



Universidade Federal de Santa Catarina
Departamento de Energia Elétrica

Serviços Ancilares

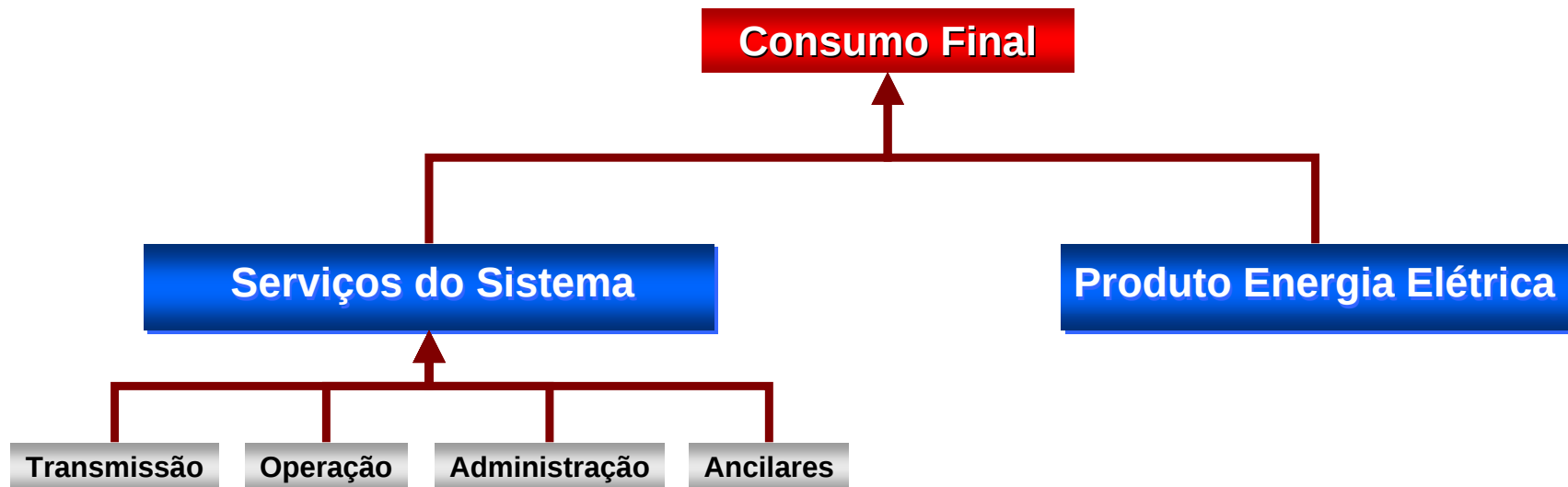
Antonio Simões Costa, GSP/Labspot
Adriano de Souza, LabPlan

Introdução

↙ Reestruturação do Setor Elétrico

☐ Geração/Transmissão/Distribuição + Comercialização;

↙ Nítida separação entre produto e serviços



Serviços Ancilares

(Características Pré- e Pós-Desregulamentação)

↙ Antes da re-estruturação:

- ▤ Serviços já conhecidos e utilizados;
- ▤ Custos associados embutidos no preço final da energia.

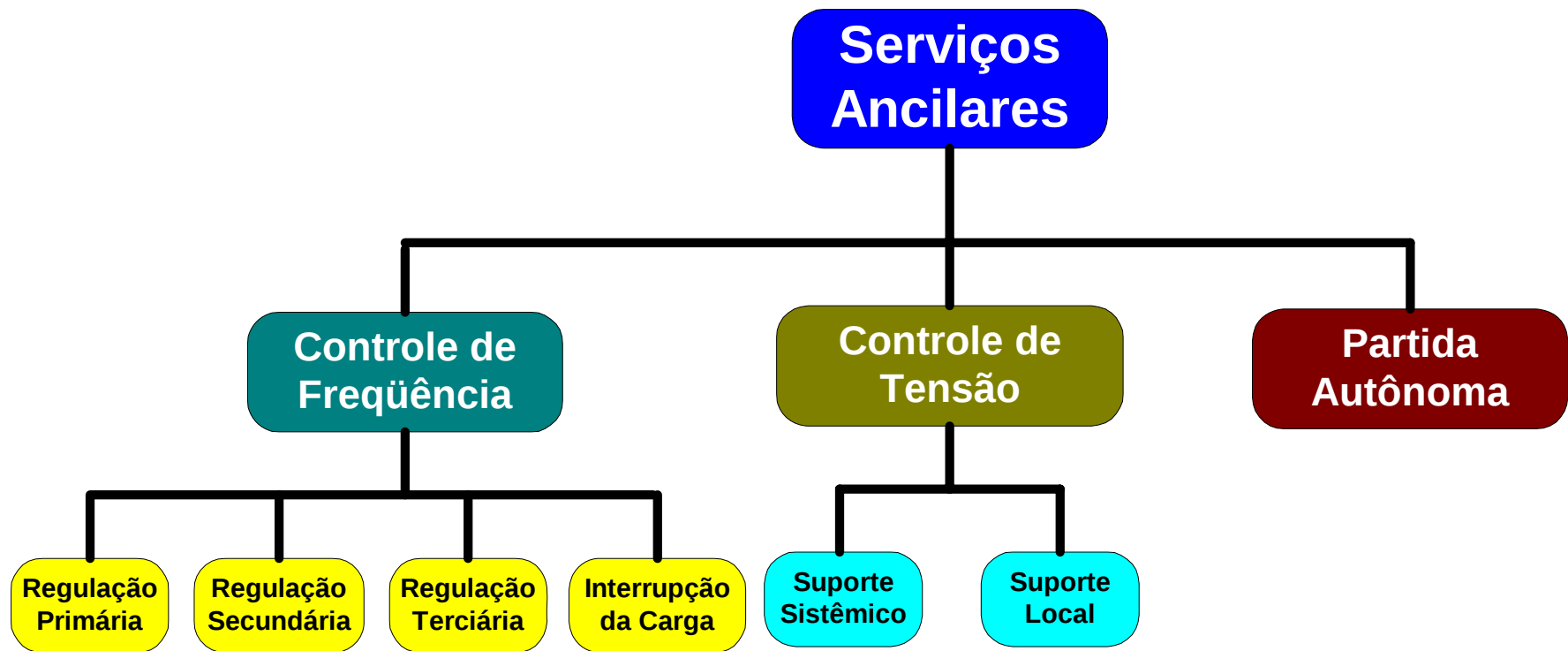
↙ Após a re-estruturação :

- ▤ Comercialização desagregada do produto energia elétrica;
- ▤ Criação de um **Operador Independente do Sistema**;
- ▤ Disponibilidade de diversos provedores ⇒ **competição**;
- ▤ Procedimentos baseados em critérios técnico-econômicos;
- ▤ Necessidade de **tratamento eqüitativo** dos agentes;
- ▤ **Classificação transparente** dos diversos serviços.

