

PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS ¹

Luiz Antônio Righi ²

August 16, 2004

¹Material de consulta, em complemento às aulas, Internet: <http://www.ufsm.br/righi/pie.pdf>

²Professor Adjunto do Departamento de Eletromecânica e Sistemas de Potência (DESP), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), RS, Brasil. Fone: (55)2208147.

Contents

1	Complementos de eletricidade	1
1.1	Grandezas elétricas	2
1.1.1	Tensão	2
1.1.2	Corrente elétrica	2
1.1.3	Resistência elétrica R , resistividade ρ e Lei de Ohm	3
1.1.4	Potência elétrica	4
1.1.5	Trabalho ou energia elétrica	4
1.2	Fundamentos de circuitos elétricos	4
1.2.1	Associação de resistores	4
1.2.2	Leis de Kirchoff	5
1.2.3	Ligação básica de tomadas e lâmpadas	5
1.2.4	Exercícios	6
1.3	Parâmetros característicos de circuitos senoidais	6
1.3.1	Período, frequência, e velocidade angular	6
1.3.2	Amplitude e ângulo de fase	6
1.3.3	Potência instantânea	7
2	Iluminação	9
2.1	Dados e aspectos de projeto	10
2.1.1	Integração com a luz natural	10
2.1.2	Memorial de cálculos	10
2.2	Níveis de iluminação	11
2.3	Escolha de lâmpadas e seus respectivos lúmens	11
2.3.1	Lâmpadas incandescentes	12
2.3.2	Lâmpadas Fluorescentes	12

2.3.3	Lâmpadas halógenas e dicróicas	16
2.3.4	Lâmpadas Vapor de Mercúrio	18
2.3.5	Lâmpadas Mistas	18
2.3.6	Lâmpadas de vapor de sódio	19
2.3.7	Tabela prática para cálculo luminotécnico	19
2.3.8	Cálculo do número mínimo de lâmpadas	20
2.4	Iluminação de interiores	21
2.4.1	Fator do local - k	21
2.4.2	Coefficiente do local - η_R	21
2.4.3	Eficiência da luminária - η_{LB}	22
2.4.4	Coefficiente de utilização - u	22
2.4.5	Fator de depreciação - d	22
2.4.6	O método dos lúmens	23
2.5	Iluminação de exteriores	24
2.6	Iluminação de emergência	24
2.7	Iluminação inteligente	24
3	Materiais elétricos	25
3.1	Isolantes elétricos	25
3.1.1	Isolantes naturais	25
3.1.2	Isolantes artificiais	26
3.1.3	Efeito térmico da corrente elétrica	26
3.1.4	Vida da isolação	27
3.2	Linhas ou condutos elétricos	27
3.3	Condutores	28
3.3.1	Dimensionamento de condutores pela corrente máxima	28
3.3.2	Dimensionamento de condutores pela queda de tensão	29
3.3.3	Correntes harmônicas	30
3.4	Aparelhos elétricos	32
3.4.1	Aparelhos eletrodomésticos	33
3.4.2	Aparelhos Condicionadores de ar	33
3.4.3	Motores elétricos	36
3.4.4	Aparelhos de solda elétrica	36

4	Projetando instalações elétricas	37
4.1	Previsões de normas	38
4.1.1	Normas da ABNT	38
4.1.2	Outras normas ou regulamentos	39
4.2	Distribuição de tomadas	39
4.3	Divisão de circuitos	40
4.4	Carga instalada	40
4.5	Entradas de serviço	41
4.5.1	Classificação dos tipos de fornecimento	41
4.5.2	Condições gerais das normas brasileiras	41
4.6	Cálculo da demanda	42
4.7	Dimensionamento da entrada de energia	43
5	Projeto de uma Obra Unifamiliar	49
5.1	Memorial Descritivo das Instalações Elétricas	49
5.1.1	Considerações Gerais	49
5.1.2	Entrada de serviço	49
5.1.3	Quadro de medidor	49
5.1.4	Distribuição e proteção	50
5.1.5	Materiais e execução dos serviços	50
5.2	Exemplo para Cálculo da Demanda	50
5.2.1	Carga instalada	51
5.2.2	Compatibilização da carga instalada com as previsões mínimas	51
5.2.3	Cálculo da demanda	52
5.2.4	Demanda total da residência	52
6	Projeto de um prédio comercial-residencial	55
6.1	Memorial Descritivo das Instalações Elétricas	55
6.1.1	Considerações Gerais	55
6.1.2	Entrada de serviço	55
6.1.3	Quadro de medidor	56
6.1.4	Aterramento	56
6.1.5	Ramais de alimentação	57

6.1.6	Distribuição de energia elétrica	57
6.1.7	Eletrodutos	57
6.1.8	Condutores	57
6.1.9	Carga instalada	58
6.1.10	Carga demandada	58
6.1.11	Execução dos serviços	58
6.2	Memorial de cálculos	59
6.2.1	Potência instalada	59
6.2.2	Dimensionamento dos condutores	59
6.2.3	Dimensionamento dos eletrodutos	59
6.3	Planta de localização	60
6.4	Planta de situação	60
6.5	Detalhe do quadro de medidores	60
6.6	Localização do quadro de medidores	60
6.7	Detalhe da entrada de energia	60
6.8	Detalhe do aterramento	60
6.9	Convenções e simbologia adotada	60
6.10	Plantas baixa	60
6.10.1	Apartamentos 201, 301, 401 e 501	60
6.10.2	Térreo - lojas	60
6.10.3	Subsolo - garagens e serviços	60
6.11	Quadro de cargas	60
6.12	Diagrama unifilar	60
6.13	Demanda do Prédio	60
6.13.1	Cargas instaladas	61
6.13.2	Compatibilização das cargas instaladas com as previsões mínimas	61
6.13.3	Cálculo das demandas	62
6.13.4	Demanda total do prédio	62

Chapter 1

Complementos de eletricidade

Antes de iniciarmos o estudo dos princípios aplicados ao projeto de instalações elétricas, é bom formularmos o nosso objetivo. Podemos subdividi-lo em quatro partes interligadas entre si:

A) As necessidades e exigências de conforto da sociedade estão mudando rapidamente, haja visto a enorme influência que a energia elétrica exerce em todos os setores da atividade humana. Somos a cada dia que passa mais dependentes desta energia, no lar, no trabalho, nos locais de lazer, de compras, enfim, em toda parte. Podemos nos perguntar: ‘Qual a importância da eletricidade para a nossa vida? Quais as suas influências no que somos hoje e poderemos ser amanhã?’

B) O projeto de instalações elétricas exige uma série de cuidados com a segurança, obedecendo certas normas que se desenvolveram ao longo da história. No Brasil, temos a NBR5410, que se originou da antiga NB-3, criada no início do século XX. No RS, temos o regulamento geral das instalações consumidoras (RIC), que é uma referência no tocante a instalações elétricas. E estas normas estão em contínua evolução, adaptando-se com novos materiais, e novas tecnologias de seu emprego. Quem conhece o antigo padrão AWG?

C) As fontes de energia elétrica são limitadas, e ela não pode ser desperdiçada. Existem infinitas alternativas de projeto, que não podem ser desconsideradas, sob o risco de fracasso dos empreendimentos. E se esse empreendimento é a Vida no planeta, nós, os projetistas, temos uma grande parcela de responsabilidade. ‘Somos capazes de identificar pontos de desperdício de energia elétrica? Ou somos capazes de planejar uma instalação elétrica segundo o critério do desenvolvimento sustentável?’

D) As tendências atuais apontam que nas instalações do futuro a eletrônica e a informática serão essenciais para a conservação da energia e do meio ambiente, exigindo projetos especiais. Temos como exemplos: a) sistema de interfone integrado ao telefone; b) sistema de segurança monitorado por câmaras de TV; c) tubulações para TV (antenas, a cabo, ...); d) sistema central de aquecimento combinando gás,

eletricidade, e coletores solares; e) todas tomadas com aterramento para ligar microcomputadores; e, f) tubulações para redes de computadores.

Este material tem por objetivo auxiliar o projetista, trazendo alguns princípios e algumas referências para melhorar a qualidade dos projetos elétricos.

Este capítulo tem por objetivo complementar os conceitos da física e de circuitos elétricos em regime senoidal, aplicados para o projeto e execução de instalações elétricas.

1.1 Grandezas elétricas

Vamos iniciar revisando as principais grandezas elétricas, com suas respectivas unidades.

1.1.1 Tensão

A tensão elétrica, ou diferença de potencial, é medida em Volts (V), é a ‘força elétrica’ que desloca os elétrons através do circuito fechado. A tensão é medida com um voltímetro ligado em paralelo com o circuito, nos dois pontos onde se deseja medir a diferença de potencial.

1.1.2 Corrente elétrica

Denomina-se corrente elétrica a relação entre o fluxo de cargas elétricas ΔQ que atravessa uma superfície S , pelo intervalo de tempo Δt .

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (1.1)$$

A unidade de corrente é o Ampère (1 A = 1 Coulomb/segundo no Sistema Internacional de Unidades - SI). A densidade de corrente é:

$$J = \frac{I}{S} \quad (1.2)$$

Nos condutores metálicos, os elétrons são os portadores de carga que se deslocam em sentido contrário ao do campo elétrico aplicado. A corrente total I que atravessa a superfície S é dada por:

$$I = J.S \quad (1.3)$$

A corrente elétrica é medida com um amperímetro, cujo funcionamento se baseia nos efeitos desta corrente (analógicos) ou por queda de tensão num resistor derivação (digitais).

1.1.3 Resistência elétrica R , resistividade ρ e Lei de Ohm

A resistência elétrica R é definida como:

$$R = \frac{V}{I} \quad (1.4)$$

que nos permite reescrever a equação de R como:

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (1.5)$$

onde l é o comprimento do condutor em metros, e A a sua seção reta transversal ao longo de todo o seu comprimento.

A resistividade ρ é definida por:

$$\rho = \frac{1}{\sigma} \quad (1.6)$$

onde σ é a condutividade do material expressa em $(\Omega \cdot \text{m})^{-1}$. A condutância é o inverso da resistência.

A tabela 1.1 apresenta a resistividade média dos materiais mais utilizados em instalações elétricas. Observa-se que a sua unidade está alterada para que, multiplicando-se pelo comprimento em metros e dividindo pela seção condutora em milímetros quadrados, se obtenha a resistência do condutor em Ohms. A condutividade do alumínio corresponde a 61% da do cobre.

Table 1.1: Resistividades dos materiais mais usados em instalações.

Material	Resistividade ρ a 20°C
Cobre	1/58 $\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$
Alumínio	1/35,4 $\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$

A resistividade ρ para a maioria dos materiais varia com a temperatura. Para muitos materiais, incluindo os metais, a relação linear empírica é

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha T_0) \quad (1.7)$$

onde, T_0 é uma temperatura de referência, ρ_0 é a resistividade em T_0 e α é o coeficiente de temperatura média da resistividade. A resistência do cobre aumenta de 0,00393 Ohms por cada aumento de 1 °C. A projeção da curva interceptará a linha de **resistência zero** em -234,5 °C. Entretanto, na prática observam-se resistências extremamente baixas nesta faixa de temperatura.

1.1.4 Potência elétrica

Define-se potência como sendo o trabalho executado por unidade de tempo. A potência elétrica é obtida pelo produto da tensão pela corrente.

$$P = VI \quad (1.8)$$

Se o dispositivo for um resistor podemos escrever:

$$P = \frac{V^2}{R} \quad (1.9)$$

1.1.5 Trabalho ou energia elétrica

Num resistor, a energia potencial elétrica é transferida aos íons da rede através do movimento dos portadores de carga e aparece como energia térmica interna.

No SI, a unidade do trabalho é o Joule (J), e o seu geral é W . Pode ser medido por meio de um medidor de wathhora. Os kWh consumidos podem ser diretamente lidos no aparelho ou ainda determinados em função do número de rotações de um disco em função do tempo.

Exemplo

Calcular o consumo mensal de um refrigerador de 500 W, que ficou ligado durante 1/3 do período. (1 kWh = 1000W x 3600s = $3,6 \times 10^6$ J).

$$C(\text{Joule}) = 500 \times 10 \times 3600 = 18 \times 10^6 J$$

$$C(\text{kWh}) = \frac{18 \times 10^6}{3,6 \times 10^6} = 5 \text{kWh}$$

1.2 Fundamentos de circuitos elétricos

1.2.1 Associação de resistores

Ligação série de resistores

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \quad (1.10)$$

Ligação paralelo de resistores

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (1.11)$$

1.2.2 Leis de Kirchoff

Lei de Kirchoff da corrente

A soma de todas as correntes que entram num 'nó' é igual à soma de todas as correntes que saem deste 'nó'. É a lei dos nós.

Lei de Kirchoff da tensão

A soma de todas as fontes de tensão de uma 'malha' é igual à soma de todas as tensões nas cargas desta 'malha'. É conhecida como lei das malhas.

1.2.3 Ligação básica de tomadas e lâmpadas

A instalação elétrica tem duas funções básicas: iluminação e distribuição de energia às tomadas. A distribuição de energia é feita ligando as tomadas em paralelo entre si. Como os cabos se limitam a transportar a corrente, em todas as tomadas existe 127 Vca ou 220 Vca (alternados), desconsiderando-se as quedas de tensão nos condutores.

Podemos ver na figura 1.1 o esquema de uma parte de uma instalação elétrica com uma tomada, uma lâmpada, e um interruptor. Dos dois fios principais saem os cabos para a tomada e para a ligação série da lâmpada e do interruptor.

