

Fornecimento e Distribuição de Energia Elétrica

Conceitos básicos

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Depto. de Engenharia de Energia e Automação Elétricas
Escola Politécnica da USP

Junho/2015

Definições básicas

Aspectos do sistema elétrico brasileiro

- O Poder Federal, por meio da Constituição Federal, regula e fiscaliza as atividades de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica;
- Sendo assim, as concessões para esses serviços são de responsabilidade do Ministério de Minas e Energia;
- A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), criada pela Lei Federal 9.427 regula e fiscaliza a atividade das concessionárias;
- A ANEEL pode delegar a atividade de fiscalização a outros órgãos, normalmente estaduais;
- No Estado de São Paulo, a atividade de fiscalização é efetuada pela Agência Reguladora de Saneamento e Energia do Estado de São Paulo.

Definições básicas

Planejamento, operação e comercialização de energia elétrica

- O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) é o órgão responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN), sob a fiscalização e regulação da ANEEL;
- A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras;

Definições básicas

Planejamento, operação e comercialização de energia elétrica

- A Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) atua como instituição responsável por viabilizar as operações de compra e venda de energia em todo o SIN, atua desde a medição da energia gerada e efetivamente consumida até a liquidação financeira dos contratos de compra e de venda no mercado de curto prazo. Também promove os leilões de energia, sob delegação da ANEEL.

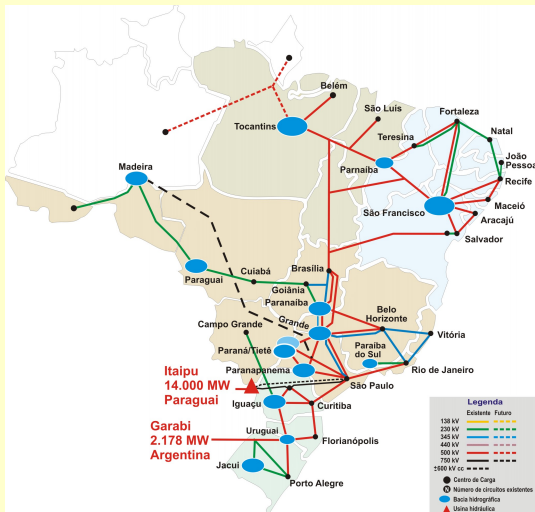
O sistema interligado nacional

Definições

- Com tamanho e características que permitem considerá-lo único em âmbito mundial, o sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil é um sistema hidrotérmico de grande porte, com forte predominância de usinas hidrelétricas e com múltiplos proprietários;
- O Sistema Interligado Nacional é formado pelas empresas das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte;
- Apenas 3,4% da capacidade de produção de eletricidade do país encontra-se fora do SIN, em pequenos sistemas isolados localizados principalmente na região amazônica.

O sistema interligado nacional

Integração entre bacias hidrográficas



Definições básicas

Legislação e regulamentação

- As leis e decretos regem as concessões para geração, transmissão e distribuição de energia e definem o modelo do setor;
- A partir dessas leis e decretos a ANEEL estabelece a regulamentação do setor;
- Para ilustrar esse mecanismo, são apresentadas as seguintes resoluções:
 - Resolução n° 414 de 09/09/2010, em substituição à resolução n° 456 de 29/11/2000: estabelece, de forma atualizada e consolidada, as condições gerais de fornecimento de energia elétrica;
 - Resolução n° 395, de 15/12/2009: aprova os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional

Definições básicas

Normatização

- Além desses três exemplos, existem outras resoluções que regulamentam os tempos dos atendimentos de emergência, ressarcimento de danos, qualidade das centrais de atendimento, etc.;
- Vale lembrar que além das leis, decretos e resoluções, as concessionárias de energia elétrica devem atender a critérios técnicos definidos por normas nacionais e internacionais;
 - ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas;
 - IEC: International Electrotechnical Commission;
 - ANSI: American National Standards Institute.

