

# *Smart Grids* - Desafios e Oportunidades de Pesquisa em Computação

Flávio G. Calhau

Prof. Dr. Romildo Martins

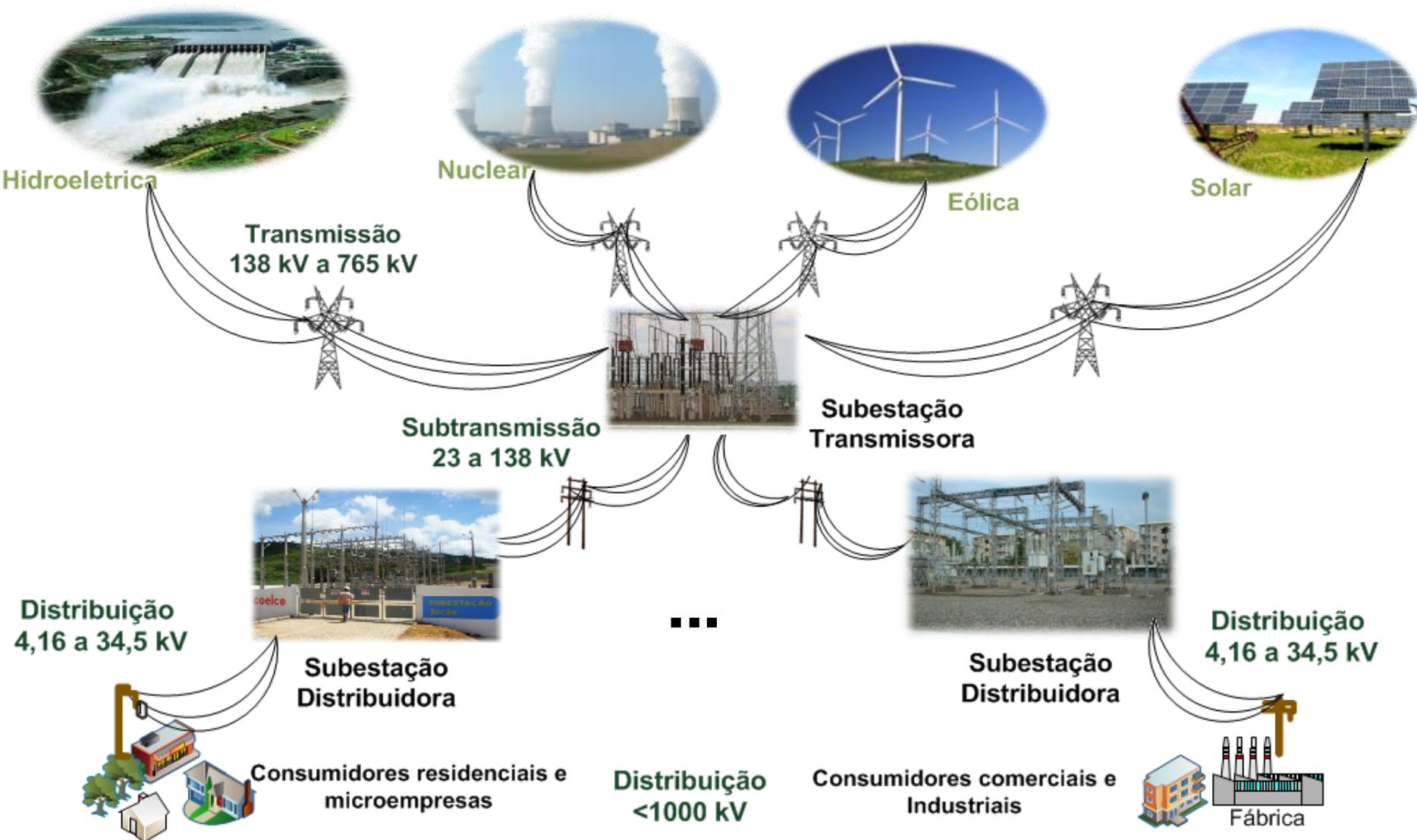
Prof. Dr. Joberto Martins

# Agenda

- Introdução - *Smart Grid*
  - ▣ Conceito e Percepção em Computação
  - ▣ Visão Tecnológica
  - ▣ Aspectos Técnicos
  - ▣ Requisitos
  - ▣ Computação (TIC) no Contexto *Smart Grids*
- *Microgrids* - Geração de Energia Distribuída
- IEC 61850
- Desafios
- Oportunidade de Pesquisas
- Conclusão

