

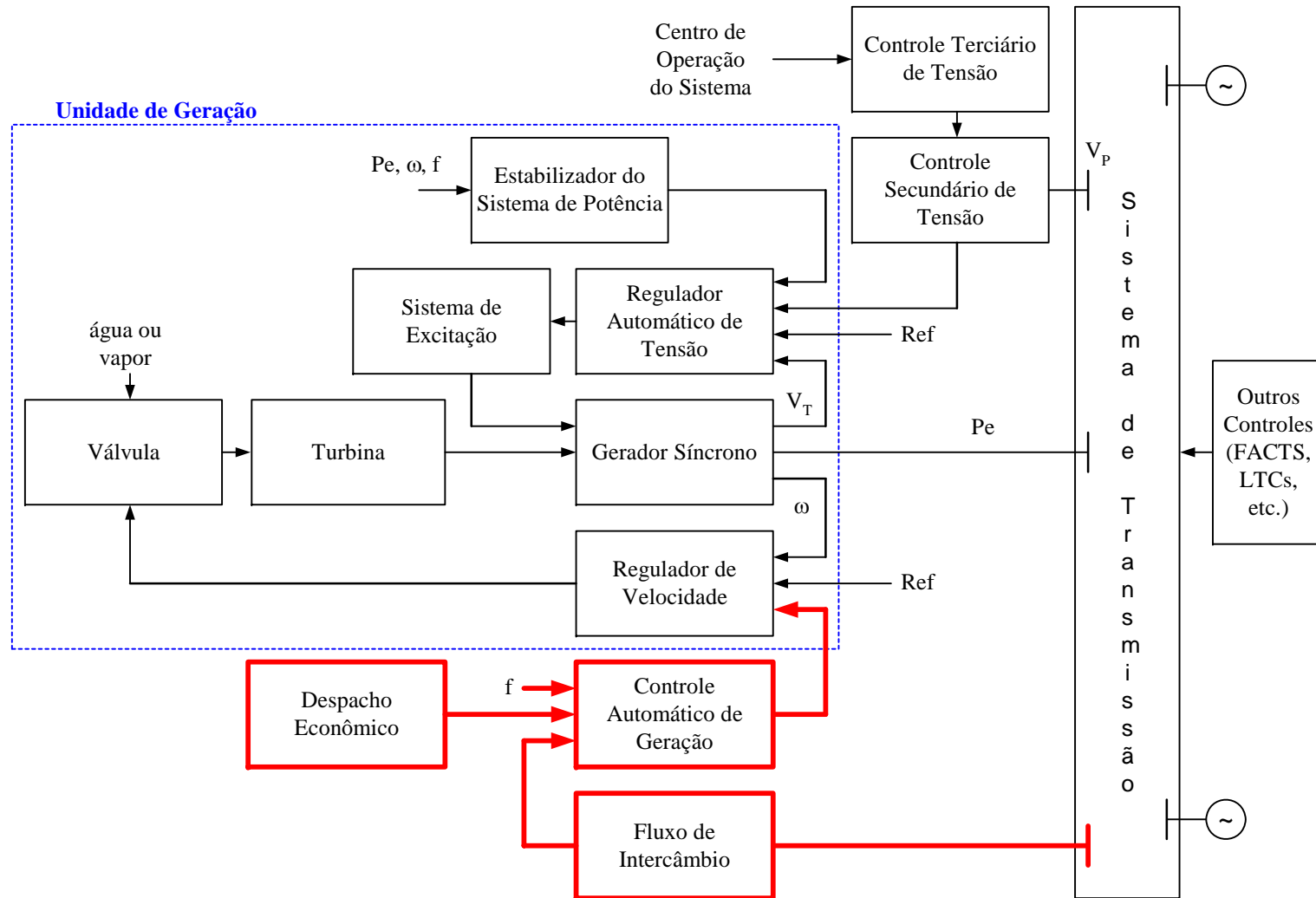


Controle Automático de Geração (Regulação Secundária)

UNIVERSIDADE
E·L·É·T·R·I·C·A



Controle Automático de Geração (Regulação Secundária) - I



Controle Automático de Geração (Regulação Secundária) - //

- Complementar à regulação primária;
- *Erro de frequência nulo em regime;*
- Potência de intercâmbio de acordo com os valores programados (*erro de intercâmbio nulo em regime*);
- Atua no deslocamento da referência dos reguladores de velocidade dos geradores que participam do Controle Automático de Geração (*CAG*);
- Pode atuar sobre vários geradores do sistema;
- Deve ser um *controle centralizado*;
- Cálculo dos erros de controle de área as ações de controle são definidas no centro de operações do sistema.

