

Implementação do Controle Automático de Geração em um Simulador para Análise de Sistemas de Energia Elétrica

David Rodrigues Parrini

Orientadora: Tatiana Mariano Lessa de Assis

Jornada Giulio Massarani de Iniciação Científica,
Tecnológica, Artística e Cultural 2015



Departamento de Engenharia Elétrica
Escola Politécnica
Universidade Federal do Rio de Janeiro



11/11/2015

Tópicos

Sobre o Trabalho

Introdução

Objetivos

Desenvolvimento

Aplicação e Resultados

Conclusões e Trabalhos Futuros

Sobre o Trabalho

- Aplicação do Projeto de Graduação:

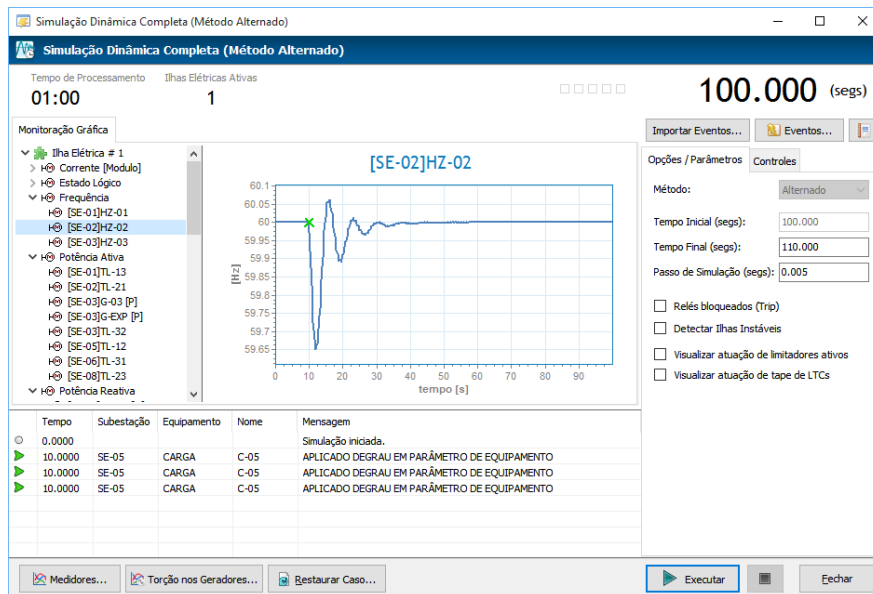
Implementação e Desenvolvimento de um Sistema de Comunicação no Simulight

- Desenvolvido no **LASPOT**
(Laboratório de Sistemas de Potência)
- Agradecimentos ao **CNPq**

Sobre o Trabalho



- Simulador de Sistemas de Energia
- Desenvolvido na COPPE
- Implementado em C++ com Orientação à Objetos