Serviços Ancilares - Definição

- ↙ Recursos e ações que garantem a continuidade do fornecimento, segurança do sistema e manutenção dos valores de frequência e tensão:
 - ▤ Regulação primária;
 - ▤ Regulação secundária (CAG);
 - ▤ Reserva para contingências;
 - ▤ Controle de tensão (suporte de reativo);
 - ▤ Capacidade de restauração autônoma (*black-start*);
 - ▤ Suprimento de perdas.

Serviços Ancilares - Classificação



Provedores dos Serviços Ancilares

↙ Geradores

- ☐ Controle de frequência, controle de tensão e partida autônoma

↙ Reatores Manobráveis e Capacitores *Shunt*

- ☐ Controle de tensão

↙ Compensadores Síncronos e Estáticos

- ☐ Controle de tensão

↙ Cargas

- ☐ Controle de frequência (alívio nas contingências ou interruptíveis)

Usuários dos Serviços Ancilares

↙ Operador do Sistema

- ☐ Principal usuário
- ☐ Responsável pela operação e segurança

↙ Concessionárias de distribuição

- ☐ Controle local de tensão
- ☐ Restauração local do sistema

↙ Consumidor final

Comercialização dos Serviços Ancilares - Solução de 3 Questões

- ↙ Definição de uma metodologia de cálculo para o pagamento aos provedores do serviço
- ↙ *Recuperação de custos ou Mecanismos de Mercado ?*
- ↙ Definição dos arranjos contábeis, administrativos e de liquidação do serviço

Administração dos Serviços Ancilares - Requisitos Básicos

↙ Agentes

☐ Provedores

- » Renda deve cobrir os custos incorridos e oferecer incentivos para estimular a expansão.

☐ Usuários

- » Pagamento pela intensidade de uso;
- » Evitar subsídios cruzados.

↙ Estabelecimento de Arranjos Comerciais

☐ Provimento obrigatório (baseado em custos);

☐ Provimento através de mercado (baseado em preços).

↙ Existência de competição

☐ Oferta maior que a Demanda;

☐ Barreiras inexpressivas à entrada de novos provedores;

☐ Inexistência da prática de poder de mercado.

Serviços Ancilares

Custos dos Provedores:

- ▣ Investimentos em equipamentos para CAG
- ▣ Perda da eficiência estática
- ▣ Perda da eficiência dinâmica
- ▣ Manutenção
- ▣ Custos de Oportunidade

Em mercados competitivos, torna-se necessário estabelecer esquemas de remuneração para os provedores de serviços ancilares.

Serviços Ancilares

Opções de Remuneração:

↙ Estabelecimento de mercados específicos para serviços ancilares:

- ▤ mercados de curto prazo: reservas operativas
- ▤ contratos de longo prazo: suporte de reativo e *black-start*

ou

↙ Compensação dos investimentos, custos de operação e custos de oportunidade.

Serviços Ancilares

Remuneração de Serviços Ancilares via
Mecanismos de Mercado

Mercados de Eletricidade a Curto Prazo

- ↙ Mercados de Energia e Serviços Ancilares:
 - ▢ ***dia seguinte*** (*day-ahead markets*)
 - ▢ hora seguinte (*hour-ahead markets*)
 - ▢ tempo real (*spot markets*)
- ↙ Baseados em leilões de ofertas de energia;
- ↙ Negociam quantidades produzidas e consumidas considerando a viabilidade física de geração/consumo.

Serviços Ancilares de Reservas Operativas

Reservas Operativas

↙ Reserva primária (R1):

- ▢ Visa o provimento do controle primário de frequência;
- ▢ ~1% da geração programada.

↙ Reserva secundária (R2):

- ▢ Provimento do Controle Automático de Geração (controle secundário de frequência);

↙ Reserva Terciária (R3):

- ▢ Visa cobrir grandes variações entre carga e geração;
- ▢ Supre desvios não programados de R1 e R2.

↙ Reserva Complementar (R4):

- ▢ Visa recompor R3 quando de grandes perdas de geração ou emergências de longa duração.

Mercados de Reservas Operativas

↙ Métodos de Liquidação:

- ▣ Leilões separados para energia e reserva, ou

- ▣ Mercados conjuntos de energia e reserva.

Mercados de Reservas Operativas

↙ Leilões separados para energia e reserva:

- ▮ *Método seqüencial* → reservas definidas após o mercado de energia seguindo uma ordem de prioridade (Ex: Califórnia)

Desvantagens:

- ▮ Não consideram a interação entre a energia e reservas de geração
- ▮ Não garantem a solução ótima global

Mercados de Reservas Operativas

↙ Mercados conjuntos de energia e reserva

- ☐ Reservas são liquidadas simultaneamente com as ofertas de energia;
- ☐ Considera-se a interdependência entre os mercados;
- ☐ Possibilita a solução de menor custo global para energia e reservas.