Controle Automático de Geração para **Área Isolada**: ECA e ação de controle

- Objetivo: erro de frequência nulo em regime permanente;
- *Erro de controle de área (ECA)*: variável a ser anulada em regime;
- No caso de área isolada:

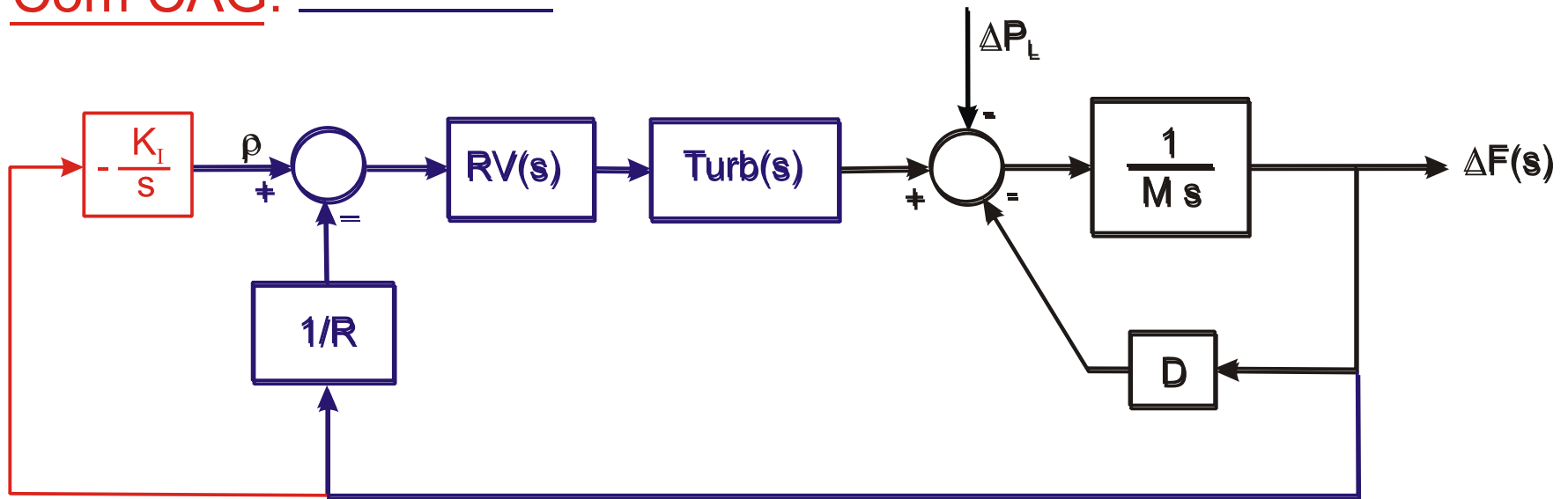
$$ECA(t) = \Delta f(t)$$

- Referência do RV é ajustada mediante ação integral:

$$\rho(t) = - \int_0^t \Delta f(\tau) d\tau \quad \Rightarrow \quad \rho(s) = - \frac{\Delta F(s)}{s}$$

Controle Automático de Geração para Área Isolada – Diagrama de Blocos

Com CAG: Sem CAG:



Controle Automático de Geração para Área Isolada – *FT* e Desempenho Estático

- *FT* relacionando desvio de frequência e perturbação de carga (com $T_1 = T_c = 0$):

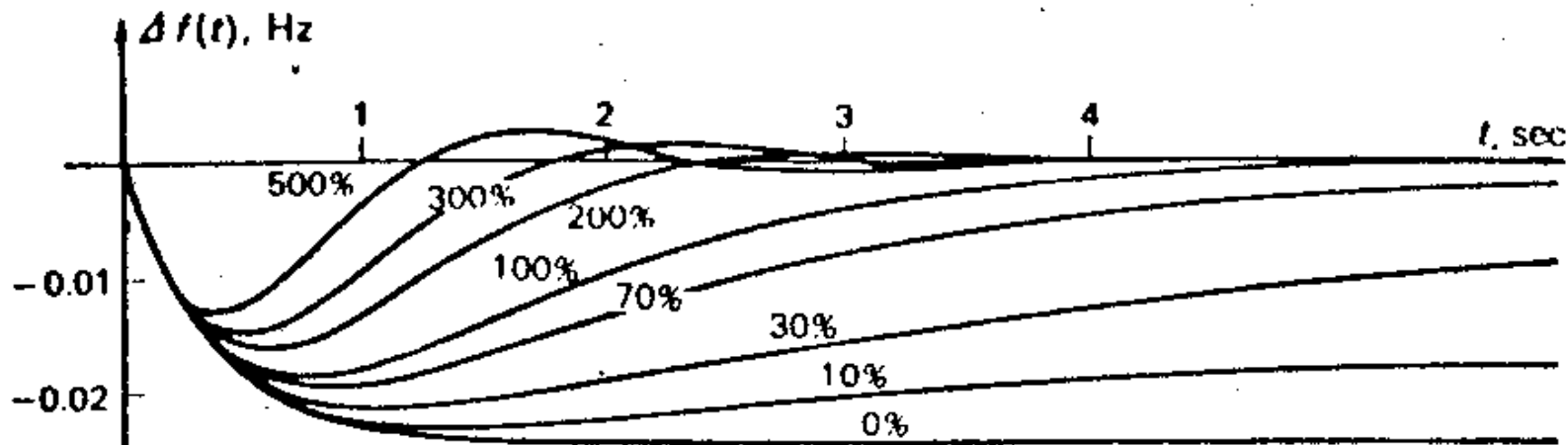
$$\frac{\Delta F(s)}{\Delta P_L(s)} = -\frac{1}{M} \times \frac{s}{s^2 + \left(\frac{D}{M} + \frac{1}{RM}\right)s + \frac{K_I}{M}}$$

