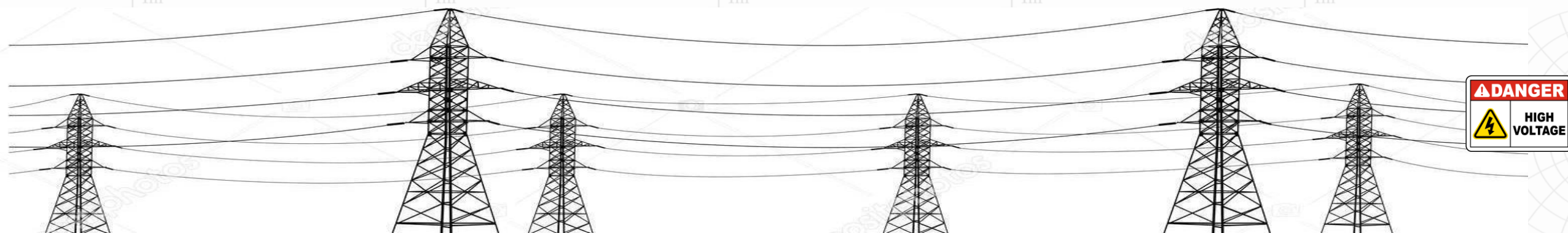




Aula 8: Demanda de uma Instalação Elétrica

Prof. Allan Fagner Cupertino

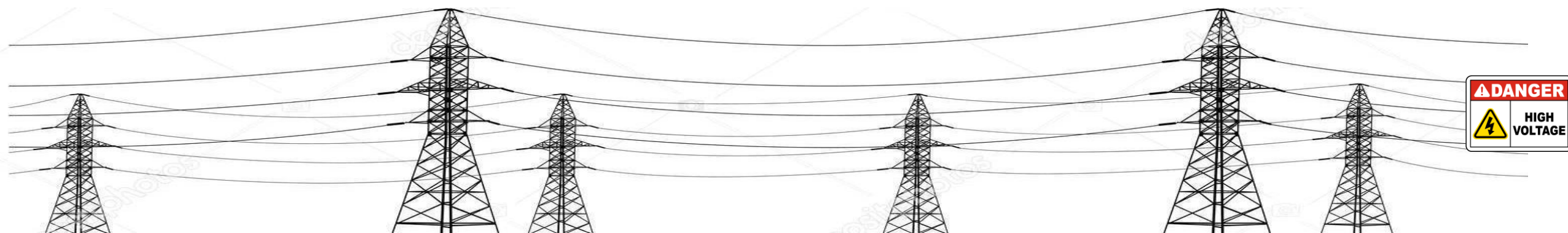


Sumário

- Introdução e definições;
- Cálculo de demanda para uso individual;
- Cálculo de demanda para uso coletivo.

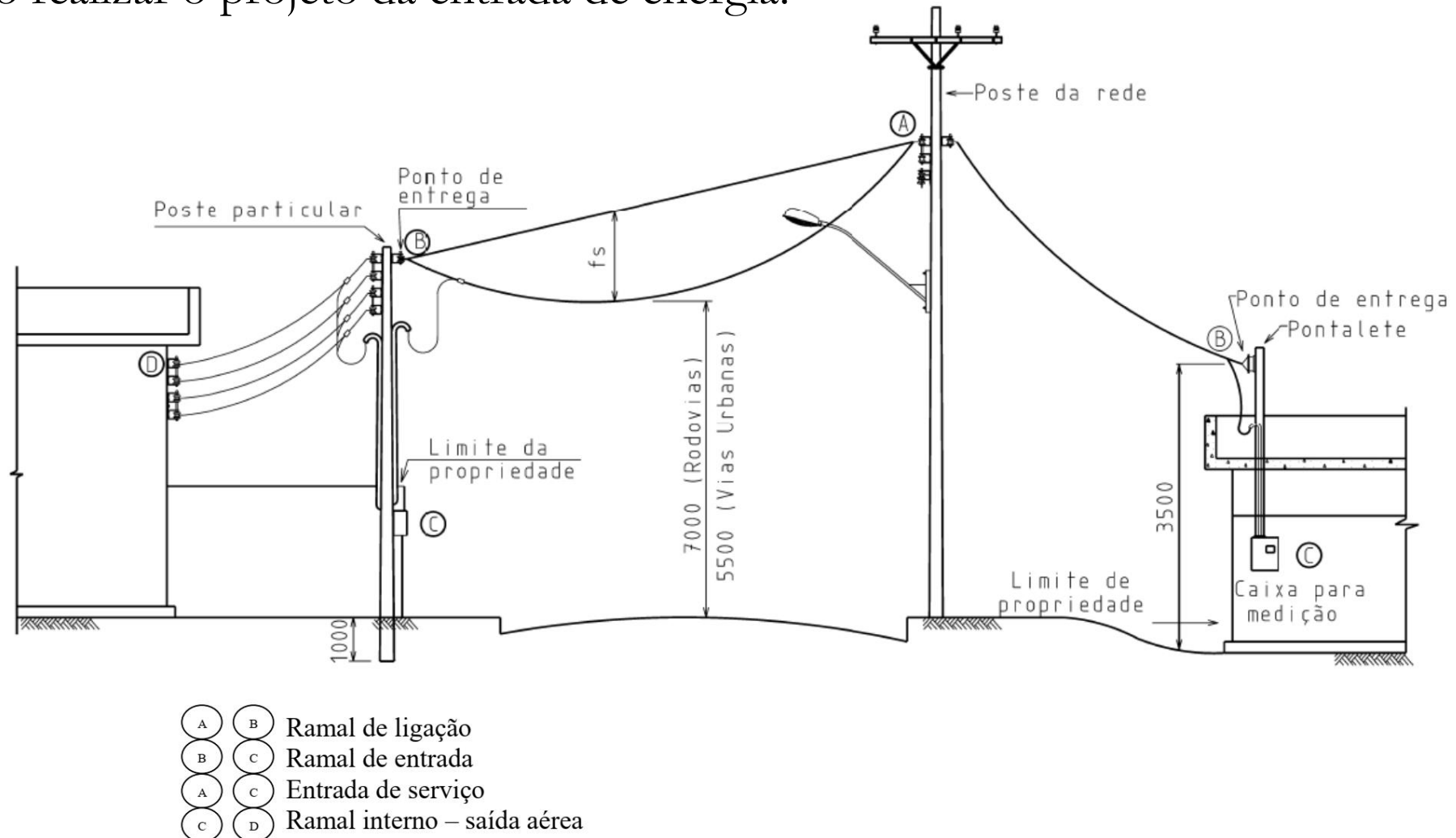


Introdução e definições



Exemplo – entrada de energia

❑ Como realizar o projeto da entrada de energia?



Fonte: CEMIG. “ND 5.1 Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Aérea – Edificações Individuais”. 2017.

Carga instalada versus carga demandada

- ❑ Previsão de cargas: Determinação da potência de iluminação, TUG's e TUE's;
- ❑ Contudo, nem todas as cargas funcionam ao mesmo tempo;
- ❑ Sobredimensionamento do ramal de entrada: Aumento do custo;
- ❑ Subdimensionamento do ramal de entrada: Desligamentos por sobrecarga;
- ❑ Solução: Estimar a carga demandada. 

Carga demandada

- ❑ Demanda: soma das potências das cargas que funcionam simultaneamente no momento de maior exigência da instalação;
- ❑ É utilizada no dimensionamento da entrada de energia (condutores, proteções e tipo de fornecimento);
- ❑ Metodologia de cálculo definida nas normas da companhia de energia elétrica. 
- ❑ Usualmente empregam-se fatores de demanda para os diferentes grupos de carga.
- ❑ Exemplos vão focar nas normas da CEMIG.