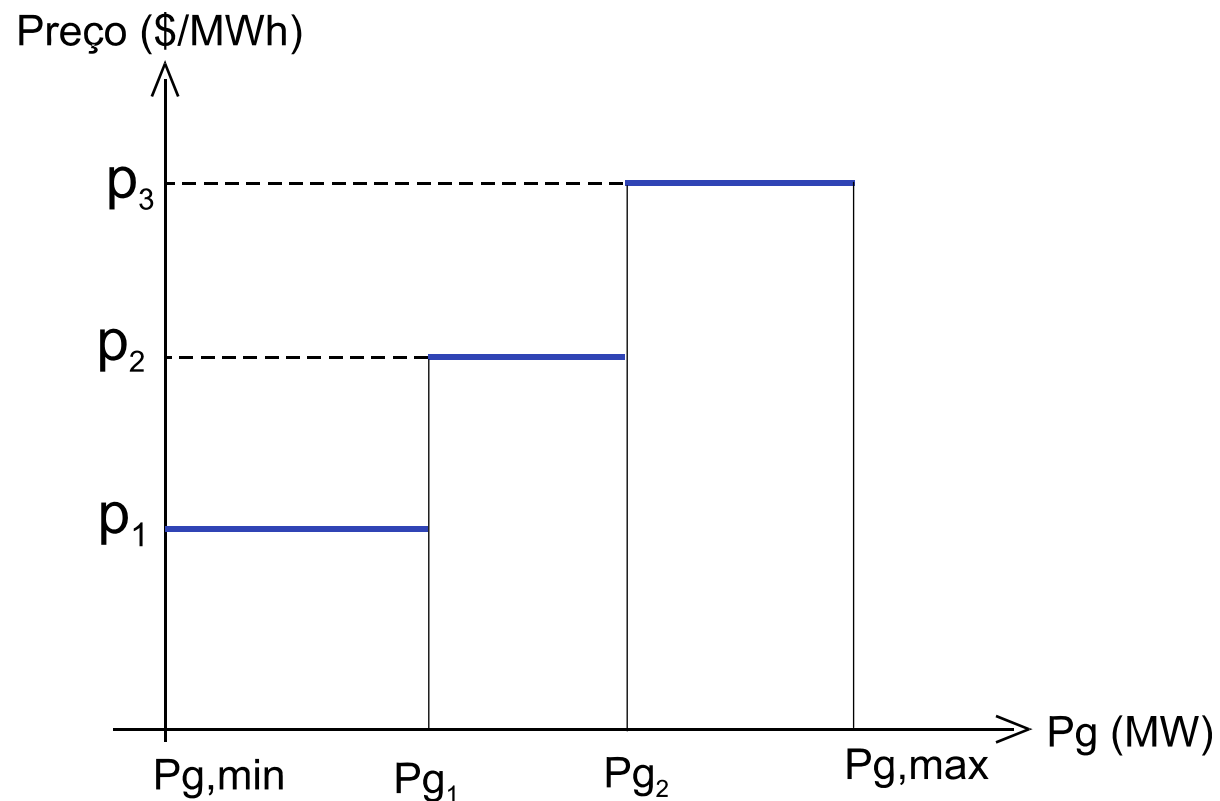
Alocação de Energia e Reservas

↙ Programação para geração e reservas operativas deve considerar:

- ▤ limites de capacidade das unidades geradores;
- ▤ restrições de tomada de carga para reservas;
- ▤ restrições da rede elétrica.

Curvas Típicas de Ofertas de Provedores

↙ Ofertas de Energia em bandas de preço constante:



Programação Diária de Energia e Reserva Girante

↙ Programação diária para vários intervalos:

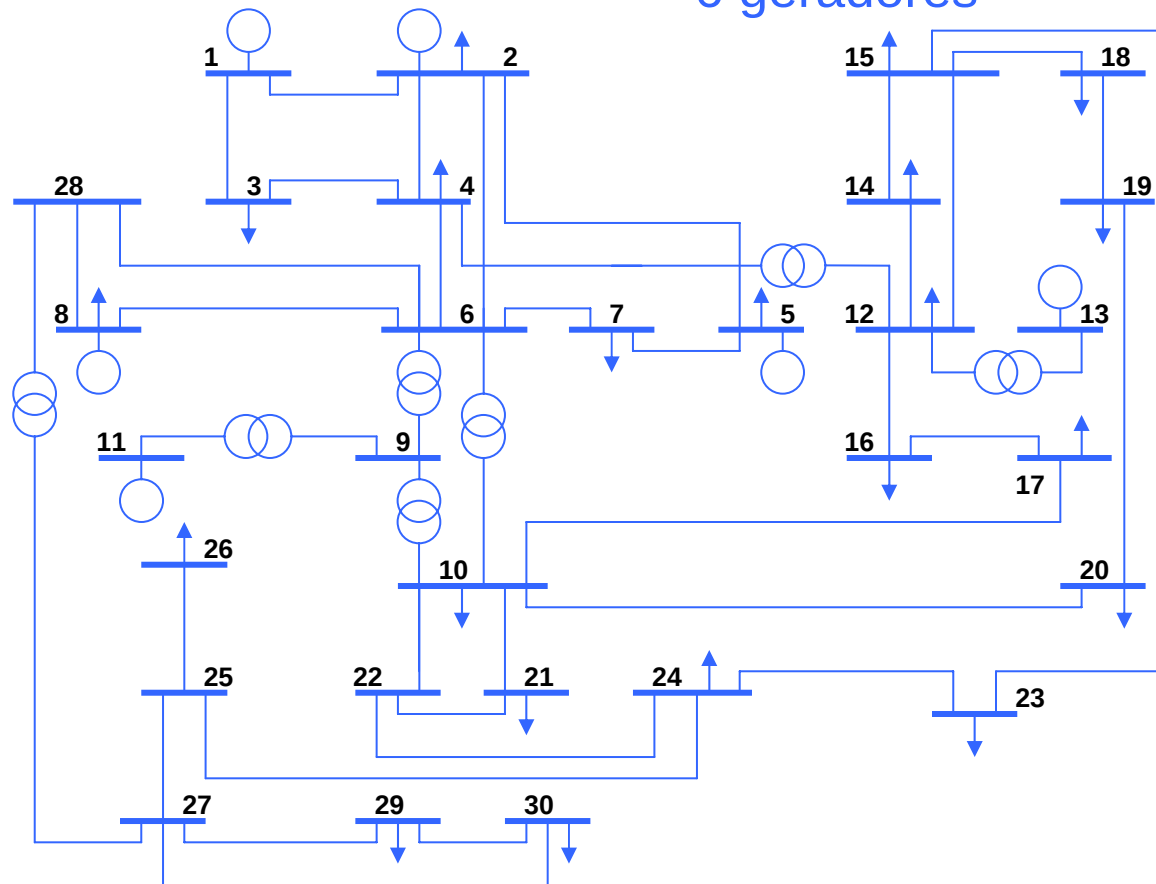
- ▤ despachos de energia
- ▤ demandas
- ▤ alocação de reserva girante
- ▤ preços de mercado

↙ Resultados devem levar em conta:

- ▤ Restrições das unidades geradoras;
- ▤ Taxas de tomada de carga para reservas;
- ▤ Restrições de transmissão;
- ▤ Perdas de transmissão.