- A presença do zero na origem garante que, sendo o sistema estável,

$$\Delta f(\infty) = 0$$

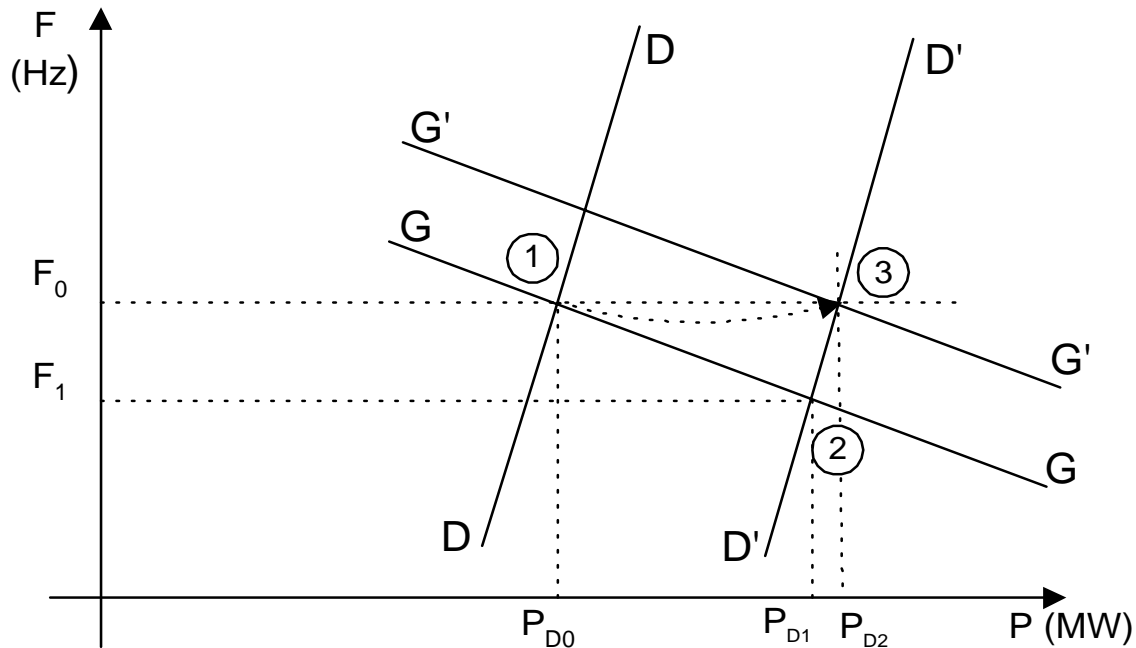
Controle Automático de Geração para Área Isolada – Desempenho Transitório

- Fortemente dependente do parâmetro K_I ;
- Respostas para K_I variável, parametrizado por K_{Icrit} (valor crítico, correspondente a $\zeta = 1$):



