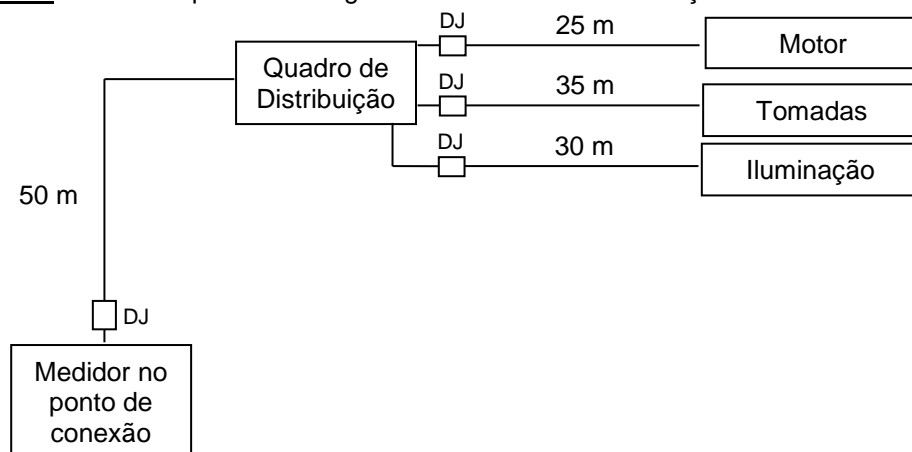


## EXERCÍCIO RESOLVIDO PARA ESTUDO PARA PROVA 2 1º Semestre 2017

**Disciplina:** TE144 – ELETRICIDADE APLICADA (Turma A)

**Professor:** Dr. Alexandre Rasi Aoki

**Questão 1:** Dado o esquema do diagrama unifilar de uma instalação elétrica conforme abaixo:



Dados Técnicos:

- Tensão da instalação 220 V;
- Tomadas (área de serviço): carga de 2.750 W (considerar fator de potência unitário);
- Iluminação de 300 W (considerar fator de potência unitário);
- Motor de 6 cv com rendimento de 84% com fator de potência 0,77 indutivo.

- (2 PONTOS) Determine a corrente demandada pelo motor.
- (2 PONTOS) Dimensione o condutor e o disjuntor para o circuito do motor (somente neste caso, utilizar modelagem completa para calcular o  $\Delta V$ ).
- (2 PONTOS) Dimensione o condutor e o disjuntor para o circuito das tomadas.
- (2 PONTOS) Dimensione o condutor e o disjuntor para o circuito da iluminação.
- (2 PONTOS) Considerando todas as cargas, dimensione o condutor e o disjuntor do alimentador que conecta o medidor até o quadro de distribuição.

Observação 1: O dimensionamento dos condutores deve garantir o critério de corrente e de queda de tensão (do ponto de conexão até a carga).

Observação 2: Para simplificar some o módulo das correntes de todos os circuitos parciais para encontrar a corrente no alimentador (considere o fator de potência no alimentador igual a um).

**Fórmulas:**

$$1 \text{ cv} = 735,5 \text{ W}$$

$$Q = V \cdot I \cdot \text{sen}\theta \text{ [VA]} \text{ (em C.A.)}$$

$$\cos\theta = P / S \text{ (em C.A.)}$$

$$\Delta V(\%) = [I \cdot (2 \cdot I) \cdot (R \cdot \cos\theta + X \cdot \text{sen}\theta) \cdot 100] / V_{\text{circuito}} \text{ Demanda} = \text{Fator de Demanda} \cdot \text{Potência}$$

$$\text{Residências: } \Delta V \leq 5\%$$

$$P = V \cdot I \cdot \cos\theta \text{ [W]} \text{ (em C.A.)}$$

$$S^2 = P^2 + Q^2 \text{ [VA]} \text{ (em C.A.)}$$

$$\eta = P_{\text{mecânica}} / P_{\text{elétrica}}$$

$$Q = P \cdot \text{tg}\theta \text{ [VA]} \text{ (em C.A.)}$$

$$S = V \cdot I \text{ [VA]} \text{ (em C.A.)}$$

**Tabelas:**

Condutores		Parâmetros Elétricos em $\Omega/\text{km}$	
Seções Nominais $\text{mm}^2$	Capacidade de corrente (A)	R	X
1,5*	14,5	14,48	0,16
2,5	19,5	8,87	0,15
4	26	5,52	0,14
6	34	3,69	0,13
10	46	2,19	0,13
16	61	1,38	0,12
25	80	0,87	0,12
35	99	0,63	0,11
50	119	0,47	0,11
70	151	0,32	0,10

Capacidade dos disjuntores: 6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50 e 70 A.