Normas CEMIG

- ❑ Existem diversas normas dependendo do tipo de entrada (aérea subterrânea);
- ❑ Existem normas específicas para consumidores que geram a própria energia;
- ❑ Foco da aula:
 - ND 5.1 Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Aérea – Edificações Individuais
 - ND 5.2 Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Aérea – Edificações Coletivas

Algumas definições importantes

3.5 Carga Instalada

Soma das potências nominais dos equipamentos elétricos instalados na unidade consumidora, em condições de entrar em funcionamento, expressa em quilowatts (kW).

3.9 Demanda

Média das potências ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo específico, expressa em kVA.

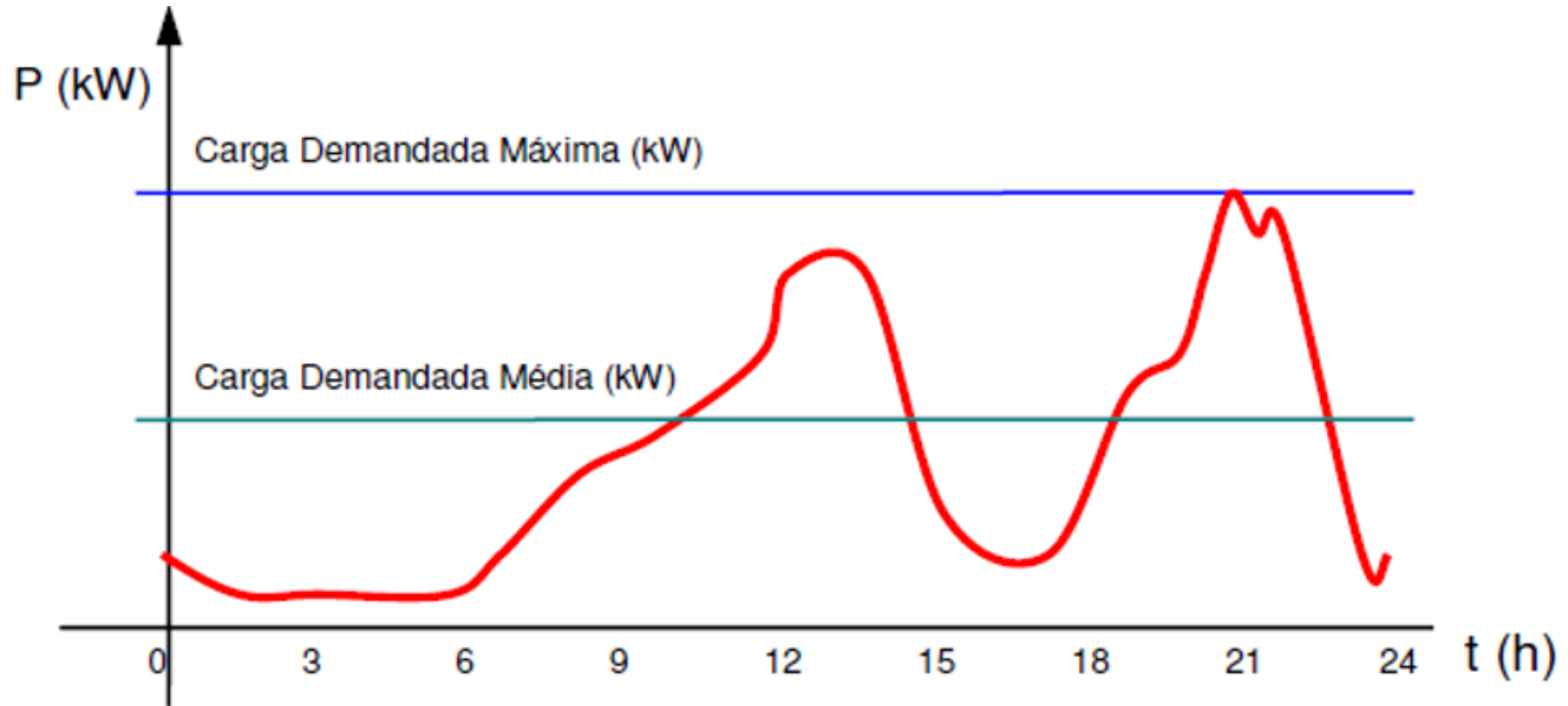
3.10 Demanda Máxima

Máxima potência elétrica, expressa em kVA, solicitada por uma unidade consumidora durante um período de tempo especificado.

3.25 Ponto de Entrega

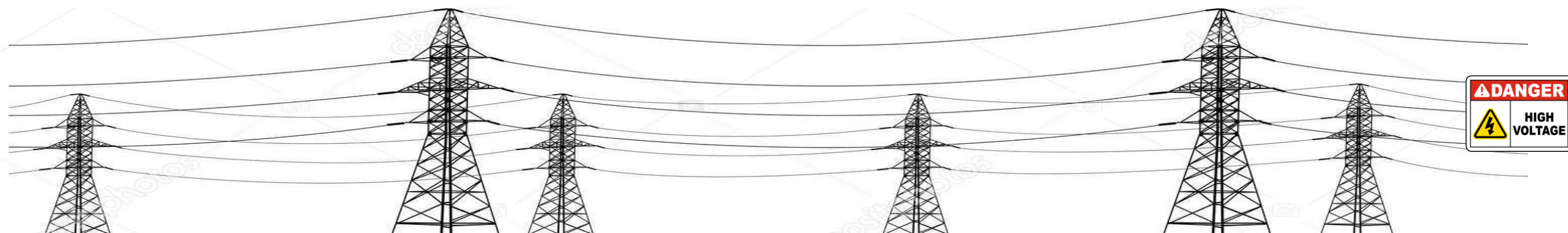
É o ponto até o qual a Cemig se obriga a fornecer energia elétrica, com participação nos investimentos necessários, bem como, responsabilizando-se pela execução dos serviços de operação e de manutenção do sistema, não sendo necessariamente o ponto de medição. Portanto é o ponto de conexão do sistema elétrico da Cemig (ramal de ligação) com as instalações elétricas da unidade consumidora (ramal de entrada).