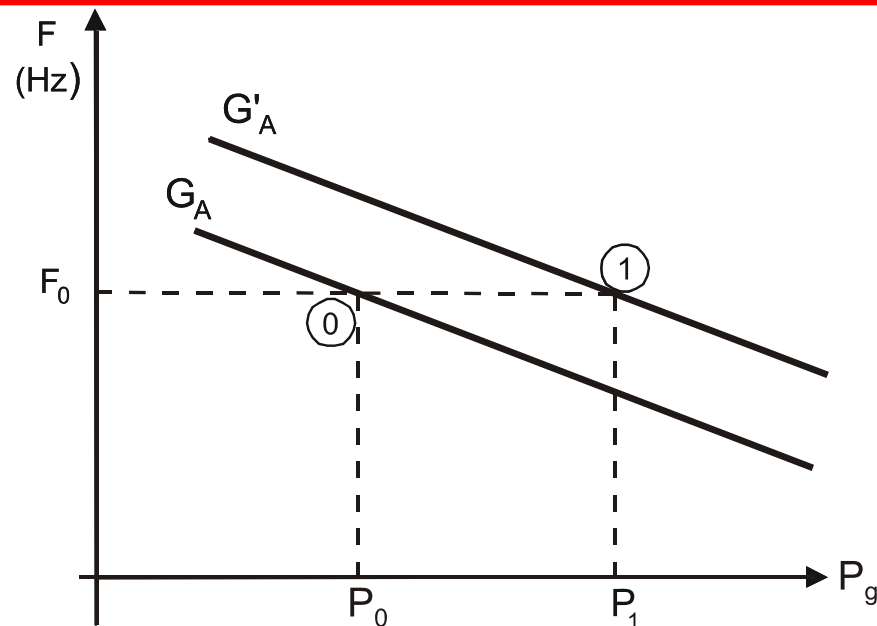
Controle de Freqüência

(Características de Geração e Carga)



- Havendo um acréscimo de carga, esta evolui de P_{D0} em F_0 (Ponto 1) até P_{D1} em $F_1 < F_0$ (Ponto 2) por ação dos reguladores de velocidade das turbinas do sistema (característica G - G) e pela característica da carga D - D que se desloca para D' - D' . Para restabelecer a freqüência em F_0 é preciso efetuar o controle suplementar consistindo em elevar a característica de geração de G - G para G' - G' quando então a carga alcança na freqüência F_0 (Ponto 3).

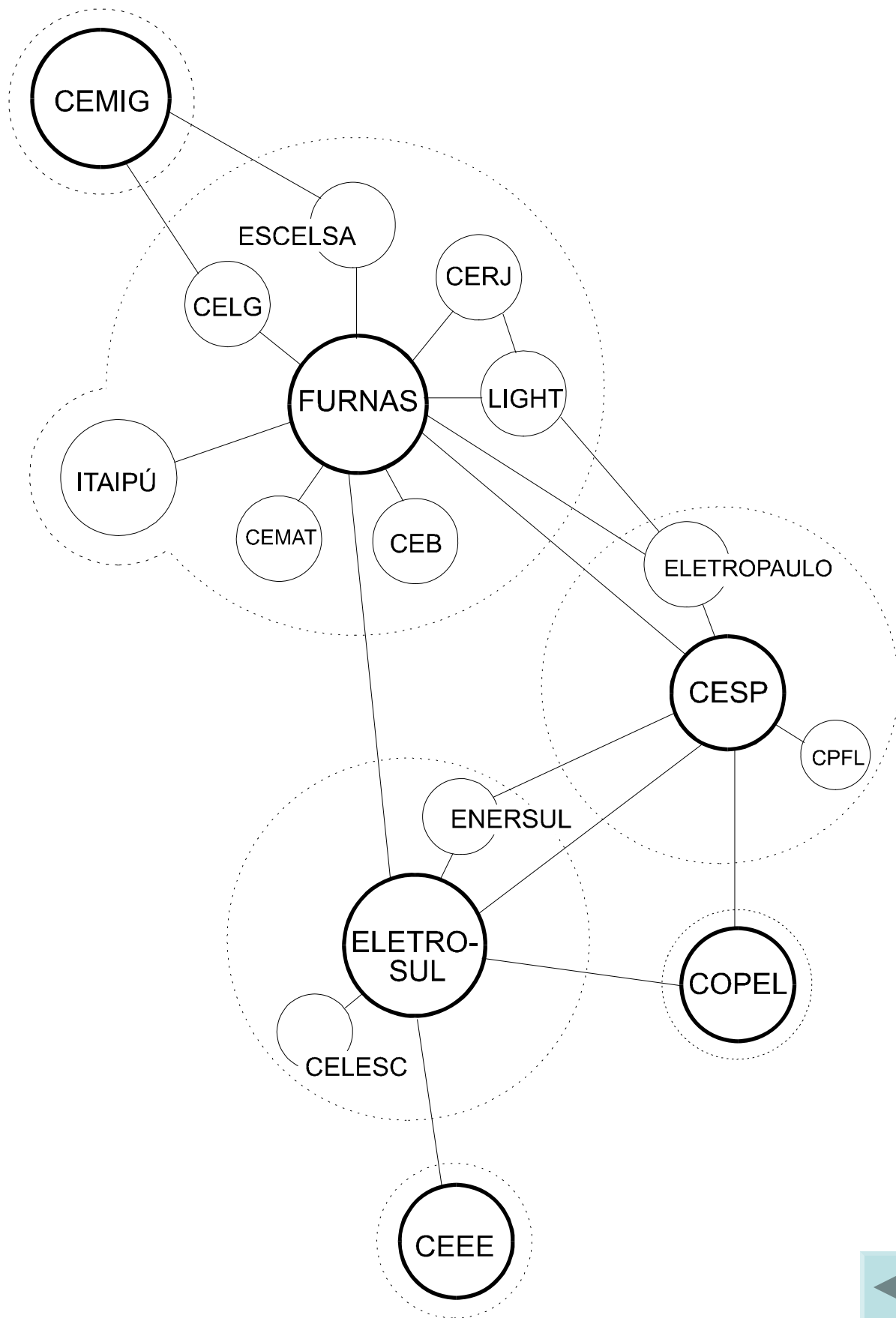
Controle de Freqüência (Sistema Interligado)