# Introdução

## □ Subestações de Geração – 12 a 24kV

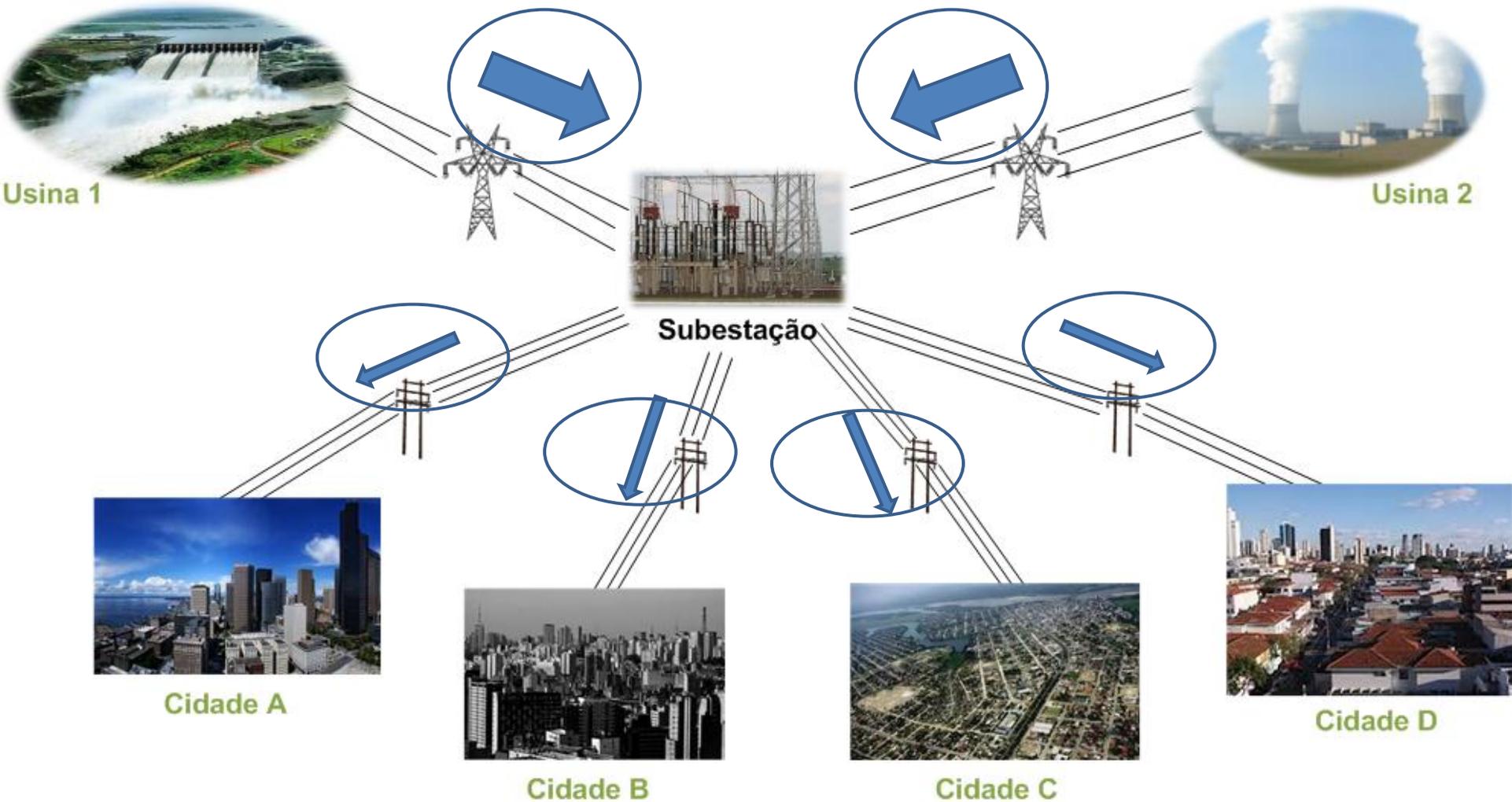


# Introdução

## □ Problemas

- O controle do consumo ainda é manual;
- Baixo nível de automação no controle dos dispositivos da rede;
- Geração muito distante dos grandes centros consumidores;
- Dados pouco detalhados sobre o consumo de energia;
- Dificuldade de integração de novas demandas (como por exemplo, veículos elétricos);
- Dificuldade para integração de fontes de energia de pequeno e médio porte
- Baixa qualidade na energia entregue ao consumidor, devido a falhas nos sistemas de transmissão e de distribuição.