Exemplos variação de carga ao longo do dia





Tipo de fornecimento – entrada individual



Campo de aplicação – ND 5.1

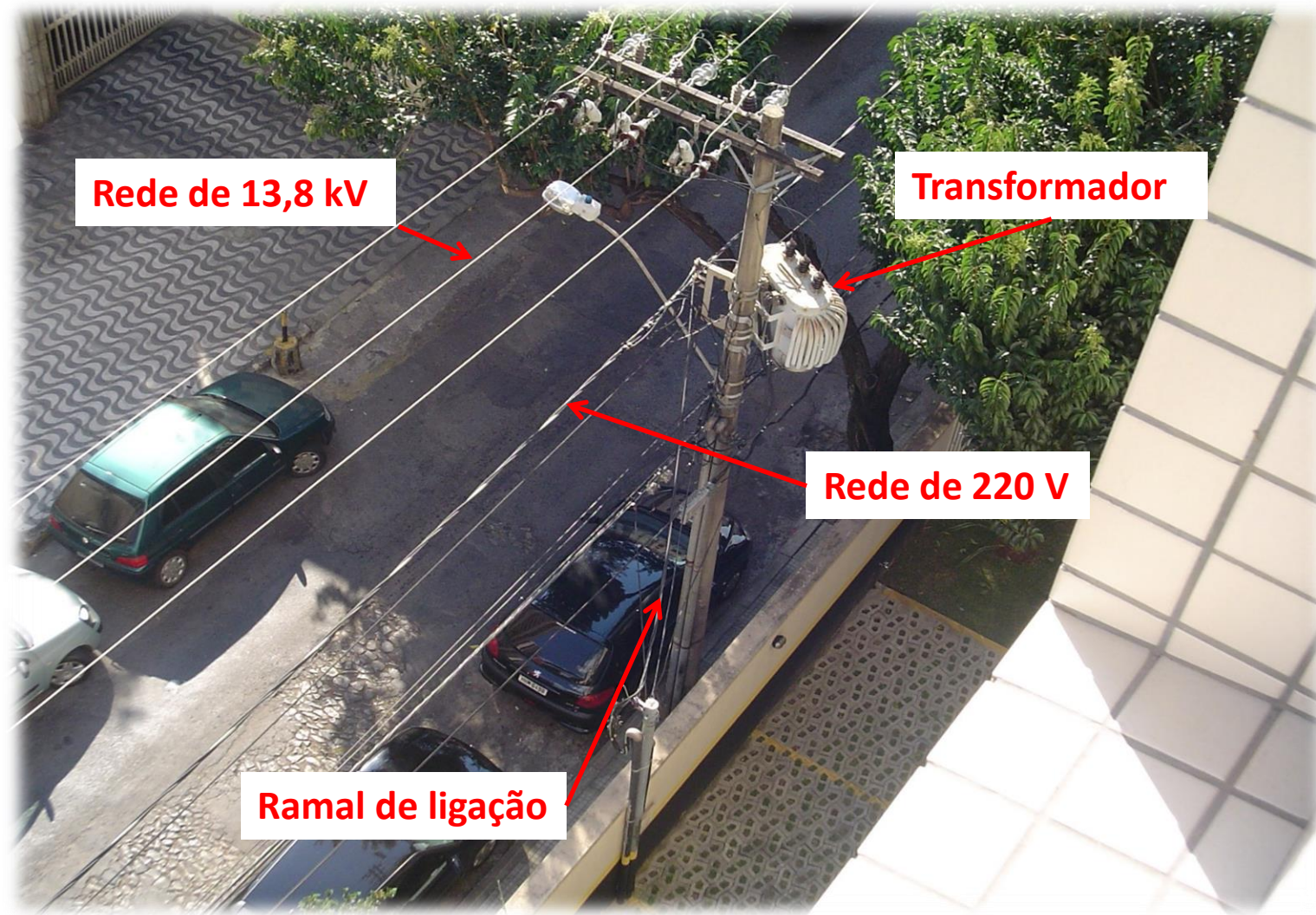
2.1 Esta norma se aplica ao fornecimento de energia elétrica em tensão secundária aos seguintes casos:

- a) Edificações individuais, com carga instalada igual ou inferior a 75 kW.
- b) Edificações individuais com carga instalada superior a 75kW e demanda até 304kVA e que optem por atendimento em baixa tensão. O pedido do consumidor deve ser por escrito e estas unidades consumidoras serão atendidas por redes secundárias trifásicas (127/220V).
- c) Conjunto de unidades consumidoras em edificações sem áreas comuns de circulação que serão atendidas, portanto, por ramais de ligação e/ou de entrada individuais de acordo com o ANEXO C.

2.2 Esta norma não se aplica às unidades consumidoras:

- a) Localizadas em áreas de transição de rede aérea para subterrânea ou em áreas de rede subterrânea, as quais devem atender ao disposto na ND-5.5 (Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária - Rede de Distribuição Subterrânea).
- b) Situadas em edificações de uso coletivo e atendidas de acordo com as orientações da ND-5.2.
- c) Caracterizadas por agrupamentos que apesar de não constituírem edificações de uso coletivo, ou seja, possuem área comum sem que esta constitua uma unidade consumidora (não há condomínio), devem ser atendidas também de acordo com as prescrições da ND-5.2 (Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária - Rede de Distribuição Aérea - Edificações Coletivas).
- d) Com demanda acima de 304kVA, que devem ser atendidas em média tensão através da ND-5.3 (Fornecimento de Energia Elétrica em Média Tensão – Rede de Distribuição Aérea ou Subterrânea).

Exemplo – entrada de energia



Fator de demanda

$$FD = \frac{D_{max}}{P_{inst}}$$

- ❑ Definido pela concessionária, geralmente em tabelas;
- ❑ Depende do número de aparelhos do mesmo grupo;
- ❑ Fator de simultaneidade da carga;

Sobre a carga instalada

1. DETERMINAÇÃO DA CARGA INSTALADA

1.1 Para definição do tipo de fornecimento, o consumidor deve determinar a carga instalada, somando-se a potência em kW, dos aparelhos de iluminação, aquecimento, eletrodomésticos, refrigeração, motores e máquina de solda que possam ser ligados em sua unidade consumidora.

1.2 Os aparelhos com previsão de serem adquiridos e instalados futuramente podem também ser computados no cálculo, a critério do consumidor, visando dimensionar a entrada de serviço já considerado o aumento de carga da unidade consumidora previsto no Capítulo 2, item 8, página 2-6.

1.3 Não é necessário considerar a potência dos aparelhos de reserva.
Quando o consumidor não dispuser das potências de seus aparelhos, podem ser considerados os valores médios indicados nas Tabelas 9A e 9B.

1.4 A Cemig definirá o tipo de fornecimento às unidades consumidoras rurais, considerando a carga declarada pelos consumidores.

1.5 No caso das unidades consumidoras urbanas ou rurais atendidas por redes secundárias trifásicas (127/220V), com carga instalada entre 15,1 kW e 75,0kW, o fornecimento deve ser a 4 fios, sendo a entrada de serviço dimensionada pela demanda, conforme item 2 deste Capítulo.

❑ Não esquecer dos valores mínimos definidos pela NBR 5410.



Sobre o cálculo da demanda

2. CÁLCULO DE DEMANDA

2.1 O dimensionamento da entrada de serviço das unidades consumidoras urbanas ou rurais atendidas por redes secundárias trifásicas (127/220V), com carga instalada entre 15,1 kW e 75,0kW deve ser feito pela demanda provável da edificação, cujo valor será inferior a sua carga instalada.

2.2 O consumidor pode determinar a demanda de sua edificação, considerando o regime de funcionamento de suas cargas, ou alternativamente, solicitar à Cemig o cálculo da demanda de acordo com o critério apresentado nesta Norma. Salientamos que este critério é um exemplo de cálculo da demanda, sendo do consumidor a responsabilidade da escolha do critério a ser adotado para o cálculo da demanda de sua edificação, que pode ser o critério apresentado na norma.