Tópicos

Sobre o Trabalho

Introdução

Objetivos

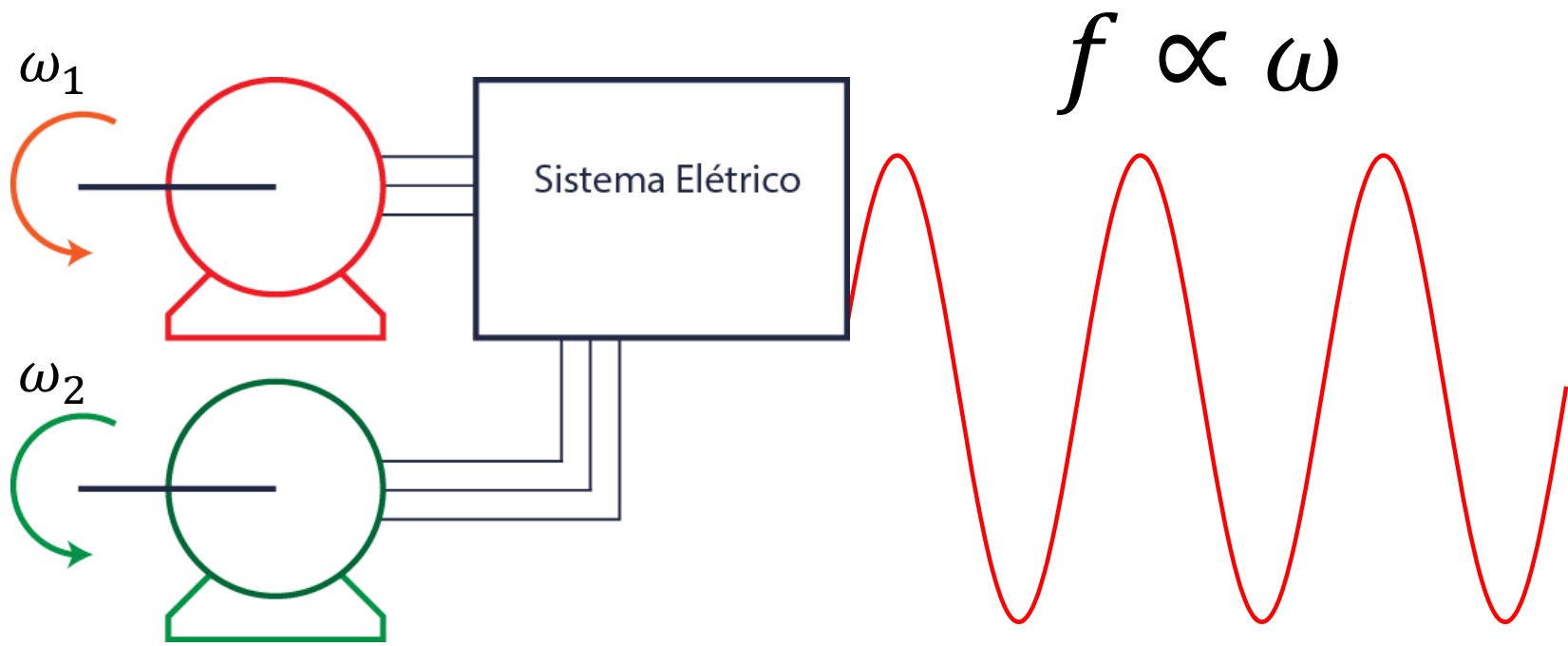
Desenvolvimento

Aplicação e Resultados

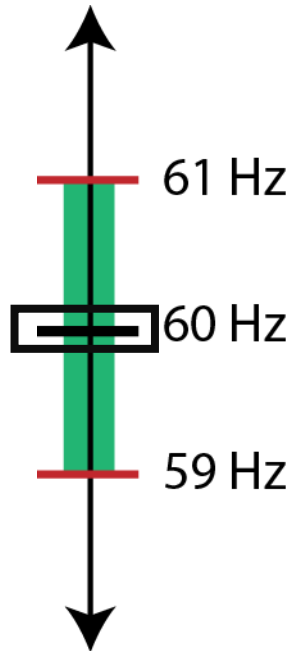
Conclusões e Trabalhos Futuros

Introdução

Máquinas rotativas em sincronismo

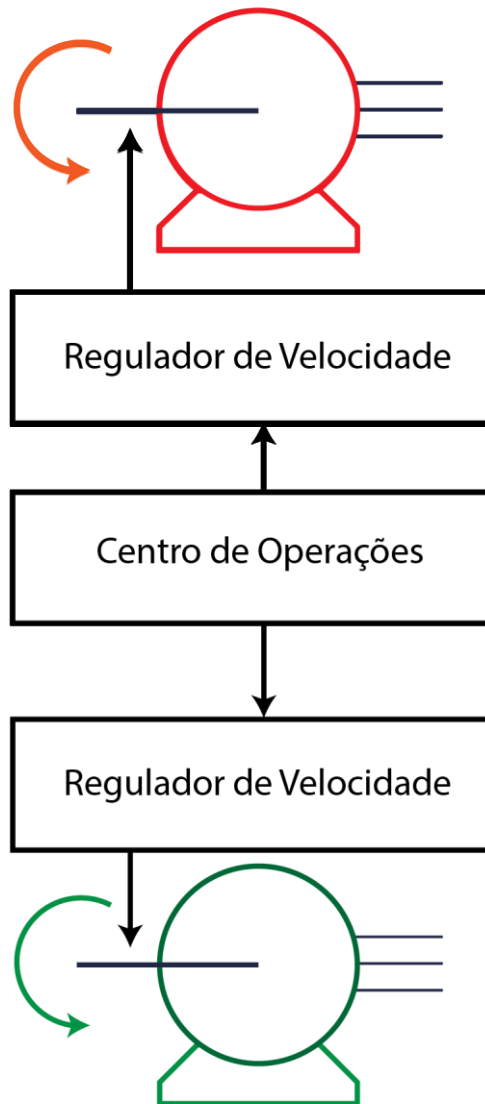


Introdução



- Limites de Segurança para a Frequência
- Sub/Sobrefrequência pode danificar equipamentos
- Solução: Regulação de Velocidade das máquinas

