

# PEA5918 – Redes Elétricas Inteligentes e Microrredes (*Smart Grids* e *Microgrids*)

## Métodos Avançados de Controle

Giovanni Manassero Junior

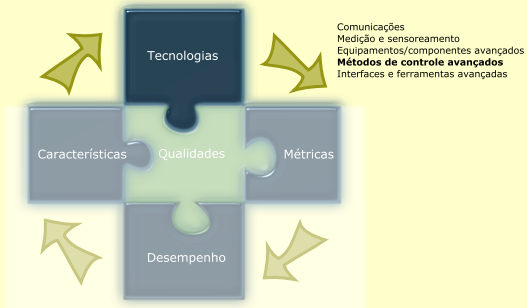
Depto. de Engenharia de Energia e Automação Elétricas  
Escola Politécnica da USP

6 de junho de 2017

# Tecnologias

## Viabilização das características

- As tecnologias chave, capazes de implementar as características básicas das redes elétricas inteligentes estão ilustradas a seguir.



# Métodos avançados de controle

## Introdução

- Métodos avançados de controle consistem nos dispositivos, sistemas e algoritmos capazes de:
  - Analisar, diagnosticar e prever as condições operativas das redes elétricas;
  - Determinar as melhores soluções para os problemas, quando da sua ocorrência;
  - Efetuar ações corretivas automatizadas para mitigar esses problemas e minimizar blecautes e eventos de qualidade de energia elétrica.

# Métodos avançados de controle

## Introdução

- Esses métodos estão relacionados com as demais tecnologias que podem viabilizar as redes elétricas inteligentes:
  - Monitoramento dos ativos (sensoreamento e medição);
  - Tomada de ações preventivas e corretivas (sistemas integrados de comunicação e componentes e equipamentos avançados);
  - Avaliação do estado operativo das redes elétricas (ferramentas de interface e decisão).

# Estado atual

## Métodos avançados de controle

- A infraestrutura de comunicação atual é bastante limitada, bem como os dispositivos de sensoriamento e medição;
- Nesse contexto, não há como viabilizar métodos avançados de controle de maneira extensiva nas redes elétricas;
- O processo de automação das subestações de transmissão e distribuição contribuiu para o desenvolvimento de métodos de controle, que utilizam informações coletadas no local;
- O processo de automação das redes de distribuição consiste na integração dos dados coletados nos alimentadores com os sistemas SCADA das subestações.

# Estado atual

## Métodos avançados de controle

- Atualmente há métodos avançados de controle disponíveis no mercado e em desenvolvimento;
- Esses métodos podem ser divididos em algumas áreas:
  - Agentes de *software* distribuídos;
  - Ferramentas analíticas;
  - Ferramentas operacionais.

# Métodos avançados de controle

## Agentes de *software* distribuídos

- Agentes de *software* são uma evolução das técnicas de inteligência artificial distribuída e inteligência artificial paralela;
- São *softwares* que atuam localmente, possuem a capacidade de comunicação com outros agentes, e de aprendizado;
- Possuem as seguintes características:
  - Persistência: o código é executado continuamente e é capaz de decidir quando deve realizar alguma atividade (não é executado sob demanda);
  - Autonomia: os agentes têm capacidade de seleção e priorização das tarefas, com a conseqüente tomada de decisões sem intervenção humana;

# Métodos avançados de controle

## Agentes de *software* distribuídos

- Possuem as seguintes características (cont.):
  - Sociabilidade: os agentes são capazes de envolver outros elementos através de algum tipo de comunicação para colaborar em uma tarefa;
  - Reatividade: os agentes percebem em que contexto operam e podem reagir a ele, adequadamente.
- Agentes de *software* distribuídos podem desempenhar diversas funções de supervisão, automação, controle e proteção;
- A seguir são apresentadas algumas dessas funções.



# Agentes de *software* distribuídos

## Proteção de sistemas elétricos

- Agentes de *software* distribuídos podem desempenhar funções de proteção dos sistemas elétricos. Sendo assim:
  - Efetuam a medição das grandezas de interesse, analisam os dados e iniciam as ações de controle para a proteção dos sistemas;
  - Utilizam formas de comunicação para garantir que a coordenação entre os dispositivos de proteção seja mantida de maneira adequada;
  - São capazes de modificar seus ajustes internos no caso de reconfiguração automática das redes elétricas.