Tabelas para dimensionamento do padrão de entrada – ND 5.1 (CEMIG)

UTILIZAÇÃO	TABELA
Dimensionamento para unidades consumidoras urbanas ou rurais atendidas por redes de distribuição secundárias trifásicas (127/220V)	1
Dimensionamento para unidades consumidoras urbanas ou rurais atendidas por redes de distribuição secundárias trifásicas (127/220V) - ligações a 4 fios	2
Dimensionamento para unidades consumidoras rurais atendidas por redes de distribuição primárias monofásicas com transformador exclusivo	3
Dimensionamento para unidades consumidoras rurais atendidas por redes de distribuição primárias trifásicas com transformador exclusivo	4
Dimensionamento da entrada de edificações e unidades consumidoras urbanas ou rurais atendidas por redes de distribuição secundárias trifásicas (127/220V) para atender aos fornecimentos com demanda entre 75,1 a 304kVA	5
Dimensionamento dos ramais de ligação e da medição para unidades consumidoras urbanas ou rurais atendidas por redes de distribuição secundárias trifásicas (127/220V) ou redes secundárias bifásicas (120/240V)	6

Tabelas para dimensionamento do padrão de entrada – ND 5.1 (CEMIG)

Limites máximos de potência de motores	7
Características dos dispositivos de partida	8
Potência média e consumo típicos de aparelhos residenciais e comerciais	9A
Potência média e consumo típicos de aparelhos residenciais e comerciais	9B
Potências nominais de condicionadores de ar tipo janela	10
Fatores de demanda para iluminação e tomadas - unidades consumidoras residenciais	11
Fatores de demanda para iluminação e tomadas - unidades consumidoras não residenciais	12
Fatores de demanda de fornos e fogões elétricos	13
Fatores de demanda de aparelhos eletro domésticos, de aquecimento, de refrigeração e condicionadores de ar	14
Demanda individual - motores monofásicos	15
Demanda individual - motores trifásicos	16
Trações de montagem e flechas para ramal de ligação multiplex	17
Dimensionamento de barramento de baixa tensão	18
Dimensionamento de disjuntor e condutor para fornecimento provisório	19
Dimensionamento de disjuntor e condutor para fornecimento sem medição (FSM)	20
Dimensionamento para unidades consumidoras urbanas ou rurais atendidas por redes de distribuição primárias monofásicas localizadas em via pública (120/240V) – ligações de baixa tensão a 2 e 3 fios	21
Dimensionamento dos ramais de ligação e da medição para unidades consumidoras urbanas ou rurais atendidas por redes de distribuição primárias monofásicas localizadas em via pública (120/240V) – ligações de baixa tensão a 2 e 3 fios	22

Tabelas 1 e 2 – ND 5.1

TABELA 1 - DIMENSIONAMENTO PARA UNIDADES CONSUMIDORAS URBANAS OU RURAIS ATENDIDAS POR REDES DE DISTRIBUIÇÃO SECUNDÁRIAS TRIFÁSICAS (127/220V)

Fornecimento				Número de		Proteção		Ramal de Entrada		Aterramento		Condutor de proteção	Poste (5)				Pontaleta (5)	
Tipo	Faixa	Carga Instalada		Fios	Fases	Disjuntor termo magnético		Condutor Cobre PVC - 70°C (3)	Eletroduto		Condutor Cobre nu		Eletrodo	Mesmo Lado da Rede		Lado Oposto da Rede		Aço
		de	até			NEMA	IEC		PVC	Aço				Aço	Concreto	Aço	Concreto	
									Diâmetro Nominal									
		kW				A		mm²	mm	mm²	Quantidade	mm²	Tipo				Tipo	
A	A1	-	5,0	2	1	40	40	6	32	25	10	1	6	PA1	PC1	PA4	PC2	PT1
	A2	5,1	6,5			50	50	10					10					
	A3	6,6	10,0			70	63	16					16					
B	B1	-	10,0	3	2	40	40	10					10					
	B2	10,1	15,0			60	63	16				16						

TABELA 2 - DIMENSIONAMENTO PARA UNIDADES CONSUMIDORAS URBANAS OU RURAIS ATENDIDAS POR REDES DE DISTRIBUIÇÃO SECUNDÁRIAS TRIFÁSICAS (127/220V) - LIGAÇÕES A 4 FIOS

Fornecimento		Demanda Provável		Número de		Proteção		Ramal de Entrada			Aterramento		Condutor de proteção	Poste (5)				Pontaleta (5)	
Tipo	Faixa			Fios	Fases	Disjuntor termo magnético		Condutor Cobre PVC - 70°C (3)	Eletroduto		Condutor cobre nu	Eletrodo		Mesmo Lado da Rede		Lado Oposto da Rede		Aço	
						NEMA	IEC		PVC	Aço				Aço	Concreto	Aço	Concreto		
									Diâmetro Nominal										
		de	até											Aço	Concreto	Aço	Concreto		
		kVA				A		mm²		mm		mm²	Quantidade	mm²	Tipo				Tipo
C	C1	-	15,0	4	3	40	40	10	32	25	10	2	10	PA1	PC1	PA4	PC2	PT1	
	C2	15,1	23,0			60	63	16											
	C3	23,1	27,0			70	80	25											
	C4	27,1	38,0			100	100	35											
	C5	38,1	47,0			120	125	50	50	40		25	PA2	PA5					
	C6	47,1	57,0			150	150	70	60	50									
	C7	57,1	66,0			175	175	95	75	65									
	C8	66,1	75,0			200	200												
											3	35	PA3	PC3	PA6	PC3	PT2		

24/07, 2021

Instalações Elétricas

Limites máximos de potencia de motores

TABELA 7 - LIMITES MÁXIMOS DE POTÊNCIA DE MOTORES

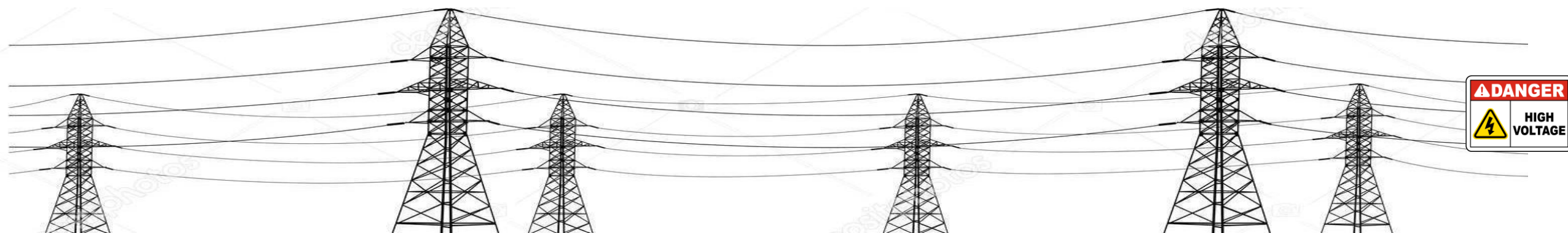
Tipo do Motor	Fornecimento			Partida Direta	Rotor em Gaiola - Dispositivos Auxiliares de Partida							Rotor Bobinado (Nota 1)
	Tipo	Nº de Fios	Tensão (V)		Chave Série Paralelo	Chave Estrela Triângulo	Compensador de Partida (% Vn)			Resistência ou Reatância Primária		
							50%	65%	80%	70%	85%	
Motor Monofásico	A	2	127	2 CV	-	-	-	-	-	-	-	-
			120									
	B	3	220	5 CV	-	-	-	-	-	-	-	
			120									
	D	3	120/240	10 CV	15 CV	-	15 CV	15 CV	12,5 CV	15 CV	12,5 CV	-
Motor Trifásico	C	4	220	5 CV	15 CV	15 CV	15 CV	12,5 CV	7,5 CV	7,5 CV	6 CV	10 CV
	E	4	220	10 CV	-	-	-	75 CV	60 CV	75 CV	60 CV	60 CV

NOTAS:

1. Associado a reostato de partida (Referente ao Rotor Bobinado).
2. Fornecimento com transformador exclusivo rural (Referentes ao Tipo D - 120/240 V e Tipo E – 127/220 V).
3. Opcionalmente, podem ser utilizados dispositivos auxiliares de partida tipo chave soft-starter ou inversor de frequência.