Introdução



$$\frac{d\omega}{dt} \propto P_{mec} - P_{ele}$$

1. Ajustar o despacho (P_{mec})
2. Atender a demanda (P_{ele})

Tópicos

Sobre o Trabalho

Introdução

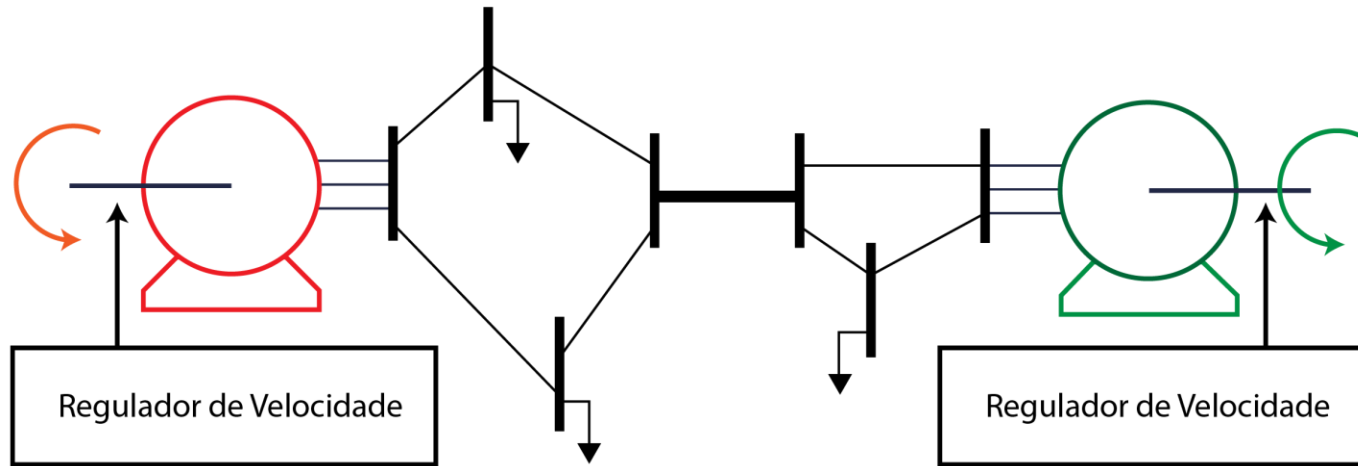
Objetivos

Desenvolvimento

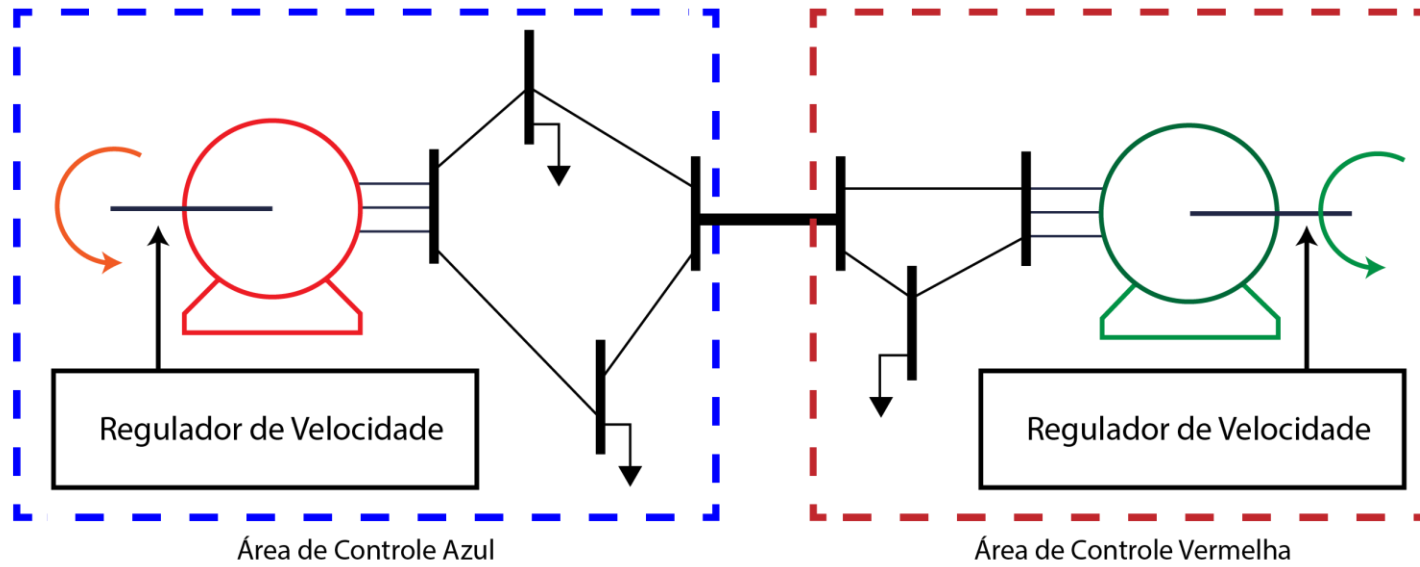
Aplicação e Resultados

Conclusões e Trabalhos Futuros

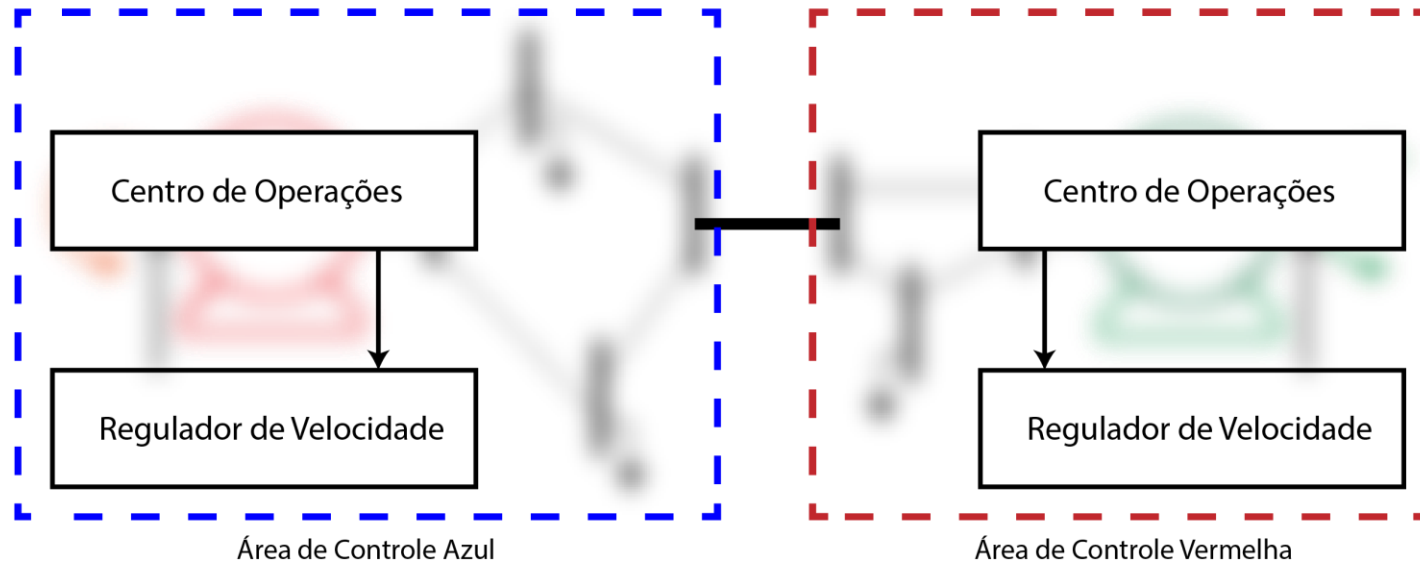
Objetivos



Objetivos



Objetivos



1. Manter a Frequência em 60 Hz
2. Manter o intercâmbio de potência entre áreas agendado

Objetivos

Controle Automático de Geração (**CAG**)

1. Manter a Frequência em 60 Hz
2. Manter o intercâmbio de potência agendado entre áreas

Tópicos

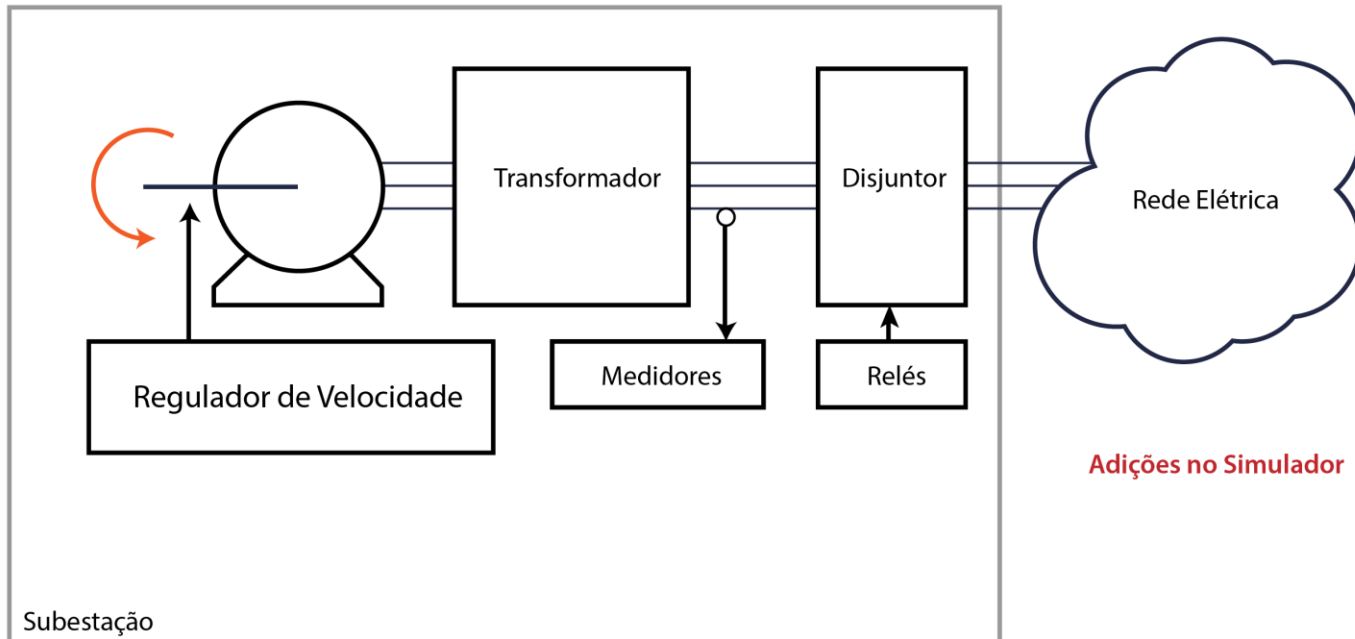
- Sobre o Trabalho
- Introdução
- Objetivos
- Desenvolvimento
- Aplicação e Resultados
- Conclusões e Trabalhos Futuros