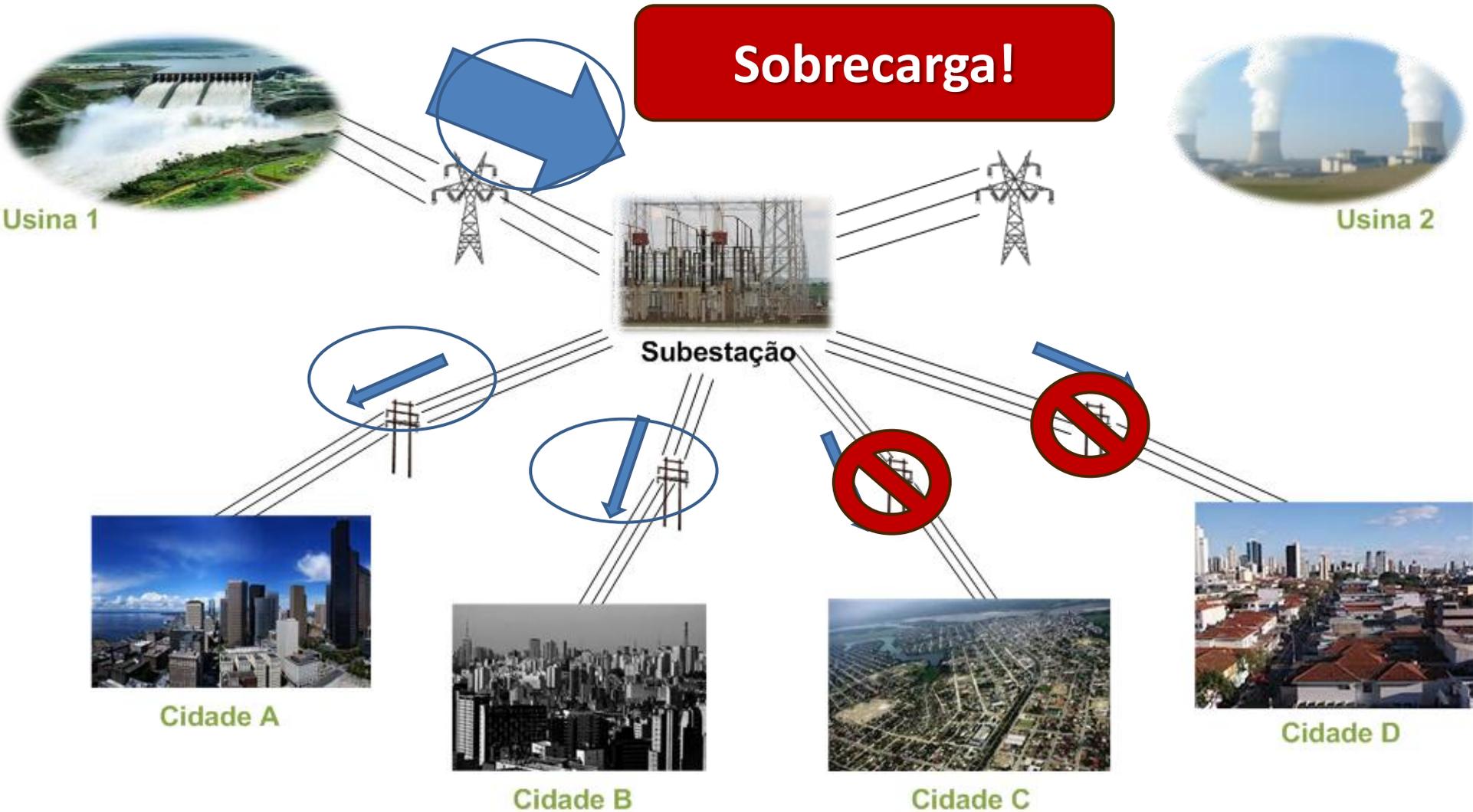
# Introdução



# Introdução



# Introdução



## □ Modernização da Rede Elétrica

- Redução do impacto das falhas no sistema elétrico
- Acidentes, eventos naturais e falhas sempre ocorrerão