Programação Diária de Energia e Reserva Girante - Exemplo

Sistema IEEE 30 barras –
6 geradores



Programação Diária de Energia e Reserva Girante-Exemplo

Dados dos Geradores

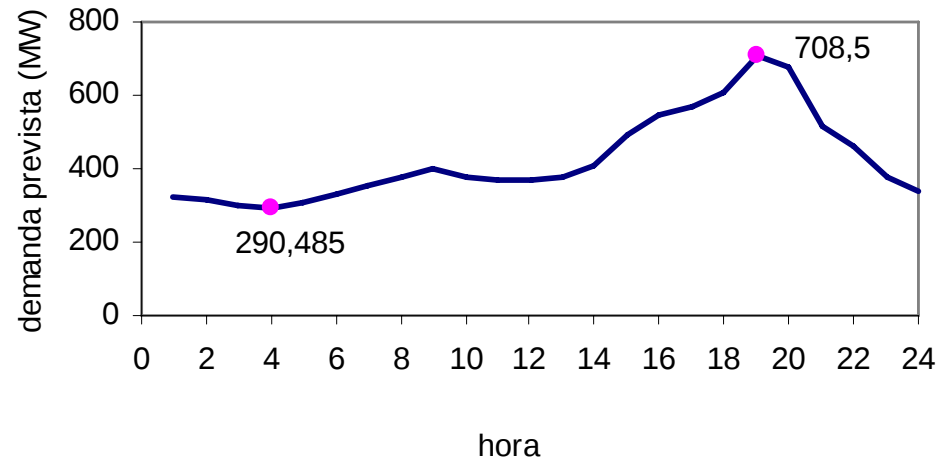
Gerador	Barra	P_G^{max} (MW)	P_G^{min} (MW)	RR^{acres} (MW/min)	RR^{decr} (MW/min)
A	1	200	20	0,2	-2,2
B	2	180	20	3,0	-4,2
C	5	150	10	1,8	-1,8
D	8	135	10	4,0	-4,5
E	11	70	10	5,0	-8,0
F	13	110	12	3,0	-4,0

Ofertas de Energia e Reserva Girante

Ofertas de Energia				Ofertas de Reserva	
Gerador	De MW	Para MW	Preço (\$/MWh)	MW	Preço (\$/MW)
A	0	20	0,00	15	2,20
	20	60	15,40		
	60	100	21,25		
	100	140	25,00		
	140	185	29,30		
	185	200	40,60		
B	0	20	10,44	30	2,45
	20	60	16,46		
	60	100	22,90		
	100	150	29,00		
	150	180	33,75		
C	0	45	0,00	35	2,60
	45	80	21,05		
	80	115	29,25		
	115	150	38,00		
D	0	10	17,46	35	2,50
	10	40	23,20		
	40	70	27,00		
	70	100	31,75		
	100	135	36,00		
E	0	10	12,45	10	2,80
	10	30	20,00		
	30	60	22,35		
	60	70	37,05		
F	0	12	11,73	22	3,00
	12	44	18,50		
	44	66	27,50		
	66	88	38,46		
	88	110	46,00		

Programação Diária de Energia e Reserva Girante - Exemplo

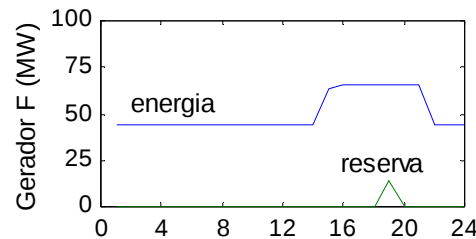
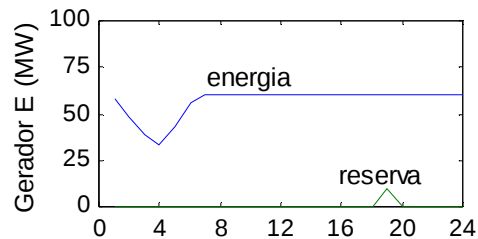
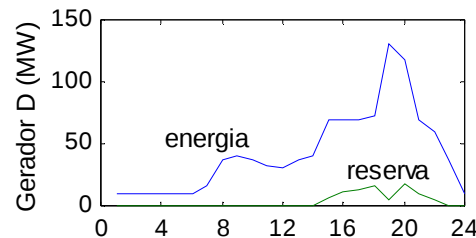
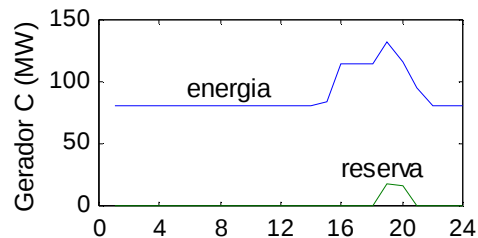
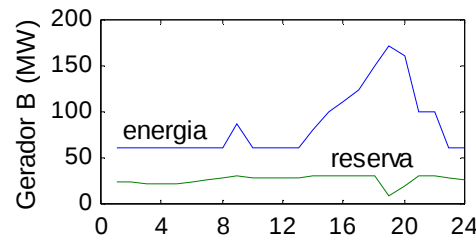
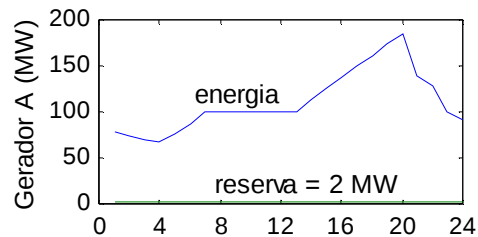
Curva de Demanda Prevista



- Requisito de reserva girante = 8% da demanda prevista
- Pico de carga ocorre no intervalo $t = 19$.

Programação Diária de Energia e Reserva Girante - Exemplo

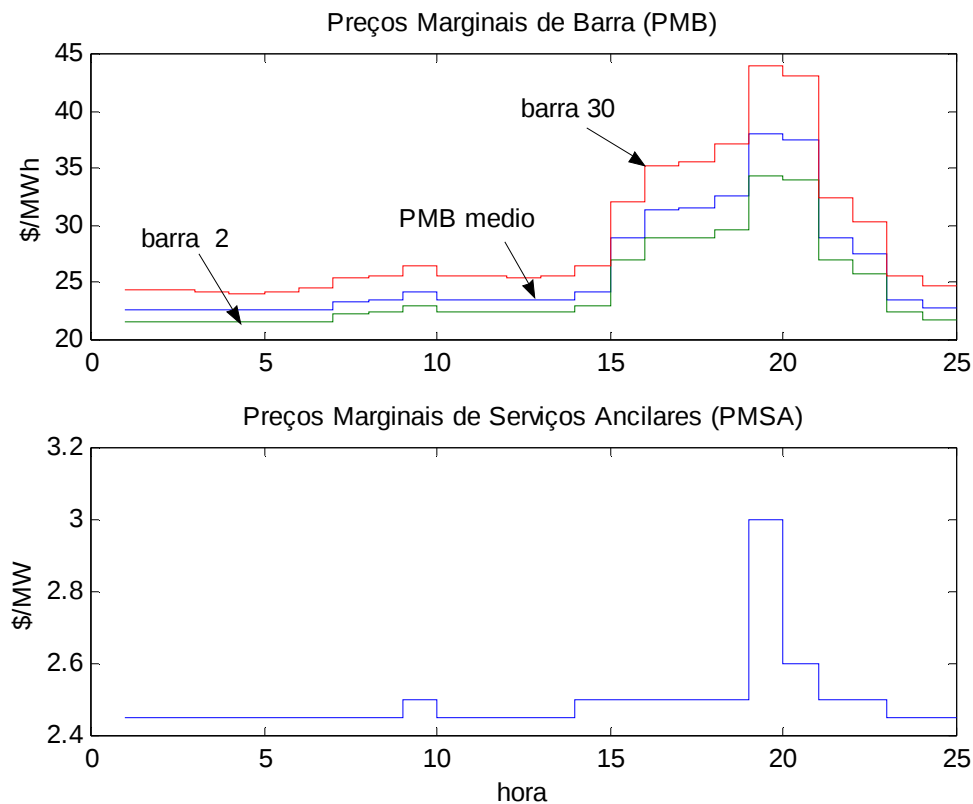
Programação de energia e reserva girante (Caso B)



