



GRADUAÇÃO PRESENCIAL
1º semestre- 2015

*Eficiência Energética e Qualidade
de Energia*
Eng^a Elétrica– 9º semestre

Profº. Ms.Cristiano Malheiro

cmalheiro@anhanguera.com

<http://cristianotm.wix.com/notasdeaula>

1



Aula 5

Cálculo de Demanda

Profº. Ms. Cristiano Malheiro
(cmalheiro@anhanguera.com)
Graduação – Maio de 2015



Aula 5

Fornecimento de Energia

A energia elétrica oferece vantagens sobre as demais modalidades de energia, pelo seu baixo custo, eficiência de controle, transmissão, distribuição e geração ou conversão. Esta última contribui para que a energia elétrica seja considerada intermediária entre as demais modalidades. Por exemplo, a energia química é convertida em mecânica graças a intermediação da elétrica.

O aproveitamento da energia potencial hidráulica convertida em elétrica por meio de geradores, instalados em usinas afastadas dos centros de consumo, só é possível graças aos transformadores elétricos.

3

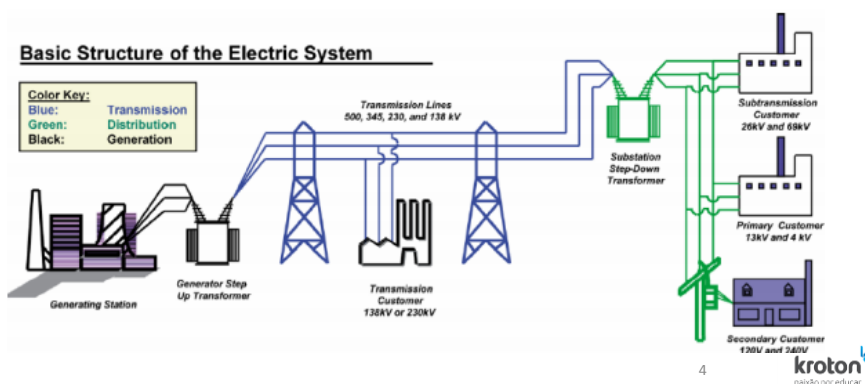
kroton
paixão por educar



Aula 5

Fornecimento de Energia

A estrutura do sistema elétrico de potência compreende os sistemas de geração, transmissão, distribuição e subestações de energia elétrica, em geral cobrindo uma grande área geográfica.





Aula 5

Fornecimento de Energia

O sistema atual de energia elétrica é baseado em grandes usinas de geração que transmitem energia através de sistemas de transmissão de alta tensão, que é então distribuída para sistemas de distribuição de média e baixa tensão. Em geral o fluxo de energia é unidirecional e a energia é despachada e controlada por centro(s) de despacho com base em requisitos pré-definidos.

Normalmente os sistemas de distribuição são gerenciados por monopólios empresariais, enquanto o setor de geração e de transmissão apresenta certa competitividade em um sistema desverticalizado.

5



 paixão por educar


Aula 5

Fornecimento de Energia

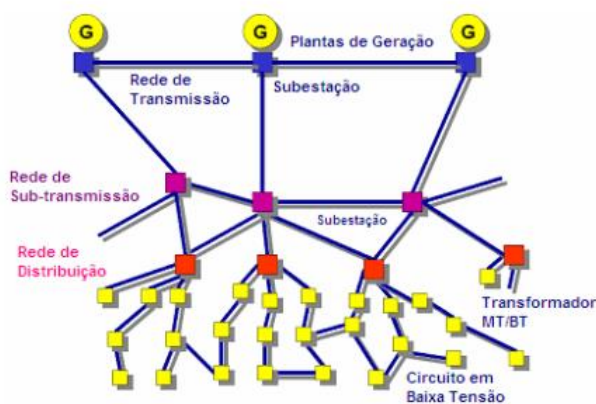


Figura 1.8 Estrutura tradicional de uma rede de energia elétrica. [Fonte: Aneel].

6



 paixão por educar



Aula 5

Fornecimento de Energia

1.5.1 Geração de Energia Elétrica

Na geração de energia elétrica uma tensão alternada é produzida, a qual é expressa por uma onda senoidal, com frequência fixa e amplitude que varia conforme a modalidade do atendimento em baixa, média ou alta tensão. Essa onda senoidal propaga-se pelo sistema elétrico mantendo a frequência constante e modificando a amplitude à medida que trafegue por transformadores. Os consumidores conectam-se ao sistema elétrico e recebem o produto e o serviço de energia elétrica.