- Se a área A em questão está interligada a um grande sistema, a frequência F_0 permanece praticamente constante, dado o porte de geração de todo o sistema. A ação do CAG, neste caso, afeta basicamente a geração da área A. A figura ilustra este fato: pela ação do CAG, o ponto de operação se deslocará da intersecção de 0 para 1, com o conseqüente aumento de geração da área A;
- Uma alteração como esta pode ocorrer em resposta a perdas de geração na área A implicando em aumento inadvertido de intercâmbio, o qual deve ser zerado pela ação do CAG.

Controle Automático de Geração de Áreas Interligadas

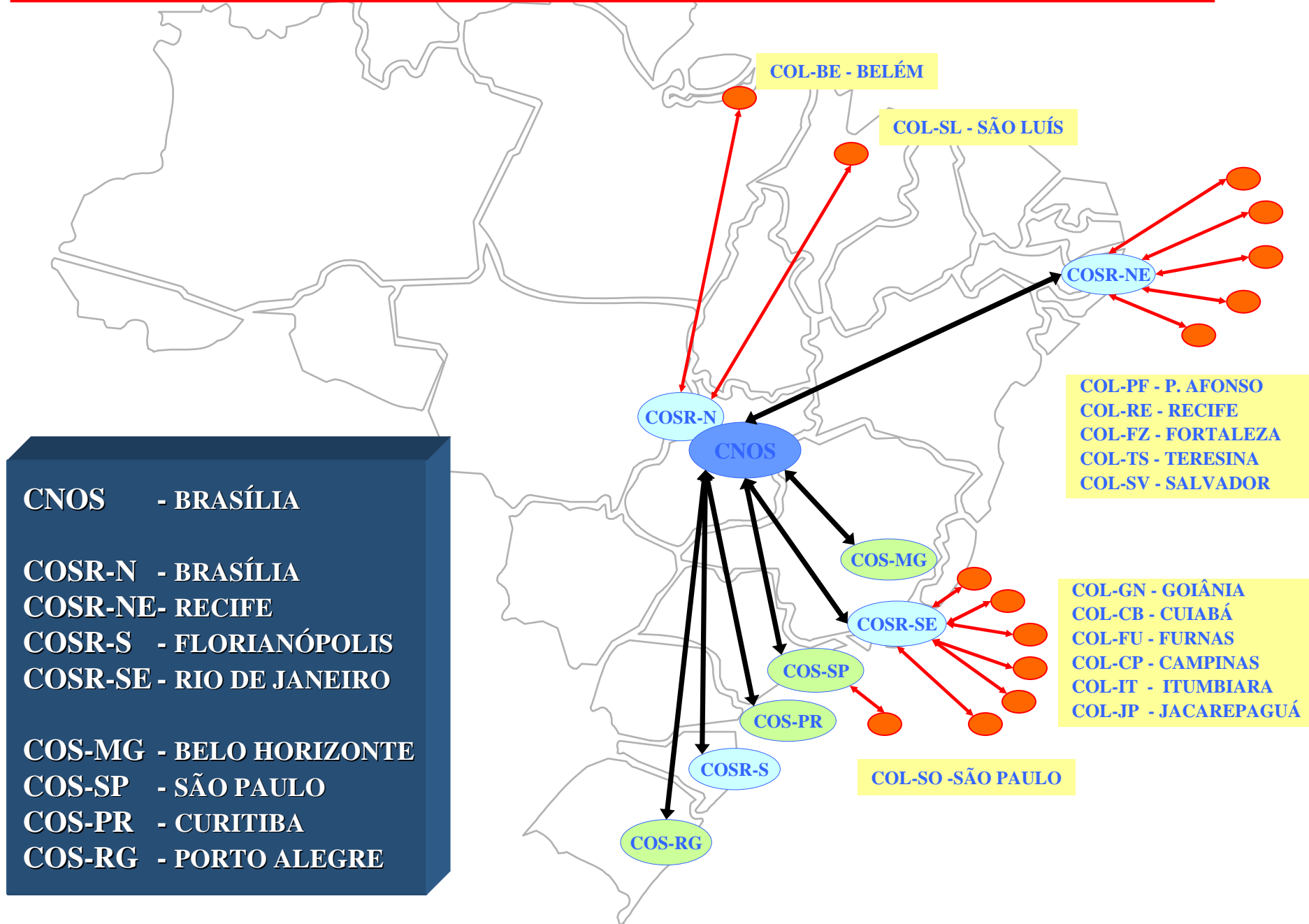
- SEE interligado é dividido em Áreas de Controle;
- Cada Área de Controle tem um Centro de Operação do Sistema (*COS*), que recebe:
 - Informações dos intercâmbios de potência ativa que são medidos nas subestações de fronteira;
 - Medição de frequência do sistema;
 - Potências ativa geradas pelos geradores participantes do CAG da área;
 - Frequência e o intercâmbio programados.