- Taxa de rampa do Gerador A $\rightarrow$ restringe o despacho em $t = 14$ a 19
- Gerador B tem reserva girante alocada em todos os intervalos

Programação Diária de Energia e Reserva Girante - Exemplo

Programação de energia e reserva girante (Caso B)



- PMB's refletem os preços das ofertas marginais e o efeito das perdas de transmissão
- PMSA's refletem os preços dos provedores marginais

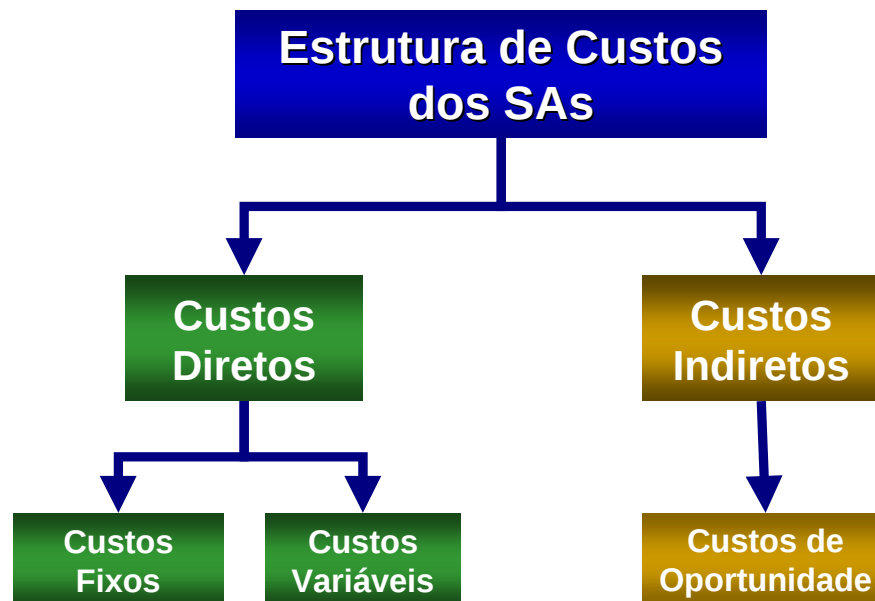
Serviços Ancilares

Remuneração de Serviços Ancilares via
Reposição de Custos

Serviços Ancilares – Identificação de Custos

↙ Identificação dos custos incorridos no provimento:

- ☐ Indispensável quando a estratégia de reposição de custos é a adotada;
 - » Ambiente de regulação econômica → Remuneração adequada dos provedores;
 - » Ambiente de livre competição → Coerência na definição das estratégias de preços.
- ☐ Processo muitas vezes complexo e não trivial.



Controle de Frequência - Custos Incorridos ao Prover a Reserva

- ↙ Custos de Oportunidade;
- ↙ Custos de despacho da energia quando solicitada;
- ↙ Custos devido à perda de eficiência à resposta dos sinais de regulação primária e secundária.