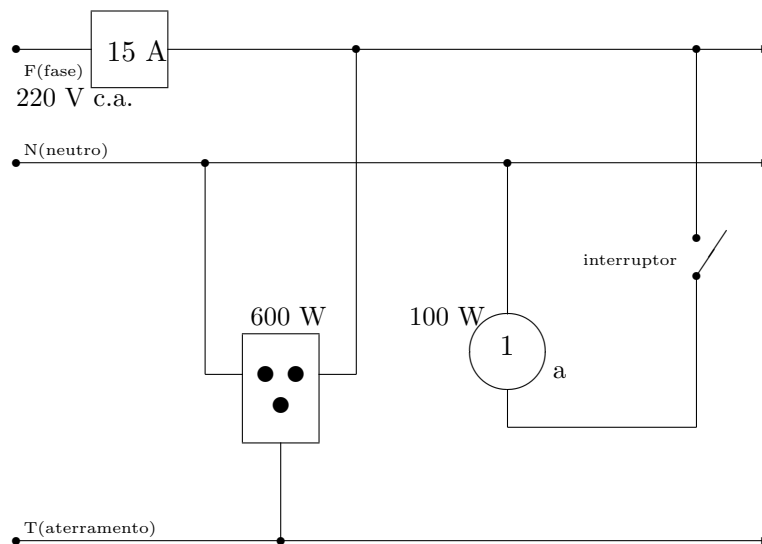


Figure 1.1: Esquema básico para ligação de tomadas e lâmpadas

1.2.4 Exercícios

1. Calcular a corrente de um fio circular de 4 mm^2 , se a densidade de corrente é $J = 10 \text{ A/mm}^2$.

2. Um condutor de cobre de 15.24 m de comprimento e $3.31 \times 10^{-6} \text{ m}^2$ de área de seção conduz uma corrente de 10 A . Calcular a resistência e a queda de tensão do condutor. Dados: Condutividade do cobre = $5.8 \times 10^7 (\Omega \cdot \text{m})^{-1}$.

3. Um condutor de seção reta uniforme e 150 m de extensão acha-se sujeito a uma variação de tensão de 1.3 V e uma densidade de corrente de $4.653.31 \times 10^5 \text{ A/m}^2$. Qual a condutividade do material no condutor?

4. Quanto custa uma iluminação de 2 lâmpadas de 40 W durante 15 horas , se o preço do kWh é de R\$ $0,09$? Resposta: R\$ 0.108

1.3 Parâmetros característicos de circuitos senoidais

1.3.1 Período, frequência, e velocidade angular

Se uma dada corrente é representada pela equação.

$$i = F(t)$$

e a função $F(t)$ tem a propriedade tal que

$$F(t) = F(t + T)$$

onde T é uma constante, então a corrente é dita periódica, e T é o seu período. O inverso do período é a frequência f :

$$f = \frac{1}{T}$$

Pode-se definir também a frequência angular ω em rad/s, como

$$\omega = 2\pi f$$

1.3.2 Amplitude e ângulo de fase

Uma corrente com função senoidal é uma corrente alternada que tem o seu valor instantâneo igual ao produto de uma constante (amplitude) e um cosseno de um ângulo variável linearmente com o tempo.

Assim:

$$i = I_m \cos(\omega t + \theta_i)$$

A amplitude de uma corrente alternada é o seu valor instantâneo máximo. Por isto, denomina-se, neste trabalho, por letras maiúsculas com o subscrito m .

O sinal do ângulo de fase θ_i corresponde ao sinal da corrente no instante $t = 0$ segundos.

Valor eficaz

O valor eficaz (ou r.m.s.) de qualquer sinal periódico seria aquele que desenvolveria, em um determinado condutor, a mesma quantidade de calor que uma corrente contínua.

Todos os instrumentos de medição para corrente alternada indicam o valor eficaz! Os instrumentos com bobina móvel e ímã permanente (BMIP) medem a corrente média, e indicam o valor da corrente eficaz, multiplicando a escala pelo fator de forma, igual a 1,1.

A equação do valor eficaz é a raiz quadrada da média quadrática dos valores instantâneos da corrente sobre um período completo.

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt}$$

Substituindo a equação da corrente, e resolvendo-se a integral, encontra-se a conhecida relação entre a amplitude e o valor eficaz:

$$I_m = I\sqrt{2}$$

1.3.3 Potência instantânea

Seja v o valor instantâneo da tensão de um circuito elétrico, e i a corrente instantânea. Então, a potência instantânea p é simplesmente o produto da tensão pela corrente:

$$p = vi$$

Potência ativa ou média

Denomina-se potência ativa à média de p num período completo:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T vidt$$

Quando a tensão V é expressa em Volts, e a corrente I em ampéres, a potência P é expressa em Watts.

Somente num caso especial a potência média é igual ao produto da corrente eficaz I pela tensão eficaz V : quando o fator de potência for igual a 'um'. Entretanto, este produto nunca pode ser menor do que P .

Seja a tensão e a corrente dadas pelas equações

$$v = V\sqrt{2}\cos(\omega t + \theta_v)$$

$$i = I\sqrt{2}\cos(\omega t + \theta_i)$$

então, a potência instantânea é

$$p = VI[\cos(\theta_v - \theta_i) + \cos(2\omega t)\cos(\theta_v + \theta_i) - \text{sens}(2\omega t)\text{sen}(\theta_v + \theta_i)]$$

Fazendo-se a média de p para um período, simplificam-se os termos em t da equação anterior, e encontra-se:

$$p = VI\cos(\theta_v - \theta_i)$$

Exemplo

Considere-se que a tensão e a corrente instantâneas sejam respectivamente:

$$v = V_m\cos(\omega t + \theta_v)$$

$$i = I_m\cos(\omega t + \theta_i)$$

Com os sinais de tensão e corrente, obtidos experimentalmente com o auxílio de um osciloscópio, podemos determinar os valores para as amplitudes, frequência, e ângulos de fase.

Pode-se observar que:

- a) A amplitude da tensão é V_m V.
- b) A amplitude da corrente é I_m A.
- c) O ângulo de fase da tensão é θ_v e poder ser expresso em graus ou radianos elétricos.
- d) O ângulo de fase da corrente é θ_i .
- e) A tensão está adiantada da corrente do ângulo $\theta = \theta_v - \theta_i$.
- f) A velocidade angular elétrica é ω , o período dos sinais é $T = \frac{2\pi}{\omega}$ segundos e a frequência é $f = \frac{1}{T}$ Hz.
- g) O valor eficaz da tensão é $V = V_m/\sqrt{2}$, que corresponde ao valor médio lido num instrumento de BMIP (Bobina móvel e Ímã Permanente) com retificador.
- h) O valor eficaz da corrente é $I = I_m/\sqrt{2}$.
- i) O fator de potência da carga é

$$FP = \cos\theta$$

- j) A potência ativa média total é $P = VI\cos\theta$ watts.

Este capítulo apresentou a essência da eletricidade. Tendo-se estes conceitos consolidados, pode-se passar para o projeto das instalações elétricas.

Chapter 2

Iluminação

A luz é a energia eletromagnética em forma de onda, de determinado comprimento de onda e frequência (3.7×10^{14} até 8.3×10^{14} Hz). Na luminotécnica distinguem-se 05 (cinco) grandezas:

Intensidade luminosa I - A intensidade de irradiação medida numa determinada direção é chamada de intensidade luminosa. Sua unidade de medida é uma candela (cd).

Fluxo luminoso ϕ - É a potência luminosa irradiada por uma fonte luminosa em todas as direções. É medido em lúmen (lm). Um lúmen é a energia luminosa irradiada por uma candela sobre uma superfície esférica de 1 m^2 e cujo raio é de 1 m. Assim o fluxo luminoso originado por uma candela é igual à superfície de uma esfera unitária de raio ($r = 1 \text{ m}$).

$$\phi = 4\pi r^2 = 12.57lm \quad (2.1)$$

Iluminamento E - É a intensidade luminosa uniforme por m^2 .

Iluminamento = Fluxo luminoso em lúmen / Área em metros quadrados

Luminância B - A luminância de uma fonte luminosa ou de uma superfície luminosa estabelece a reação visual da vista. Sua unidade de medida é Stilb (sb). Quando a luz de uma fonte ou de uma superfície que reflete a luz, atinge a vista com elevada luminância, então ocorre o ofuscamento, sempre que a luminância é superior a 1 sb.

Luminância = Intensidade luminosa / área da lâmpada

Eficiência luminosa η - é a potência luminosa de uma fonte, em lúmen, referida a 1 W de potência absorvida. Sua unidade é o lm/W.

2.1 Dados e aspectos de projeto

Para a realização do cálculo luminotécnico deverá ser realizado o levantamento das condições e dados do ambiente listados abaixo:

- a) dimensões do ambiente (comprimento, largura e pé-direito);
- b) altura do plano de trabalho (75cm para mesas de escritórios, por exemplo);
- c) altura de suspensão das luminárias (se fixadas ao teto, esse valor é nulo);
- d) altura de montagem (subtraindo-se a altura do plano de trabalho e a altura de suspensão da luminária do pé-direito);
- e) acabamentos internos (refletâncias das superfícies): teto, paredes e piso.

2.1.1 Integração com a luz natural

O projeto dos sistemas de iluminação interna deverão apresentar o esquema de ligação das luminárias, procurando-se a melhor divisão dos circuitos de maneira que possibilite maior flexibilidade de acionamento do sistema de acordo com a área ocupada de cada ambiente e de acordo com a disponibilidade de **luz natural**.

Em salas com duas ou mais fileiras de luminárias paralelas a janelas, deverão ser instalados no mínimo **interruptores de duas teclas**, permitindo-se o acionamento das fileiras na medida do necessário, desde que a iluminação natural não seja suficiente para atender os níveis mínimos de iluminação requeridos para a tarefa.

2.1.2 Memorial de cálculos

O **memorial de cálculos** do projeto deverá apresentar o método de cálculo utilizado, incluindo o nome e fabricante do software empregado, quando for o caso. Deverá ser apresentada uma planilha de cálculo contendo o nome da edificação referente ao projeto e para cada ambiente deverão ser fornecidas as seguintes informações:

- a) identificação do ambiente;
- b) área, em m^2 ;
- c) tipo de iluminação empregada
- d) iluminância de projeto, em lux;
- e) número de luminárias adotado;
- f) potência instalada por unidade de área, em W/m^2 ;
- g) iluminância estimada para o final do período de manutenção, adotando-se $d=0,80$.

2.2 Níveis de iluminação

A definição dos níveis de iluminação é a primeira etapa do projeto luminotécnico. Nesta etapa é definida a iluminância necessária para o ambiente em função da tarefa visual que será desenvolvida no local. Estes níveis devem obedecer aos valores médios de iluminação recomendados pela NBR 5413 (Iluminância de Interiores) para cada tipo de atividade e em função da idade média dos usuários, precisão e velocidade exigidas pela tarefa e refletância do fundo da tarefa. A tabela 2.1 apresenta alguns níveis de iluminação recomendados pela NBR 5413. Estes serão os iluminamentos mínimos para o projeto.

Table 2.1: Alguns níveis de iluminação recomendados pela NBR 5413

Local	Lux
Sala de estar	150
Locais de leitura	500
Cozinhas	150
Quartos	150
Hall, escadas, garagens	100
Banheiros	150
Sala de aula	300
Escritórios	1000
Bancos	500
Quadras esportivas	200
Bancos	500
Fábricas em geral	500
Mercados	1000
Restaurantes	150

2.3 Escolha de lâmpadas e seus respectivos lúmens

Deve-se escolher uma lâmpada adequada ao ambiente. Por exemplo, uma lâmpada incandescente é indicada para o interior de uma residência, mas não para uma quadra desportiva, como as lâmpadas mistas ou de vapor de mercúrio, que por sua vez também são indicadas para exteriores.

Para projeto de sistemas de iluminação interna, deverão ser adotados equipamentos de iluminação de acordo com o tipo de ambiente e nível de iluminância necessário.

Os conjuntos de equipamentos poderão, no futuro, ser alterados e substituídos por equipamentos mais eficientes (como, por exemplo, nova tecnologia de lâmpadas fluorescentes), desde que venham a apresentar viabilidade econômica - ambiental.

2.3.1 Lâmpadas incandescentes

- Princípio de funcionamento: Lei de Stefan-Boltzman.

- Partes: soquete (Base: E-27 ou rosca Edson), bulbo (de cristal claro), filamento (de tungstênio), e gás.

- Grande reprodução de cores, semelhante à luz solar.

- Aplicação para iluminação geral com potências adequadas para cada ambiente. Uso geral em ambiente doméstico.

- Ideais para iluminação indireta em luminárias fechadas e em situações onde o brilho e cintilações são mais importante que a redução do ofuscamento.

- Vida útil depende da tensão. Com tensão nominal fica em torno de 1000 horas.

- Ampla gama de potências. Caso você desejar, pode consultar o ábaco da figura 2.1, fornecido pela General Electric (ver L. Oberg).

- Eficiência luminosa: em torno de 7,5 lumens/W.

Ábaco para escolha da lâmpada incandescente

Como usar o ábaco:

- traçar uma reta ligando a “área em m²” para cada aparelho ao “iluminamento em luxex”,

- determinando, no cruzamento com a escala central “lumens = lux x m²”, o número de lúmens úteis para cada aparelho ou ponto de luz.

- A seguir, traçar outra reta ligando o “coeficiente de utilização” obtido a priori (na tabela da luminária e do ambiente), ao ponto de cruzamento anteriormente determinado na escala de “lumens”,

- que é prolongada até encontrar a escala da “potência da lâmpada incandescente” em watts.

Este ábaco prevê a depreciação de 30 % nos lúmens inicialmente emitidos pela lâmpada.

2.3.2 Lâmpadas Fluorescentes

São as tradicionais fluorescentes tubulares ou compactas, amplamente utilizadas em instalações residenciais, comerciais e industriais. Caracterizam-se basicamente por:

Table 2.2: Potência versus rendimento de lâmpadas Philips

potência	U=	120V	U=	230V
nominal	fluxo	rend.	fluxo	rend.
(W)	(lm)	(lm/w)	(lm)	(lm/w)
25	265	10,6	230	9,2
40	465	11,6	400	10
60	780	13	670	11,1
100	1460	14,6	1280	12,8
150	2380	15,9	2100	14
200	3300	16,5	2980	14,9
300	5150	17,2	4750	12,7
500	9400	18,8	8400	16,8

- Pó fluorescente comum de revestimento do bulbo: T8 (26 mm), T10 (33 mm) e T12 (38 mm).
- Eficiência energética de 35 a 70 lúmens/Watt.
- Temperatura de cor de 5250 K/Luz do Dia Especial e 6100 K/Luz do Dia. Índice de reprodução de cor de 72 e 78% respectivamente;
- São consideradas universais, ou seja, funcionam em reatores eletromagnéticos de partida convencional com starter, partida rápida ou reatores eletrônicos;
- Duração média de 7500 horas;
- Fator de potência de 0,5 a 0,8.

Existem vários tipos de lâmpadas fluorescentes e suas associações com luminárias e reatores (kits), e necessitaríamos um curso específico neste assunto. Entretanto, apresenta-se a seguir algumas recomendações para a configuração de equipamentos de iluminação fluorescente interna.