## ▣ Soluções

- Identificação rápida de falhas
- Minimizar impacto das falhas reduzindo áreas atingidas

## ▣ Consequências

- Minimizar prejuízos
- Evitar multas por serviço não prestado
- Evitar as consequências do serviço não prestado
- Indústria, comércio, serviços e residências

# Introdução

- Modernização da Rede Elétrica
  - ▣ Integração com fontes alternativas
    - Energia eólica
    - Energia solar
  - ▣ Roteamento energético mais eficiente
    - Redução de Custos
    - Redução do Impacto Ambiental
    - Redução do impacto das falhas, devido à redundância na geração

# Introdução

- Modernização da Rede Elétrica
  - ▣ Monitoramento de consumo automático
  - ▣ Redução de custo para distribuidoras
    - Redução de pessoal nas ruas
    - Detecção de ‘gatos’ e outros problemas
  - ▣ Disponibilidade de dados online para usuários
    - Melhor planejamento do consumo
      - Redução de custos
      - Redução de risco de sobrecarga

# Smart Grids - Conceito e Percepção

- O que é *Smart Grid*?
  - ▣ Uma boa pergunta!
  - ▣ Uma tecnologia?
  - ▣ Algum equipamento?
  - ▣ Uma abordagem / Metodologia?

**Implantação de TIC (Tecnologias da Informação e Comunicação) na rede elétrica incorporando **comunicação bidirecional** e **sistemas computacionais pervasivos** com o intuito de **identificar**, antecipadamente, as falhas, **melhorar o controle**, o **sensoriamento**, a **confiabilidade** e a **segurança**.**

# Smart Grids - Conceito e Percepção

## □ *Smart Grid:*

- Uma rede mais **inteligente** (visão sintética para os sistema elétrico)
- A próxima evolução do sistema elétrico (*Next Generation Electric Power System – NGEPS*)
- Implica em **escolhas** para o usuário: tipo de energia que quer usar e quando quer usar com um possível ganho de custo ou possibilidade de otimização para o usuário final

## □ *Smart Grid & Computação:*

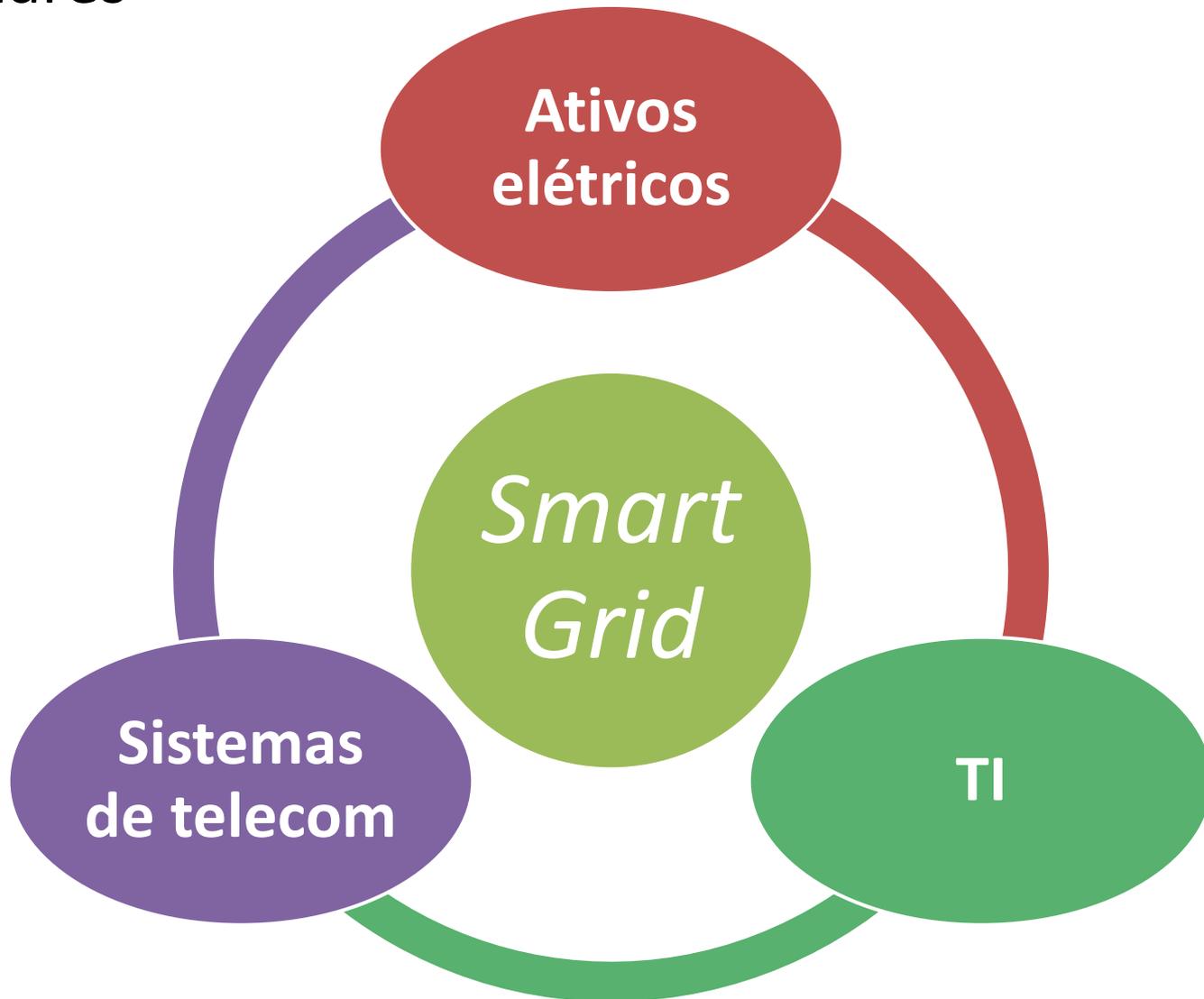
- Necessita **redes de computadores** (*networks*) suportando as redes elétricas/sistemas elétricos
- Novos recursos (sistemas) devem ser introduzidos no sistema elétrico:
  - Mais sensores, mais automação nos processos, estilo de operação com fluxo bidirecional de dados (operadora ← → cliente), outras inovações