1.5.2 Rede de Transmissão

A rede de transmissão liga as grandes usinas de geração às áreas de grande consumo. Em geral apenas poucos consumidores com um alto consumo de energia elétrica são conectados às redes de transmissão onde predomina a estrutura de linhas aéreas.

7



Aula 5

Fornecimento de Energia

A segurança é um aspecto fundamental para as redes de transmissão. Qualquer falta neste nível pode levar a descontinuidade de suprimento para um grande número de consumidores. A energia elétrica é permanentemente monitorada e gerenciada por um centro de controle. O nível de tensão depende do país, mas normalmente o nível de tensão estabelecido está entre 220 kV e 765 kV.

8





Aula 5

Fornecimento de Energia

1.5.3 Rede de Sub-Transmissão

A rede de sub-transmissão recebe energia da rede de transmissão com objetivo de transportar energia elétrica a pequenas cidades ou importantes consumidores industriais. O nível de tensão está entre 35 kV e 160 kV.

Em geral, o arranjo das redes de sub-transmissão é em anel para aumentar a segurança do sistema. A estrutura dessas redes é em geral em linhas aéreas, por vezes cabos subterrâneos próximos a centros urbanos fazem parte da rede. A permissão para novas linhas aéreas está cada vez mais demorada devido ao grande número de estudos de impacto ambiental e oposição social. Como resultado, é cada vez mais difícil e caro para as redes de sub-transmissão alcançar áreas de alta densidade populacional. Os sistemas de proteção são do mesmo tipo daqueles usados para as redes de transmissão e o controle é regional.

9



Aula 5

Fornecimento de Energia

1.5.4 Redes de Distribuição

As redes de distribuição alimentam consumidores industriais de médio e pequeno porte, consumidores comerciais e de serviços e consumidores residenciais.

Os níveis de tensão de distribuição são assim classificados segundo o Prodist:

- Alta tensão de distribuição (AT): tensão entre fases cujo valor eficaz é igual ou superior a 69kV e inferior a 230kV.
- Média tensão de distribuição (MT): tensão entre fases cujo valor eficaz é superior a 1kV e inferior a 69kV.
- Baixa tensão de distribuição (BT): tensão entre fases cujo valor eficaz é igual ou inferior a 1kV.

10





Aula 5

Fornecimento de Energia

De acordo com a Resolução N°456/2000 da ANEEL e o módulo 3 do Prodist, a tensão de fornecimento para a unidade consumidora se dará de acordo com a potência instalada:

- Tensão secundária de distribuição inferior a 2,3kV: quando a carga instalada na unidade consumidora for igual ou inferior a 75 kW;

11



Aula 5

Fornecimento de Energia

- Tensão primária de distribuição inferior a 69 kV: quando a carga instalada na unidade consumidora for superior a 75 kW e a demanda contratada ou estimada pelo interessado, para o fornecimento, for igual ou inferior a 2.500 kW;
- Tensão primária de distribuição igual ou superior a 69 kV: quando a demanda contratada ou estimada pelo interessado, para o fornecimento, for superior a 2.500 kW.

12





Aula 5

Fornecimento de Energia

As tensões de conexão padronizadas para AT e MT são: 138 kV (AT), 69 kV (AT), 34,5 kV (MT) e 13,8 kV (MT). O setor terciário, tais como hospitais, edifícios administrativos, pequenas indústrias, etc, são os principais usuários da rede MT.

A rede BT representa o nível final na estrutura de um sistema de potência. Um grande número de consumidores, setor residencial, é atendido pelas redes em BT. Tais redes são em geral operadas manualmente.

Tabela 1.3 Tensões Nominais Padronizadas de Baixa Tensão – Prodist Módulo 3

Sistema	Tensão Nominal (V)
Trifásico	220 / 127
	380 / 220
Monofásico	254 / 127
	440 / 220

13

kroton
paixão por educar



Aula 5

Fornecimento de Energia

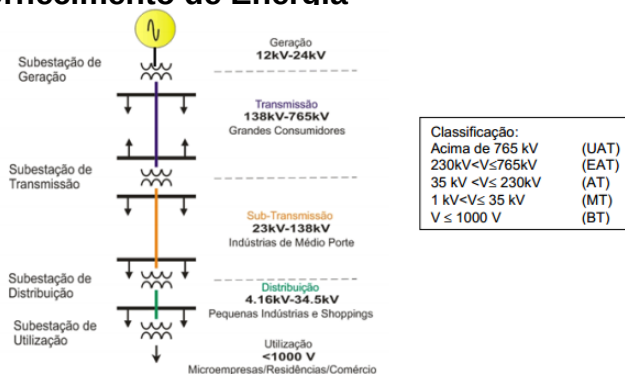


Figura 1.9 Faixas de tensão de sistemas elétricos.