Cálculo de demanda – entrada individual



Cálculo da demanda

$$D = a + b + c + d + e + f \quad (\text{kVA})$$

a = demanda referente a iluminação e tomadas, dada pelas Tabelas 11 e 12.

b = demanda relativa aos aparelhos eletrodomésticos e de aquecimento. Os fatores de demanda, dados pela Tabela 14 devem ser aplicados, separadamente, à carga instalada dos seguintes grupos de aparelhos:

- b1: chuveiros, torneiras e cafeteiras elétricas;
- b2: aquecedores de água por acumulação e por passagem;
- b3: fornos, fogões e aparelhos tipo "Grill";
- b4: máquinas de lavar e secar roupas, máquinas de lavar louças e ferro elétrico;
- b5: demais aparelhos (TV, conjunto de som, ventilador, geladeira, freezer, torradeira, liquidificador, batedeira, exaustor, ebulidor, etc.).

Cálculo da demanda

c = demanda dos aparelhos condicionadores de ar, determinada pela Tabela 14.

No caso de condicionador central de ar, utilizar fator de demanda igual a 100%.

d = demanda de motores elétricos, dada pelas Tabelas 15 e 16.

e = demanda de máquinas de solda e transformador, determinada por:

- 100% da potência do maior aparelho;
- 70% da potência do segundo maior aparelho;
- 40% da potência do terceiro maior aparelho;
- 30% da potência dos demais aparelhos.

No caso de máquina de solda a transformador com ligação V-v invertida, a potência deve ser considerada em dobro.

Norma de Distribuição

Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Aérea – Edificações Individuais

- ❑ Contém tabelas com os fatores de demanda;
- ❑ Nos anexos também inclui exemplos de cálculo de demanda de algumas instalações.

Exemplo - Restaurante

a) Carga instalada

Quantidade	Descrição	Potência	
		Unitária (W)	Total (kW)
10	lâmpada incandescente	60	0,60
01	chuveiro elétrico	4400	4,40
01	torneira elétrica	2500	2,50
01	grill	1200	1,20
03	cafeteira	1200	3,60
02	condicionador de ar (18000 BTU/h)	2600	5,20
01	conjunto de som	100	0,10
03	espremedor de frutas	200	0,60
02	exaustor	150	0,30
01	ebulidor	1000	1,00
04	freezer vertical	300	1,20
02	torradeira	800	1,60
01	geladeira	250	0,25
04	liquidificador	200	0,80
02	máquina de lavar louças	1500	3,00
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA			26,25

$$D = a + b + c + d + e + f \quad (\text{kVA})$$

Não há motores, máquinas de solda ou aparelhos de raio X.

Como a carga instalada é superior a 15kW, o fornecimento deve ser a 4 fios, sendo o dimensionamento da entrada de serviço feito pela demanda provável.

Cálculo de demanda - a

b) Cálculo da demanda - D

$$D = a + b + c$$

b.1 Cálculo do fator “a” (demanda referente a iluminação e tomadas)

Demanda de iluminação - Tabela 12

Quantidade	Descrição	Potência	
		Unitária (W)	Total (kW)
10	lâmpada incandescente	60	0,60
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA			0,60

$$\text{Carga} = 0,60 \text{ kVA} - \text{fator de demanda} = 1$$

$$\text{Demanda} = 0,60 \times 1 = 0,60 \text{ kVA}$$

$$a = 0,60 \text{ kVA}$$

TABELA 12 - FATORES DE DEMANDA PARA ILUMINAÇÃO E TOMADAS UNIDADES CONSUMIDORAS NÃO RESIDENCIAIS

DESCRIÇÃO	FATOR DE DEMANDA
oficina, indústrias e semelhantes	1 para os primeiros 20kVA 0,80 para o que exceder 20kVA
hotéis e semelhantes	0,50 para os primeiros 20kVA 0,40 para o que exceder 20kVA
auditórios, cinemas e semelhantes	1
bancos e semelhantes	1
barbearia, salões de beleza e semelhantes	1
clubes e semelhantes	1
escolas e semelhantes	1 para os primeiros 12kVA 0,50 para o que exceder 12kVA
escritórios, lojas e salas comerciais	1 para os primeiros 20kVA 0,70 para o que exceder 20kVA
garagens comerciais e semelhantes	1
clínicas, hospitais e semelhantes	0,40 para os primeiros 50kVA 0,20 para o que exceder 50kVA
igrejas, templos e semelhantes	1
restaurantes, bares e semelhantes	1
áreas comuns e condomínios	1 para os primeiros 10kVA 0,25 para o que exceder 10kVA
Salão de festas	1

Cálculo de demanda – b1

b.2 Cálculo do fator “b”

$b = b1 + b3 + b4 + b5$ (Ver item 2, página 5-1)

b.2.1 Cálculo do fator “b1”

Demanda referente a chuveiros, torneiras e cafeteiras elétricas – Tabela 14

TABELA 14 - FATORES DE DEMANDA DE APARELHOS ELETRO DOMÉSTICOS, DE AQUECIMENTO, DE REFRIGERAÇÃO E CONDICIONADORES DE AR

Quantidade	Descrição	Potência	
		Unitária (W)	Total (kW)
01	chuveiro elétrico	4400	4,40
01	torneira elétrica	2500	2,50
03	cafeteira	1200	3,60
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA			10,50

Número de Aparelhos	Fator de Demanda %	Número de Aparelhos	Fator de Demanda %
1	100	16	43
2	92	17	42
3	84	18	41
4	76	19	40
5	70	20	40
6	65	21	39
7	60	22	39
8	57	23	39
9	54	24	38
10	52	25	38
11	49	26 a 30	37
12	48	31 a 40	36
13	46	41 a 50	35
14	45	51 a 60	34
15	44	61 ou mais	33

Carga = $4,40 + 2,50 + 3,60 = 10,50\text{kVA}$ – fator de demanda = 0,70 (5 aparelhos)

Demanda = $10,50 \times 0,70 = 7,35\text{kVA}$

b1 = 7,35kVA

Cálculo de demanda – b3

b.2.2 Cálculo do fator “b3”

Demanda referente a fornos, fogões e aparelhos tipo grill – Tabela 13

Quantidade	Descrição	Potência	
		Unitária (W)	Total (kW)
01	grill	1200	1,20
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA			1,20

Carga = 1,20 kVA – fator de demanda = 0,80 (1 aparelho)

Demanda = 1,2 x 0,80 = 0,96kVA

b3 = 0,96kVA

TABELA 13 - FATORES DE DEMANDA DE FORNOS E FOGÕES ELÉTRICOS

NÚMERO DE APARELHOS	FATOR DE DEMANDA	
	POTÊNCIA ATÉ 3,5kW	POTÊNCIA SUPERIOR A 3,5kW
1	0,80	1,00
2	0,75	1,00
3	0,70	0,80
4	0,66	0,65
5	0,62	0,55
6	0,59	0,50
7	0,56	0,45
8	0,53	0,43
9	0,51	0,40
10	0,49	0,36
11	0,47	0,35
12	0,45	0,34

Cálculo de demanda – b4

b.2.3 Cálculo do fator “b4”

Demanda referente a máquinas de lavar e secar roupas, máquinas de lavar louças e forno elétrico – Tabela 14

Quantidade	Descrição	Potência	
		Unitária (W)	Total (kW)
02	máquina de lavar louças	1500	3,00
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA			3,00

TABELA 14 - FATORES DE DEMANDA DE APARELHOS ELETRO DOMÉSTICOS, DE AQUECIMENTO, DE REFRIGERAÇÃO E CONDICIONADORES DE AR

Número de Aparelhos	Fator de Demanda %	Número de Aparelhos	Fator de Demanda %
1	100	16	43
2	92	17	42
3	84	18	41
4	76	19	40
5	70	20	40
6	65	21	39
7	60	22	39
8	57	23	39
9	54	24	38
10	52	25	38
11	49	26 a 30	37
12	48	31 a 40	36
13	46	41 a 50	35
14	45	51 a 60	34
15	44	61 ou mais	33