Kit de 16W

Para locais em que os níveis de iluminação de projeto sejam inferiores a 200 lux, recomenda-se a utilização do conjunto (lâmpada, luminária e reator) composto por duas lâmpadas fluorescentes tubulares de 16W, luminária dupla com refletores de alumínio polido e reator eletrônico. As especificações técnicas deste conjunto são listadas abaixo, para efeito de licitação.

- Lâmpada T8 de 16W:

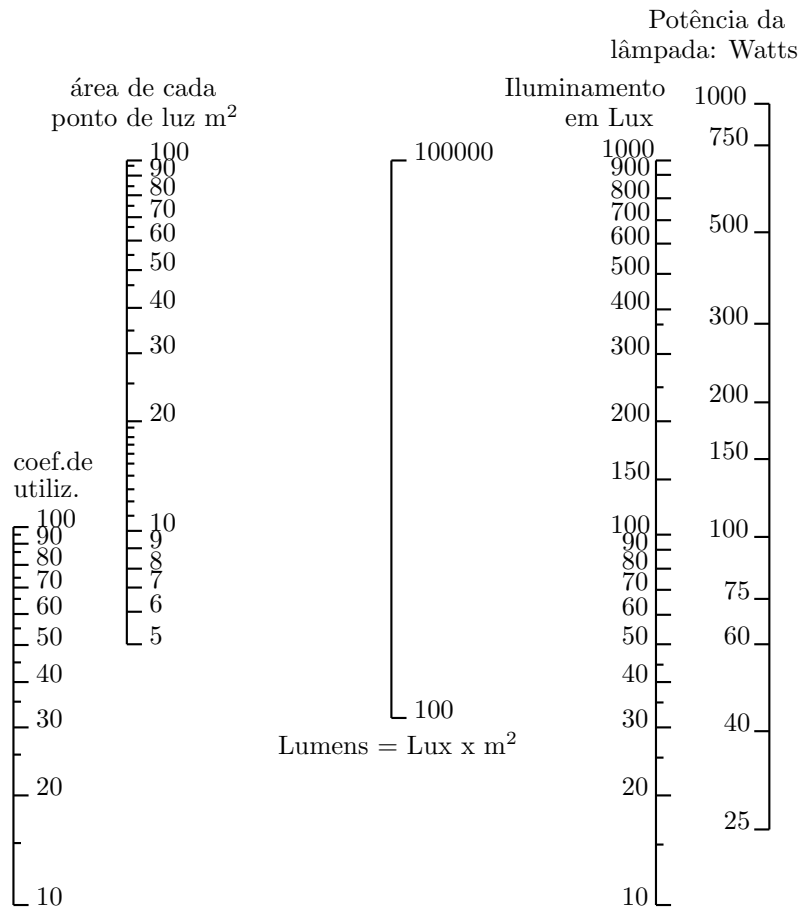


Figure 2.1: Ábaco para estimar a potência de lâmpadas incandescentes

- lâmpada fluorescente tubular de 26mm (bulbo T8);
 - potência nominal de 16W;
 - fluxo luminoso na faixa de 1.100 lumens;
 - índice de reprodução de cor (IRC) entre 75% a 85%;
 - temperatura de cor entre 3.000K a 4.000K.
- Luminária para 2 lâmpadas T8 de 16W:
 - luminária de sobrepor;
 - para 2 lâmpadas fluorescentes tubulares de 26mm de diâmetro (bulbo T8) de potência nominal de 16W;
 - com refletor de alumínio anodizado brilhante, de pureza superior ou igual a 99,85% e taxa de reflexão mínima de 88%;

- com suporte ou alocação para o reator;
- rendimento mínimo de 80%;
- com sistema de encaixe que possibilite fácil acesso ao equipamento auxiliar (reator) e às lâmpadas, viabilizando a execução periódica de procedimentos de manutenção e limpeza;
- Reator eletrônico duplo para lâmpadas T8 de 16W:
 - fator de potência maior que 0,95 (com capacitor interno);
 - distorção harmônica total da corrente (THD) menor que 20% (medida com THD da tensão menor que 3%);
 - rendimento superior a 92%;
 - fator de crista da corrente inferior a 1,7;
 - partida rápida (não instantânea);
 - fator de fluxo luminoso maior ou igual a 1,00;
 - frequência de operação superior a 20kHz (acima da faixa de áudio);
 - tensão de entrada: com variação mínima de (+10%,-10%);
 - invólucro não combustível (caso for metálico, deverá ser protegido interna e externamente contra oxidação, por meio de pintura ou processo equivalente);

Kit de 32W

Para locais em que os níveis de iluminação de projeto sejam superiores a 200 lux, recomenda-se a utilização do conjunto (lâmpada, luminária e reator) composto por duas lâmpadas fluorescentes tubulares de 32W, luminária dupla com refletores de alumínio polido e reator eletrônico.

Semelhante ao kit de 16 W, usando 2 lâmpadas fluorescentes tubulares de 26mm de diâmetro (bulbo T8) de potência nominal de 32W;

Fluorescentes compactas

As lâmpadas fluorescentes compactas, acopladas ou não a um reator eletrônico, produzindo economia de energia de até 80% e duração até 10 vezes mais se comparada a uma lâmpada incandescente comum.

Pelo seu baixo consumo, se torna ideal para ambientes que precisam ser iluminados por muitas horas. Disponíveis na cor branca (daylight) e na cor amarela (warmlight). A cor amarela (mesmo tom da lâmpada incandescente), é quente e aconchegante, não alterando a cor dos objetos. É ideal para residências, hotéis e

restaurantes. A luz branca tem o tom das fluorescentes tradicionais, sendo recomendada para ambientes comerciais como escritórios, hospitais, bancos, lojas, shoppings e outros.

Table 2.3: Fluorescente Compacta (não eletrônica)

Watts(W)	Volts(V)	Lúmens(lm)	Temp. de cor
9	BIVOLT	450	2500K
18	BIVOLT	1200	4100K
26	BIVOLT	1650	4100K

Table 2.4: Fluorescente Compacta Eletrônica

Watts(W)	Volts(V)	Equivalência	Lúmens(lm)
15	127	60	670
15	220-240	75	770
20	127	75	850
20	220-240	100	920
25	127	100	1100
25	220-240	120	1150

Sabe-se que 70 % das lâmpadas produzidas no mundo são lâmpadas fluorescentes. Apesar das suas vantagens, as lâmpadas fluorescentes (principalmente as compactas) têm inconvenientes como:

- geram ruído e harmônicas;
- possuem mercúrio (Hg) e são altamente poluentes (existem empresas que fazem a reciclagem de lâmpadas fluorescentes);
- o fator de potência é baixo.

2.3.3 Lâmpadas halógenas e dicróicas

Caracterizadas pelo elevado fluxo luminoso, as lâmpadas halógenas destacam as cores e criam realces interessantes, sendo indicadas para iluminação de fachadas, vitrines, estádios, estacionamentos, etc. Oferecem excelente segurança, pois sua base tem os contatos protegidos por um isolador de porcelana. Em residências, são usadas geralmente para iluminação indireta em luminárias, arandelas ou colunas.

Refletores

Table 2.5: Lâmpadas Halógenas

Watts(W)	Volts(V)	Lúmens(lm)	Temp.de cor (K)
150	127	2200	2000
150	220-240	2000	2000
300	127	5400	3000
300	220-240	5000	2000
500	127	10000	3000
500	220-240	9500	2000
1000	127	22000	2000
1000	220-240	22000	2000

São refletores em alumínio, com pintura eletrostática, próprios para lâmpadas halógenas palito. Internamente compostos por um refletor em alumínio martelado com excelente rendimento luminoso, coberto por vidro temperado resistente a temperaturas de operação, possuem fixação e vedação para uso interno e externo. São recomendados para iluminação de fachadas, lojas, vitrines, galerias, shopping centers, etc.

Lâmpadas dicróicas

As lâmpadas dicróicas são formadas pelo conjunto lâmpada halógena e refletor. Possuem luz branca com alta temperatura de cor. São lâmpadas halógenas no centro de um refletor espelhado, multifacetado, com ângulo de abertura de 36 graus. Devido a concentração de luz, elas têm ótima reprodução de cores, o que valoriza, e muito, o uso delas em vitrines, decoração, objetos, quadros e ambientes.

As lâmpadas dicróicas, muito utilizadas em ambientes decorativos, necessitam de transformadores para o seu funcionamento, que já podem vir embutidos internamente.

Table 2.6: Lâmpadas dicróicas

Watts(W)	Volts(V)	Lúmens(lm)	Observação	EXN
50	12	GX5.3	S/ transformador	SOQ. E-27
50-75	127	GX5.3	Transf. interno	SOQ. E-27
50-75	220-240	GX5.3	Transf. interno	JCDR
50-75	127	GX5.3	Transf. interno	JCDR
50-75	220-240	GX5.3	Transf. interno	

2.3.4 Lâmpadas Vapor de Mercúrio

Lâmpada de descarga contendo pequena quantidade de mercúrio sob alta pressão, produz luz branca e fria com alta eficiência luminosa. Recomendada para uso em iluminação de vias públicas e industriais.

- vida útil média: 18000 horas;
- eficiência: em 54 lumens/W;
- altas frequências: faixa do ultra-violeta.

Table 2.7: Lâmpadas Vapor de Mercúrio

Watts(W)	Volts(V)	Lúmens(lm)	Vida útil (h)
250	220-240	10000	12000
400	220-240	18000	12000

2.3.5 Lâmpadas Mistas

Lâmpadas que utilizam um sistema misto, isto é, filamento em um tubo de descarga. Ligadas diretamente na corrente elétrica não têm necessidade o uso de reator, por isso substituem com vantagem lâmpadas incandescentes de alta potência. Recomendadas para uso interno ou externo em instalações comerciais e industriais.

- não utiliza reator;
- baixa vida útil e alto preq;
- baixa eficiência: 25 lumens/W;
- não se recomenda para iluminação externa ou interna. (Quando usar esta lâmpada?)

Table 2.8: Lâmpadas Mistas

Watts(W)	Volts(V)	Lúmens(lm)	Vida útil (h)
160	220-240	2200	3500
250	220-240	4200	4000
500	220-240	4000	11000

2.3.6 Lâmpadas de vapor de sódio

- monocromática amarelada;
- única lâmpada de descarga que não utiliza mercúrio;
- temperatura de cor: 2000 a 2200 k;
- tendência: substituir todas as lâmpadas de vapor de Hg por vapor de Na.

Sódio a baixa pressão

- vida útil: 14000 a 30000 horas;
- aplicação: área farmacêutica, para purificação de água;
- lâmpada de menor custo anual;

Sódio a alta pressão

- usada em vias públicas, museus, fábricas, ...
- necessita de 4500 V do reator, para formar o arco;
- eficiência de 150 lumens/W, que aumenta com a potência;
- faixa de cores maior que a vapor de sódio em baixa pressão;
- não atrai insetos;
- vida útil: acima de 16000 horas ou 04 (quatro) anos;
- tem um alto custo de instalação.

2.3.7 Tabela prática para cálculo luminotécnico

A tabela 2.9 mostra como você poderá estimar a iluminação adequada, em relação ao tamanho e tipo de atividade do ambiente. Veja que as lâmpadas fluorescentes são mais econômicas do que as incandescentes.

A tabela 2.9 foi obtida com as seguintes características:

- a) Lâmpadas incandescentes de 60 W e 100 W (120 V);
- b) Lâmpadas fluorescentes de 30 W e 40 W (120 V) comuns encontradas no mercado;
- c) Luminárias tipo “aberta”;
- d) Potências (W) dos reatores das lâmpadas fluorescentes não inclusas nos valores fornecidos pela tabela;
- e) Ambiente em condições normais de limpeza;
- f) Consideradas as seguintes alturas das luminárias: 3 m do nível do solo e 2.2 m da superfície de trabalho;

- g) Paredes de cores claras, tetos brancos e pisos escuros;
- h) Locais de dimensões médias. Em ambientes muito pequenos, deve-se aumentar o número de watts por metro quadrado. Em ambientes muito grandes deve-se diminuí-lo.

Table 2.9: Iluminação recomendada, em W/m²

Lâmpada	Incandescente	Fluorescente
Depósitos e circulação	25	05
Escritórios, salas, quartos	75	15
Cozinha, Salas de desenho	150	30
Exposições de realce	300	60

2.3.8 Cálculo do número mínimo de lâmpadas

Nesta etapa, pode-se fazer um cálculo aproximado do número mínimo de lâmpadas, considerando que toda a luz emitida pelas lâmpadas, no seu perfeito estado de funcionamento, chegue uniformemente ao ambiente de trabalho. Podemos usar a fórmula seguinte para calcular o número de lâmpadas 'n':

$$n_{\min}(\text{num. mínimo de lâmpadas}) = E(\text{lux}) \times \text{área}(\text{m}^2) / F(\text{lúmens de cada lâmpada})$$

Exemplo

Uma sala de aula com $E=300$ luxes, área de 42,00 m², com lâmpadas fluorescentes de 40 W (eficiência luminosa de 70 lúmens/watt), terá:

$$n_{\min}(\text{num. mínimo de lâmpadas}) = (300 \times 42) / (40 \times 70) = 4,5 \text{ lâmpadas}$$

$$\text{onde } F(\text{lúmens de cada lâmpada}) = 40 \times 70 = 2800 \text{ lúmens.}$$

Observa-se que este valor é muito menor ao utilizado geralmente, porque não se considerou a depreciação da lâmpada, não se considerou a absorção da luz pelas paredes, piso e teto, além da distribuição não uniforme da luz. Portanto, este cálculo inicial é apenas didático, e serve para nos colocarmos a par do problema: cálculo do fator de utilização.

Pode-se dividir o cálculo da iluminação em dois grandes grupos:

- Iluminação de interiores
- Iluminação de exteriores e fachadas.

2.4 Iluminação de interiores

A iluminação de interiores é feita normalmente pelo método dos lúmens, que se constitui basicamente no cálculo do fator de utilização.

Nesta etapa, faz-se o cálculo do fator de utilização 'u', que vai ser utilizado para calcular o número de lâmpadas, junto com o fator de depreciação ou envelhecimento 'd'.

$$n \text{ (num. de lâmpadas)} = n_{\min}(\text{num. mínimo de lâmpadas}) / u / d$$

2.4.1 Fator do local - k

O fator do local k considera as dimensões da sala, sendo

$$k = \frac{a \times b}{h(a + b)}$$

onde:

a - largura da sala (m);

b - comprimento da sala (m);

H - altura ou pé direito da sala (m);

$h = H$ - altura do plano de trabalho = distância do teto ao plano de trabalho (m).