Os níveis de tensões praticados no Brasil são: 765 kV, 525 kV, 500 kV, 440 kV, 345 kV, 300 kV, 230 kV, 161 kV, 138 kV, 132 kV, 115 kV, 88 kV, 69 kV, 34,5 kV, 23 kV, 13,8 kV, 440 V, 380 V, 220 V, 110 V.

kroton
paixão por educar



Aula 5

1.6 Características do Sistema Elétrico Brasileiro

1.6.1 Geração de Energia Elétrica no Brasil

O sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil pode ser classificado como hidrotérmico de grande porte, com forte predominância de usinas hidrelétricas e com múltiplos proprietários.

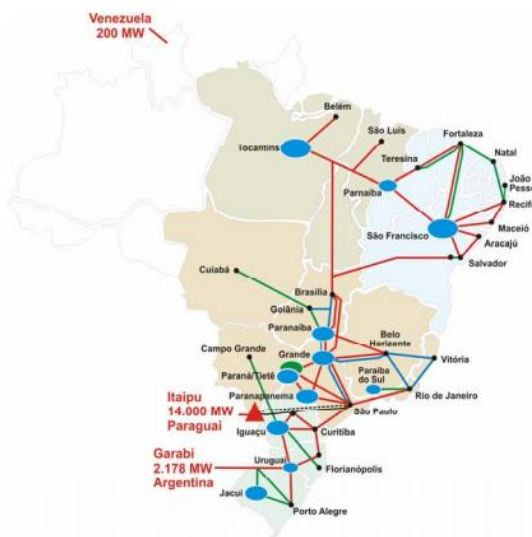
A maior parte da capacidade instalada é composta por usinas hidrelétricas, que se distribuem em 12 diferentes bacias hidrográficas nas diferentes regiões do país de maior atratividade econômica. São os casos das bacias dos rios Tocantins, Paranaíba, São Francisco, Paranaíba, Grande, Paraná, Tietê, Paranapanema, Iguaçu, Uruguai e Jacuí onde se concentram as maiores centrais hidrelétricas.

15

kroton
paixão por educar



Aula 5



[Fonte: http://www.ons.com.br/conheca_sistema/mapas_sin.aspx#]

kroton
paixão por educar



Aula 5

Os reservatórios nacionais situados em diferentes bacias hidrográficas, que não têm nenhuma ligação física entre si, funcionam como se fossem vasos comunicantes interligados por linhas de transmissão.

A capacidade de geração do Brasil em 2008 é de 104.851.356 kW de potência, com um total de total 2.100 empreendimentos em operação.

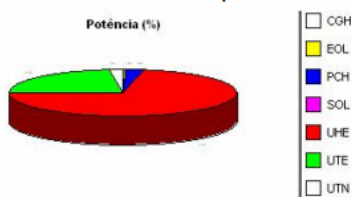


Figura 1.11 Participação de fontes de geração no Brasil⁴. [Fonte: Anel]

17



Aula 5

Os dez agentes de maior capacidade instalada no país são apresentados na Tabela 1.4.

Tabela 1.4 Maiores agentes de capacidade instalada no Brasil
(Usinas em Operação). Fonte: Aneel

Nº	Agentes do Setor	Potência Instalada (kW)
1º	Companhia Hidro Elétrica do São Francisco CHESF	10.618.327
2º	Furnas Centrais Elétricas S/A. FURNAS	9.456.900
3º	Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A. ELETRONORTE	9.256.933,10
4º	Companhia Energética de São Paulo CESP	7.455.300
5º	Itaipu Binacional ITAIPU	7.000.000
6º	Tractebel Energia S/ATRACTEBEL	6.965.350
7º	CEMIG Geração e Transmissão S/A CEMIG-GT	6.782.134
8º	Petróleo Brasileiro S/APETROBRÁS	4.832.276,60
9º	Copel Geração e Transmissão S.A.COPEL-GT	4.544.914
10º	AES Tietê S/AES TIETÊ	2.645.050