Desenvolvimento

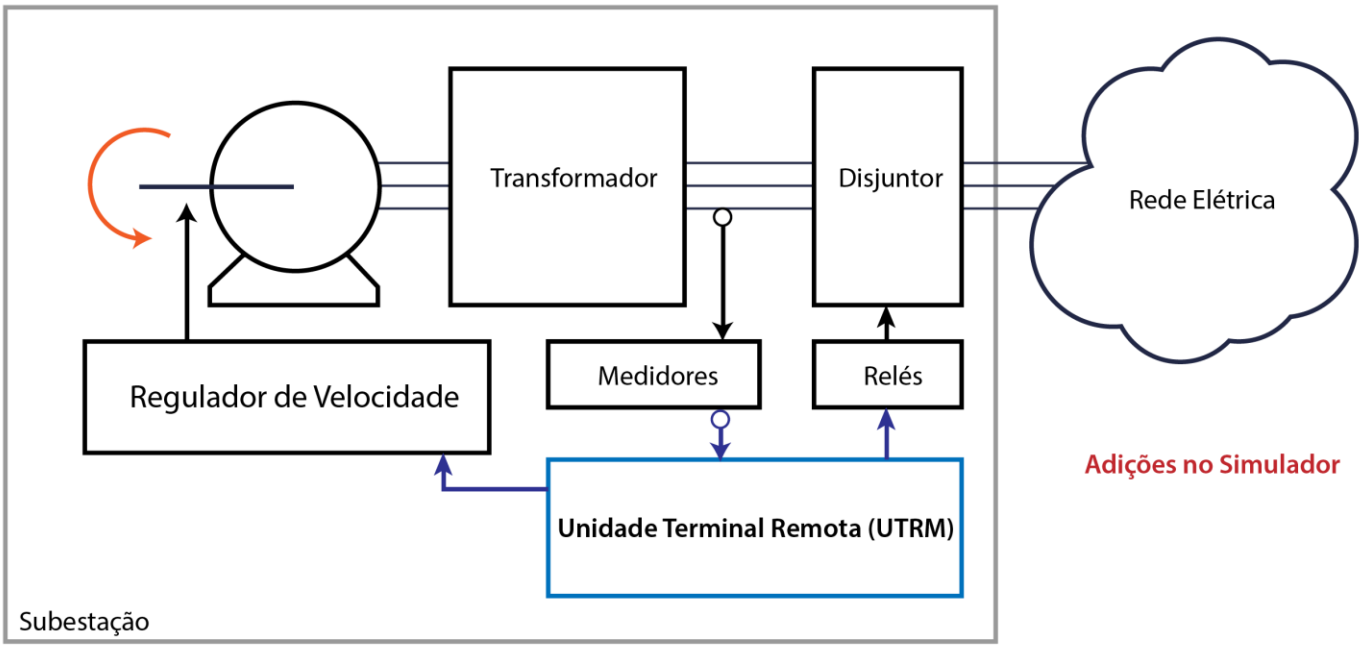
Trabalho desenvolvido:

- Foram feitas algumas adições no Simulador
- Implementados modelos de **CAG** e outros controles

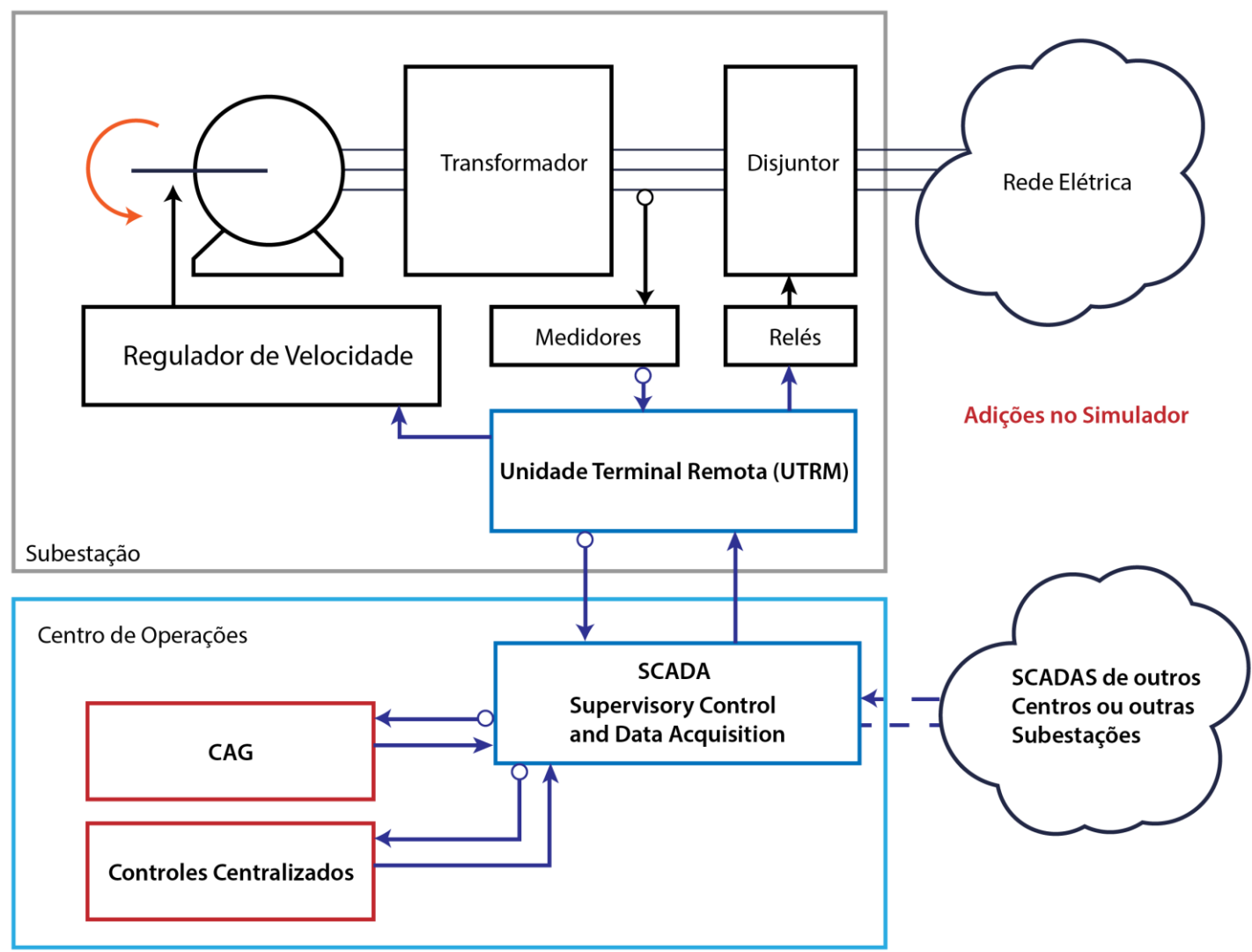
Desenvolvimento



Desenvolvimento



Desenvolvimento



Desenvolvimento

Estágios da Regulação de Velocidade

1. Regulação Primária

Estabilizar a velocidade (torna-la constante).

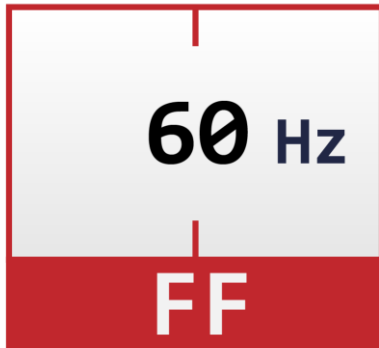
Controle Local. Diferente em diferentes tipos de geradores.

2. Regulação Secundária (**CAG**)

Ajustar a velocidade para que se mantenham os 60 Hz de Frequência.

Controle Remoto.

Desenvolvimento Modos do **CAG**



1. *Flat-Frequency (FF)*
Restabelecer 60 Hz.