2.4.2 Coeficiente do local - η_R

Inicialmente, escolhe-se a refletância da parede, teto e piso:

Teto branco: 80 %

Teto claro: 50 %

Teto médio: 30 %

Paredes brancas: 80 %

Paredes claras: 50 %

Paredes médias: 30 %

Piso médio: 30 %

Piso escuro: 10 %

A seguir, com os valores de k e as refletâncias, 'entra-se' na tabela obtêm-se η_R . Valores intermediários podem ser interpolados.

Table 2.10: Coeficiente η_R da sala (elementos), em função de k (linhas) e das refletâncias de teto, parede e piso em seqüência (colunas)

k	883	853	833	553	533	881	831	551	531	331
0,6	73	46	37	44	36	66	36	42	35	35
0,8	82	57	47	54	46	74	45	51	44	44
1,0	91	66	56	62	54	80	53	59	52	51
1,25	98	75	65	70	62	85	61	66	60	59
1,5	103	82	73	76	69	89	67	72	66	65
2,0	109	91	82	84	78	94	75	78	73	72
2,5	114	98	90	90	84	97	81	83	79	77
3,0	117	103	96	95	90	99	86	87	83	82
4,0	120	109	103	100	95	101	91	91	88	86
5,0	122	113	107	103	98	103	93	93	91	89

2.4.3 Eficiência da luminária - η_{LB}

Pode-se consultar o manual do fabricante ou a Tabela 16.3.II do livro 'Instalações Elétricas', do saudoso prof. Cotrim [3].

2.4.4 Coeficiente de utilização - u

Este coeficiente relaciona o fluxo luminoso inicial emitido pela luminária (fluxo total) e o fluxo recebido no plano de trabalho (fluxo útil). Por isso, depende das dimensões do local, do acabamento e da cor do teto e das paredes, e das luminárias (formas, cores, polimento, etc). Por isso, ele é o produto:

$$u = \eta_R \times \eta_{LB}$$

O livro do CREDER, apresenta na Tabela 3.2 o índice do local, que será uma letra, utilizada na Tabela 3.3 para obter o fator de utilização.

2.4.5 Fator de depreciação - d

Relaciona o fluxo emitido no fim do período de manutenção da luminária e o fluxo inicial da mesma.

O fator de depreciação - d engloba a depreciação natural do fluxo luminoso das lâmpadas no decorrer do tempo e a depreciação do fluxo luminoso que atinge o plano de trabalho devido ao acúmulo de sujeira

tanto nas lâmpadas e luminárias, como nas superfícies do ambiente, ao longo de um determinado período de funcionamento.

Para atingir a iluminância média de projeto após um período de 24 meses, os projetos luminotécnicos executados deverão utilizar um fator de depreciação d igual a 0,80.

2.4.6 O método dos lúmens

As seguintes equações podem ser usadas para calcular o número de luminárias:

$$\phi = \frac{S \times E}{u \times d} \quad (2.2)$$

$$n = \frac{\phi}{\Phi} \quad (2.3)$$

onde:

- ϕ - fluxo luminoso total em lúmens;
- S - área do recinto, em m^2 ;
- E - nível de iluminamento, em luxes;
- u - fator ou coeficiente de utilização;
- d - fator de depreciação;
- n - número de luminárias; e,
- Φ - fluxo luminoso por luminária, em lumens.

Exemplo

Desejamos iluminar uma oficina de 10,50 x 42 m^2 , com pé direito de 4,60 m. A oficina destina-se ao conserto e manutenção de aparelhos eletrônicos, operação esta que é realizada em mesas de 1,00 m de altura do piso. Desejamos usar lâmpadas fluorescentes em luminárias industriais, com 4 lâmpadas de 40 W, 120 V cada. O teto e as paredes são pintados de branco.

- 1o.) Nível de iluminamento: 1000 luxes (montagem delicada);
- 2o.) Escolha da luminária: tipo industrial, com 4 lâmpadas de 40 W;
- 3o.) Índice do local: B (conforme Creder, tabela 3.2). Admitindo a montagem das luminárias a 2,60 m acima das mesas, teremos que pendurá-las a 1 m do teto;
- 4o.) Coeficiente de utilização: 0,73 (Creder, Tabela 3.3);
- 5o.) Fator de depreciação: 0,70
- 6o.) Fluxo luminoso

$$\phi = \frac{S \times E}{u \times d} = \frac{10,50 \times 10,42 \times 1000}{0,70 \times 0,73} = 865000 \text{ lumens}$$

7o.) Lúmens por luminária

$$\Phi = 4 \times 2800 = 11200 \text{ lumens por luminaria}$$

8o.) Número de luminárias

$$n = \frac{\phi}{\Phi} = \frac{865000}{11200} = 77 \text{ luminarias}$$

2.5 Iluminação de exteriores

Com o software disponível na internet, pode-se utilizar o método ponto a ponto para calcular a iluminação de um plano perpendicular ao feixe de luz.

2.6 Iluminação de emergência

“É o conjunto de componentes e equipamentos que, em funcionamento, proporcionam a Iluminação suficiente e adequada para permitir a saída fácil e segura do público para o exterior, no caso de interrupção da alimentação normal, como também, a execução das manobras de interesse da segurança e intervenção do socorro e garante a continuação do trabalho naqueles locais onde não pode haver interrupção da Iluminação.” (<http://www.pm.sc.gov.br/ccb/cat/nsci/cap13.htm>)

Luminária de emergência - Atendendo integralmente as normas da INMETRO, a luminária de emergência é elaborada com materiais que garantem resistência a uma temperatura de 70 °C, no mínimo por uma hora, conforme laudo técnico n 40.823 do IPT (Instituto de Pesquisa Tecnológicas), decreto n 4.909 de 18 de outubro de 1994 (normas de segurança contra incêndio).

2.7 Iluminação inteligente

Utiliza uma fotocélula eletrônica em série com os aparelhos, para ligar e desligar, ou controlar a intensidade, conforme a necessidade. Com a redução dos preços dos componentes eletrônicos, estes dispositivos estão cada vez mais presentes em instalações elétricas.

O ‘leitor inteligente’ poderá encontrar no mercado ou na internet uma série de exemplos de ‘iluminação inteligente’.

Chapter 3

Materiais elétricos

Os materiais elétricos dividem-se em:

- isolantes,
- condutores,
- semicondutores, e
- magnéticos.

Para fins de instalações elétricas, dividem-se em isolantes, condutores, proteção e aparelhos (eletrodomésticos, eletroprofissional, motores, iluminação, etc.)

3.1 Isolantes elétricos

São materiais que oferecem elevada resistência à corrente elétrica. Suas características elétricas (resistividade, rigidez dielétrica, resistência superficial, estabilidade perante descargas e constante dielétrica) devem estar de acordo com o emprego e com as normas técnicas vigentes no país.

Segundo sua origem destacam-se isolantes naturais e artificiais. Do grande número destes destacam-se:

3.1.1 Isolantes naturais

Destacam-se: ar (quando seco), óleo mineral (livre de água e de ácidos), algodão, cera, papel, mica (sólido de escamas), amianto (pedra fibrosa), quartzo, asfalto, vidro, fibra de vidro e produtos cerâmicos (porcelana, argila refratária, ...)

3.1.2 Isolantes artificiais

São constituídos sobretudo de carvão (carbono), água, ar e cálcio por polimerização ou policondensação química. Nestas transformações, determinadas propriedades adquirem características especiais.

Plásticos policondensados

São resinas sintéticas que, pela separação da água, resultam sobretudo das ligações de cresóis, fenóis e uréias com formaldeídos. Quando se emprega como base de uma camada de papel ou de tecido em combinação com a resina sintética, resultam denominadas fibras laminadas ou tecidos laminados, que são rígidos.

Plásticos polimerizados

São resultantes normalmente de acetilenos e etilenos e se formam pela interligação de moléculas e de cadeias de carbonatos. Os principais plásticos polimerizados são: *cloreto de polivinila* (PVC). Sua forma inicial é rígida. Quando triturado, se transforma em pó branco, o qual é posteriormente misturado com líquidos oleosos, para amolecê-lo. Acrescentam-se ainda corantes. Em seguida, esta mistura sofre a ação do calor (cerca de 80 graus celsius) e de determinada pressão, quando então se obtém um produto com características flexíveis, como a borracha; *Polistírol* é um isolante aplicado sob pressão em moldes e em fitas elásticas; *Poliétileno*, como isolante e recobridor de condutores; *Poliéster* em blindagem de chaves; *Policloropren* para condutores à prova de óleo, ozona e intempéries.

No site da Pirelli do Brasil encontra-se um exemplo comparando cabos isolados em PVC com EPR/XLPE.

3.1.3 Efeito térmico da corrente elétrica

A passagem de corrente causa um aquecimento (efeito Joule) que pode danificar o isolante (lenta ou rapidamente), debilitar o cobre ou causar um incêndio diretamente.

Todo condutor ou resistência que conduz corrente elétrica sofre um aquecimento. Assim, a energia elétrica pode ser convertida diretamente em calor ou energia térmica. A quantidade de calor Q para aquecer um corpo é

$$Q = mc\Delta T \quad (3.1)$$

onde: Q - quantidade de calor, em calorias; c - calor específico, em cal/kg/K; ΔT - elevação de temperatura, em K.

3.1.4 Vida da isolação

A função fundamental da isolação é suportar stress de tensão. Assim, quanto mais baixa a temperatura, menor o stress e a taxa de deterioração.

Mudanças significativas, irreversíveis, progressivas e cumulativas ocorrem nas propriedades mecânicas e elétricas dos materiais isolantes, como resultado de exposição prolongada a alta temperatura.

A expectativa de vida útil desejada de um determinado equipamento elétrico depende do investimento inicial, características de projeto e construção, qualidade da manutenção, confiabilidade necessária, obsolescência das instalações, condições operacionais, entre outros fatores.

Não há um valor específico de temperatura acima do qual um dado isolamento não deva operar. Por exemplo, um condutor que trabalhe uma hora por dia, com picos de corrente e temperatura muito maiores que outro que opere com menor corrente e temperatura durante 24 horas do dia, e ainda ter a mesma expectativa de vida, em anos.

A forte influência da temperatura e da sobretensão dos condutores na expectativa de vida útil da isolação é expressa pela regra de Arrhenius, segundo a qual, para cada classe de temperatura, cada 8 °C ou 10 °C corresponde uma expectativa de dobrar ou reduzir pela metade a vida do sistema isolante.

3.2 Linhas ou condutos elétricos

Uma linha elétrica é o conjunto constituído por um ou mais condutores, com os elementos de fixação ou suporte e, se for o caso, de proteção mecânica, destinado a transportar energia elétrica ou a transmitir sinais elétricos. O termo corresponde ao inglês *wiring system* e ao francês *canalization*.

Formas de instalação de condutores elétricos:

Aéreos - recomenda-se os cabos Multiplex.

Em eletrodutos - os mais usados são os eletrodutos rígidos de PVC. Em condições especiais utiliza-se Ferro galvanizado, alumínio, ou outro material. Segundo a NBR5410, denomina-se Linha B1 a eletrodutos embutidos em alvenaria.

Em canaletas ou bandejas plásticas ou metálicas - muito utilizadas na indústria, devido à sua facilidade de manutenção.

Em dutos subterrâneos - normalmente são percorridos por cabos multipolares.

Em espaços de construção - é um espaço existente na estrutura de um prédio, acessível apenas em certos pontos e no qual são instalados os condutores diretamente ou contidos em eletrodutos. Os exemplos mais comuns são forros falsos, pisos técnicos, pisos elevados, paredes duplas e espaço no interior de divisórias.

Table 3.1: Seções nominal e de ocupação máxima nos eletrodutos de PVC

Bitola (mm)	ϕ externo	Seção (mm) ²	31% Seção
16	17,0	133	41
20	21,1	240	74
25	26,2	366	113
32	33,2	607	188
40	42,2	1040	322
50	47,8	1372	424
60	59,4	2222	1029
75	75,1	3602	1116

3.3 Condutores

Num condutor elétrico normal, o dado mais importante é a corrente máxima que ele pode suportar de uma maneira contínua.

Para um mesmo tipo de condutor (cobre, alumínio, ...), tudo depende da seção condutora (expressa em milímetros quadrados) que determina a resistência elétrica e o limite para a passagem da corrente.

A corrente nominal é a que o condutor pode agüentar indefinidamente, sem alcançar temperaturas perigosas.

Para escolher corretamente, é essencial saber ler as especificações publicadas pelo fabricante, como destacam-se algumas na tabela 3.2.

3.3.1 Dimensionamento de condutores pela corrente máxima

Dimensionar um circuito, terminal ou de distribuição, é determinar a seção dos condutores, dos eletrodutos, e a proteção adequada. No caso geral, o dimensionamento de um circuito deve seguir as seguintes etapas:

- a) Determinação da corrente de projeto;

$$I = \frac{P}{V}$$

- b) Escolha do tipo de condutor e sua maneira de instalar (tipo de linha);
- c) Determinação da seção pelo critério da capacidade de condução de corrente (ver tabela);
- d) Verificação da seção obtida anteriormente pelo critério da queda de tensão. Caso não atenda, aumenta-se a seção até obter uma queda menor que a especificada (ver item a seguir);

Table 3.2: Exemplo de especificações técnicas de fios

	Fio 1	Fio 2
Isolante do fio	PVC	Borracha de silicone
Corrente máxima	32 A	32 A
Tensão nominal	1000 V	500 V
Tensão de pico	5000 V	2000 V
Temperatura de funcionamento	-10 a +70°C	-50 a +180°C
Seção do condutor	2.5 mm ²	2.5 mm ²
Diâmetro total	4 mm	3.9 mm

e) Escolha da proteção contra correntes de sobrecarga e aplicação dos critérios de coordenação para sobrecarga.

f) Escolha da proteção contra correntes de curto circuito e aplicação dos critérios de coordenação para curto circuito.

3.3.2 Dimensionamento de condutores pela queda de tensão

Quando a corrente flui através de um elemento resistivo, aparece uma queda de tensão e, nesta ocasião, ocorre a transformação de energia elétrica em térmica.