18





Aula 5

Classificação do Suprimento:

Tarifa	Categoria	Distribuição	Grupo e Sub-Grupo	Tensão (kV)	Modalidade/Condutores	Máx. PI ou Dmáx (kW)	Maior Carga Instalada
Monomial $f=(kWh)$	I	Secundária Residencial	B	0,11	a/F+N	PI < 4	<1,2kW e <1/3 CV
				a	b/F+F+(N)	PI < 75 (*)	< 3CV
	II	Secundária não Residencial		0,44	b/F+F+(N)	PI < 75 (*)	< 3CV
					c/F+F+F+(N)	PI < 75 (*)	> 1CV e < 5CV
Binomial ou Polinomial $f=(kWh) + (kW)$	III	Primária	A - 4	2,3 a 13,8	c/F+F+F+(N)	PI > 75 (*)	----
	IV	Sub-Transmissão	A - 3	20 a 69	c/F+F+F+(N)	PI > 75 (*)	----
		Transmissão	A - 2	88 a 138	c/F+F+F+(N)	Dmáx ≥ 500kW	----
			A - 1	acima de 230	c/F+F+F+(N)	Dmáx ≥ 500kW	----

(*) Em qualquer edifício residencial com PI > 75kW ou mesmo para outra finalidade, situado em zona atual ou futura subterrânea, o suprimento poderá ser feito no grupo B.

19



Aula 5

Fatores de Consumo

1- Potência Instalada (PI)

É a somatória das potências nominais (de placa) dos equipamentos de uma instalação, incluindo seus acessórios (reatores, reguladores, etc) e as tomadas de corrente.

a) Tomadas:

Em dependências habitacionais e nas acomodações de hotéis, motéis e similares, o número de tomadas de uso geral deve ser fixado de acordo com o seguinte critério:

- banheiros: pelo menos uma tomada junto ao lavatório.
- copas e cozinhas: pelo menos uma tomada a cada 3,5 metros ou fração de perímetro.
- subsolos, varandas e sótãos: no mínimo uma tomada
- Demais dependências: uma tomada para áreas até 6m², sendo que para áreas superiores a 6m² deve ser instalado uma tomada para cada 5 metros ou fração de perímetro, espaçadas tão uniformemente quanto possível.

20





Aula 5

Fatores de Consumo

Às tomadas devem ser atribuídas as seguintes potências:

- para utilização geral: 100 VA para uso residencial e 200 VA para uso comercial.
- para utilização específica: carga nominal de utilização.
- para copas- cozinhas, banheiros, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos: 600 VA para as 3 primeiras e 100 VA para as demais.

21



Aula 5

Fatores de Consumo

b) Pontos de Luz:

Em cada cômodo ou dependência e unidades residenciais e nas acomodações de hotéis, motéis e similares, deve-se prever pelo menos um ponto de luz fixo no teto, com potência mínima de 100VA, comandado por interruptor de parede.

Para determinação das cargas de iluminação em residências, pode ser adotado o seguinte critério:

- em dependências com área menor ou igual a 6 m², prever carga mínima de 100VA.
- em dependências com área superior a 6 m², prever carga mínima de 100VA para os primeiros 6 m², acrescida de 60VA para cada aumento de 4 m² inteiros.

22





Aula 5

Fatores de Consumo

É possível fazer-se uma estimativa inicial da carga instalada, através da densidade da carga kW/m², em função do uso de cada recinto ou unidade (existem várias referências bibliográficas ou softwares como Energy Plus).

Potências nominais típicas de alguns aparelhos eletrodomésticos:

Aparelhos	Potência (W)
Aquecedor de água por acúmulo de 50 a 200 litros	1.000 a 1.250
Aquecedor de água por acúmulo de 250 litros	1.500
Aquecedor de água por acúmulo de 300 a 350 litros	2.000
Aquecedor de água por acúmulo de 400 litros	2.500
Aquecedor de água em passagem	4.000 a 7.500
Aspirador de pó	250 a 800
Batedeira de bolo	70 a 300
Cafeteira	1.000
Chuveiro	2.500 a 5.500
Condicionador de ar de 2.125 a 2.500 kCal/h	1.500 a 1.650
Condicionador de ar de 3.000 a 3.500 kCal/h	1.900 a 2.100
Condicionador de ar de 4.500 a 5.250 kCal/h	2.900 a 3.100
Condicionador de ar de 7.500 kCal/h	4.000