# Agentes de *software* distribuídos

## Determinação da capacidade dinâmica da transmissão/distribuição

- Agentes de *software* distribuídos podem ser utilizados na determinação da capacidade dinâmica da transmissão/distribuição. Sendo assim:
  - Utilizam formas de comunicação para obter dados de medidores e sensores instalados nas redes elétricas;
  - Utilizam formas de comunicação para obter dados sobre as condições meteorológicas;
  - Determinam o carregamento ideal das linhas de transmissão e redes de distribuição em função desses dados.

# Agentes de *software* distribuídos

## Sistemas de gerenciamento de energia

- Agentes de *software* distribuídos podem ser utilizados em sistemas de gerenciamento de energia. Sendo assim:
  - São capazes de monitorar os parâmetros dos sistemas elétricos e os preços praticados pelas concessionárias de energia elétrica;
  - Podem atuar automaticamente de modo a gerenciar o consumo de energia elétrica, utilizando parâmetros como preço e conforto;
  - São compatíveis com programas de resposta pelo lado da demanda baseados na precificação em tempo real.

# Agentes de *software* distribuídos

## Sistemas de gerenciamento de cargas

- Agentes de *software* distribuídos podem ser utilizados em sistemas de gerenciamento de cargas. Sendo assim:
  - São capazes de monitorar as condições operativas dos sistemas elétricos, no que se refere à frequência e nível de tensão;
  - São compatíveis com programas de resposta pelo lado da demanda baseados nas condições operativas dos sistemas elétricos;
  - Podem ser utilizados para controle de cargas de refrigeração, condicionamento de ar, aquecimento, etc.

# Agentes de *software* distribuídos

## Sistemas de controle de equipamentos e dispositivos

- Agentes de *software* distribuídos podem ser utilizados em sistemas de controle de equipamentos e dispositivos. Sendo assim:
  - São capazes de monitorar as condições operativas dos equipamentos e dispositivos de modo a otimizar sua utilização;
  - Podem ser utilizados no controle dos dispositivos FACTS, de modo a garantir o suporte de reativos e a estabilidade de tensão;
  - Podem ser utilizados para minimizar as perdas técnicas nas redes elétricas.

# Métodos avançados de controle

## Ferramentas analíticas

- Ferramentas analíticas são compostas por algoritmos e *softwares* capazes de efetuar o processamento e a análise das mais diversas informações;
- São ferramentas fundamentais para a implantação de métodos avançados de controle;
- A seguir são apresentadas algumas dessas ferramentas:
  - Monitoramento, simulação, predição e análise de desempenho;
  - Análise fasorial dos sistemas elétricos;
  - Integração com dados meteorológicos;
  - Localização de faltas;
  - Simulação do mercado de energia elétrica.

# Ferramentas analíticas

## Monitoramento, simulação, predição e análise de desempenho

- Ferramentas de monitoramento, simulação, predição e análise de desempenho são capazes de:
  - Monitorar dados de interesse (p. ex. tensões, correntes, frequência, congestionamento das redes, etc.) de modo a antecipar possíveis anormalidades;
  - Antecipar a resposta do sistema caso algum equipamento seja forçado a sair de serviço;
  - Validar os dados obtidos em campo com os modelos analíticos e de simulação, de modo a melhorar seu desempenho;
  - Otimizar os planos de restauração do sistema após distúrbios.

# Ferramentas analíticas

## Análise fasorial dos sistemas elétricos

- Ferramentas de análise fasorial dos sistemas elétricos de potência são capazes de:
  - Monitorar os valores de tensões, correntes e potências;
  - Avaliar as oscilações de potência no sistema, de modo a identificar possíveis instabilidades;
  - Efetuar a estimação do estado operativo dos sistemas de potência para determinar a probabilidade de ocorrência de situações de emergência;
  - Calcular o fluxo de potência em tempo real, com o objetivo de reduzir o congestionamento dos sistemas, melhorar as margens de estabilidade, etc.



# Ferramentas analíticas

## Integração com dados meteorológicos

- Ferramentas de integração dos dados meteorológicos aos demais sistemas são capazes de:
  - Avaliar as possibilidades de ocorrências nas redes elétricas, decorrentes de causas naturais (chuvas, ventos e descargas atmosféricas);
  - Efetuar estimativas acerca do perfil de consumo de energia elétrica em função da previsão meteorológica (p. ex. condicionamento de ar nos dias quentes e aquecimento nos dias frios).