Controle Automático de Geração no Brasil: \approx 1970 - 1995

- Empresas *Controladoras* e Empresas *Controladas*;
- Esquema do CAG para o Sistema Interligado Brasileiro, \approx 1970 – 1995.

Organização Atual dos Centros de Operação do Sistema (COS)



Controle Automático de Geração no Sistema Brasileiro

- Acompanhamento da carga é feito pelas grandes usinas hidrelétricas;
- A repartição de geração hidrelétrica obedece a fatores de participação computados mediante estudos energéticos com o objetivo de favorecer o uso racional da água;
- Semelhante a um Despacho Econômico com restrições de metas hidráulicas e/ou de custo futuro.

Erro de Controle de Área em Áreas Interligadas

- Com as informações passadas ao COS é gerado o *Erro de Controle de Área (ECA)*:
 - Combinação linear do *desvio de intercâmbios líquido da área* e *desvio de frequência (Controle de Intercâmbio com polarização de frequência)*:

$$ECA_k = (\Delta T_{LG})_k + B_k \times \Delta f_k$$

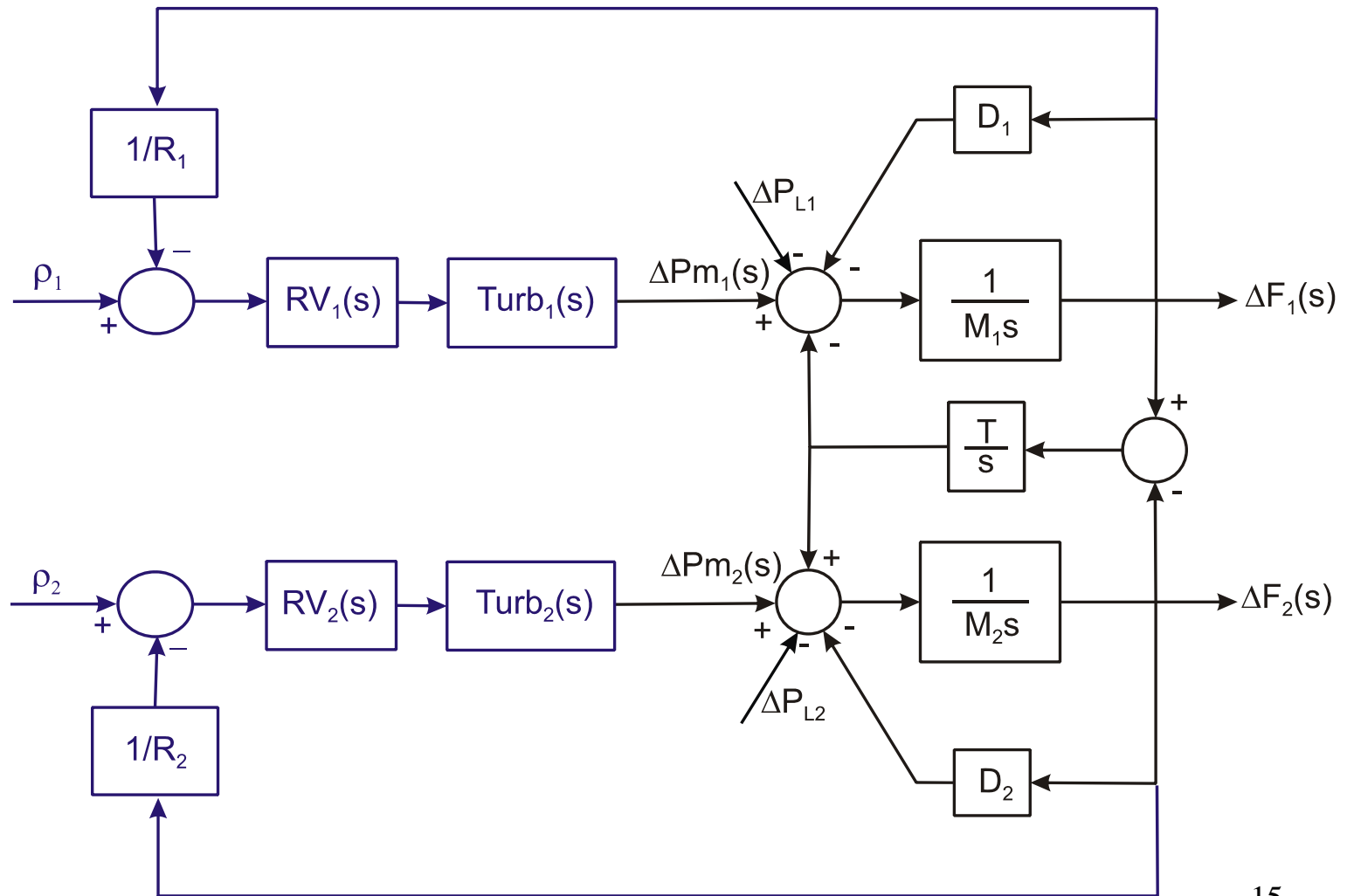
- *ECA* é sintetizado no Centro de Operações do Sistema;
- Com base no *ECA* e nos *fatores de participação* obtidos do despacho econômico, são enviados sinais às unidades de geração participantes do CAG.