Condições gerais de fornecimento

Resolução n° 414, de 9 de setembro de 2010

- A resolução n° 414/2010 trata das relações comerciais entre consumidor e concessionária;
- O consumidor é a pessoa física ou pessoa jurídica responsável pelo pagamento da fatura;
- A concessionária é a empresa responsável pela entrega da energia ao consumidor. Pode ser uma concessionária de transmissão ou de distribuição.

Condições gerais de fornecimento

Tipos de consumidores

- Há dois tipos de consumidores:
 - Cativo: pequenos consumidores;
 - Livre: grandes consumidores.

Consumidor cativo

Definições

- O consumidor cativo é aquele que:
 - Compra energia elétrica de concessionária ou permissionária que tem a concessão para fazer o serviço de distribuição;
 - Não tem possibilidade de negociar preço, ficando sujeito às tarifas de fornecimento estabelecidas pela ANEEL;
 - Compra energia elétrica de distribuidoras que adquiriram essa energia através de leilões, portanto precisam repassar esses custos ao consumidor.

Consumidor livre

Definições

- O consumidor livre é aquele que:
 - Traça estratégias e negocia livremente as condições comerciais de contratação da sua energia;
 - Tem possibilidade de escolher preço, prazo, indexação e ter flexibilidade quanto ao montante de consumo;
 - Escolhe seu fornecedor de energia, que pode ser um gerador ou um agente comercializador;
 - Nesse contexto deve pagar a TUST e/ou TUSD (tarifas de uso dos sistemas de transmissão e/ou distribuição).

Fornecimento de energia elétrica

Informações adicionais

- O ponto de entrega normalmente se situa no limite da via pública com o imóvel em que se localiza a unidade consumidora;
- Esta unidade pode ser: residencial; comercial; industrial; rural; iluminação pública; e poder público;
- A cobrança do fornecimento é efetuada por meio de fatura elaborada com base em procedimentos descritos na n^o 414/2010.

Fornecimento de energia elétrica

Níveis de tensão de fornecimento

- Considerando as possíveis condições operativas das redes elétricas, os níveis de tensão podem oscilar;
- Esses níveis podem ser classificados como adequados (93% a 105%), precários (90% a 93%) ou críticos (menor que 90% ou maior que 105%);
- Nesse contexto, não são avaliados os níveis de tensão transitórios ou de curta duração, apenas médias de dez minutos (1008 medições por semana).

Fornecimento de energia elétrica

Duração relativa de transgressão de tensão

- Precária (< 0,7 % dos valores médios):

$$DRP = \frac{nlp}{1008} \cdot 100 \%$$

- Crítica (< 3,0 % dos valores médios):

$$DRC = \frac{nlc}{1008} \cdot 100 \%$$

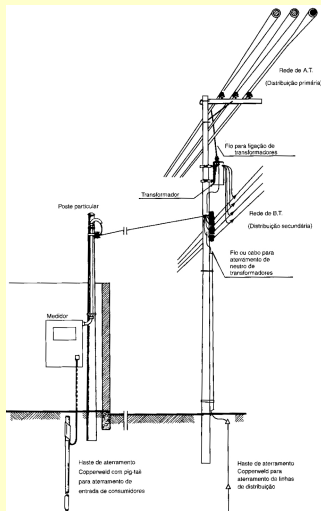
Onde:

nlp é o número de leituras efetuadas na faixa precária; e

nlc é o número de leituras efetuadas na faixa crítica.

Exemplo de fornecimento

Entrada de baixa tensão



Fornecimento de energia elétrica

Confiabilidade

- As metas de confiabilidade são avaliadas a partir de índices coletivos (DEC e FEC) e índices individuais (DIC e FIC);
- Os índices coletivos são:
 - DEC – Duração equivalente de interrupção por consumidor pertencente a um conjunto de consumidores:

$$DEC = \sum_{i=1}^n \frac{Ca(i) \cdot t(i)}{Cs}$$

Onde:

i é o evento de interrupção no fornecimento;

$Ca(i)$ é o número de consumidores afetados na i -ésima interrupção;

Cs é o número de consumidores do conjunto;

$t(i)$ é a duração da i -ésima interrupção.