# Ferramentas analíticas

## Localização de faltas

- Ferramentas de localização de faltas em sistemas de transmissão e distribuição são capazes de:
  - Utilizar registros efetuados por IED's para a determinação do ponto de ocorrência da falta;
  - Efetuar o refinamento da solução a partir de dados armazenados em bases de dados acerca da topologia das redes elétricas;
  - Cruzar informações com outros sistemas para identificar possíveis falhas nos sistemas de proteção (disjuntores, IED's, TC's e TP's).

# Ferramentas analíticas

## Simulação do mercado de energia elétrica

- Ferramentas de simulação do mercado de energia elétrica são capazes de:
  - Analisar os aspectos relacionados às atividades de engenharia e ao mercado de energia elétrica;
  - Estabelecer o inter-relacionamento entre desempenho e controle das redes elétricas com os aspectos econômicos;
  - Analisar os sistemas de geração, transmissão e distribuição de forma integrada.

# Métodos avançados de controle

## Ferramentas operacionais

- Ferramentas operacionais são compostas por algoritmos executados local ou remotamente, com o objetivo de garantir a operação segura dos sistemas elétricos de potência;
- A seguir são apresentadas algumas dessas ferramentas:
  - SCADA;
  - Automação de subestações;
  - Sistemas de gerenciamento de energia (operação dos sistemas elétricos de potência e do mercado);
  - Automação da distribuição;
  - Resposta pelo lado da demanda;

# Métodos avançados de controle

## Ferramentas operacionais

- A seguir são apresentadas algumas dessas ferramentas (cont.):
  - Manutenção baseada na condição;
  - Gerenciamento de interrupções;
  - Otimização dos ativos.

# Estado futuro

## Métodos avançados de controle

- Conforme apresentado, há inúmeras ferramentas para a supervisão, automação, controle e proteção dos sistemas elétricos de potência;
- No entanto, essas ferramentas são empregadas de forma bastante limitada e em número reduzido;
- Futuramente, deve ocorrer um processo de sofisticação e integração dessas ferramentas, que pode proporcionar novas funcionalidades e aplicações.

# Estado futuro

## Possibilidades

- O uso extensivo de dispositivos de sensoriamento e medição deve fornecer dados suficientes aos métodos avançados de controle;
- Esses dados podem ser empregados para a determinação das condições operativas das redes elétricas, bem como para a análise de contingências;
- Sistemas especialistas devem converter os dados em informações, para que sejam empregados nas atividades de tomada de decisões;
- Paralelamente, a modelagem e simulação dos sistemas elétricos, com a possibilidade da inclusão da influência das condições atmosféricas e de falhas em equipamentos, deve permitir a elaboração de cenários para estudos.

# Benefícios

## Métodos avançados de controle

- Existem inúmeros benefícios decorrentes do uso de métodos avançados de controle. Dentre esses benefícios pode-se destacar:
  - Aumento na confiabilidade dos sistemas;
  - Recomposição automática após a ocorrência de uma falta;
  - Minimização dos tempos de restabelecimento do fornecimento de energia elétrica;
  - Redução do congestionamento das linhas de transmissão;
  - Monitoramento do fornecimento e do consumo de energia elétrica;
  - Integração dos sistemas de geração distribuída;
  - Implantação de programas de resposta pelo lado da demanda, etc.



# Barreiras

## Métodos avançados de controle

- Para que os métodos avançados de controle sejam efetivamente implantados, é necessário desenvolver os sistemas integrados de comunicação e os dispositivos de sensoriamento e medição;
- Os métodos de controle utilizados atualmente destinam-se, em sua maioria, ao controle local. Portanto, faz-se necessário o desenvolvimento de métodos sistêmicos;
- A integração desses métodos avançados de controle depende de modelos de informação comuns, para que a troca de informações seja transparente para as aplicações.

# Soluções

## Métodos avançados de controle

- Soluções para os problemas de implantação de métodos avançados de controle compreendem aquelas já discutidas nos tópicos “sistemas integrados de comunicação” e “sensoreamento e medição”.