Caso de Duas áreas Interligadas

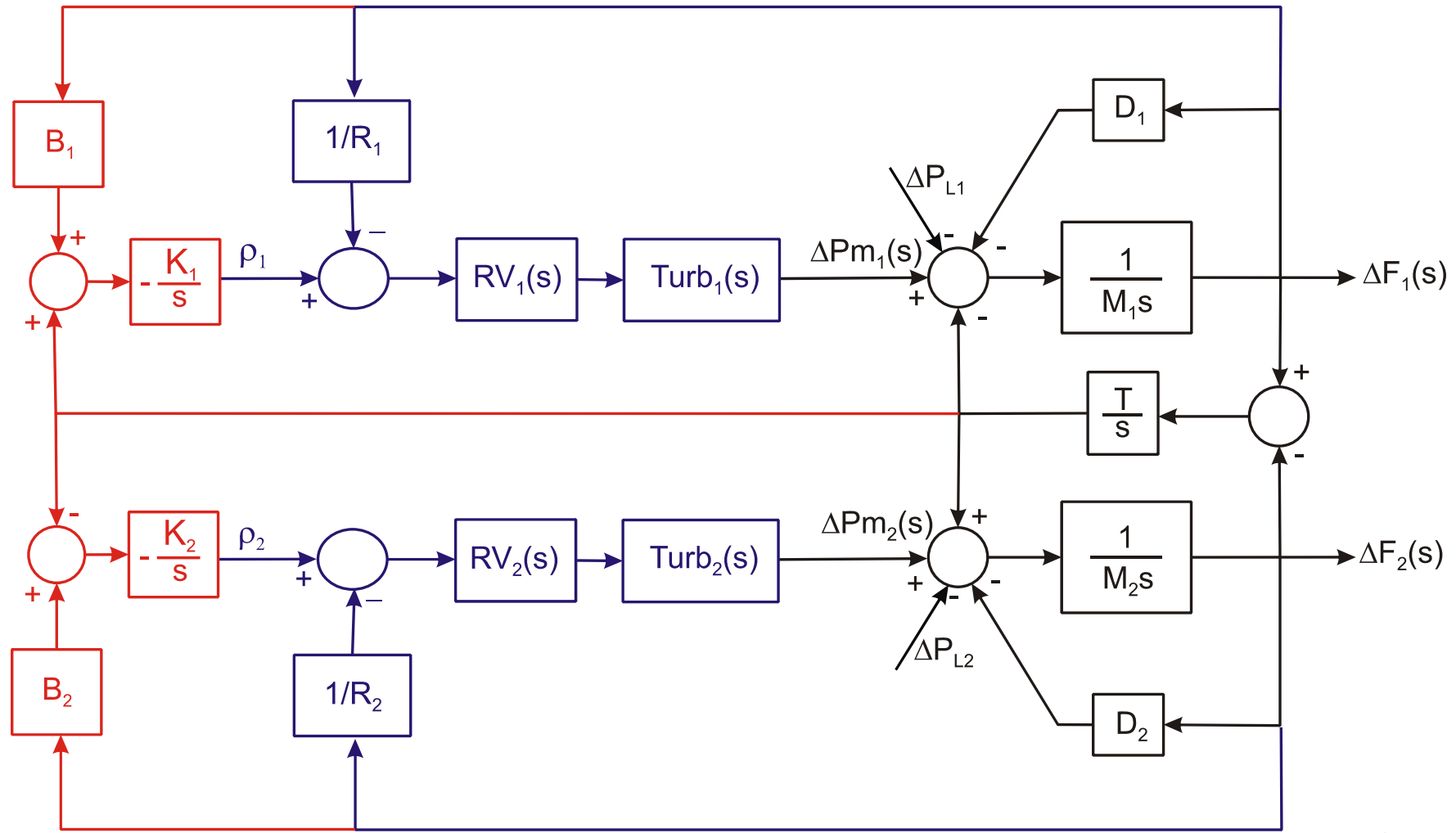
- Erros de controle de área devem agora incluir desvios de intercâmbios programados;
- Definição dos erros de controle de área para duas áreas interligadas:

$$ECA_1 = \Delta P_{TL_{12}} + B_1 \times \Delta f_1$$
$$ECA_2 = \Delta P_{TL_{21}} + B_2 \times \Delta f_2$$