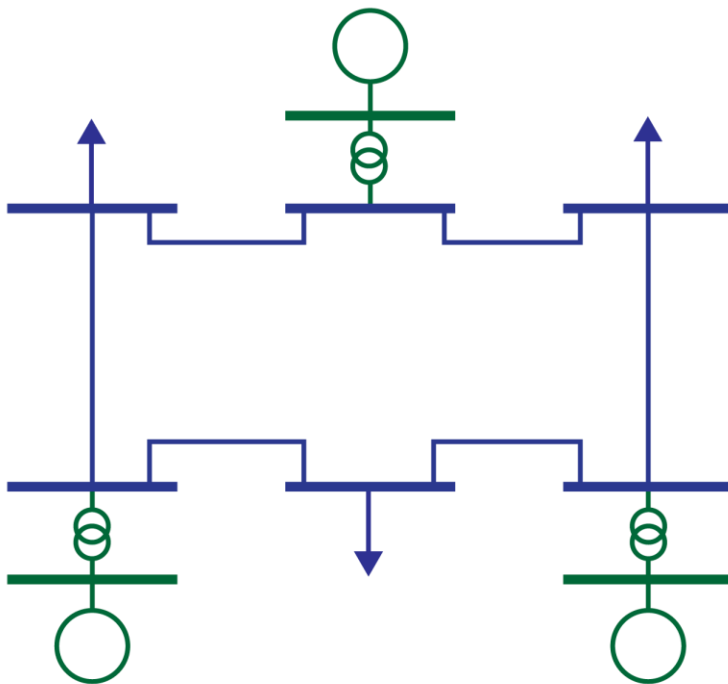


2. *Tie-Line Bias (TLB)*
Restabelecer 60 Hz e
intercâmbio líquido de
energia.

Tópicos

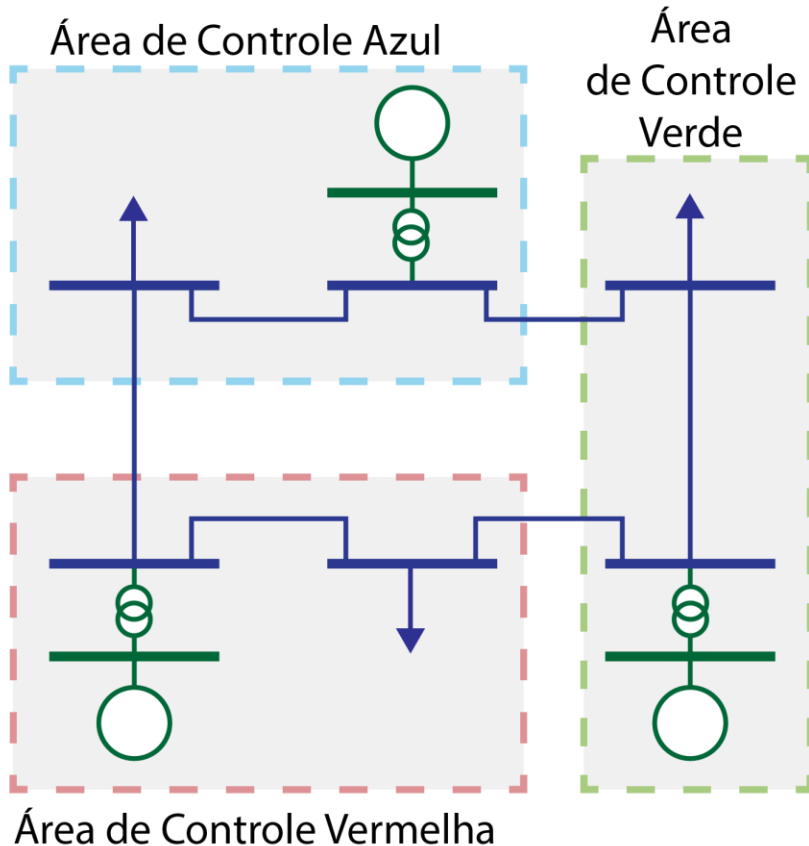
- Sobre o Trabalho
- Introdução
- Objetivos
- Desenvolvimento
- Aplicação e Resultados
- Conclusões e Trabalhos Futuros

Aplicação



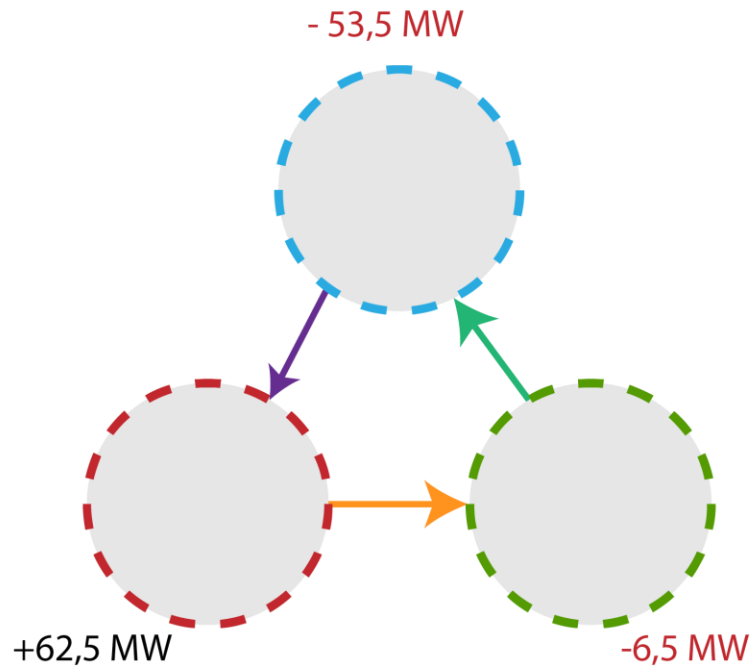
- Sistema trifásico balanceado
- 3 unidades geradoras – duas térmicas e uma hidrelétrica
- Baseado no equivalente de 9 barras do Western System Coordinating Council (WSCC)

Aplicação



- Sistema trifásico balanceado
- 3 unidades geradoras – duas térmicas e uma hidrelétrica
- Baseado no equivalente de 9 barras do Western System Coordinating Council (WSCC)
- Dividido em 3 Áreas de Controle