Queda de tensão na fonte geradora

No interior de uma fonte geradora (máquina, bateria, eletrônicos) gera-se uma tensão original ou uma força eletromotriz (f.e.m.) denominada E . Pelo aparecimento da queda de tensão devido à resistência interna R_i (enrolamento ou líquido da bateria) a tensão nos terminais V sob condições de carga é reduzida do valor da queda de tensão IR_i .

$$V = E - IR_i \quad (3.2)$$

Queda de tensão nos condutores

A queda de tensão nos condutores é indicada por ΔV e depende da resistência e da corrente do condutor

$$\Delta V = IR_L \quad (3.3)$$

onde R_L é a resistência de IDA e VOLTA do condutor.

A queda de tensão nos condutores de alimentação é dada normalmente em porcentagem da tensão nos terminais e não deve superar os valores prescritos em normas tais como, por exemplo 2 % nos circuitos de

Table 3.3: Capacidade de condução de corrente, em Amperes, para condutores de cobre isolados com PVC 70°C, instalados em eletrodutos embutidos em alvenaria (linha tipo B1).

Seção (mm ²)	c/ capa (mm ²)	2 c.carr.	3 c.carr.	4 c.carr.	5 c.carr.	6 c.carr.
1.5	8.55	17.5 A	15.5 A	14 A	13.2 A	12.3 A
2.5	10.75	24 A	21 A	19.2 A	18 A	16.8 A
4.0	13.85	32 A	28 A	25.6 A	24 A	22.4 A
6.0	18.1	41 A	36 A	32.8 A	30.8 A	28.7 A
10.0	27	57 A	50 A	45.6 A	42.8 A	40 A
16.0	36	76 A	68 A	60.8 A	57.6 A	54 A
25.0	57	101 A	89 A	80.8 A	76 A	71 A
35.0	71	125 A	110 A	100 A	94 A	88 A
50.0		151 A	134 A	121 A	114 A	106 A
70.0		192 A	171 A	153 A	145 A	135 A

iluminação, e 5 % nos circuitos de força.

cálculo da seção mínima

O cálculo da seção mínima pode ser feito pela equação:

$$S = 2\rho \frac{1}{e(\%)V^2} \sum P_i l_i \times 100 \quad (3.4)$$

onde:

S - seção do condutor, em mm²;

ρ - resistividade do condutor, 1/58 $\Omega\text{mm}^2\text{m}^{-1}$ para o cobre

$e(\%)$ - queda de tensão percentual. Segundo a NBR5410, a máxima queda de tensão é: 1 % nos alimentadores; e 2 % nos circuitos de distribuição;

V - tensão nominal entre os 2 condutores carregados; e,

$\sum P_i l_i$ - somatório das potências vezes o comprimento de cada trecho entre duas cargas (ver exemplo na figura 3.1).

3.3.3 Correntes harmônicas

As correntes harmônicas de terceira ordem surgem naturalmente em máquinas elétricas e transformadores, devido à saturação magnética. Com a presença de dispositivos eletrônicos, as harmônicas precisam ser

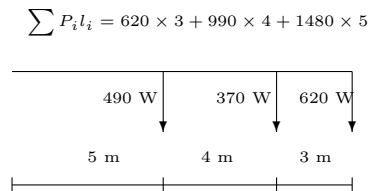


Figure 3.1: Exemplo de cálculo da seção pelo critério da queda de tensão

analisadas com mais cuidado.

Um dos efeitos da corrente alternada é o efeito pelicular, que será tanto maior quanto maior a quantidade de harmônicas.

O projetista precisa estimar a quantidade de harmônicas para fazer a correção na seção do condutor.

Efeito pelicular da corrente elétrica

Devido ao efeito pelicular, a corrente elétrica no interior de um condutor percorrido por corrente alternada (não constante no tempo) não se distribui uniformemente, mas se concentra numa película externa. Daí o nome: efeito pelicular. A profundidade desta película é

$$\gamma = \sqrt{\frac{2}{\mu\sigma\omega}}$$

Não se pode usar a equação $R = \rho l/A$ para calcular a resistência elétrica e a energia dissipada nestes condutores (ver exemplo seguinte). Mas, pode-se calcular a resistência em corrente contínua, e multiplicar por um fator de correção.

A concentração de corrente na periferia dos condutores, chamada de efeito pelicular, também altera a indutância dos condutores. A indutância diminui com o aumento da frequência, e também pode ser obtida por um fator de correção.

Exemplo

Considerando um fio de alumínio de 2.5 mm^2 percorrido por uma corrente de 25 A que se distribui proporcionalmente ao raio, sendo nula no centro, calcular:

- O raio do cabo ($R=0,89 \text{ mm}$);
- A densidade de corrente J em função do raio ($J= 15100000 \text{ r/R A/m}^2$);
- Calcular a densidade de perda Joule, sabendo que a condutividade é $\sigma_{Al} = 35 \times 10^6 (\Omega \cdot \text{m})^{-1}$ ($p=8,0729 \text{ W/m}$);
- Obter a resistência do fio por metro usando a equação $R = \rho l/A$ ($R=0,01142 \Omega/\text{m}$);

e - Usando a resistência obtida em 'd', calcular a potência total dissipada por metro de fio ($p^* = 7,1428$ W/m).

f - Comparar os resultados e explicar as diferenças. (R: Os resultados diferenciaram porque a densidade de corrente varia com o raio e, conseqüentemente, a corrente também. Para que os valores de p e p^* sejam iguais, é necessário que seja feita uma correção na resistência do fio.)

Decomposição em série de Fourier

Quando a corrente for uma onda periódica não senoidal, precisa-se fazer a análise de Fourier para determinar a percentagem de cada componente harmônica.

Como não é o objetivo deste trabalho, o leitor interessado no assunto poderá consultar a bibliografia.

Fatores de correção devido a correntes harmônicas

A corrente de projeto corrigida I será:

$$I = \frac{I_B}{f}$$

onde

I_B - corrente de projeto (velha) de fase ou de neutro;

f - fator de correção (ver tabela), onde pode-se corrigir pela corrente de fase ou pela corrente de neutro.

Table 3.4: Fatores de correção em presença de harmônicos

% 3a. harm.	I fase	I neutro
0-15	1,00	--
15-33	0,86	--
33-45	--	0,86
>45	--	1,00

3.4 Aparelhos elétricos

Os aparelhos elétricos não fazem parte da instalação elétrica propriamente dita, mas constituem uma das maiores finalidades de uma instalação ou circuito elétrico: atender a carga.

3.4.1 Aparelhos eletrodomésticos

A Tabela 3.5 apresenta a potência média de alguns aparelhos eletrodomésticos [2]. Estes valores podem ser utilizados quando faltar a potência nominal de placa dos aparelhos.

Table 3.5: Potência média de alguns aparelhos eletrodomésticos [2]

Aparelho	Potência (Watt)
Ar condicionado	1600
Aspirador de pó	600
Cafeteira	500
Bóiler	1500
Chuveiro	5000
Enceradeira	350
Ferro de passar roupa	750
Forno de microondas	1200
Liqüidificador	350
Máquina de lavar louça	2700
Máquina de lavar roupa	500
Secador de cabelo	1000
Torneira elétrica	5000
Microcomputador	500
Som	100
Televisor	200
Ventilador	100

3.4.2 Aparelhos Condicionadores de ar

Embora seja preferível o condicionamento de ar natural, os aparelhos condicionadores de ar podem ser necessários em alguns casos particulares, e sua carga deve ser prevista, para ser atendida quando necessário.

A previsão de carga para condicionadores consiste em tomar o maior valor dos três critérios:

- potência média;
- previsão de carga mínima; e,

- carga térmica.

Potência média

A tabela 3.6 apresenta a potência dos aparelhos condicionadores de ar tipo janela. A unidade usualmente empregada para identificar o aparelho é o Btu/hora. Observar que:

- 1 HP = 746 Watts, 1 CV = 736 Watts, 1 BTU = 252 cal;

- a tabela 3.6 faz a conversão de BTU/h para Watts, considerando as perdas e o rendimento médio dos aparelhos de ar condicionado;

- 1 VA = 1,2 W. Para passar de potência ativa (Watts) para potência aparente (VA) multiplica-se pelo fator 1,2 (inverso do fator de potência). Este fator aparecerá no cálculo da demanda (ver equação 4.1);

Potência Aparente (VA) = Potência Ativa (W) × Fator de Potência

- O valor da corrente elétrica é a potência aparente dividido pela tensão.

Table 3.6: Potência de aparelhos de ar condicionado, alimentados em 220 volts

BTU/h	kcal/h	W	VA	Ampéres
7.100	1.175	900	1.100	5
8.500	2.125	1.300	1.550	7
10.000	2.500	1.400	1.650	7.5
12.000	3.000	1.600	1.900	8.5
14.000	3.500	1.900	2.100	9.5
18.000	4.500	2.600	2.860	13
21.000	5.250	2.800	3.080	14
30.000	7.500	3.600	4.000	18

Previsão de carga mínima, conforme item 7.2.2. do RIC

Valores mínimos de potência para aparelhos condicionadores de ar tipo janela (até 30000 BTU/h, e não for previsto ar condicionado central):

a) **residências individuais: 1 kW**. O ANEXO C do RIC também informa a potência média de alguns aparelhos eletrodomésticos e motores, sendo o ar condicionado com *1600 W* (ver Tabela 3.5). O RIC/1992 apresentava 1500 W. Estes valores podem sers usados para uma residência unifamiliar. *Antes que falte: é melhor que sobre!*

b) **apartamentos** ou unidades consumidoras residenciais de entradas coletivas: 1kW/unidade consumidora com até 40 m² de área construída, 1,5kW/unidade consumidora com área construída entre 40 m² e 50 m², e **2kW/unidade consumidora** com área construída **superior a 50 m²**;

c) **salas e escritórios: 1kW/15 m²**; e,

d) **lojas e semelhantes: 3kW/ unidade consumidora com até 30 m² e 5 kW/ unidade consumidora** com área superior.

Calculando a carga térmica

A capacidade dos condicionadores de ar deve ser adequada ao porte e tipo de ambiente. Existem vários métodos para cálculo da carga térmica, inclusive com Softwares próprios. Apresentamos na tabela 3.7, um método prático para o cálculo preliminar da carga térmica de aparelhos de ar condicionado tipo janela, ou seja, para determinar a capacidade dos equipamentos.

Os cálculos da tabela 3.7 consideram a permanência de duas pessoas no ambiente. Acrescentar 600 Btu/h para cada pessoa a mais. Em grandes ambientes é preferível a utilização de dois ou mais aparelhos, com capacidade total equivalente à fornecida na tabela, para melhorar a circulação de ar e diminuir o nível de ruído.

Table 3.7: Cálculo da carga térmica, em 1000 Btu/hora. A - ambiente sob outro pavimento. B - ambiente sob telhado com forro. C - ambiente sob laje descoberta. I - Sombra o dia todo. II - Sol da manhã. III - Sol da tarde.

Área-m ²	A-I	B-I	C-I	A-II	B-II	C-II	A-III	B-III	C-III
15	6	7	8	8	10	11	10	12	14
20	6	8	11	8	12	14	11	14	14
30	6	9	14	8	14	18	12	16	17
40	7	12	16	10	14	18	13	17	22
60	10	16	22	14	20	30	17	23	30
70	10	18	23	14	22	30	18	30	40
90	12	22	30	16	30	35	20	30	40

3.4.3 Motores elétricos

Os motores elétricos normalmente usados são os motores de indução ou assíncronos, monofásicos ou trifásicos.

Suas principais características são:

- a) têm fator de potência menor que ‘um’ (corrente atrasada da tensão);
- b) a rotação vem especificada na placa, e depende do projeto do motor (número de polos e da frequência de projeto)

$$f = \frac{n \times p}{120}$$

n - rotação, em rpm;

f - frequência, em Hz;

p - número de polos.

c) o rendimento è menor que ‘um’.

d) Quando se dispõe de rede trifásica não se usa motor monofásico.

e) Normalmente, a proteção e o acionamento são feitos em quadros de comando.

3.4.4 Aparelhos de solda elétrica

Os aparelhos de solda elétrica podem ser:

- com transformador (convencionais ou com dispositivos eletrônicos para solda em corrente contínua)
- com motor elétrico (maiores potências).

Chapter 4

Projetando instalações elétricas

No projeto de uma instalação elétrica, procede-se do seguinte modo:

a) formar uma equipe de projeto, reunindo arquiteto, engenheiro de estruturas, projetista de instalações hidrosanitárias, e o projetista das instalações elétricas. A alguns anos atrás, esta etapa consistia em obter um jogo completo de cópias heliográficas do projeto arquitetônico;

b) utilizar a planta ou as plantas, caso exista mais de um pavimento, os cortes, e algumas vezes a fachada que corresponde ao local da entrada da energia elétrica;

c) assinalar a lápis, por suas convenções, todos os elementos necessários ao projeto e observar estes elementos nos cortes. Aproveitar a parte não desenhada, para os cálculos necessários.

d) marcar na planta os pontos de luz: pequenos círculos de 8 mm de diâmetro; assinalar junto ao ponto de luz, na parte superior esquerda, a potência da lâmpada já calculada. No interior do círculo, o número do circuito correspondente e do lado de fora, na parte inferior à direita, uma letra minúscula que deve ser a mesma colocada no interruptor que a comanda.

e) localizar as tomadas altas e as baixas, as de força e as de menor potência (aparelhos eletrônicos), as tomadas de telefone, interfone, campainha, rede de computadores, alarme, e outras. Para isso, lembra-se:

- Utilizar sempre as convenções recomendadas pelas Normas Técnicas.

- Escolher com critério os locais das tomadas e interruptores. Para isto é necessário que constem na planta as folhas das portas, a fim de evitar a colocação de interruptores e tomadas atrás delas.

- Aproveitamos a mesma descida da fiação para instalações de tomadas e interruptores em compartimentos contíguos.

- Indicar a fiação por um traço contínuo retilíneo ou ligeiramente curvo, cortado por pequenos traços transversais correspondentes ao número de fios. O retorno é representado por um traço, que não chega a cortar a fiação, do ponto de luz ao interruptor.

f) Para calcular a potência dos pontos de luz podemos utilizar: ábacos; tabela 2.9; cálculo manual mais detalhado; e/ou, programas de computador.