Carga = $2 \times (1500 / 0,92) = 3,26 \text{ kVA}$ – fator de demanda = 0,92 (2 aparelhos)

Demanda = $3,26 \times 0,92$

b4 = 3,00kVA

Cálculo de demanda – b5

b.2.4 Cálculo do fator “b5”

Demanda referente aos demais aparelhos (TV, conjunto de som, ventilador, geladeira, freezer, torradeira, liquidificador, batedeira, exaustor, ebulidor, etc) – Tabela 14

Quantidade	Descrição	Potência	
		Unitária (W)	Total (kW)
03	espremedor de frutas	200	0,60
02	exaustor	150	0,30
01	ebulidor	1000	1,00
04	freezer vertical	300	1,20
02	torradeira	800	1,60
01	geladeira	250	0,25
04	liquidificador	200	0,80
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA			5,75

TABELA 14 - FATORES DE DEMANDA DE APARELHOS ELETRO DOMÉSTICOS, DE AQUECIMENTO, DE REFRIGERAÇÃO E CONDICIONADORES DE AR

Número de Aparelhos	Fator de Demanda %	Número de Aparelhos	Fator de Demanda %
1	100	16	43
2	92	17	42
3	84	18	41
4	76	19	40
5	70	20	40
6	65	21	39
7	60	22	39
8	57	23	39
9	54	24	38
10	52	25	38
11	49	26 a 30	37
12	48	31 a 40	36
13	46	41 a 50	35
14	45	51 a 60	34
15	44	61 ou mais	33

Carga = (3 x 200 + 2 x 150 + 4 x 300 + 1 x 250 + 4 x 200 + 1 x 1000 + 2 x 800) = 5,75 / 0,92 = 6,25kVA – fator de demanda = ~~0,45 (17 aparelhos)~~ **0,42 (17 aparelhos)**

Demanda = 6.25 x ~~0.45~~ = ~~2.81kVA~~

b5 = **2,63 kVA** **0,42** **2,63 kVA**

b.2.5 Cálculo da demanda total do fator “b”

$b = b1 + b3 + b4 + b5$, sendo:

$$b1 = 7,35\text{kVA}$$

$$b3 = 0,96\text{kVA}$$

$$b4 = 3,00\text{kVA}$$

$$b5 = \cancel{2,81\text{kVA}} \quad \mathbf{2,63 \text{ kVA}}$$

$$b = \cancel{14,12\text{kVA}} \quad \mathbf{13.94 \text{ kVA}}$$

Cálculo de demanda – c

Demanda referente aos aparelhos condicionadores de ar - Tabela 14

Quantidade	Descrição	Potência	
		Unitária (W)	Total (kW)
02	condicionador de ar (18000 BTU/h)	2600	5,20
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA			5,20

TABELA 14 - FATORES DE DEMANDA DE APARELHOS ELETRO DOMÉSTICOS, DE AQUECIMENTO, DE REFRIGERAÇÃO E CONDICIONADORES DE AR

Número de Aparelhos	Fator de Demanda %	Número de Aparelhos	Fator de Demanda %
1	100	16	43
2	92	17	42
3	84	18	41
4	76	19	40
5	70	20	40
6	65	21	39
7	60	22	39
8	57	23	39
9	54	24	38
10	52	25	38
11	49	26 a 30	37
12	48	31 a 40	36
13	46	41 a 50	35
14	45	51 a 60	34
15	44	61 ou mais	33

Carga = 0,60 kVA – fator de demanda = 0,92

Demanda = $5,20 \times 0,92 = 4,78 / 0,92 = 5,20 \text{ kVA}$

c = 5,20kVA

Cálculo da demanda total

DT = a + b + c, sendo:

a = 0,60 kVA

b = ~~14,12kVA~~ **13.94 kVA**

c = 5,20kVA

DT = 0,60 + ~~14,12~~ + 5,20 = ~~19,92 kVA~~
13.94 **19.74 kVA**

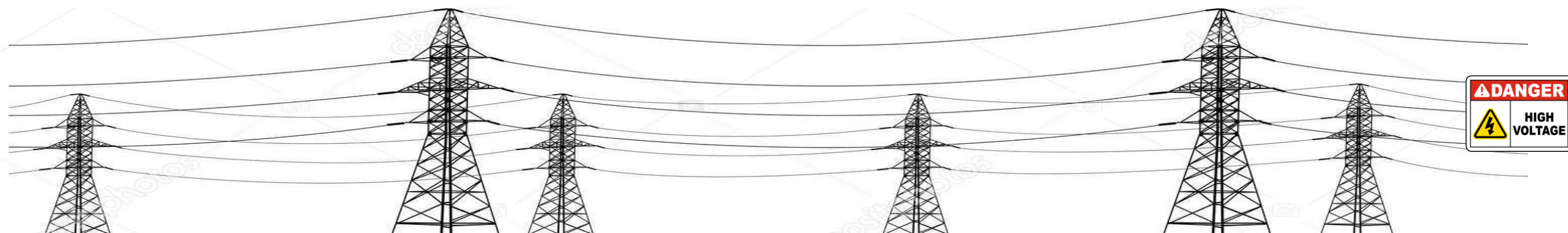
TABELA 2 - DIMENSIONAMENTO PARA UNIDADES CONSUMIDORAS URBANAS OU RURAIS ATENDIDAS POR REDES DE DISTRIBUIÇÃO SECUNDÁRIAS TRIFÁSICAS (127/220V) - LIGAÇÕES A 4 FIOS

Fornecimento		Demanda Provável		Número de		Proteção		Ramal de Entrada			Aterramento		Condutor de proteção	Poste (5)				Pontaleta (5)								
Tipo	Faixa			Fios	Fases	Disjuntor termo magnético		Condutor Cobre PVC - 70°C (3)	Eletroduto		Condutor cobre nu	Eletrodo		Mesmo Lado da Rede		Lado Oposto da Rede		Aço								
						NEMA	IEC		PVC	Aço				Aço	Concreto	Aço	Concreto									
		de	até			Diâmetro Nominal			mm²	Quantidade			mm²						Tipo				Tipo			
C	C1	-	15,0	4	3	40	40	10	32	25	10	2	10	16	25	PA1	PC1	PA4	PC2	PT1						
	C2	15,1	23,0			60	63	16													40	32				
	C3	23,1	27,0			70	80	25																		
	C4	27,1	38,0			100	100	35																		
	C5	38,1	47,0			120	125	50	50	40		3	35	PA3	PC3	PA6	PC3	PT2								
	C6	47,1	57,0			150	150	70	60	50																
	C7	57,1	66,0			175	175	95	75	65																
	C8	66,1	75,0			200	200																			

A entrada de serviço deve ser dimensionada pela faixa C2 da Tabela 2, página 6-3 (até 20,0 kVA).



Cálculo de demanda para uso coletivo



Campo de aplicação – ND 5.2

2.1 Esta norma se aplica ao fornecimento de energia em tensão secundária, nos seguintes casos:

- a) edificações de uso coletivo, residenciais e/ou comerciais com qualquer número de unidades consumidoras, incluindo-se aquelas unidades com carga instalada superior a 75kW;
- b) edificações agrupadas (com área comum de circulação, sem carga comum – condomínio).

2.2 Esta norma não se aplica às unidades consumidoras:

- a) Situadas em edificações sem área comum de circulação, sendo o atendimento individual a cada unidade, de acordo com as prescrições da ND – 5.1.
- b) Localizadas em áreas de transição da rede aérea para subterrânea, as quais devem atender ao disposto na ND-5.5.