# Smart Grids - Conceito e Percepção

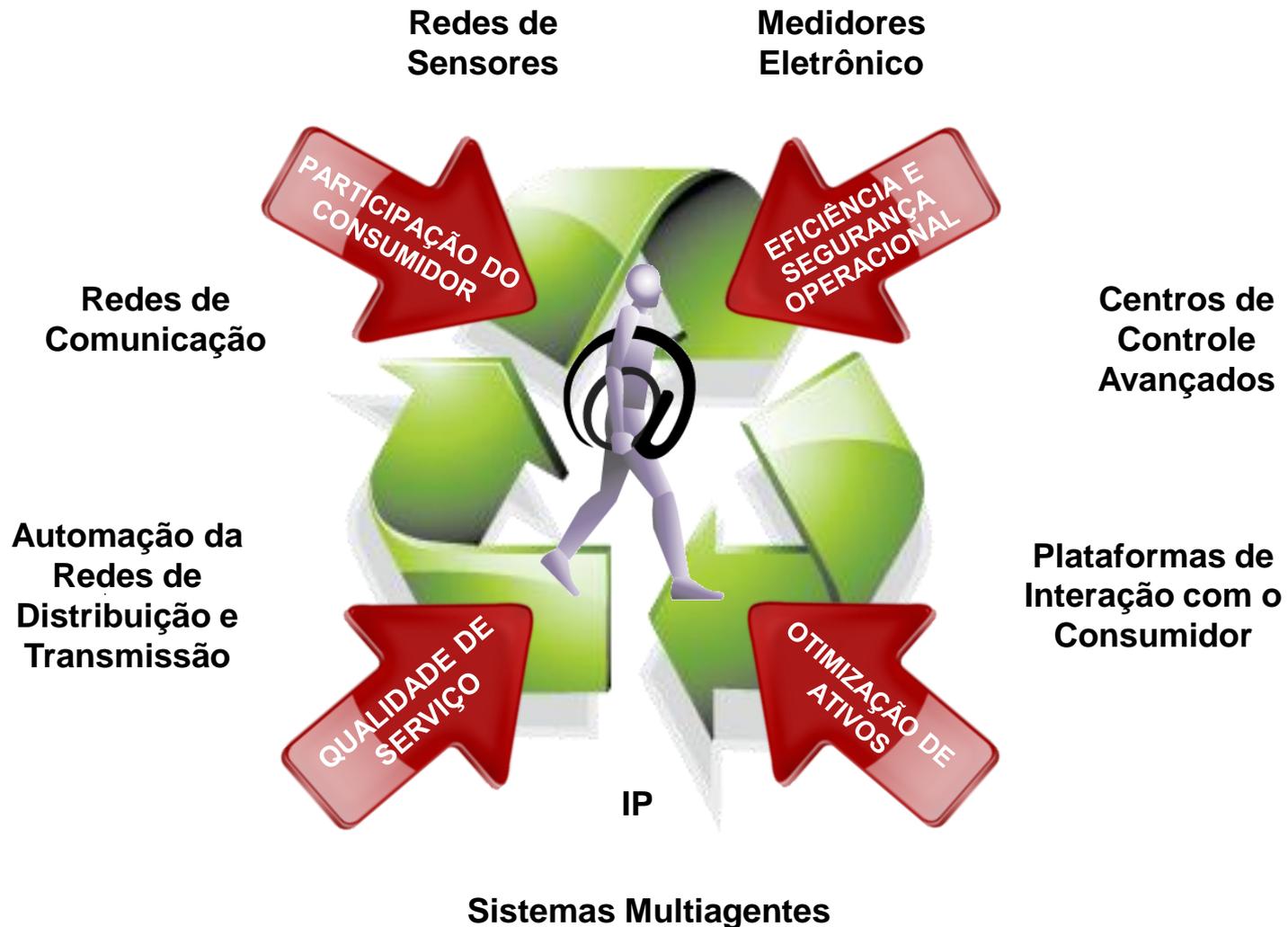
- *Smart Grid do ponto de vista Redes/ Telecom:*
  - ▣ Envolve todos os aspectos/ segmentos do sistema elétrico:
    - Geração, transmissão, distribuição, usuário final (usuário, smart grid residencial, veículos elétricos, outros aspectos envolvidos)
  