Fornecimento de energia elétrica

Confiabilidade

- Os índices coletivos são (cont.):
 - FEC – Frequência equivalente de interrupção por consumidor pertencente a um conjunto de consumidores:

$$FEC = \sum_{i=1}^n \frac{Ca(i)}{Cs}$$

Fornecimento de energia elétrica

Confiabilidade

- Os índices individuais são:

- DIC – Duração de interrupção por unidade consumidora:

$$DIC = \sum_{i=1}^n t(i)$$

- FIC – Frequência de interrupção por unidade consumidora:

$$FIC = n$$

- DMIC – Duração máxima de interrupção por unidade consumidora:

$$DMIC = \max \{t(i)\}$$

Estabelecimento da tarifa

Aspectos gerais

- O processo de tarifação de energia elétrica é dividido em duas partes:
 - Estabelecimento da receita requerida: esta etapa do processo de tarifação consiste no cálculo dos custos fixos e variáveis, e inclui a remuneração para o capital investido;
 - Rateio da receita requerida: esta etapa do processo de tarifação consiste na divisão da receita requerida entre os consumidores de energia elétrica, conforme as modalidades tarifárias vigentes.

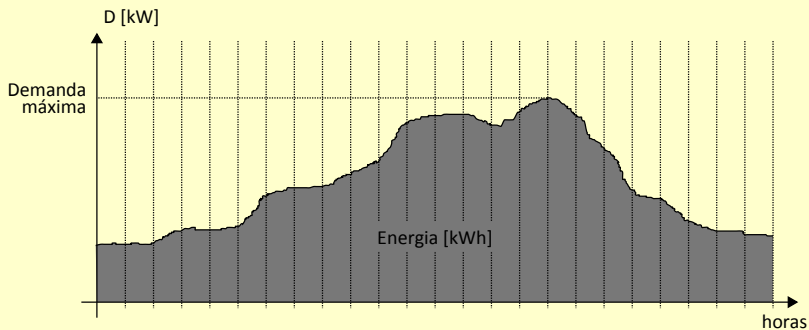
Modalidades tarifárias

Aspectos gerais

- Atualmente existem duas modalidades de tarifa, que são aplicadas a dois grupos distintos:
 - Modalidade A: esta modalidade é utilizada na tarifação de instalações elétricas comerciais e industriais de médio e grande porte. Nesta modalidade a tarifa é dividida em *demanda* e *energia*;
 - Modalidade B: esta modalidade é utilizada na tarifação de instalações elétricas residenciais, comerciais e industriais de pequeno porte, iluminação pública e poder público.

Modalidades tarifárias

Curva de demanda



Modalidades tarifárias

Modalidade A

- Esta modalidade é dividida de acordo com o nível de tensão:
 - A1: ≥ 230 [kV];
 - A2: 88 [kV] a 230 [kV];
 - A3: 69 [kV];
 - A3a: 30 [kV] a 44 [kV];
 - A4: 2,3 [kV] a 25 [kV];
 - A5: $< 2,3$ [kV] (subterrâneo).

Modalidade A

Tarifas previstas

- As tarifas previstas para esse grupo tarifário são:
 - Horo-sazonal azul;
 - Horo-sazonal verde;
 - Convencional binômia.