Aplicação

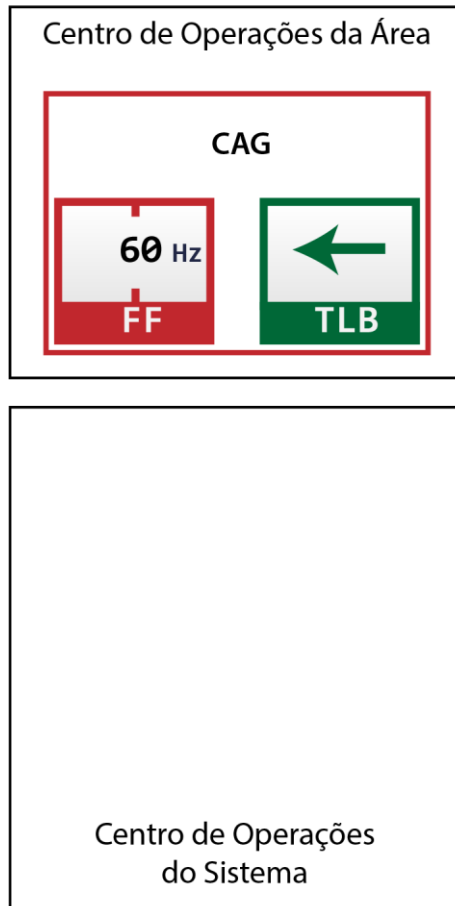


Perdas na transmissão: 2,5 MW

- Cada área possui uma demanda e uma geração
- Intercâmbio Líquido:

$$P_{net} = P_{gerado} - P_{demanda}$$

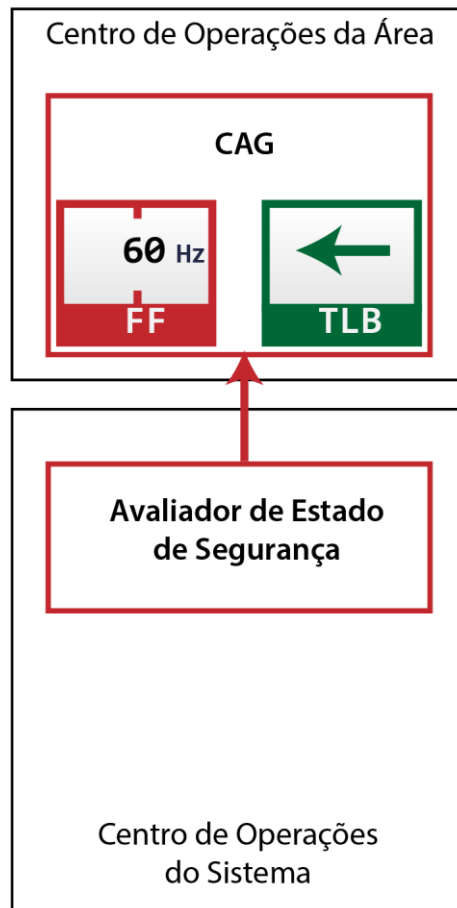
Aplicação



Controles Remotos Centralizados

- Cada área de controle possui um **CAG**

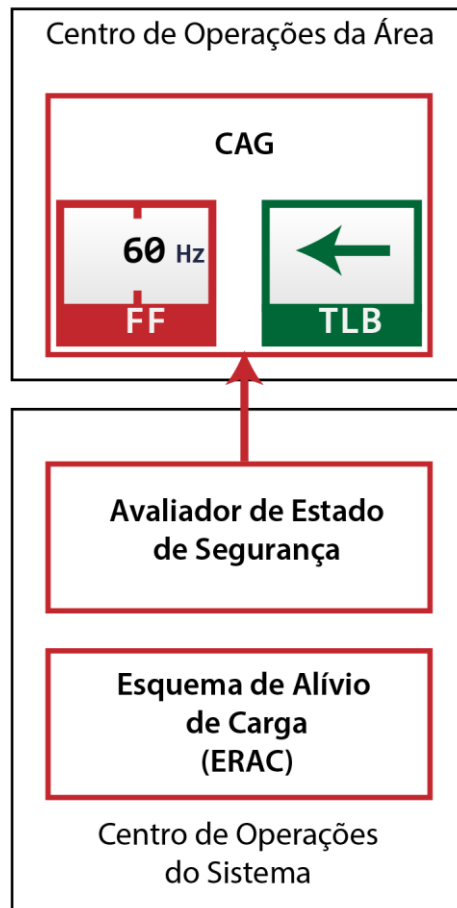
Aplicação



Controles Remotos Centralizados

- Cada área de controle possui um **CAG**
- O avaliador de estado do Centro de Operações do Sistema pode desabilitar o **CAG** das áreas.

Aplicação



Controles Remotos Centralizados

- Cada área de controle possui um **CAG**
- O avaliador de estado do Centro de Operações do Sistema pode desabilitar o **CAG** das áreas.
- Para casos mais severos de **subfrequência**, um corte de carga pode ser feito pelo **ERAC**.

Resultados

Simulações:

- Aumento de carga de 25% na área **Azul, CAG:**
 1. No modo **FF** (*Flat-Frequency*)
 2. No modo **TLB** (*Tie-Line Bias*)
 3. No modo **TLB** com uma interligação aberta
 4. No modo **TLB** com perda de geração de área