De uma maneira geral, um projeto compreende as seguintes partes:

- a) Memorial descritivo, em que o projetista descreve a sua solução;
- b) Conjunto de plantas, esquemas e detalhes, que deverão conter todos os elementos necessários à perfeita execução do projeto;
- c) Especificações, onde se descreve o material a ser usado e as normas de sua aplicação;
- d) Orçamento, em que são levantados a quantidade e custo do material e mão-de-obra; e,
- e) Memorial de cálculos.

4.1 Previsões de normas

Na realização de um projeto elétrico, poderá ser necessário consultar as Normas da ABNT, Normas Internacionais e Resoluções da ANEEL, vigentes na época da sua utilização.

4.1.1 Normas da ABNT

NBR 5361 Disjuntor de baixa tensão - Especificação

NBR 5410 Instalações elétricas de baixa tensão - Especificação

NBR 5419 Proteção de estrutura contra descargas atmosféricas - Especificação

NBR 5597 Eletroduto rígido de aço-carbono, com revestimento protetor, com rosca ANSI/ASME - Especificação

NBR 5598 Eletroduto rígido de aço-carbono, com revestimento protetor, com rosca NBR 6414 - Especificação

NBR 5624 Eletroduto rígido de aço-carbono, com costura, com revestimento protetor e rosca NBR 8133 - Especificação

NBR 6148 Fios e cabos com isolamento sólida estruturada de cloreto de polivinila para tensões até 750V sem cobertura - Especificação

NBR 6150 Eletroduto de PVC rígido - Especificação

NBR 6231 Poste de madeira - Resistência à flexão

NBR 6232 Poste de madeira - Penetração e retenção de preservativo

NBR 6248 Isoladores de porcelana tipo castanha, dimensões e características - Padronização

NBR 6249 Isoladores de porcelana ou vidro tipo roldana, dimensões e características - Padronização

NBR 6323 Aço ou ferro fundido - Revestimento de zinco por imersão a quente - Especificação

NBR 6591 Tubos de aço-carbono com estrutura de seção circular - Especificação

NBR 6880 Condutores de cobre para cabos isolados - Padronização

NBR 7285 Cabos de potência com isolação sólida estrutura de polietileno termofixo para tensões até 0,6/1kV sem cobertura - Especificações

NBR 7286 Cabos de potência isolação sólida estrutura de borracha etileno - propileno (EPR) para tensões de 1 a 35kV - Especificações

NBR 7287 Cabos de potência com isolação sólida extrudada e polietileno reticulado (XLPE) para tensões de 1 a 35kV - Especificações

NBR 7288 Cabos de potência com isolação sólida extrudada de cloreto de polivinila (PVC) para tensões de 1 a 20kV - Especificações

NBR 8159 Ferragens eletrotécnicas para redes aéreas urbanas e rurais de distribuição de energia elétrica, formatos, dimensões e tolerâncias - Padronização

NBR 8451 Postes de concreto armado para redes de distribuição de energia elétrica - Especificação

NBR 8456 Postes de eucalipto preservado para redes de distribuição de energia elétrica

NBR 8457 Postes de eucalipto preservado para redes de distribuição de energia elétrica - Dimensões

NBR 14306 Proteção elétrica e compatibilidade eletromagnética em redes internas de telecomunicações em edificações - Projeto

NBR IEC 60050 Instalações elétricas em edificações

4.1.2 Outras normas ou regulamentos

Regulamento de Instalações Consumidoras com Fornecimento em Tensão Secundária (RIC BT);

Regulamento de Instalações Consumidoras com Fornecimento em Tensão Primária de Distribuição (RIC MT);

Regulamentação da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) - Condições gerais de fornecimento de energia elétrica em vigência.

4.2 Distribuição de tomadas

a) Em geral, devemos ter mais de uma tomada por cada compartimento;

b) Nos dormitórios, a localização de tomada depende da provável situação da cama, podendo haver uma ou duas junto à cabeceira para lâmpadas de mesa e som. Pode-se projetar também chave hotel.

c) Na sala de estar devemos ter tomadas para enceradeira, rádio, TV, e abajur. As normas prescrevem pelo menos uma tomada para cada 5 m de perímetro em cômodos de área superior a 8 m², espaçadas tão

uniformemente quanto possível.

d) Na copa, tomadas para geladeira, freezer, ferro de engomar, batedeiras, torradeiras, forno elétrico, forno a microondas, e outros aparelhos. Devemos prever, no mínimo, uma tomada para cada 3.5 m de perímetro, sendo que acima de cada bancada com largura igual ou superior a 30 cm, deve ser prevista pelo menos uma tomada.

e) Na cozinha, tomada para o fogão, e tomada de força para o fogareiro elétrico ou o fogão. Junto à pia uma tomada de 5000 W para a torneira elétrica.

f) No banheiro, junto ao lavatório, uma tomada alta para aparelhos de barbear ou secadores de cabelo. Prever também uma luminária sobre o espelho.

g) Nas dependências que possuam mais de uma saída, é recomendável instalar um interruptor junto a cada porta.

4.3 Divisão de circuitos

a) É preferível colocar todas as tomadas em circuito separado, pois a maioria dos “curto circuitos” são originários de defeitos nas tomadas. A carga das tomadas para uso geral é de 100 W.

b) Para copas, cozinhas, e áreas de serviço, obrigatoriamente deve existir um ou mais circuitos exclusivos para tomadas com a seguinte carga: 600 W por tomada até 03 (três) tomadas, e 100 W para as restantes. Em 220 Volts, o condutor mínimo para este(s) circuito(s) é 2.5 mm².

c) Calculada a carga total da unidade, em watts, devemos dividi-la em circuitos cuja carga não seja superior ao limite recomendado pelo condutor. O limite recomendado para o fio 1.5 mm² é 1200 W.

d) Para cada circuito existe no quadro de distribuição um disjuntor, com valor especificado em projeto.

e) Circuitos independentes devem ser previstos para os aparelhos de potência igual ou superior a 1500 VA (aquecedores de água, fogões e fornos elétricos, máquinas de lavar roupa ou louça, chuveiros, etc) ou aparelhos de ar condicionado.

d) É permitida a alimentação de mais de um aparelho do mesmo tipo através de um mesmo circuito (dois chuveiros, três condicionadores de ar, ...). Entretanto, deve haver uma proteção junto a cada aparelho.

4.4 Carga instalada

A carga instalada de uma unidade consumidora é o somatório das potências de todos os circuitos. Ela deve ser expressa claramente no(s) quadro(s) de carga.

4.5 Entradas de serviço

4.5.1 Classificação dos tipos de fornecimento

Os principais tipos de entrada são:

- aérea
- subterrânea
- em muro particular
- com ou sem poste particular

Em função da potência instalada declarada, o fornecimento de energia elétrica à unidade consumidora será feita de acordo com a classificação a seguir:

Tipo A (monofásico)

- fornecimento a 2 fios (fase e neutro)
- potência instalada máxima = 15kW
- não pode incluir motor mono > 3CV (HP), nem máquina de solda a transformador

Tipo B (bifásico)

- fornecimento a 3 fios (2 fases e neutro)
- 380/220V urbana e 440/220V rural
- potência instalada entre 15 e 22kW (urbana) e até 25kW (rural)
- não pode incluir motor monofásico > 3CV (HP) em 220V ou > 7.5 CV em 440V, nem máquina de solda a transformador

Tipo C (trifásico)

- fornecimento a 4 fios (3 fases e neutro)
- 380/220V: potência instalada entre 22 e 75kW
- não pode incluir motor mono > 3CV em 220V, motor tri > 25CV em 380V, nem máquina de solda a transformador

Observação: As unidades consumidoras que não se enquadrarem nos tipos A, B, ou C serão atendidas em tensão primária de distribuição (13.8 kV na região de Santa Maria).

4.5.2 Condições gerais das normas brasileiras

- obedecer as normas ABNT
 - partir do poste (ou ponto) da rede da concessionária por ela determinado
 - não cortar terrenos de terceiros nem passar sobre área construída

- entrar preferencialmente pela frente da unidade consumidora, ser perfeitamente visível e livre de obstáculos (ver RIC)
- não cruzar com condutores de ligações de edificações vizinhas
- respeitar distâncias horizontais (1.20m) e verticais (2.50m) mínimas da norma
- apresentar vão livre máximo de 30 m; se medição no corpo da edificação, então esta deverá estar no máximo a 15 m da via pública
- manter separação mínima de 20cm entre os condutores
- obedecer distâncias mínimas na vertical entre o condutor inferior e o solo, dadas pelas normas respectivas para instalações urbanas (NBR 5434) e rurais (NBR 5433)
- para o condutor neutro, utilizar a cor azul-clara
- em caso de uso de caixas de passagem subterrâneas, estas serão exclusivas para os condutores de energia elétrica e aterramento, não podendo ser utilizadas para os condutores de telefonia, TV a cabo, etc.
- o quadro onde estão os medidores deve ser colocado de tal maneira que permita o livre acesso ao empregado da companhia fornecedora para fazer a leitura, e ficar o mais próximo possível da divisa frontal (6,00 m para consumidor individual).
- quando o quadro de medidores for instalado em poste particular ou no muro, deve distar no máximo 1,5 m da divisa frontal do terreno.

4.6 Cálculo da demanda

O cálculo da demanda deve ser feito por unidades consumidoras com carga superior a 15 kW (220/127V) ou 25 kW (380/220V). Serve para determinar a categoria de fornecimento e para o dimensionamento das entradas de serviço.

A demanda deve ser declarada no memorial descritivo e calculada no memorial de cálculos com a seguinte expressão:

$$D(kVA) = a + b + 1,2c + d + e + f \quad (4.1)$$

onde:

- a* - demanda de iluminação e tomadas;
- b* - demanda dos aparelhos de aquecimento (chuveiros, aquecedores, fornos, etc);
- c* - demanda de aparelhos de ar condicionado tipo janela;
- d* - demanda de unidades centrais de condicionamento de ar;
- e* - demanda de motores e máquinas de solda a motor;
- f* - demanda de máquinas de solda a transformador.

Table 4.1: Carga mínima e fatores de demanda para iluminação e tomadas, exceto residências - Fonte RIC

Descrição	W/m2 min.	Fator de demanda %
Bancos	50	86
Clubes e semelhantes	20	86
Igrejas e semelhantes	15	86
Lojas e semelhantes	30	86
Restaurantes e semelhantes	20	86
Auditórios e semelhantes	15	86
Barbearias e semelhantes	30	86
Garagens, áreas de serviço ...	5	86
Escolas e semelhantes	30	86 ate 12kW e 50 exced.
Escritórios	50	86 ate 20kW e 70 exced.
Hospitais e semelhantes	20	40 ate 50kW e 20 exced.
Hotéis e semelhantes	20	50 ate 12kW, 40 ate 100kW, e 30 exced.

4.7 Dimensionamento da entrada de energia

Depois de calculada a carga total instalada e a demanda, quando necessário, determina-se a bitola dos condutores, eletrodutos e proteção geral das unidades consumidoras dos tipos A, B e C, consultando as tabelas do anexo J do RIC.

Apresenta-se nas tabelas um resumo do anexo J do RIC. Para maiores detalhes, como por exemplo, para fornecimento do tipo A3, B3 e B4 (unidades consumidoras localizados em área rural e atendidas com transformadores monobucha) consulta-se o RIC, disponível na internet.

Table 4.2: Fatores de demanda para iluminação e tomadas de residências. Carga mínima = 30 W/m² -

Fonte RIC

Potência P (kW)	Fator de demanda %
$0 < P \leq 1$	86
$1 < P \leq 2$	75
$2 < P \leq 3$	66
$3 < P \leq 4$	59
$4 < P \leq 5$	52
$5 < P \leq 6$	45
$6 < P \leq 7$	40
$7 < P \leq 8$	35
$8 < P \leq 9$	31
$9 < P \leq 10$	27
$10 < P$	24

Table 4.3: Fatores de demanda para ar condicionado tipo janela instalados em residências - Fonte RIC

Potência (CV)	Fator de demanda %
1 a 10	100
11 a 20	85
21 a 30	80
31 a 40	75
41 a 50	70
51 a 75	65
acima de 75	60

Table 4.4: Fatores de demanda para ar condicionado tipo janela instalados em escritórios - Fonte RIC

Potência (CV)	Fator de demanda %
1 a 25	100
26 a 50	90
51 a 100	80
acima de 100	70

Table 4.5: Cargas individuais para motores - Fonte anexo G do RIC

P(CV)	1/6	1/4	1/3	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3
S(kVA)	0,45	0,63	0,76	1,01	1,24	1,43	2,00	2,60	3,80
P(CV)	5	7 1/2	10	15	20	25	30	40	50
S(kVA)	5,40	7,40	9,20	12,7	16,4	20,3	24,0	30,6	40,8

Table 4.6: Fatores de demanda para motores - Fonte anexo G do RIC

Número de motores	Fator de demanda %
1	100
2	90
3 a 5	80
mais de 5	70

Table 4.7: Fatores de demanda para aparelhos resistivos de aquecimento - Fonte RIC

N. apar.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
F.D.%	100	75	70	66	62	59	56	53	51	49	47	45	43
N. apar.	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	>25
F.D.%	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	30

Table 4.8: Dimensionamento da entrada de serviço para consumidores alimentados em 220/127 V (maiores detalhes no Anexo J do RIC-BT)

C-kW ou D-kVA	Tipo Cons.	Aterr. mm ²	Prot. A	R.Lig.Al mm ²	R.Ent.Cu mm ²	Elet. PVC mm
C<10kW	A1	6.0	40	D-10	6.0	25
C<15kW	B1	10.0	50	T-10	10.0	25
D<10kVA	C1	6.0	30	Q-10	6.0	25
10<D<15	C2	10.0	40	Q-10	10.0	32
15<D<19	C3	10.0	50	Q-10	10.0	32
19<D<27	C4	10.0	70	Q-16	25.0	40
27<D<38	C5	10.0	100	Q-25	35.0	40
38<D<47	C6	16.0	125	Q-35	50.0	50
47<D<57	C7	25.0	150	subter.	70.0	60
57<D<66	C8	25.0	175	subter.	95.0	60
66<D<76	C9	35.0	200	subter.	120.0	75
76<D<86	C10	50.0	225	subter.	150.0	100
86<D<95	C11	50.0	250	subter.	185.0	100
95<D<115	C12	70.0	300	subter.	240.0	100

Table 4.9: Dimensionamento da entrada de serviço para consumidores alimentados em 380/220 V (maiores detalhes no Anexo J do RIC-BT)

C-kW ou D-kVA	Tipo Cons.	Aterr. mm ²	Prot. A	R.Lig.Al mm ²	R.Ent.Cu mm ²	Elet. PVC mm
C<15kW	A2	6.0	40	D-10	6.0	25
C<25kW	B2	10.0	50	T-10	10.0	25
D<19kVA	C13	6.0	30	Q-10	6.0	25
19<D<26	C14	10.0	40	Q-10	10.0	32
26<D<32	C15	10.0	50	Q-10	10.0	32
32<D<46	C16	10.0	70	Q-16	25.0	40
46<D<66	C17	10.0	100	Q-25	35.0	40
66<D<82	C18	16.0	125	Q-35	50.0	50
82<D<99	C19	25.0	150	subter.	70.0	60
99<D<115	C20	35.0	200	subter.	95.0	75

Chapter 5

Projeto de uma Obra Unifamiliar

5.1 Memorial Descritivo das Instalações Elétricas

5.1.1 Considerações Gerais

O presente projeto trata das instalações elétricas uma obra unifamiliar, de propriedade do Sr. João da Silva, localizado à Rua das Gaivotas, no. 256, bairro dos Pássaros, Município das Aves, RS.