2. ATENDIMENTO À DEMANDA SUPERIOR A 304KVA

2.1 O atendimento à demanda superior a 304kVA deve ser através de rede de média tensão da Cemig até o transformador(es) localizado(s) dentro da câmara de transformação subterrânea conforme o Desenho 3.

2.2 Não terá o ramal de ligação, pois o Ponto de Entrega será no secundário do(s) transformador(es) da Cemig.

Cálculo de demanda - objetivos

- ❑ Dimensionar a entrada de energia da instalação;
- ❑ Dimensionar a proteção e entrada de cada consumidos individual.

Cálculo de demanda

1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os dimensionamentos dos componentes de entrada de serviço (ramais de ligação e de entrada, alimentadores secundários) das edificações de uso coletivo não previstos nas Tabelas 7A, 7B e 8 devem ser feitos pela demanda da edificação calculada/definida pelo responsável técnico pelo projeto.

O responsável técnico pelo projeto elétrico é o responsável pela determinação da demanda, podendo adotar para edificações residenciais o critério que julgar conveniente, desde que o mesmo não apresente valores de demandas inferiores aos calculados pelo critério citado no item abaixo.

2. CRITÉRIO DE CÁLCULO DA PROTEÇÃO GERAL DA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL

$$D = D1 + D2 \quad (\text{kVA})$$

Sendo : $D1 = (1,4 \cdot f \cdot a)$ demanda dos apartamentos residenciais

$D2 =$ demanda do condomínio, lojas e outros

Onde:

a = demanda por apartamento em função de sua área útil (Tabela 11, página 6-15);

f = fator de multiplicação de demanda (Tabela 10, página 6-14);

❑ Dimensionar a entrada de energia da instalação;

Cálculo de demanda

3. CRITÉRIO DE CÁLCULO DE DEMANDA PARA CADA UNIDADE CONSUMIDORA DE USO INDIVIDUAL

3.1 - O dimensionamento da entrada de serviço das unidades consumidoras urbanas ou rurais atendidas por redes secundárias trifásicas (127/220V), com carga instalada entre 15,1 kW e 75,0kW deve ser feito pela demanda provável da edificação, cujo valor será inferior a sua carga instalada.

O consumidor pode determinar a demanda de sua edificação, considerando o regime de funcionamento de suas cargas, ou alternativamente, solicitar à Cemig o cálculo da demanda de acordo com o critério apresentado nesta norma. Salientamos que este critério é um exemplo de cálculo mínimo da demanda, sendo do consumidor a responsabilidade da escolha do critério a ser adotado para o cálculo da demanda de sua edificação, que pode ser o critério apresentado nesta norma.

$$D = a + b + c + d + e + f \quad (\text{kVA})$$

- ❑ Dimensionar a entrada de cada unidade consumidora;

Exemplo: Edifício Residencial

a) Características da edificação

Nº de pavimentos/aptos : 6/24
Nº aptos/pavimento : 4
Área útil/apto : 90m²

b) Carga instalada do condomínio

Quantidade	Descrição	Potência	
		Unitária (W)	Total(kW)
50	lâmpada incandescente	60	3,00
08	lâmpada incandescente	100	0,80
15	tomada simples	100	1,50
01	chuveiro elétrico	4400	4,40
01	Motor trifásico 1 CV/220V (B. d'água)	1130	1,13
02	Motor trifásico 6CV/220V (elevador)	5450	10,90
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA			21,73

c) Carga instalada por apartamento

Quantidade	Descrição	Potência	
		Unitária (W)	Total (kW)
15	lâmpada incandescente	60	0,90
20	tomada simples	100	2,00
02	tomada força	600	1,20
02	Chuveiro elétrico	4400	8,80
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA			12,90

Fornecimento - condomínio

d) Tipo de fornecimento às unidades consumidoras

d.1 Condomínio : Como a carga instalada é superior a 15kW, a alimentação será trifásica e dimensionada pela demanda (DC) em kVA.

d.1.1 Demanda de iluminação e tomadas - Tabela 20

Quantidade	Descrição	Potência	
		Unitária (W)	Total(kW)
50	lâmpada incandescente	60	3,00
08	lâmpada incandescente	100	0,80
15	tomada simples	100	1,50
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA			5,30

TABELA 20

FATORES DE DEMANDA PARA ILUMINAÇÃO E TOMADAS

UNIDADES CONSUMIDORAS RESIDENCIAIS

CARGA INSTALADA CI (kVA)	FATOR DE DEMANDA
$CI \leq 1$	0,86
$1 < CI \leq 2$	0,81
$2 < CI \leq 3$	0,76
$3 < CI \leq 4$	0,72
$4 < CI \leq 5$	0,68
$5 < CI \leq 6$	0,64
$6 < CI \leq 7$	0,60
$7 < CI \leq 8$	0,57
$8 < CI \leq 9$	0,54
$9 < CI \leq 10$	0,52
$CI > 10$	0,45

$$\text{Carga} = 3,00 + 0,80 + 1,50/0,92 = 5,43 \text{ kVA} - \text{fator de demanda} = 0,64$$

$$\text{Demanda} = 5,43 \times 0,64 = 3,48 \text{ kVA}$$

Fornecimento - condomínio

d.1.2. Demanda do chuveiro elétrico - Tabela 14

Quantidade	Descrição	Potência	
		Unitária (W)	Total (kW)
01	chuveiro elétrico	4400	4,40
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA			4,40

FATORES DE DEMANDA PARA APARELHOS ELETRODOMÉSTICOS DE AQUECIMENTO E REFRIGERAÇÃO (UNIDADES CONSUMIDORAS RESIDENCIAIS E NÃO RESIDENCIAIS)

NÚMERO DE APARELHOS	FATOR DE DEMANDA
1	1
2	0,92
3	0,84
4	0,76
5	0,70
6	0,65
7	0,60
8	0,57
9	0,54
10	0,52
11	0,49
12	0,48
13	0,46
14	0,45
15	0,44

Carga = 4,40 = 5,43 kW – fator de demanda = 1

Demanda = 4,40 x 1 = 4,40kVA

Fornecimento - condomínio

d.1.3. Demanda de motores – Tabela 16

Quantidade	Descrição	Potência	
		Unitária (W)	Total(kW)
01	Motor trifásico 1 CV/220V (B. d'água)	1130	1,13
02	Motor trifásico 6CV/220V (elevador)	5450	10,90
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA			12,03

VALORES NOMINAIS DO MOTOR					DEMANDA INDIVIDUAL ABSORVIDA DA REDE			
POTÊNCIA		COS φ	η	CORRENTE (220V) A	kVA			
EIXO CV	ABSORVIDA REDE kW				1 MOTOR (I)	2 MOTORES (II)	3 a 5 MOTORES (III)	MAIS DE 5 MOTORES (IV)
1/6	0,25	0,67	0,49	0,9	0,37	0,30	0,26	0,22
1/4	0,33	0,69	0,55	1,2	0,48	0,38	0,34	0,29
1/3	0,41	0,74	0,60	1,5	0,56	0,45	0,39	0,34
1/2	0,57	0,79	0,65	1,9	0,72	0,58	0,50	0,43
3/4	0,82	0,76	0,67	2,8	1,08	0,86	0,76	0,65
1,0	1,13	0,82	0,65	3,7	1,38	1,10	0,97	0,83
1,5	1,58	0,78	0,70	5,3	2,03	1,62	1,42	1,22
2,0	1,94	0,81	0,76	6,3	2,40	1,92	1,68	1,44
3,0	2,91	0,80	0,76	9,5	3,64	2,91	2,55	2,18
4,0	3,82	0,77	0,77	13	4,96	3,97	3,47	2,98
5,0	4,78	0,85	0,77	15	5,62	4,50	3,93	3,37
6,0	5,45	0,84	0,81	17	6,49	5,19	4,54	3,89

$$\text{Demanda} = 1 \times 0,97 + 2 \times 4,54\text{kVA} = 10,05 \text{ kVA}$$

Fornecimento - condomínio

d.1.4. Demanda total do condomínio

$$DC = 3,48 + 4,4 + 10,05\text{kVA} = 17,93\text{kVA}$$

Portanto, o condomínio pertence a faixa C2 (Tabela 4).