Custos de despacho de Energia

↙ Custos Fixos

- ☐ Amortização do capital
- ☐ Administração

↙ Custos Variáveis

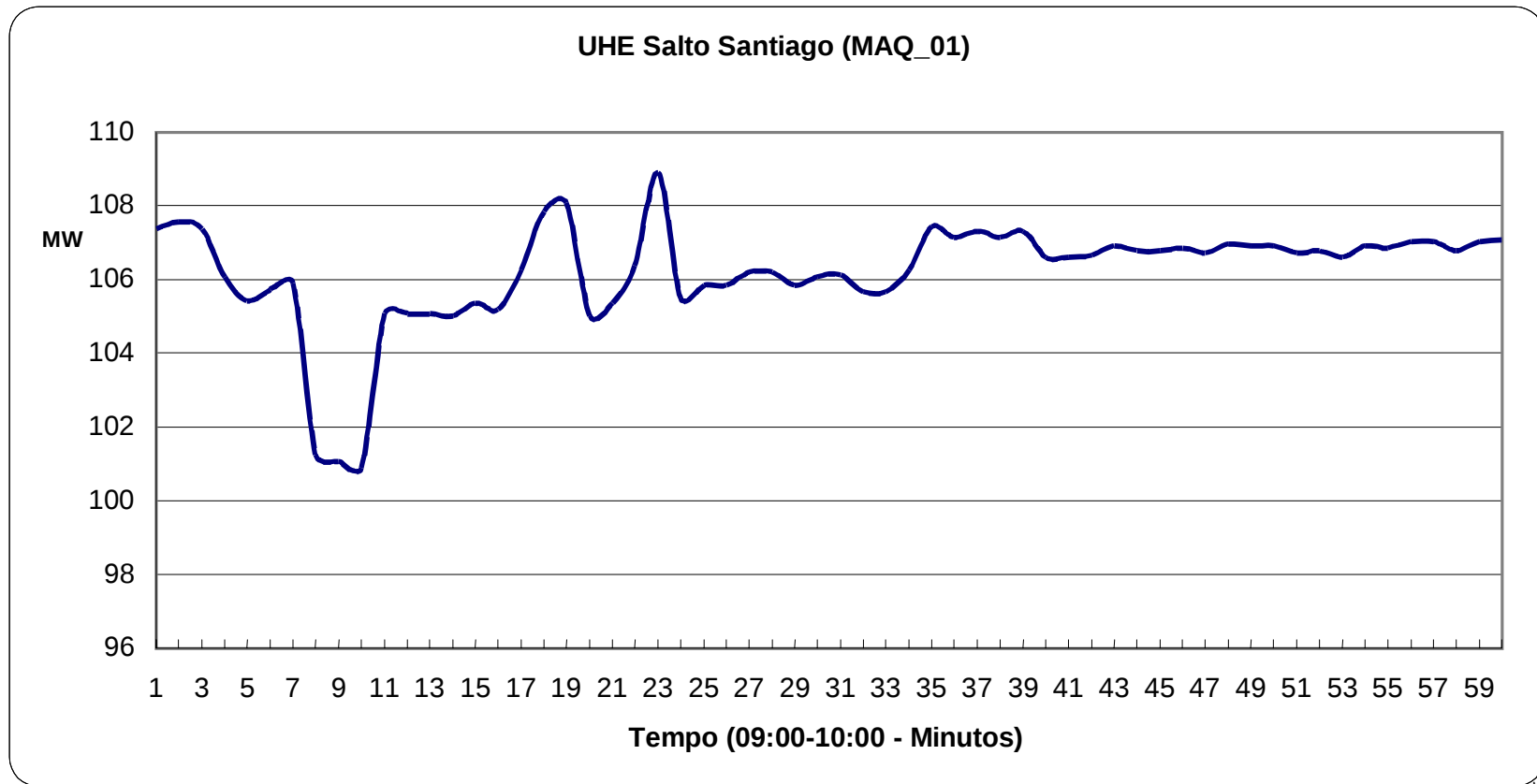
- ☐ Operação
- ☐ Manutenção

Custos devido à perda de Eficiência

- ▮ Conseqüência devido à resposta ao sinal de controle primário
- ▮ Existe um ponto ótimo de máxima eficiência em função da potência de saída
- ▮ Constantes mudanças na potência de saída:
 - » Fenômeno de turbulência nos condutos forçados
 - » Aumento do consumo do Servomecanismo que atua na abertura do distribuidor da turbina
- ▮ Aumento dos custos de manutenção

Custos devido à perda de Eficiência

- Consequência devido à resposta aos sinais de controles primários e secundários



Controle de Tensão

Custos Incorridos no Provimento

- ↙ Modo de operação depende do tipo de compensação
- ↙ Cada função incorre em custos de investimentos e de operação

Classificação dos Custos

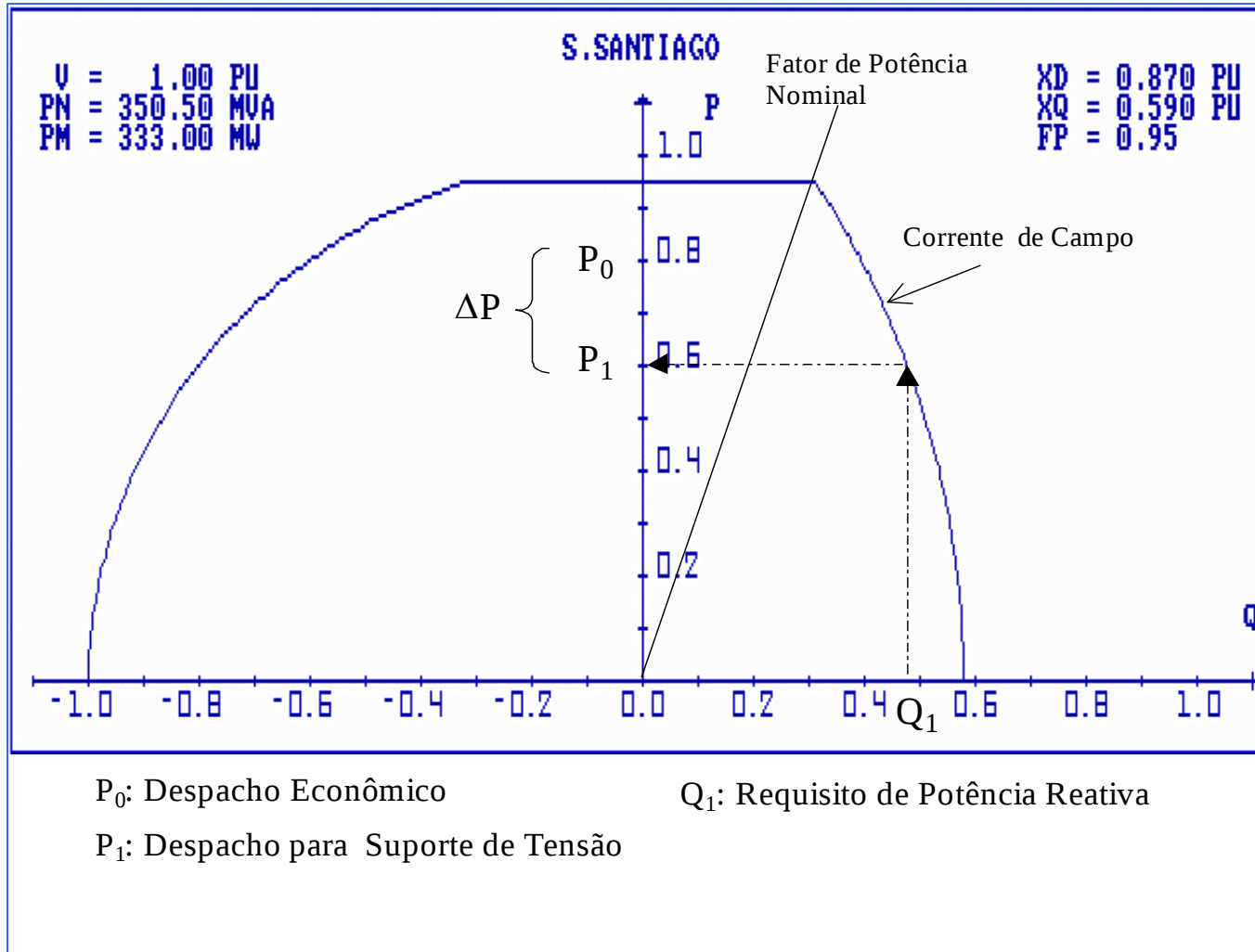
↙ Custos Diretos:

- ▣ Fixos - Amortização do capital e administração
- ▣ Variáveis - operação e manutenção

↙ Custos Indiretos

- ▣ Custo de Oportunidade para Geradores: Injeção de potência reativa implica em redução de geração de potência ativa