Tipo de Carga	Fator de Demanda (%)
Chuveiros / Aquecedores Cargas especiais (lava-seca e motores)	100
Residencial comum	
Até 1000 W	80
1000-2000 W	75
2000-3000 W	65
3000-4000 W	60
4000-5000 W	50
5000-6000 W	45

**Solução:**

a) Se  $P_{mec} = 6 \text{ cv} = 6 \cdot 735,5 = 4.413 \text{ W}$  então  $P = P_{mec} / \text{rend} = 4.413 / 0,84 = 5.253,6 \text{ W}$

Logo,  $P = V \cdot I \cdot \cos\theta \Rightarrow I_{MOT} = P / (V \cdot \cos\theta) = 5.253,6 / (220 \cdot 0,77) = 31 \text{ A}$

Considerando  $P_{TOM} = 2.750 \text{ W}$  e o fator de demanda, temos a seguinte potência das tomadas ajustada pelo fator de demanda:

$$P'_{TOM} = 1000 \cdot 0,8 + 1000 \cdot 0,75 + 750 \cdot 0,65 = 2.037,5 \text{ W}$$

Considerando a tomada como uma carga com fator de potência unitário, temos:

$$P = V \cdot I \cdot \cos\theta \Rightarrow I_{TOM} = P'_{TOM} / (V \cdot \cos\theta) = 2.037,5 / (220 \cdot 1) = 9,3 \text{ A}$$

Considerando  $P_{ILU} = 300 \text{ W}$  e o fator de demanda, temos a seguinte potência da iluminação ajustada pelo fator de demanda:

$$P'_{ILU} = 300 \cdot 0,8 = 240 \text{ W}$$

Considerando a iluminação como uma carga com fator de potência unitário, temos:

$$P = V \cdot I \cdot \cos\theta \Rightarrow I_{ILU} = P'_{ILU} / (V \cdot \cos\theta) = 240 / (220 \cdot 1) = 1,1 \text{ A}$$

Para simplificar somamos o módulo das correntes de todos os circuitos parciais para encontrar a corrente no alimentador (consideramos o fator de potência no alimentador igual a um):

$$I_{ALI} = I_{MOT} + I_{TOM} + I_{ILU} = 31 + 9,3 + 1,1 = 41,4 \text{ A}$$

Para as correntes calculadas temos uma primeira especificação das bitolas dos condutores, de acordo com a tabela de capacidade de condução dos condutores, como:

- Circuito 1 – Motor: bitola 6  $\text{mm}^2$  (capacidade de condução até 34 A)
- Circuito 2 – Tomadas (área de serviço): bitola 2,5  $\text{mm}^2$  (capacidade de condução até 19,5 A)
- Circuito 3 – Iluminação: bitola 1,5  $\text{mm}^2$  (capacidade de condução até 14,5 A)
- Alimentador: bitola 10  $\text{mm}^2$  (capacidade de condução até 46 A)

Obs.: Lembrando que o circuito das tomadas deve utilizar bitola mínima de 2,5 mm<sup>2</sup> e o circuito de iluminação pode empregar a bitola mínima de 1,5 mm<sup>2</sup>.

Agora vamos verificar as quedas de tensão, começando pelo alimentador:

$$\Delta V_{ALIM} = [I \cdot (2.l) \cdot (R \cdot \cos\theta + X \cdot \sen\theta) \cdot 100] / V_{sistema} = [41,4 \cdot (2 \cdot 0,050) \cdot (2,19 \cdot 1 + 0,13 \cdot 0) \cdot 100] / 220 = 4,1\%$$

Observar que a distância do circuito deve ser empregada na fórmula em km, pois os parâmetros R e X dos condutores são dados em ohm/km.

Como a queda de tensão no alimentador é bastante elevada (> 4%) é recomendável já adotar um condutor com bitola maior, portanto vamos adotar o condutor de 16 mm<sup>2</sup> para o alimentador.

Esse ajuste é importante, porque a queda de tensão total do ponto de conexão até a carga não pode ultrapassar 5%, ou seja, se só no primeiro trecho a queda de tensão já alcança 4,1% isso implica que no segundo trecho qualquer queda de tensão não possa ser maior que 0,9%, que é um valor muito baixo de queda de tensão.