TABELA 4 - DIMENSIONAMENTO PARA UNIDADES CONSUMIDORAS URBANAS OU RURAIS ATENDIDAS POR REDES DE DISTRIBUIÇÃO SECUNDÁRIAS TRIFÁSICAS (127/220V) - LIGAÇÕES A 4 FIOS

FORNECIMENTO		DEMANDA PROVÁVEL		NÚMERO DE		PROTEÇÃO		RAMAL DE ENTRADA			CONDUTOR DE PROTEÇÃO
TIPO	FAIXA			FIOS	FASES	Disjuntor termo - magnético	CONDUTOR COBRE PVC-70°C (3)	ELETRODUTO			
								PVC	AÇO		
								DIÂMETRO NOMINAL			
		DE	ATÉ			A	mm²	mm		mm²	
C	C1	-	15,0	4	3	40	40	10	32	25	10
	C2	15,1	23,0			60	63	16			16
	C3	23,1	27,0			70	80	25	40	32	
	C4	27,1	38,0			100	100	35			25
	C5	38,1	47,0			120	125	50	50	40	
	C6	47,1	57,0			150	150	70	60	50	35
	C7	57,1	66,0			175	175	95	75	65	50
	C8	66,1	75,0			200	200				

Fornecimento - Apartamentos

d.2 Apartamentos : Como a carga instalada é entre 10 e 15kW (12,90kW), a alimentação será bifásica e dimensionada pela carga instalada conforme a Tabela 3. Os apartamentos serão unidades consumidoras tipo B (duas fases – neutro).

TABELA 3 - DIMENSIONAMENTO PARA UNIDADES CONSUMIDORAS URBANAS OU RURAIS ATENDIDAS POR REDES DE DISTRIBUIÇÃO SECUNDÁRIAS TRIFÁSICAS (127/220V) OU REDES SECUNDÁRIAS BIFÁSICAS (120/240V)

Fornecimento		Carga Instalada		Número de		Proteção		Ramal de Entrada			Aterramento		Condutor de proteção	Poste (5)				Pontaleta (5)	
Tipo	Faixa			Fios	Fases	Disjuntor Termo - Magnético		Condutor Cobre PVC - 70°C (3)	Eletroduto		Condutor Cobre nu	Eletrodo		Mesmo Lado da Rede		Lado Oposto da Rede		Aço	
						NEMA	IEC		PVC	Aço				Aço	Concreto	Aço	Concreto		
									Diâmetro Nominal										
		de	até			A	mm²	mm		mm²	Quantidade	mm²	Tipo				Tipo		
A	A1	-	5,0	2	1	40	40	6	32	25	10	1	6	PA1	PC1	PA4	PC2	PT1	
	A2	5,1	6,5			50	50	10											10
	A3	6,6	10,0			70	63	16											16
B	B1	-	10,0	3	2	40	40	10					10						
	B2	10,1	15,0			60	63	16					16						

Cálculo da demanda total

$$DT = (1,4 \cdot f \cdot a) + DC$$

Demanda dos aptos ($1,4 \cdot f \cdot a$).....Tabelas 10 e 11

$$\text{Demanda dos aptos} = 1,4 \times 19,86 \times 1,96\text{kVA} = 54,50\text{kVA}$$

TABELA 10 - FATORES DE MULTIPLICAÇÃO DE DEMANDA EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE APARTAMENTOS RESIDENCIAIS DA EDIFICAÇÃO (f)

Nº APTOS	FATOR MULT.
24	19,86

TABELA 11

DEMANDA POR ÁREA PARA APARTAMENTOS RESIDENCIAIS (a)

ÁREA ÚTIL (m ²)	DEMANDA (kVA)
86 – 90	1,96

Cálculo da demanda total

Demanda Total

$$D = 54,50 + 17,93 = 72,43\text{kVA}$$

TABELA 1A - DIMENSIONAMENTO DA ENTRADA DE SERVIÇO DE EDIFICAÇÕES DE USO COLETIVO ATENDIDAS POR REDES DE DISTRIBUIÇÃO SECUNDÁRIAS TRIFÁSICAS (127/220V) - RAMAL DE LIGAÇÃO AÉREO E PROTEÇÃO GERAL COM DISJUNTOR

ITEM	DEMANDA		RAMAL DE LIGAÇÃO	PROTEÇÃO	RAMAL DE ENTRADA			CONDUTOR DE PROTEÇÃO DAS CAIXAS	POSTE				PONTALETE
					EMBUTIDO				MESMO LADO DA REDE		LADO OPOSTO DA REDE		AÇO
			CONDUTOR POR FASE	ELETRODUTO									
	DE	ATÉ	AÉREO MULTIPLEX AL/XLPE	DISJUNTOR TERMO-MAGNÉTICO	Cu-PVC	PVC	AÇO		AÇO	CONCRETO	AÇO	CONCRETO	
	kVA		mm²	A	mm²	DN (mm)		mm²	TIPO				TIPO
1	15,1	23,0	Q-16	60	16	32	25	16	PA1	PC1	PA4	PC2	PT1
2	23,1	27,0	Q-16	70	25	40	32		PA2		PA5		
3	27,1	38,0	Q-35	100	35	40	32			PA3	PC3	PA6	
4	38,1	47,0	Q-35	120 ou 125	50	50	40	25					
5	47,1	57,0	Q-70	150	70	60	50	35					
6	57,1	66,0	Q-70	175	95	75	65	50					
7	66,1	75,0	Q-70	200									
8	75,1	86,0	Q-120	225	120	85	80	70					
9	86,1	95,0	Q-120	250	150	110	100	95					

Conclusão

a) Características da edificação

Nº de pavimentos/aptos : 6/24
Nº aptos/pavimento : 4
Área útil/apto : 90m²

b) Carga instalada do condomínio

Quantidade	Descrição	Potência	
		Unitária (W)	Total(kW)
50	lâmpada incandescente	60	3,00
08	lâmpada incandescente	100	0,80
15	tomada simples	100	1,50
01	chuveiro elétrico	4400	4,40
01	Motor trifásico 1 CV/220V (B. d'água)	1130	1,13
02	Motor trifásico 6CV/220V (elevador)	5450	10,90
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA			21,73

c) Carga instalada por apartamento

Quantidade	Descrição	Potência	
		Unitária (W)	Total (kW)
15	lâmpada incandescente	60	0,90
20	tomada simples	100	2,00
02	tomada força	600	1,20
02	Chuveiro elétrico	4400	8,80
TOTAL GERAL DA CARGA INSTALADA			12,90

Proteção Geral: disjuntor tripolar 200A.

Proteção do condomínio: disjuntor tripolar de 60A (Tabela 4)

Proteção dos apartamentos: disjuntor bipolar de 60A (Tabela 3)

Obrigado pela Atenção



Bons estudos!



Dúvidas: afcupertino@ieee.org



www.gesep.ufv.br



@GESEP



@gesep_vicosa



Gesep



Pesquise por:
“GESEP UFV”



EStimate - Sistemas
Fotovoltaicos



Pesquise por:
“EStimate”