A edificação possui 69,95 m² de área construída.

A carga total instalada é 14,1 kW, conforme plantas.

5.1.2 Entrada de serviço

A entrada de energia elétrica será em baixa tensão, monofásica, em 220 V. A ligação será feita no poste situado em frente ao terreno (ver detalhe nas plantas de situação e localização).

O ramal de ligação será composto por um condutor multiplex de alumínio com bitola de 10 mm², que fará a ligação até um poste particular.

O ramal de entrada será composto de 02 (dois) condutores tipo Pirastic com bitola de 6 mm², até o quadro de medidores, protegidos por um eletroduto de PVC rígido com 32 mm de diâmetro, e 2 (duas) curvas de 90 graus com mesmo diâmetro.

5.1.3 Quadro de medidor

O quadro de medidor está localizado no poste particular, situado a 0.50 m da linha que faz a divisa do terreno com a rua das Gaivotas. Será de metal, padrão RIC.

A instalação será protegida por um disjuntor termomagnético unipolar de 40 A, fixado na caixa de medição.

Do medidor, partirão 03 (três) condutores de cobre (fase, neutro e de proteção), em PVC, bitola 6 mm², até o centro de distribuição.

Durante a realização das fundações será construído o aterramento geral e único da obra. O eletrodo será uma haste de aço revestida de cobre, do tipo coperweld, com 2,00 metros de comprimento, que deverá ser totalmente enterrada no solo, de forma vertical. Nesta haste será feita a conexão dos condutores neutro do quadro de medidores (QM), que será feito através de um condutor de cobre de bitola 10 mm², o condutor de proteção (fio terra) com bitola 6 mm², conforme plantas.

5.1.4 Distribuição e proteção

Do centro de distribuição partirão os condutores para todas as tomadas e pontos de iluminação.

5.1.5 Materiais e execução dos serviços

Os eletrodutos serão de PVC tipo rígido, marca TIGRE, ou similar, com bitolas especificados no projeto.

Os condutores previstos para este projeto são do tipo de cobre, isolados com PVC, do tipo rígido, marca PIRELLI ou similar.

O condutor de aterramento (fio TERRA) deverá ser da cor VERDE. Os condutores fase deverão ser de cor vermelha ou amarela. O fio neutro deverá ser de cor azul claro, preta, ou marrom. Os condutores de comando ou retorno serão das cores branca, violeta, ou azul forte.

As emendas dos condutores serão feitas nas caixas embutidas, e soldadas com ESTANHO.

Os serviços serão executados de acordo com as normas vigentes, com mão de obra habilitada e com comprovada experiência profissional.

Todos os serviços serão acompanhados pelo responsável técnico.

Santa Maria, 15 de abril de 2004.

Assinatura do resp. técnico:

Assinatura do(s) proprietário:

5.2 Exemplo para Cálculo da Demanda

Tensão de alimentação: 220/127 V

Entrada individual

Área construída: 180m²

5.2.1 Carga instalada

Iluminação e tomadas = 10.000 W

2 chuveiros de 5.000 W = 10.000 W

1 motor de 1/2 CV = 368 W

Total = 20.368 W

Como 20,37kW > 15kW, a demanda deve ser calculada.

5.2.2 Compatibilização da carga instalada com as previsões mínimas

Table 5.1: Dimensões dos compartimentos e compatibilizações da carga instalada

Compartimento	Área (m ²)	Perím. (m)	P_{ilum} (W)	num. tomadas
Sala	7,00	10,60		
Cozinha	3,75	8,00		
Banheiro	3,64	8,20		
Quarto A	12,05	14,00		
Quarto B	9,88	12,90		
Quarto C	9,10	12,10		
Circulação	1,15	4,30		
Sala de estar	12,96	14,40		

Iluminação e tomadas

Conforme ANEXO D do RIC: $30W/m^2 \times 180m^2 = 5.400W$

Como $5.400W < 10.000 W$, adotar 10.000 W de iluminação e tomadas.

Carga **adotada** de iluminação e tomadas = 10.000 W.

Aparelhos de aquecimento

Conforme ANEXO I do RIC:

Carga instalada = $2 \times 5.000W = 10.000W$

Carga adotada = 10.000W

Condicionador de ar tipo janela

O mínimo previsto no item 7.2.2 do RIC (Previsão de Carga) = 1kW

Adotada = 1kW

Motores

Carga instalada = 1/2 CV

Adotada = 1/2 CV

5.2.3 Cálculo da demanda**Iluminação e tomadas**

Conforme ANEXO D do RIC: $a = 10 \times 0,27 = 2,7$ kVA

Conforme ANEXO D do RIC, Nota 3, mínimo 2,2 kW por unidade.

Aparelhos de aquecimento

Conforme ANEXO I do RIC: $b = 10 \times 0,75 = 7,5$ kVA

Aparelho condicionador de ar tipo janela

Conforme ANEXO E do RIC: $c = 1 \times 1,0 = 1$ kW

Motores

Conforme ANEXO G do RIC: $e = 1,01 \times 1,0 = 1,01$ kVA

5.2.4 Demanda total da residência

$D(\text{kVA}) = a + b + 1,2c + e$

$D(\text{kVA}) = 2,70 + 7,50 + (1,2 \times 1) + 1,01$

$D = 12,41$ kVA

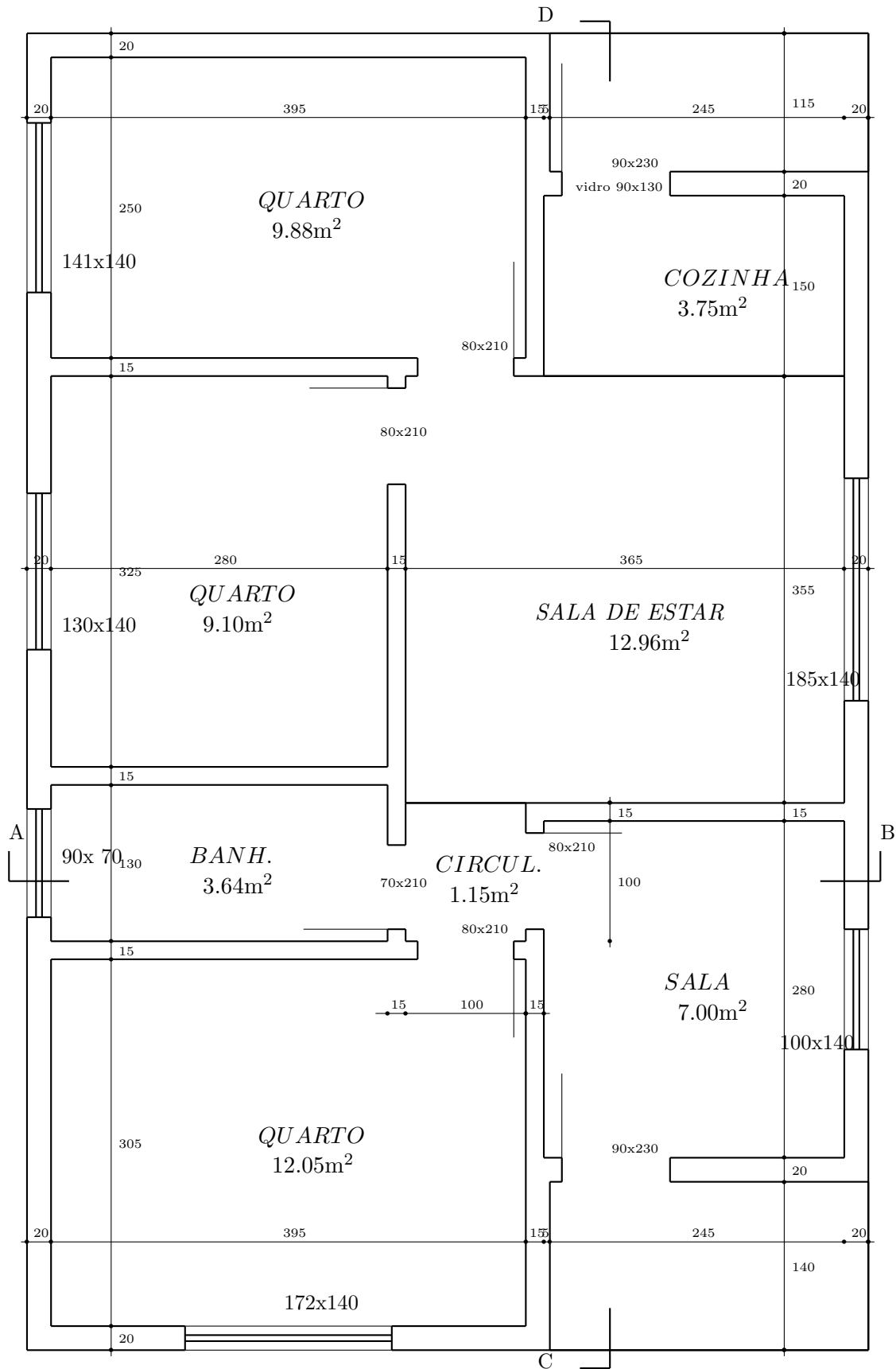


Figure 5.1: Planta Baixa - prop. Sr. João da Silva, Área total: 69.89m², Esc 1:50.

Chapter 6

Projeto de um prédio comercial-residencial

6.1 Memorial Descritivo das Instalações Elétricas

6.1.1 Considerações Gerais

O presente projeto trata das instalações elétricas de um prédio comercial-residencial, localizado à Rua A, no. 2389, bairro Centro, Santa Maria, RS, de propriedade do Sr. João da Silva.

A edificação é de alvenaria estruturada, possuindo seis pavimentos, sendo o pavimento térreo destinado ao uso comercial (lojas), o segundo ao sexto pavimentos destinados ao uso residencial, e o sub-solo para garagens e serviços.

A área total construída será 1515,24 m².

O transformador da rede de energia elétrica de alta tensão (13800 V) para baixa tensão (380/220 V) está situado na rua B, em frente ao imóvel de número 309, e possui potência de 175 kVA. Deste transformador parte uma rede aérea trifásica de baixa tensão, com 04 (quatro) condutores de alumínio. A frequência de alimentação é 60 Hz, e a tensão de linha (fase-fase) é 380 V, e a tensão de fase (fase-neutro) é 220 V. O condutor neutro (terminal comum da ligação estrela do secundário do transformador) está aterrado.

6.1.2 Entrada de serviço

O ramal de ligação de energia será em baixa tensão, aérea e trifásica, constituída através de 04 (quatro) condutores do tipo cabos multiplex de alumínio com seção 25 mm², ancorado no prédio através de uma armação chumbada na parede e um isolador tipo roldana 80 x 76 mm.

O ramal de entrada será composto de 04 (quatro) condutores tipo Pirastic com bitola de 50 mm², de

cor preta, protegidos até o quadro de medidores por um eletroduto de PVC rígido com 75 mm de diâmetro, e 2 (duas) curvas de 90 graus com mesmo diâmetro.

6.1.3 Quadro de medidor

O quadro de medidor está localizado no corredor localizado no andar térreo. Será de madeira com espessura de 2 cm, possuindo as seguintes dimensões externas: base = 130 cm; altura = 120 cm; e, fundo = 25 cm.

O sistema será protegido no QM por um disjuntor termomagnético tripolar de 100 A, fixado a uma Caixa de Entrada e Distribuição (CED) com uma alavanca de comando exposta.

Da CED, partirão eletrodutos e condutores até os 05 (cinco) medidores, sendo um deles trifásico para o serviço, e os outros monofásicos para as lojas e residências. Os medidores monofásicos serão protegidos por caixas do tipo CP-2 (20 x 20 x 24 cm) e o medidor trifásico protegido por caixa do tipo CP-4 (..... cm).

Das CPs sairão as alimentações até as unidades, onde os condutores fase passarão pelos respectivos disjuntores, também localizados no quadro de medidores.

6.1.4 Aterramento

Durante a realização das fundações será construído o aterramento geral e único da obra.

O eletrodo será uma haste de aço revestida de cobre, do tipo coperweld, com 3,00 metros de comprimento, que deverá ser totalmente enterrada no solo, de forma vertical. A conexão dos condutores de aterramento ao eletrodo será feito por uma prensa fios de cobre (braçadeira). Os condutores a serem conectados ao aterramento são:

- a) O condutor do pára-raios, que será feito com um condutor de cobre de seção 100 mm^2 ;
- b) O aterramento do quadro de medidores (QM), que será feito através de um condutor de cobre de bitola 16 mm^2 ;
- c) Toda a armação (ou ferragem) longitudinal das vigas e pilares da obra será soldada (com solda elétrica), para realizar o contato elétrico entre os ferros. Será soldado (com solda prata), um condutor de cobre de seção 25 mm^2 . Serão conectadas com solda prata todas as tubulações metálicas, as esquadrias e outras partes metálicas da construção; e,
- d) Será utilizado um condutor de proteção (fio terra) com bitola também especificado em projeto, em cada circuito ou alimentador. O aterramento destes fios será feito com um fio de bitola 16 mm^2 , conforme plantas. Neste condutor serão aterrados todos os quadros de distribuição e eletrodutos metálicos.