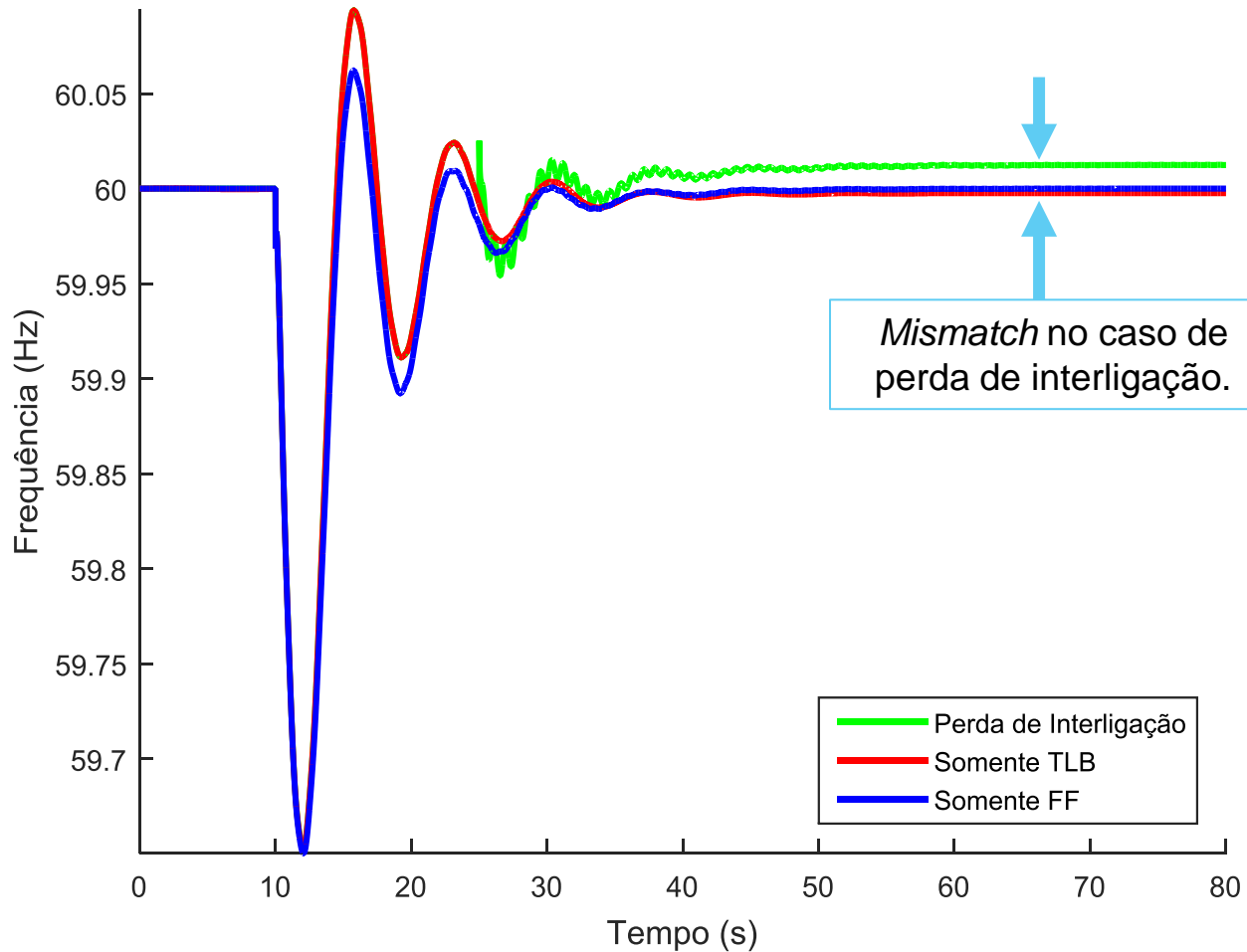
Resultados

Observações:

- Controles Rápidos
- Distúrbios severos
- Facilitar a visualização

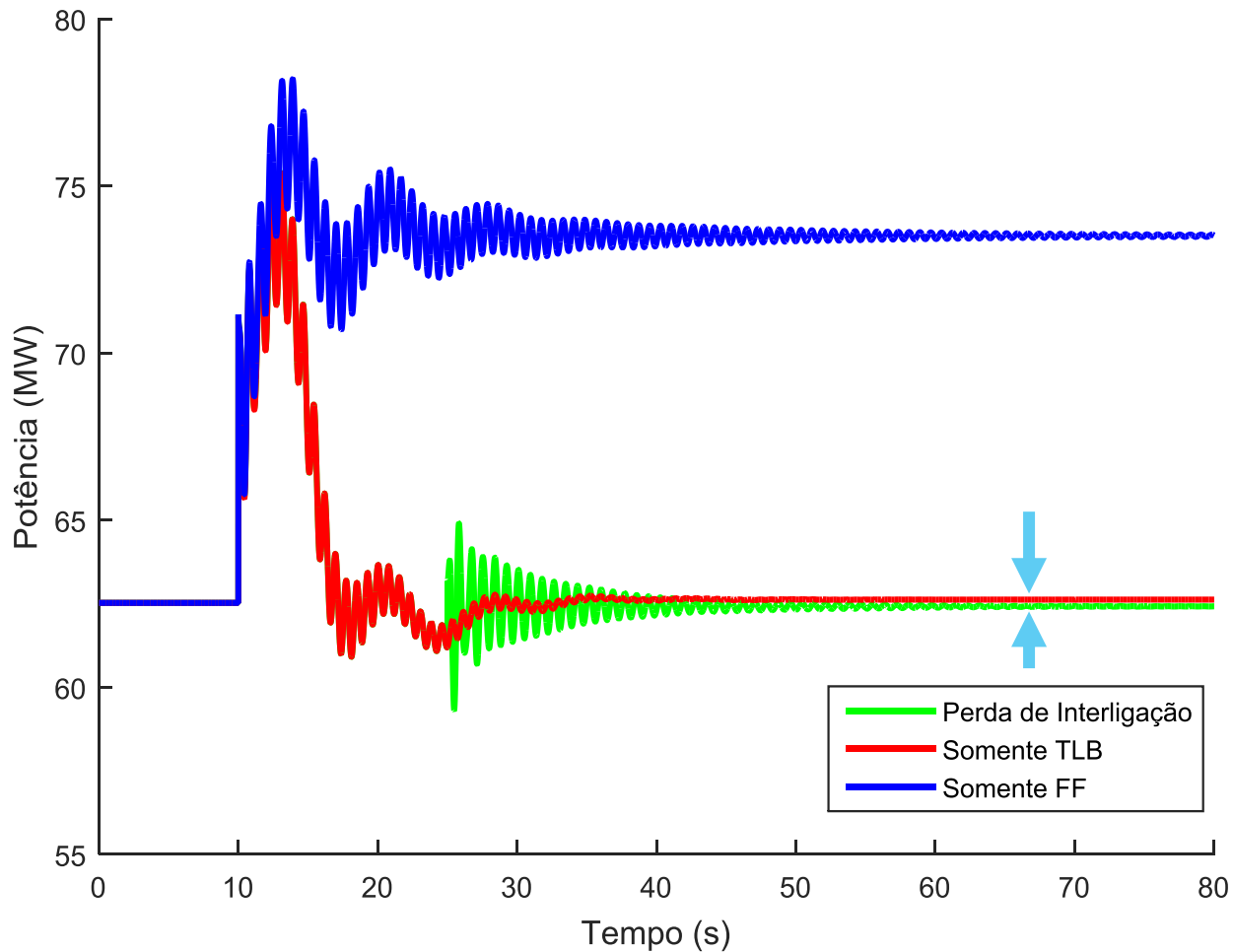
Resultados

Casos 1, 2 e 3 – Frequência (área azul)