- *Iniciativas Smart Grid são, tipicamente, de médio e longo prazo*
  - ▣ Cada caso é um caso → diferentes operadoras com possivelmente diferentes estilos de adoção e implantação do Smart Grid

# Smart Grids - Visão Tecnológica

## □ Pilares



# Smart Grids - Visão Tecnológica



# Smart Grids - Aspectos Técnicos

- Alguns dos aspectos arquiteturais e técnicos inerentes à solução *Smart Grid*:
  - Arquitetura de Rede:
    - TCP/IP atende? Devemos utilizar outras arquiteturas específicas (*field-bus*, redes IEC 61850, ...? Redes Ópticas são uma possível solução? SDN (*Software Defined Networking*) pode ser interessante?
  - Tecnologias de Rede:
    - Quais? Tecnologias distintas por cenário de aplicação do *Smart Grid*?
  - Aplicações:
    - Qual o foco do negócio *Smart Grid* e quais aplicações são relevantes?
  - Segurança:
    - Como garantir uma operação segura num contexto distribuído de rede e telecomunicações
  - Comunicação:
    - Que tipo de modelo de comunicação é necessário ao *Smart Grid*? Bidirecional? Qual o nível de interatividade?

# Smart Grids - Requisitos

- Capacidade - Volume de Dados:
  - ▣ Monitoramento, sensores, medidores domésticos, elementos de atuação, outros
- Parâmetros de Qualidade da Comunicação (QoS: *Quality of Service*; QoE: *Quality of Experience*):
  - ▣ Atrasos, perdas, variação no atraso (*jitter*)
  - ▣ Necessidades coleta de dados e controle de operação em tempo real, sincronização, outras
- Comunicação bidirecional
  - ▣ Necessidade da integração funcional para atuar junto ao usuário
- Segurança
- Disponibilidade e Recuperação de Falhas:
  - ▣ Alta disponibilidade, resiliência, outros

# Smart Grids - Requisitos

- Proteção de subestações – transferência de comandos
  - ▣ Latência inferior à 5 ms
- Leitura e transmissão de dados dos medidores
  - ▣ Intervalos de 15min