Duas Áreas Interligadas sem CAG



Duas Áreas Interligadas com CAG



Caso de Duas áreas Interligadas: Desempenho Estático

- Erros de Controle de área:

$$ECA_1 = \Delta P_{TL_{12}} + B_1 \times \Delta f_1$$

$$ECA_2 = \Delta P_{TL_{21}} + B_2 \times \Delta f_2$$

- Como em regime permanente

$$\Delta f_1(\infty) = \Delta f_2(\infty) = \Delta f(\infty)$$

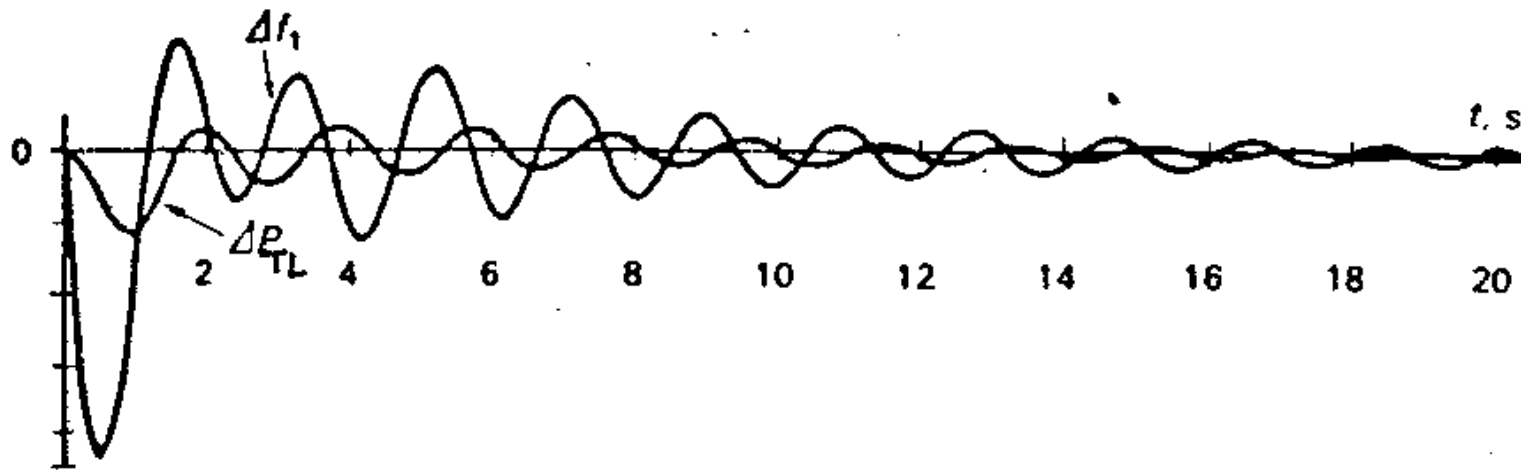
$$\Delta P_{TL_{21}}(\infty) = -\Delta P_{TL_{12}}(\infty)$$

se B_1 e B_2 não simultaneamente nulos, então:

$$\begin{array}{l} ECA_1 = 0 \\ ECA_2 = 0 \end{array} \Rightarrow \begin{array}{l} \Delta f(\infty) = 0 \\ \Delta P_{TL}(\infty) = 0 \end{array}$$

Caso de Duas áreas Interligadas: Desempenho Transitório

- Depende de K_I , bem como dos valores escolhidos para B_i ;
- Resposta transitória para $B_1 = B_2 = 0,425$ e $K_I = 1$:



Áreas Interligadas: Escolha dos Coeficientes de Polarização B_i

- Ajuste baseado no princípio de que cada área deve atender suas próprias variações de carga – Controle com Polarização de Frequência (“Tie Line Bias Control” – TLB):

$$B_i = \beta_i$$

- Outros ajustes:

- Controle rígido de intercâmbio (“Flat Tie Line Control” – FTL):

$$B_i = 0$$

- Controle rígido de frequência (“Flat Frequency Control” – FF):

$$B_i \rightarrow \infty$$

FIM

Área de Controle - Definição

- Geração e carga em uma mesma área de controle devem ser balanceadas;
- Unidades geradoras em uma mesma área de controle devem ser dinamicamente coerentes;
- Linhas de interligação entre áreas de controle adjacentes deve ter capacidade de transmissão suficiente para propiciar intercâmbio de emergência.