Curva de Capabilidade Típica de um Hidrogerador

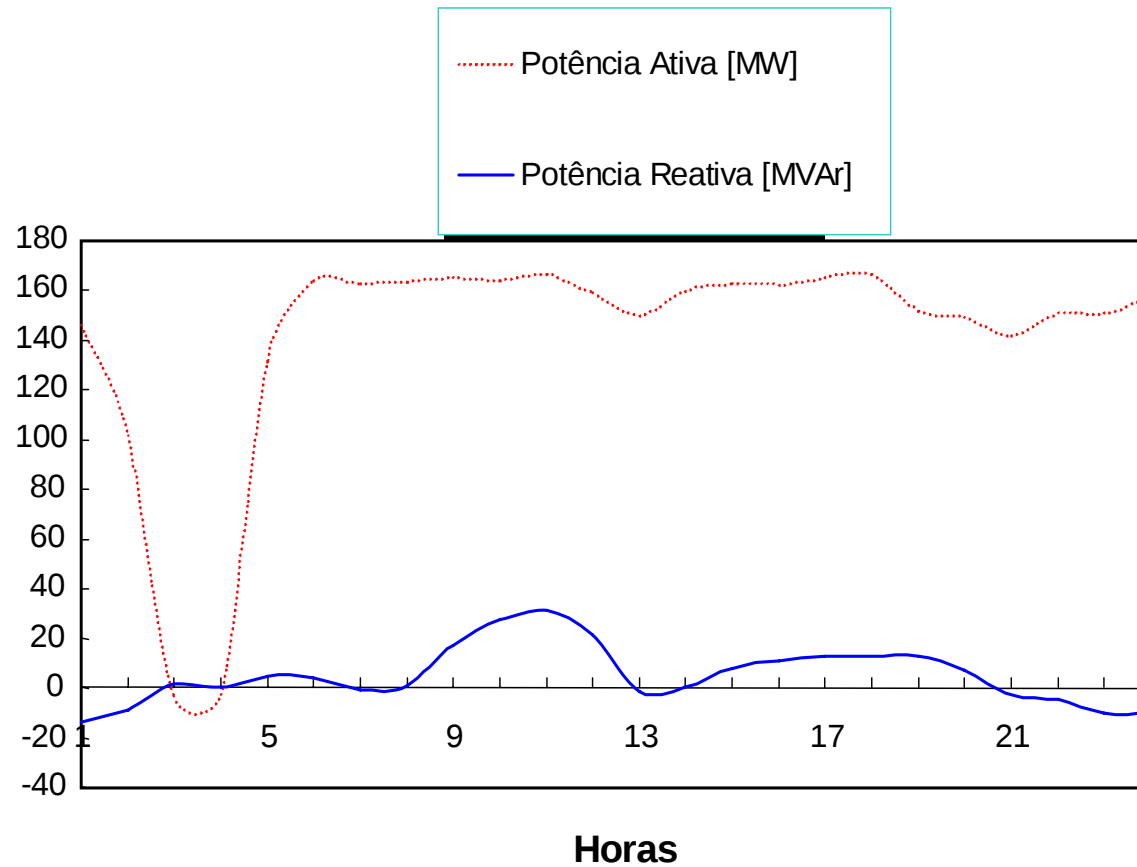


Custos Variáveis

↙ Gerador operando como compensador

- ☐ Absorve potência ativa;
- ☐ Típico de períodos de carga reduzida - sem custos de oportunidade;
- ☐ Custos: perdas do gerador e sistema de ar comprimido.

Operação Típica de um Hidrogerador



Custos Variáveis

↙ Capacitores e Reatores Manobráveis

- ☐ Custos devido às perdas

 - » Ex.: Reator de 150 MVar $\Rightarrow$ Perda de 160 kW

- ☐ Depreciação devido ao chaveamento

 - » Ex.: Disjuntor SF6, 25 reatores, 150 chaveamentos por ano $\Rightarrow$ Depreciação anual de R\$ 280.000,00