Aula 5

Fatores de Consumo

Aparelhos	Potência (W)
Exaustor doméstico	300
Ferro de passar roupa	400 a 1.600
Fogão elétrico residencial	4.000 a 12.000
Forno elétrico residencial	1.500
Forno de microondas	1.500
Freezer	350 a 500
Geladeira doméstica	150 a 400
Lavadora de pratos residencial	1.200 a 2.700
Lavadora de roupas residencial	2.500
Liquidificador	100 a 250
Secadora de roupas residencial	1.500 a 2.500
Secador de cabelo portátil	500 a 1.500
Televisor	70 a 100
Tomeira elétrica	2.200 a 3.200
Torradeira	700 a 1.200
Triturador de lixo	300 a 600
Ventilador portátil	60 a 100

24



Fatores de Consumo

2- Demanda Máxima (Dmáx):

É a maior das demandas (D) de um sistema, verificado num período T, geralmente de 730 horas (1 mês).

O alimentador geral de um prédio de apartamentos, não deve ser dimensionado em função de sua potência instalada (PI) e sim de sua demanda máxima (Dmáx), pois este é o valor máximo verificado num período.

A corrente oriunda da demanda máxima é chamada de corrente de demanda máxima ou corrente de projeto (IB).



Aula 5

Fatores de Consumo

3- Demanda Média (DM):

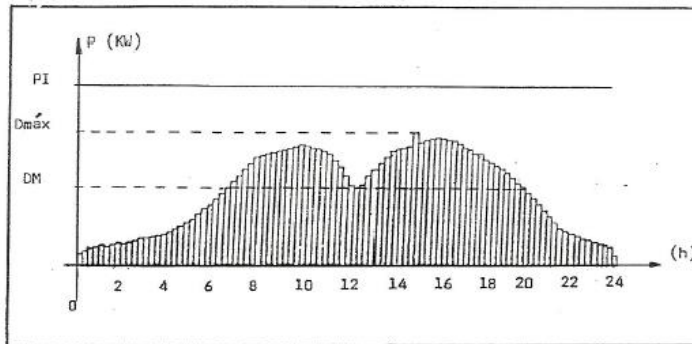
É a potência média ativa demandada por um sistema num período de consumo T, geralmente de 720 horas.

$$DM = \frac{1}{T} \int_0^T P \cdot dt = \frac{\text{Consumo de energia mensal}}{\text{horas do mês de consumo}}$$



Aula 5

Fatores de Consumo



27



Aula 5

Fatores de Consumo

4- Fator de Carga (FC):

É a relação entre a demanda média e a demanda máxima de um sistema.

$$FC = \frac{DM}{Dmáx} \quad \text{como } DM \text{ é sempre menor ou igual a } Dmáx; \text{ logo } FC \leq 1,0$$

28



Aula 5

Fatores de Consumo

5- Fator de Utilização (FU):

É a relação entre a demanda média e a potência instalada de um sistema.

$$FU = \frac{DM}{PI} \quad \text{como DM é sempre menor ou igual a PI; logo } FU \leq 1,0$$

29



Aula 5

Fatores de Consumo

6- Fator de Demanda (FD):

É a relação entre a demanda máxima e a potência instalada de um sistema.

$$FD = \frac{D_{\text{máx}}}{PI} \quad \text{como } D_{\text{máx}} \text{ é sempre menor ou igual a PI; logo } FD \leq 1,0$$

Os fatores de demanda são tabelados e dependem de:

-Localidade geográfica: hemisfério, país, região.

O fator de demanda de um apartamento médio é bem diferente em São Paulo, Nova York e Moscou;

- Classe econômica: O fator de demanda de uma casa com 4 pessoas de classe média é bem diferente da classe alta

30





Aula 5

Fatores de Consumo

6- Fator de Demanda (FD):

-Época: Um mesmo escritório , apresenta fatores de demanda diferentes na década de 30 e 90.

- Outros: Área utilizada, quantidade de cargas unitárias. Potência instalada, etc.

Na prática, tem-se vários fatores de demanda, dependendo das variáveis e metodologia empregadas pelas normas (ABNT, IEC, NEC, etc), concessionárias (Eletropaulo, Cesp, CPFL, Cemig, etc) e outros órgãos.