Modalidade A

Horo-sazonal azul

- A tarifa é dividida em demanda e energia, considerando o período do dia e o período do ano:
 - Tarifa de demanda – R\$/kW: hora de ponta (3 horas consecutivas entre as 17 e as 22 horas) e fora de ponta;
 - Tarifa de consumo – R\$/MWh: os valores são diferenciados segundo os períodos do ano (seco: maio a novembro e úmido: dezembro a abril). Para cada período, são definidas tarifas de consumo por horário de ponta e fora de ponta;

Horo-sazonal azul

Cálculo da tarifa

$$\begin{aligned} & \left(\begin{array}{l} \text{Tarifa de demanda} \\ \text{no horário de ponta} \end{array} \right) \times \left(\begin{array}{l} \text{Maior demanda no} \\ \text{horário de ponta}^* \end{array} \right) \\ & \quad + \\ & \left(\begin{array}{l} \text{Tarifa de demanda} \\ \text{fora de ponta} \end{array} \right) \times \left(\begin{array}{l} \text{Maior demanda no} \\ \text{fora de ponta}^* \end{array} \right) \\ & \quad + \\ & \left(\begin{array}{l} \text{Tarifa de energia no} \\ \text{horário de ponta}^{**} \end{array} \right) \times \left(\begin{array}{l} \text{Consumo de energia} \\ \text{no horário de ponta} \end{array} \right) \\ & \quad + \\ & \left(\begin{array}{l} \text{Tarifa de energia} \\ \text{fora de ponta}^{**} \end{array} \right) \times \left(\begin{array}{l} \text{Consumo de energia} \\ \text{fora de ponta} \end{array} \right) \end{aligned}$$

* ou valor contratado

** referente ao período do ano

Horo-sazonal verde

Cálculo da tarifa

- Tarifa horo-sazonal verde:
 - É praticamente igual à horo-sazonal azul, porém o cálculo da tarifa de demanda é feito para todo o período do dia, isto é, não existe horário de ponta e fora de ponta;
 - Para o cálculo do consumo ainda são considerados os períodos do ano (seco e úmido).

Tarifa binômia

Cálculo da tarifa

- Tarifa binômia:
 - É praticamente igual à horo-sazonal azul, porém o cálculo da tarifa de demanda é feito para todo o período do dia, isto é, não existe horário de ponta e fora de ponta;
 - Além disso, para o cálculo do consumo ainda não são considerados os períodos do ano;
 - Esta tarifa é aplicada para consumidores cuja potência instalada não excede 300 [kW].

Modalidades tarifárias

Modalidade B

- Esta modalidade é dividida de acordo com os seguintes tipos:
 - B1: consumidores residenciais;
 - B1 com desconto: consumidores residenciais de baixa renda;
 - B2: consumidores rurais;
 - B3: outros (comércio, indústria e serviços);
 - B4: iluminação pública.

Modalidade B

Tarifa prevista

- A tarifa prevista para esse grupo tarifário é monômnia, isto é, consiste apenas na tarifa por consumo;
- Neste caso, a tarifa deve ser elaborada de forma a contemplar os custos de investimento em ampliação da rede, que refletem os custos associados ao atendimento à demanda máxima, e os custos fixos da concessionária, que refletem os custos associados à entrega da energia contratada.

Bandeiras Tarifárias

- Sistema criado para substituir gradativamente as tarifas de consumo para períodos seco e úmido
- Aplicado aos consumidores cativos das distribuidoras
- Sinaliza aos consumidores o maior ou menor custo da geração de energia elétrica, no intervalo de um mês
- Pode servir como incentivo à redução de consumo em épocas desfavoráveis

Bandeiras Tarifárias (cont.)

- Bandeira verde:
 - condições favoráveis de geração de energia
 - nenhum acréscimo na tarifa
- Bandeira amarela:
 - condições menos favoráveis de geração de energia (aumento nos custos)
 - acréscimo de R\$0,025/kWh na tarifa de consumo praticada(*)
- Bandeira vermelha:
 - condições ainda menos favoráveis de geração de energia (custos ainda maiores)
 - acréscimo de R\$0,055/kWh na tarifa de consumo praticada(*)

(*)valores de junho2015