ademaro A. M. B. **Instalações Elétricas.** 4. ed. São Paulo: Editora Prentice Hall, 2003.
- CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas.** 14. ED. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos. Editora S.A., 2000.
- NAGEL, Márcio Luiz. **Instalações Elétricas Prediais.** Blumenau-SC: SENAI Nacional de Aprendizagem Industrial, 2010.
- NAGEL, Márcio Luiz. **Instalações Elétricas Industriais.** Blumenau-SC: SENAI Nacional de Aprendizagem Industrial, 2008.
- WEG. **Módulo 1 – Comando e proteção.** Disponível em: <http://www.ebah.com.br/motores-weg-modulo-1-pdf-a52195.html>. Acesso em: 24 abr. 2011;
- OSRAM. **Iluminação:** conceitos e projetos. Disponível em: <http://www.osram.com.br/osram_br/Ferramentas_%26_Downloads/_pdf/Arquivos/Illuminao_Geral/Manual_do_Curso_Iluminacao%2c_Conceitos_e_Projetos/AF_apostila_conceitos_e_projetos_SITE.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2012.
- OSRAM. **Lâmpadas Fluorescentes Tubulares e Circulares.** Disponível em: <http://www.osram.com.br/osram_br/Ferramentas_%26_Catlogos/_pdf/Arquivos/Illuminao_Geral/Catalogo_Geral_2009-2010/OSRAM_catalogo09_10_fluorescentestubulares.pdf>.

Acesso em: 20 de abr. de 2012.

- PHILIPS. **Catálogo Geral de Luminárias**. São Paulo: PHILIPS, 2008.
- SENAI/RS. **Eletricista de Instalações Prediais**. 3. ed. Porto Alegre-RS: Unidade de Negócios em Educação Profissional de Nível Básico, 2002.
- MILLER, C. M.; ROBBINS, A. **Circuit Analysis: Theory and Practice**. 3 Ed. Clifton Park,NY: Thompson/ Delmar Learning, 2004.
- Elliott, B.S.**Electromechanical Devices & Components Illustrated Sourcebook**. USA: McGraw-Hill, 2007.
- SENAI. **Emenda em Condutores**. Rio de Janeiro, 1980.