31



Aula 5

Fatores de Consumo

6- Fator de Demanda (FD):

Podemos também, adotar metodologia própria como por exemplo: Para dimensionar o alimentador geral de uma nova escola de Engenharia, podemos adotar os fatores de demanda da Anchieta, FEI, MAUÁ, FAAP, FESP, etc.

Analogamente, o fator de demanda de uma indústria de macarrão, pode ser avaliado se levamos em conta o fator de indústrias semelhantes

32





Aula 5

Fatores de Consumo

7- Fator de Demanda Tabelados:

a) Para cargas de iluminação e tomadas por habitação:

Carga Instalada (kW)	Fator de Demanda
$0 < C \leq 1$	0,86
$1 < C \leq 2$	0,75
$2 < C \leq 3$	0,66
$3 < C \leq 4$	0,59
$4 < C \leq 5$	0,52
$5 < C \leq 6$	0,45
$6 < C \leq 7$	0,40
$7 < C \leq 8$	0,35
$8 < C \leq 9$	0,31
$9 < C \leq 10$	0,27
$C > 10$	0,24

33



Aula 5

Fatores de Consumo

7- Fator de Demanda Tabelados:

b) Para cargas de iluminação e tomadas não residencial:

Comercial - FD = 0,75

Industrial - FD = 1,00

34





Aula 5

Fatores de Consumo

7- Fator de Demanda Tabelados:

- c) Para chuveiros, torneiras elétricas, aquecedores de água em passagem e ferros elétricos

Número de Aparelhos	Fator de Demanda
01	1,00
02	1,00
03	0,84
04	0,76
05	0,70
06	0,65
07	0,60
08	0,57
09	0,54
10	0,52
11	0,49
12	0,48
13	0,46
14	0,45
15	0,44

Nota: O número de aparelhos indicado na tabela acima refere-se a soma total dos mesmos.



Aula 5

Fatores de Consumo

7- Fator de Demanda Tabelados:

- d) Para secadoras de roupa, forno elétrico, máquina de lavar louça e forno de microondas:

Número de Aparelhos	Fator de Demanda
01	1,00
de 02 a 04	0,70
de 05 a 06	0,60
de 07 a 08	0,50





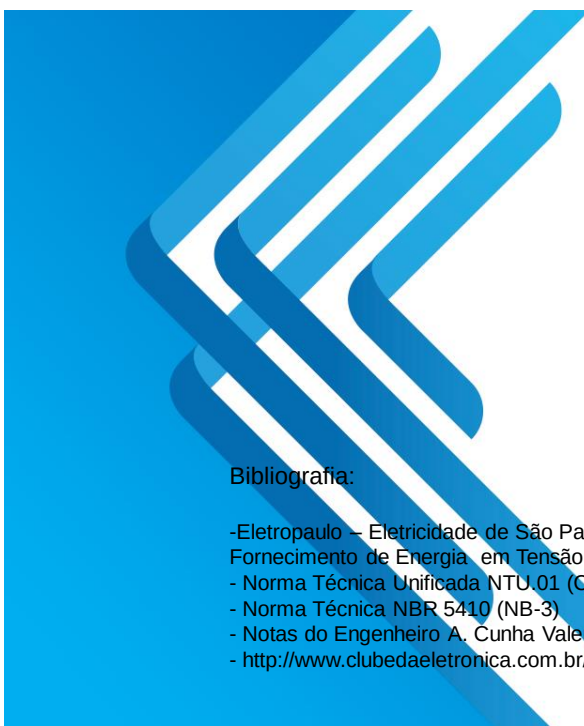
Aula 5

Fatores de Consumo

Exercícios

1. As cargas instaladas em uma indústria totalizam 500 KW, e o seu consumo mensal é de 72000 KWh e a demanda máxima registrada é de 200 KW. Pede-se:
 - a) A demanda média (DM);
 - b) O fator de utilização (FU);
 - c) O fator de carga (FC);
 - d) O fator de demanda (FD).

37



Bibliografia desta aula:

Disponível em:

Bibliografia:

- Eletropaulo – Eletricidade de São Paulo S. A. – Instruções Gerais. Fornecimento de Energia em Tensão Secundária de Distribuição- 1995.
- Norma Técnica Unificada NTU.01 (CESP/ CPFL/ Eletropaulo).
- Norma Técnica NBR 5410 (NB-3)
- Notas do Engenheiro A. Cunha Valente
- <http://www.clubedaeletronica.com.br/Eletricidade>

38