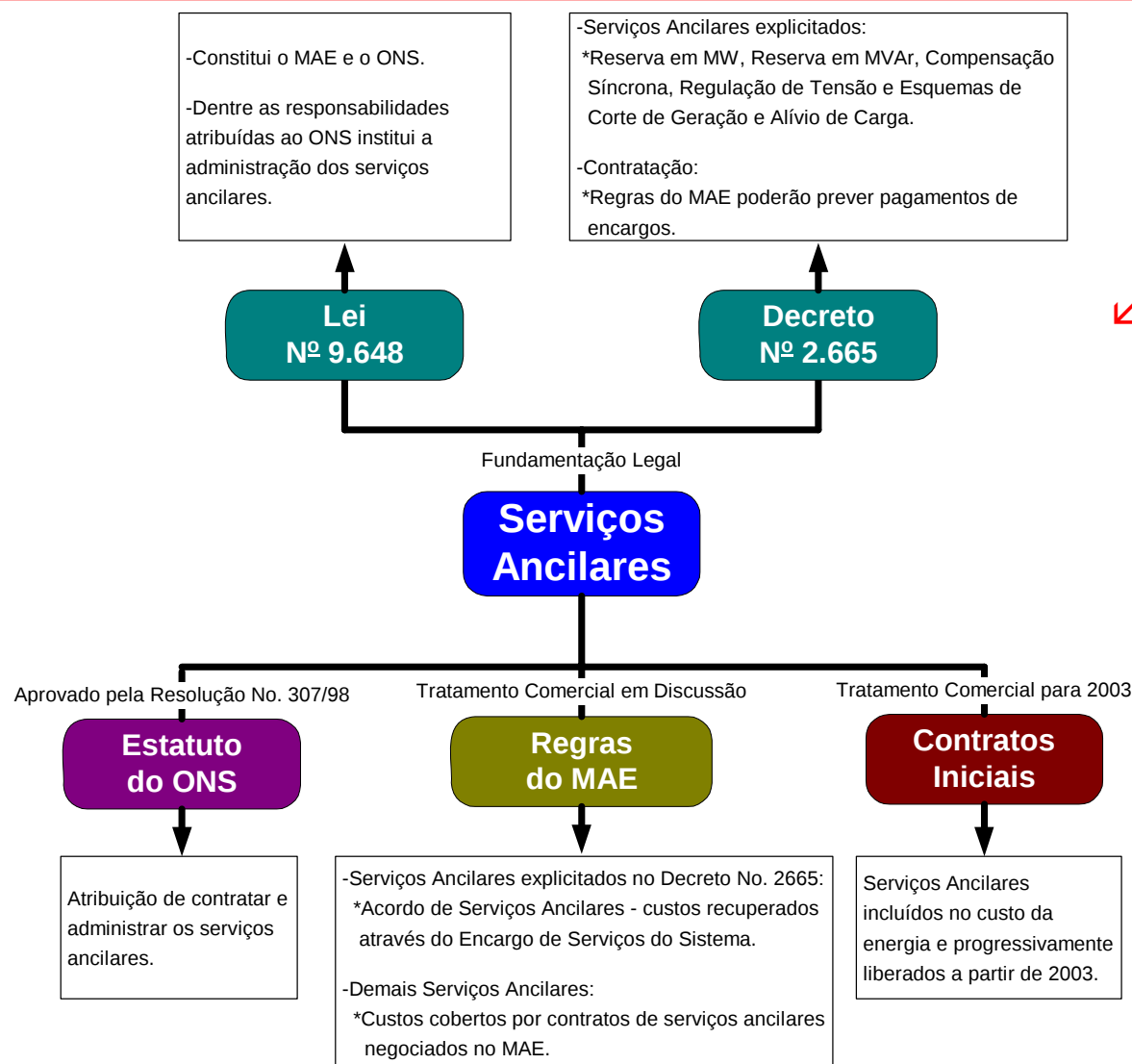
↙ Compensadores Síncrono e Estático

- ☐ Suprimento das perdas

Serviços Ancilares em Outros Países

- **Países:** Inglaterra, Noruega, Espanha, Austrália e Califórnia;
- Serviços com **provimento mínimo obrigatório** em todos os países:
 - » **Controle de tensão** (remunerado apenas na Inglaterra e Espanha);
 - » **Regulação Primária** (não remunerado na Espanha e Austrália).
- Serviços com **remuneração via mercado competitivo** de ofertas:
 - » Controle de tensão adicional;
 - » Regulação secundária (exceção da Inglaterra onde é obrigatório);
 - » Regulação terciária (não é considerada em todos os países).
- O provimento de **partida autônoma** depende de cada ISO;
 - » Não é remunerado na Espanha e na Noruega, onde é obrigatório;
- **Recuperação dos custos** baseada em critérios *pro rata*.

Serviços Ancilares no Brasil - Base Legal (Histórico)



Demais documentos Regulatórios:

- Resolução ANEEL Nº 265 de julho de 2003;
- Resolução ANEEL Nº 685 de dezembro de 2003;
- Procedimentos de Rede do Módulo 14 – Administração dos Serviços Ancilares.

Resolução ANEEL nº 265 de julho de 2003

- ↙ Estabelece os Tipos de Serviços Ancilares, os Agentes (T e G) que podem provê-los e a forma de remuneração desses Serviços.
- ↙ Serviços Ancilares Prestados pelas Unidades de Geração
 - ▤ Controle Primário e Secundário de Frequência;
 - ▤ Reserva de Potência Operativa;
 - ▤ Suporte de Reativo;
 - ▤ Auto-restabelecimento das unidades geradoras (Black Start);
- ↙ Agentes de Transmissão
 - ▤ Os equipamentos dos concessionários de transmissão destinados ao controle de tensão e do fluxo de potência, serão remunerados pelos encargos associados aos Contratos de Prestação de Serviços de Transmissão - CPST.

Resolução ANEEL nº 265 de julho de 2003

- ✚ As **Concessionárias de Geração** proprietárias de unidades geradoras que sejam solicitadas a operar como **compensadores síncronos para provimento do SA de “Suporte de Potência Reativa”** deverão celebrar Contrato de Prestação de Serviços Ancilares - **CPSA** com o NOS
- ✚ Os **SAs de “Suporte de Potência Reativa”** prestados pelas Concessionárias de Geração operando como compensador síncrono serão providos de forma obrigatória **sempre que solicitado pelo ONS** e serão **remunerados pela Tarifa de Serviços Ancilares - TSA**, visando recuperar os custos adicionais de operação e manutenção, pagos via Encargos de Serviços do Sistema - ESS;
- ✚ O **consumo das unidades geradoras** que operem como compensador síncrono será tratado como **perda sistêmica**.

Tarifa de Serviços Ancilares

- ✚ **Resolução ANEEL nº 685 de dezembro de 2003:**
Estabeleceu o valor da Tarifa de Serviços Ancilares - TSA em **R\$ 2,96/Mvarh**, para o pagamento do *serviço de suporte de potência reativa*, provido por unidade geradora quando operando na situação de compensador síncrono, de acordo com as ordens de despacho do Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS.
- ✚ **Resolução Normativa ANEEL nº 133 de dezembro de 2004:** Revisão do valor da TSA visando o pagamento de suporte de potência reativa para **R\$ 3,32/Mvarh**.

Procedimentos de Rede do Módulo 14

Administração dos SAs

↙ Atribuições do ONS

- ▮ Contratar, administrar e realizar a apuração dos serviços ancilares providos pelos Agentes Prestadores de Serviços Ancilares do Sistema Interligado Nacional, segundo a regulamentação vigente;
- ▮ Celebrar os Contratos de Prestação de Serviços Ancilares (CPSA) com os Agentes Prestadores de Serviços Ancilares;
- ▮ Realizar a análise técnica dos requisitos de sistema relativos aos Serviços Ancilares para novas usinas ou a demanda por esses serviços para as usinas atualmente em operação, em que suas unidades geradoras tenham possibilidade de operar como compensador síncrono, bem como prover os serviços de controle automático de geração (CAG) e de Auto-restabelecimento (Black Start);

Procedimentos de Rede do Módulo 14

Administração dos SAs

Tipo de Serviço Ancilar	Forma de Prestação do Serviço		Remuneração Pela Celebração de CPSA (S / N)	Custos a serem Recuperados		
	Unidades em Operação	Novas Unidades		Custos Fixos	Custos Variáveis	
					O&M	Perdas Adic.
Controle Primário de Freqüência e Reserva de Potência Primária	M	M	N	-	-	-
Controle Secundário de Freqüência e Reserva de Potência Secundária	M (Usinas que participam do CAG)	M (A partir de determinação no Edital)	N	SIM (Unidades que não participam do CAG). Reposição dos Sistemas Atuais	-	-
Reserva de Prontidão	M (Usinas não despachadas por razões sistêmicas)	M	N	-	SIM (Consumo de Combustível)	-
Suporte de Reativo (Gerador)	M	M	N	-	-	-
Suporte de Reativo (Unidade geradora Operando como Compensador Síncrono)	M	M (A partir de determinação no Edital)	S	SIM (Unidades que não estejam operando como CS). Reposição dos Sistemas Atuais	SIM (Tarifa de Serviços Ancilares – TSA)	SIM (ONS e MAE deverão elaborar Procedimento Específico)
Black Start	M	M (A partir de determinação no Edital)	N	SIM (Unidades em operação que não possuam Black Start). Reposição dos Sistemas Atuais	-	43-