6.1.5 Ramais de alimentação

a) dos apartamentos - será feita com um 'espaço de construção' (espaço existente na estrutura de um prédio, acessível apenas em certos pontos e no qual são instalados condutores diretamente ou contidos em eletrodutos. São exemplos de espaços de construção: forros falsos, pisos técnicos, pisos elevados, espaço entre paredes duplas, e espaço entre divisórias), com escada metálica para os cabos. Os cabos serão de marca Pirelli, do tipo Pirastic ou similar, com bitola especificada nas plantas.

b) do subsolo - será feita uma descida junto ao medidor, usando eletroduto de PVC, bitola 75 mm. Este eletroduto será embutido na parede (Para isto será aumentada a espessura da parede com 5 cm).

6.1.6 Distribuição de energia elétrica

a) Centro de distribuição - Em baixo do patamar da escadaria que dá acesso à piscina será construído uma peça fechada com dimensões internas de 1,20m x 1,20m, fechada com porta de ferro tipo veneziana, e fechadura padrão (Ver planta arquitetônica). Neste centro passarão os cabos dos alimentadores, e será instalado o quadro de distribuição geral para o serviço.

b) Quadros de distribuição - Cada unidade (loja, apartamento, e subsolo) possuirá um quadro de distribuição (CD), que conterà os disjuntores que protegerão e distribuirão a energia para os circuitos. Os disjuntores serão da marca Eletromar, ou similar, com capacidade de corrente especificados nas plantas.

c) Barramentos e conexões nos CDs - cada quadros de distribuição possuirá os seguintes barramentos para conectar os alimentadores com os condutores dos circuitos: barramento de fio terra, barramento de neutro, barramento de fase R, barramento de fase S, e barramento de fase T.

6.1.7 Eletrodutos

Os eletrodutos serão de PVC tipo rígido, marca TIGRE, ou similar, com bitolas especificados no projeto.

Os diâmetros não indicados no projeto serão de 20 mm (3/4").

6.1.8 Condutores

Os condutores previstos para este projeto são do tipo multiplex para o ramal de ligação, do tipo cabo para os alimentadores com seção maior ou igual a 16 mm², e do tipo rígido, para as bitolas 1,5 mm²; 2,5 mm²; 4,0 mm²; 6,0 mm² e 10,0 mm².

O condutor de aterramento (fio TERRA) deverá ser da cor VERDE. Os condutores fase deverão ser de cor vermelha, amarela, cinza ou rosa. O fio neutro deverá ser de cor azul claro, preta, ou marrom. Os condutores de comando ou retorno serão das cores branca, violeta, ou azul forte.

As emendas dos condutores serão feitas nas caixas embutidas, e soldadas com ESTANHO.

6.1.9 Carga instalada

Apartamento 201: 23 kW

Apartamento 301: 23 kW

Apartamento 301: 23 kW

Apartamento 401: 23 kW

Loja A: 30 kW

Serviço: 5 kW

Total: 121 kW

6.1.10 Carga demandada

Apartamento 201: 13 kVA

Apartamento 301: 13 kVA

Apartamento 401: 13 kVA

Apartamento 501: 13 kVA

Loja A: 10 kVA

Serviço: 4 kVA

Do prédio: 66 kVA

6.1.11 Execução dos serviços

Os serviços serão executados de acordo com as normas vigentes, ressaltando-se:

- a) Todo pessoal contratado deverá estar habilitado, com comprovada experiência profissional;
- b) As etapas para a execução serão: caixas sextavadas e caixas de tomadas embutidas na laje e nas paredes, tubulações interligando as caixas entre si, e aos CDs, revestimentos (reboco e azulejo), fiação completa, pintura, colocação de interruptores, tomadas, e espelhos.
- c) Serão solicitados cuidados especiais às instalações elétricas por parte do quadro de pessoal da obra, destacando-se o cuidado com as ferramentas e o canteiro de obras (betoneiras, vibradores, guinchos, lâmpadas, tomadas, e redes elétricas existentes).
- d) Todos os serviços serão acompanhados pelo(s) responsável(is) técnico(s).

6.2 Memorial de cálculos

6.2.1 Potência instalada

- a) Iluminação (ver cálculo luminotécnico)
- b) Distribuição de tomadas

6.2.2 Dimensionamento dos condutores

Circuito A

- a) Critério da capacidade de corrente -

$I (A) = \text{Carga (W)} / \text{tensão (V)} = \dots$, que segundo a tabela ... exige o condutor ... mm².

- b) Critério da máxima queda de tensão - ...

$$200W \times 3,0m = 600 \text{ Wm}$$

$$500W \times 4,0m = 2000 \text{ Wm}$$

$$1200W \times 10,0m = 12000 \text{ Wm}$$

Considerando a queda de tensão máxima de ...%, tem-se

S=

e o condutor exigido será de seção mm²

Circuito B

- a) Critério da capacidade de corrente - ...
- b) Critério da máxima queda de tensão - ...

Alimentador X do Ap. 201

- a) Critério da capacidade de corrente - ...
- b) Critério da máxima queda de tensão - ...

6.2.3 Dimensionamento dos eletrodutos

A área máxima aproveitável em cada eletroduto é de 31%.

Exemplo de Trecho com 9 condutores

$$2 \text{ condutores } 2,5 \text{ mm}^2 \quad 2 \times 10 = 20 \text{ mm}^2$$

$$2 \text{ condutores } 4,0 \text{ mm}^2 \quad 2 \times 13 = 26 \text{ mm}^2$$

$$1 \text{ condutor } 2,5 \text{ mm}^2 \quad 1 \times 10 = 10 \text{ mm}^2$$

$$2 \text{ condutores } 6,0 \text{ mm}^2 \quad 2 \times 16 = 32 \text{ mm}^2$$

$$2 \text{ condutores } 2,5 \text{ mm}^2 \quad 2 \times 10 = 20 \text{ mm}^2$$

total108 mm²

..... logo, o eletroduto adotado será o de 25 mm (1 polegada).

6.3 Planta de localização

6.4 Planta de situação

6.5 Detalhe do quadro de medidores

6.6 Localização do quadro de medidores

6.7 Detalhe da entrada de energia

6.8 Detalhe do aterramento

6.9 Convenções e simbologia adotada

6.10 Plantas baixa

6.10.1 Apartamentos 201, 301, 401 e 501

6.10.2 Térreo - lojas

6.10.3 Subsolo - garagens e serviços

6.11 Quadro de cargas

6.12 Diagrama unifilar

6.13 Demanda do Prédio

Prédio com 24 apartamentos.

Entrada de energia coletiva

Atendidos na tensão de 220/127V.

Área construída por apartamento 74m²

Área construída destinada ao serviço (condomínio) 140m²

Um único agrupamento de medidores.

6.13.1 Cargas instaladas

Carga instalada por apartamento

iluminação e tomadas = 3.400W

2 chuveiros de 5.000W = 10.000W

1 condicionador de ar 1kW = 1.000W

Total = 14.400W

Como $14,40 < 15\text{kW}$, não é necessário calcular a demanda.

Nota: Caso a carga instalada seja superior a 15kW, deverá ser calculada a demanda. Quando o valor resultante for inferior a 15kVA, considerar 15kVA. (conforme item 7.2 letra “a” do RIC)

Carga instalada de serviço (condomínio)

iluminação e tomadas = 3.400W

2 elevadores 10 CV = 14.720W

2 bombas de 5 CV (1 de reserva) = 3.680W

Total = 21.800W

Como $21,80 < 15\text{kW}$, deve ser calculada a demanda.

Carga instalada total do prédio

24 Apto. x 3.400 W = 81.600W

24 Apto. x (2 x 5.000 W) = 240.000W

24 Apto. x 1 kW = 24.000W

serviço 3.400 W + 18.400 W = 21.800W

Total = 367.400W

6.13.2 Compatibilização das cargas instaladas com as previsões mínimas

Iluminação e tomadas do serviço (condomínio)

Conforme ANEXO D do RIC:

$5\text{W}/\text{m}^2 \times 140\text{m}^2 = 700\text{W}$

Carga instalada = 3.400W

Carga adotada = 3.400W

Motores do serviço (condomínio)

2 elevadores de 10 CV (2x10x736) = 14.720W

1 bomba de 5 CV (1x5x736) = 3.680W

Total = 18.400W

Adotada = 18.400W

6.13.3 Cálculo das demandas**Demanda dos apartamentos**

- Iluminação e tomadas:

24 Apto. fator de diversidade 19,86 (Conforme ANEXO U do RIC)

Área de 74m² demanda 1,65kVA/m² (Conforme ANEXO T do RIC)

$d = 1,65 \times 19,86 = 32,77\text{kVA}$

$d = 32,77\text{kVA}$

Demanda do serviço

- Iluminação e tomadas: Conforme (ANEXO D do RIC)

$a = 3.400 \times 0,86 = 2,92\text{kVA}$

$a = 2,92\text{kVA}$

- Motores: Conforme ANEXO G do RIC

$e = (1 \times 5,4 + 2 \times 9,2) \times 0,8$

$e = (5,4 + 18,4) \times 0,8 = 19,04\text{kVA}$

$e = 19,04\text{kVA}$

- Demanda total do serviço

$D(\text{kVA}) = a + e$

$D(\text{kVA}) = 2,92 + 19,04 = 21,96\text{kVA}$

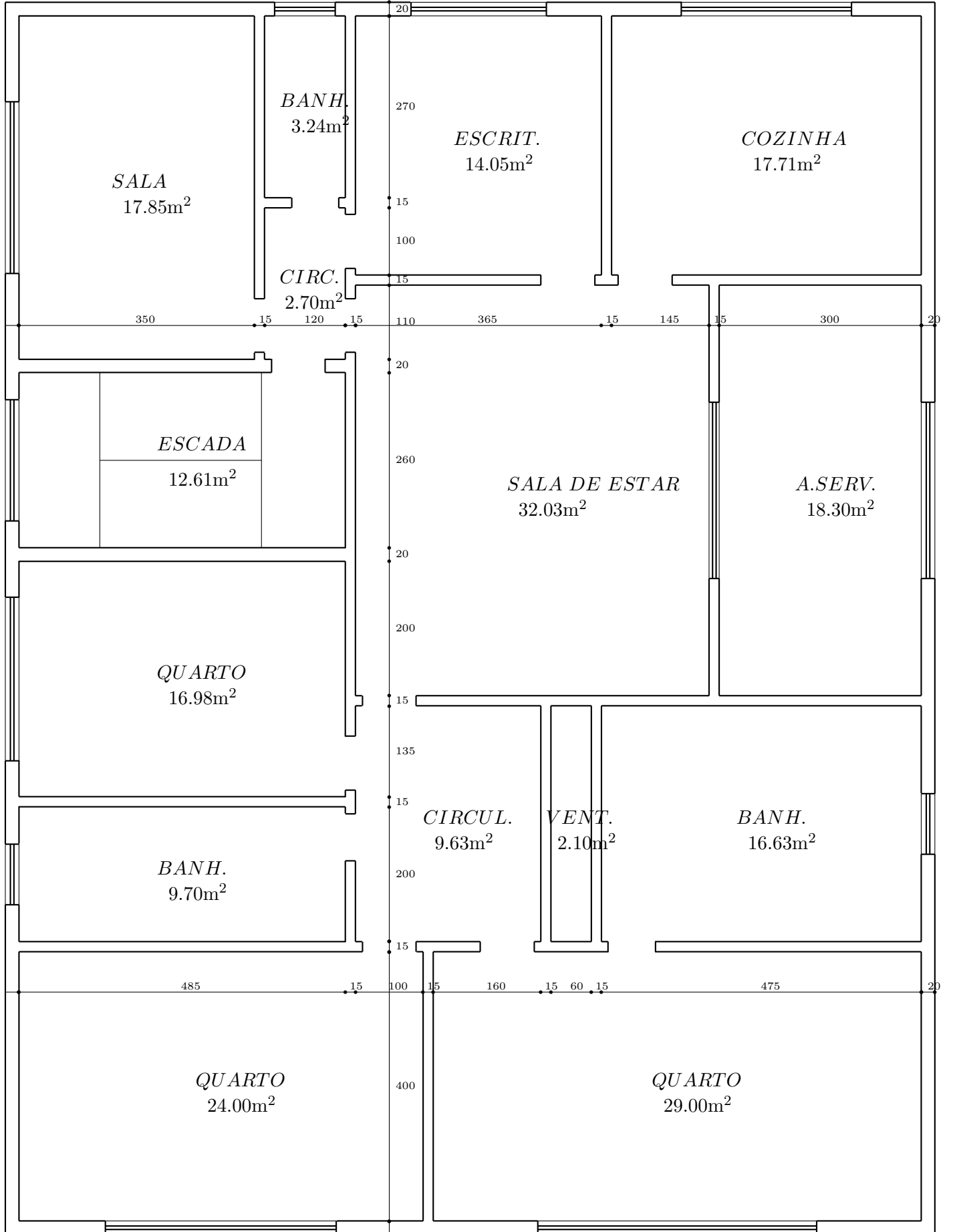
$D = 21,96\text{kVA}$

6.13.4 Demanda total do prédio

$D(\text{kVA}) = (\text{demanda dos Aptos.} + \text{demanda do Serviço})$

$D(\text{kVA}) = (32,77 \times 1,2) + 21,96 = 61,28$ (conforme item 7.2.3 do RIC)

$D(\text{kVA}) = 61,28\text{kVA}$



PRÉDIO DE ALVENARIA	PLANTA BAIXA, Esc 1: 75.
RESPONSÁVEL TÉCNICO _____ nome:....., CREA:.....	PROPRIETÁRIO _____ nome:

Bibliography

- [1] BAZZO & PEREIRA, *Introdução à Engenharia*, Ed. da UFSC, Florianópolis, 1996.
- [2] CEEE (Companhia Estadual de Energia Elétrica - RS), *Regulamento de Instalações Consumidoras*, Porto Alegre, 4a. Ed., 1992.
- [3] COTRIM, A.A.M.B., *Instalações Elétricas*, Makron Books, 3a. Edição, 1993.
- [4] CREDER, Helio, *Instalações Elétricas*, Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 8a. Ed., 1983.
- [5] OBERG, L. *Desenho Arquitetônico*, Ao Livro Técnico, Rio de Janeiro, 21a. Ed., 1976.
- [6] PIRELLI CABOS S/A. *Manual Pirelli de Instalações Elétricas*, Editora Pini, São Paulo, 1999.