Conferindo a nova queda de tensão do alimentador para bitola de 16 mm<sup>2</sup>, temos:

$$\Delta V_{ALIM} = [I \cdot (2.l) \cdot (R \cdot \cos\theta + X \cdot \sen\theta) \cdot 100] / V_{sistema} = [41,4 \cdot (2 \cdot 0,050) \cdot (1,38 \cdot 1 + 0,12 \cdot 0) \cdot 100] / 220 = 2,6\%$$

Calculando as quedas de tensão nos circuitos e conferindo a queda de tensão do ponto de conexão até a carga, temos:

- Circuito 1 – motor: bitola 6 mm<sup>2</sup>

$$\Delta V_{MOT} = [I \cdot (2.l) \cdot (R \cdot \cos\theta + X \cdot \sen\theta) \cdot 100] / V_{sistema} = [31 \cdot (2 \cdot 0,025) \cdot (3,69 \cdot 0,77 + 0,13 \cdot 0,64) \cdot 100] / 220 = 2,1\% \Rightarrow \Delta V_{TOTAL1} = \Delta V_{ALIM} + \Delta V_{MOT} = 4,7\% \text{ que está abaixo do limite da norma}$$

- Circuito 2 – Tomadas (área de serviço): bitola 2,5 mm<sup>2</sup>

$$\Delta V_{TOM} = [I \cdot (2.l) \cdot (R \cdot \cos\theta + X \cdot \sen\theta) \cdot 100] / V_{sistema} = [9,3 \cdot (2 \cdot 0,035) \cdot (8,87 \cdot 1 + 0,15 \cdot 0) \cdot 100] / 220 = 2,6\% \Rightarrow \Delta V_{TOTAL2} = \Delta V_{ALIM} + \Delta V_{TOM} = 5,2\% \text{ que está acima do limite da norma. Logo, precisamos adequar a bitola do condutor para 4 mm}^2, \text{ e recalculando a queda de tensão do circuito parcial das tomadas temos:}$$

$$\Delta V_{TOM} = [I \cdot (2.l) \cdot (R \cdot \cos\theta + X \cdot \sen\theta) \cdot 100] / V_{sistema} = [9,3 \cdot (2 \cdot 0,035) \cdot (5,52 \cdot 1 + 0,14 \cdot 0) \cdot 100] / 220 = 1,6\% \Rightarrow \Delta V_{TOTAL2} = \Delta V_{ALIM} + \Delta V_{TOM} = 4,2\% \text{ que está abaixo do limite da norma.}$$

Outra solução possível seria aumentar mais uma vez a bitola do condutor do alimentador, passando-a para 25 mm<sup>2</sup> que implicaria em:

$$\Delta V_{ALIM} = [I \cdot (2.l) \cdot (R \cdot \cos\theta + X \cdot \sen\theta) \cdot 100] / V_{sistema} = [41,4 \cdot (2 \cdot 0,050) \cdot (0,87 \cdot 1 + 0,12 \cdot 0) \cdot 100] / 220 = 1,6\%$$

Assim, com o condutor de 2,5 mm<sup>2</sup> no circuito das tomadas teremos a seguinte queda de tensão total:

$$\Delta V_{TOTAL2} = \Delta V_{ALIM} + \Delta V_{TOM} = 4,2\% \text{ que está abaixo do limite da norma.}$$

As duas soluções serão consideradas corretas na correção da prova.

- Circuito 3 – Iluminação: bitola 1,5 mm<sup>2</sup>

$$\Delta V_{ILUM} = [I \cdot (2.l) \cdot (R \cdot \cos\theta + X \cdot \sen\theta) \cdot 100] / V_{sistema} = [1,1 \cdot (2 \cdot 0,030) \cdot (14,48 \cdot 1 + 0,16 \cdot 0) \cdot 100] / 220 = 0,4\% \Rightarrow \Delta V_{TOTAL3} = \Delta V_{ALIM} + \Delta V_{ILUM} = 3\% \text{ que está abaixo do limite da norma.}$$

Por fim, vamos definir os disjuntores possíveis para cada circuito e para o alimentador de acordo com a listagem de disjuntores disponíveis no mercado:

- Circuito 1 – motor: bitola 6 mm<sup>2</sup> e disjuntor de 32 A
- Circuito 2 – Tomadas (área de serviço): bitola 4 mm<sup>2</sup> e disjuntores 10, 13, 16, 20 ou 25 A
- Circuito 3 – Iluminação: bitola 1,5 mm<sup>2</sup> e disjuntores de 6, 10 ou 13 A
- Alimentador – bitola 16 mm<sup>2</sup> e disjuntor de 50 A.

Lembrando que podemos ter a seguinte variação na solução:

- Circuito 1 – motor: bitola 6 mm<sup>2</sup> e disjuntor de 32 A
- Circuito 2 – Tomadas (área de serviço): bitola 2,5 mm<sup>2</sup> e disjuntores 10, 13 ou 16 A
- Circuito 3 – Iluminação: bitola 1,5 mm<sup>2</sup> e disjuntores de 6, 10 ou 13 A
- Alimentador – bitola 25 mm<sup>2</sup> e disjuntor de 50 ou 70 A.