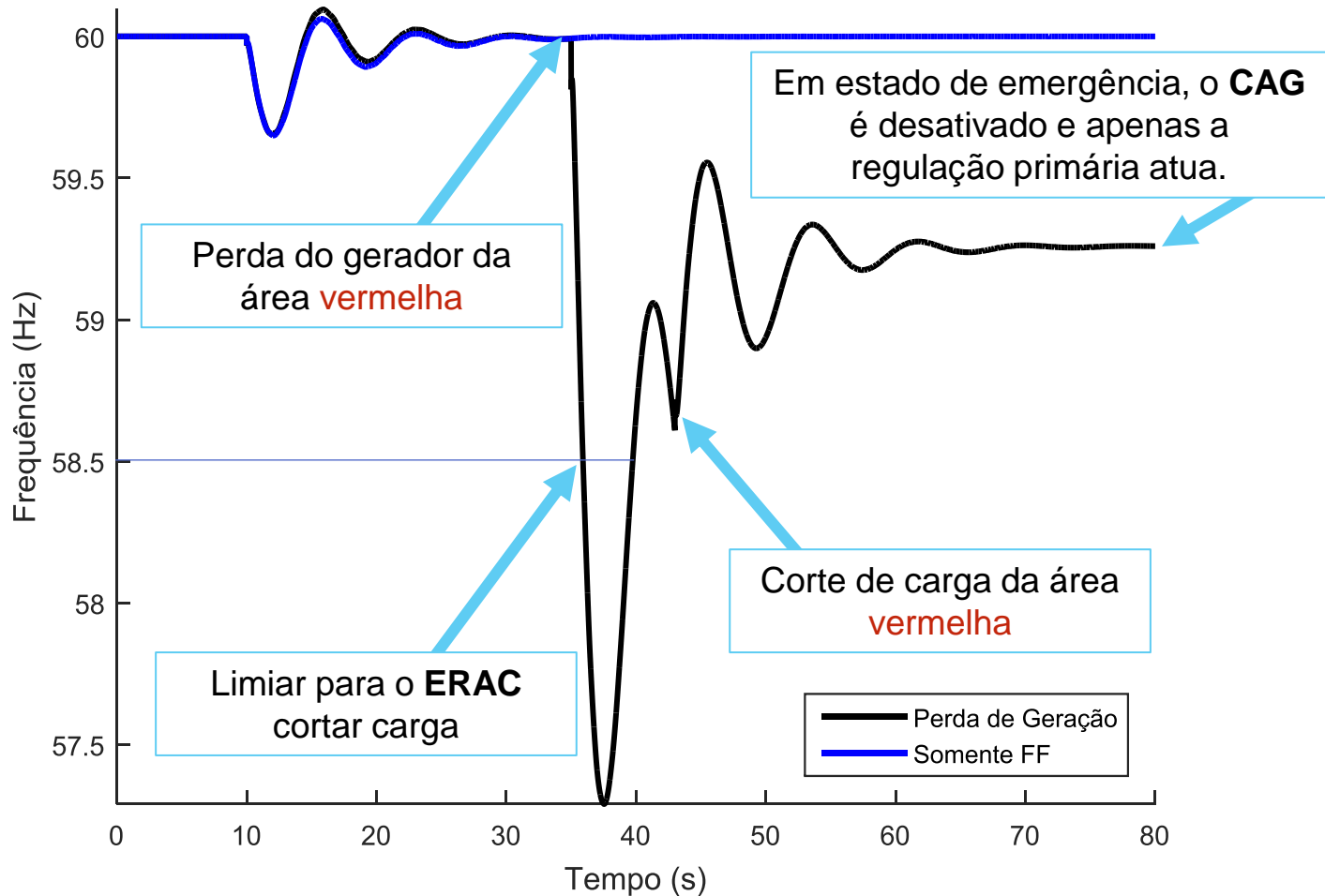
Resultados

Casos 1, 2 e 3 – Intercâmbio Líquido (área vermelha)



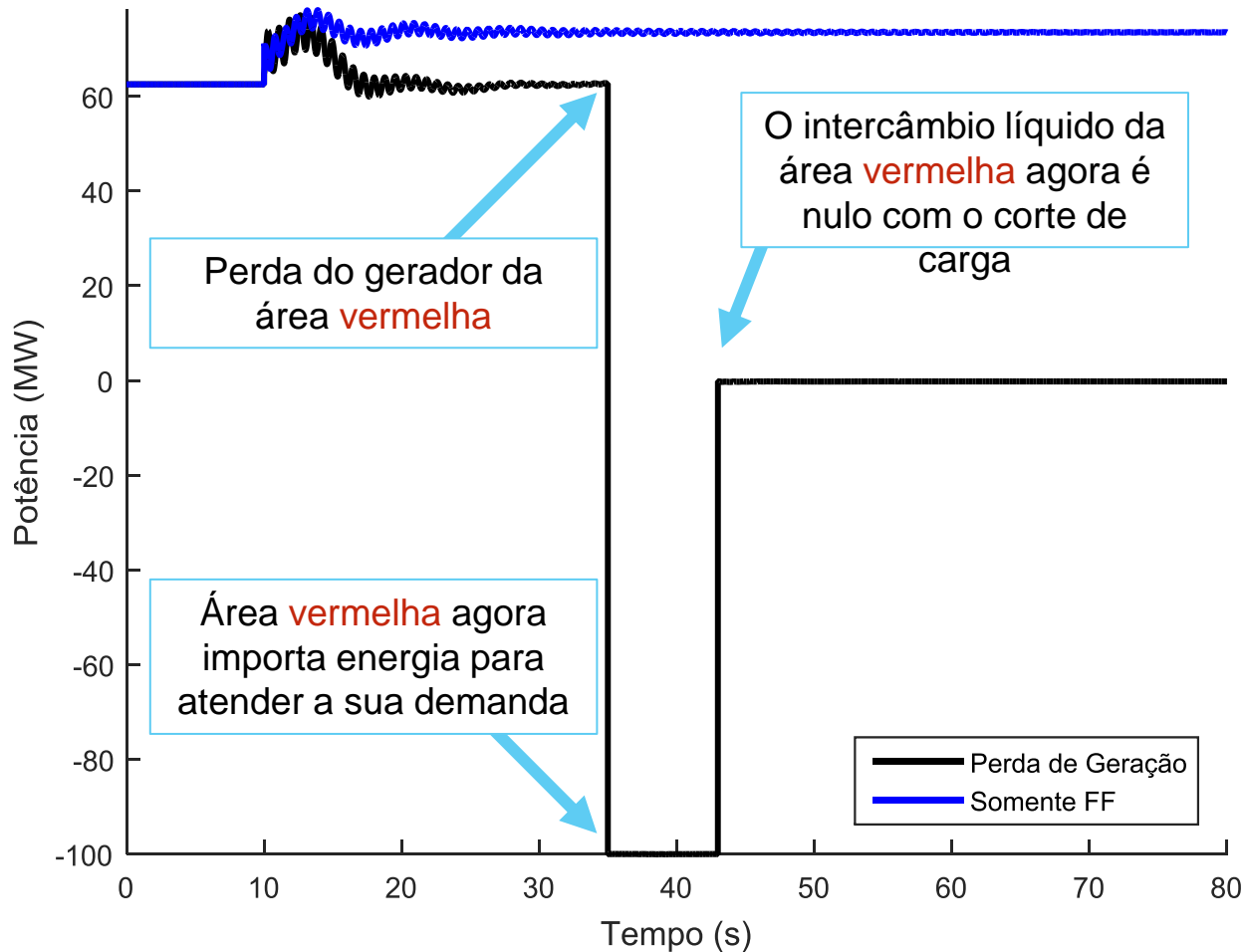
Resultados

Casos 1 e 4 – Frequência (área azul)



Resultados

Casos 1 e 4 - Intercâmbio Líquido (área vermelha)



Tópicos

- Sobre o Trabalho
- Introdução
- Objetivos
- Desenvolvimento
- Aplicação e Resultados
- Conclusões e Trabalhos Futuros

Conclusão

- › Permite simular um controle importante, utilizado no **Sistema Interligado Nacional (SIN)**
- › Modelagem de partes importantes dos sistemas de energia:
 - › Sistemas de Comunicações
 - › Centros de Operações
 - › Controles Centralizados
- › Esquemas remotos e sistêmicos de controle e proteção

Trabalhos Futuros

- › Implementar:
 - › Área de Controle com Geração Eólica e/ou Fotovoltaica.
 - › Esquemas adaptativos de **CAG**.
 - › Novos controles de proteção.

Obrigado!



Centro de Operações NE do ONS. Foto/Divulgação: CEPEL (obtido em 08/11/2015)