# Computação (TIC) no Contexto *Smart Grids*

Uma solução integrada e consistente) são imprescindíveis para *Smart Grid*



Comando



Controle



Monitoramento



Medição



Automação



Geração distribuída

Infraestrutura de  
Telecomunicação + TI

Integração  
da  
Informação

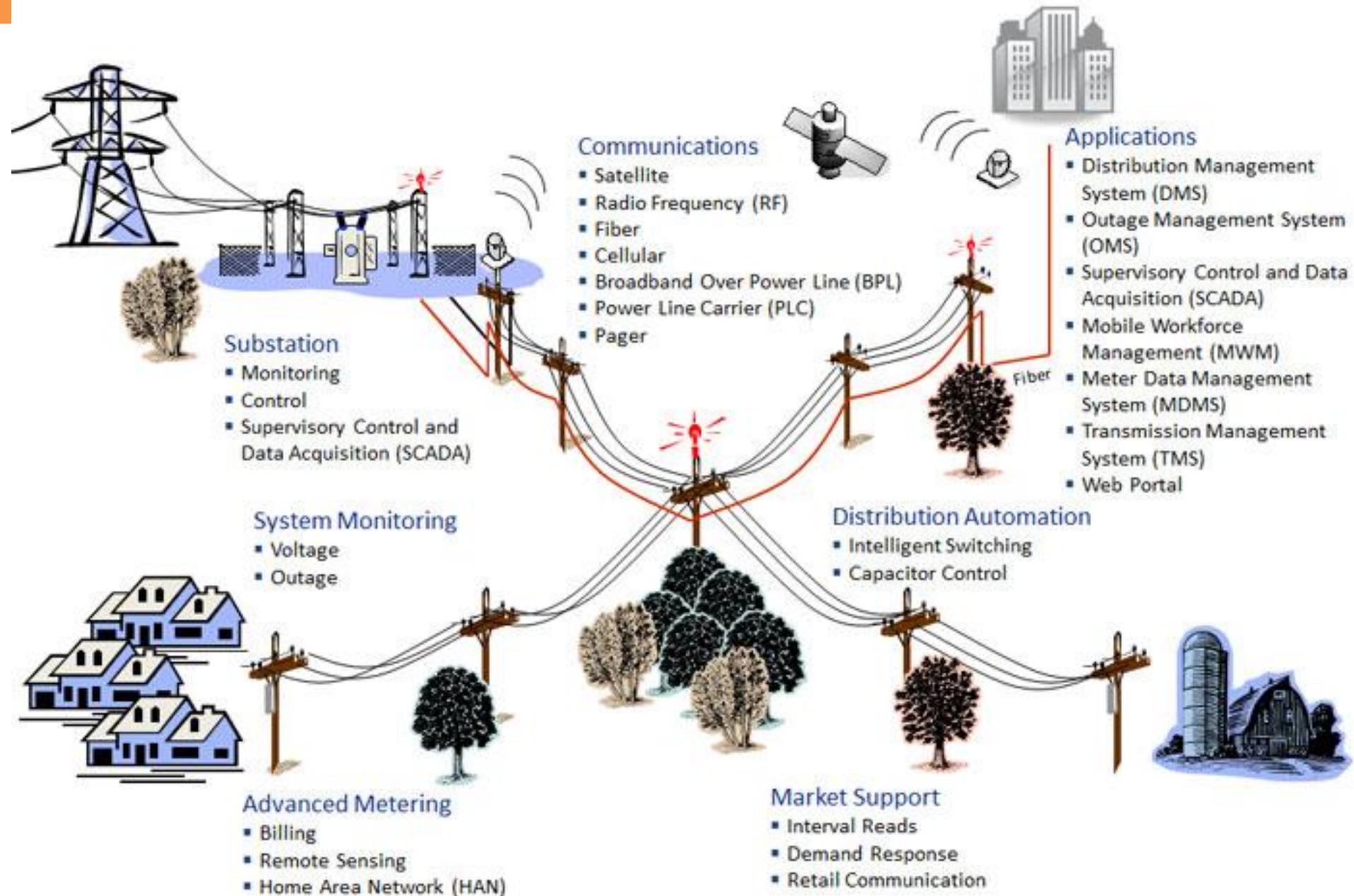
# Computação (TIC) no Contexto *Smart Grids*

- Aplicações (TI): Sistemas de Gestão da Geração, Transmissão e Distribuição; Sistemas de Gestão e Controle de Falhas; Gestão e Controle de Demanda; CRM; Tarifação; Portal; Gestão e Controle de Interconexão com Sistemas; outros
- Monitoração: consumo dos usuários; sensoriamento de equipamentos, rede de transmissão e rede de distribuição; controle de fraude; outros
- Subestação: monitoramento; controle; Sistemas de Aquisição de Dados Controle e Supervisão (SCADA); outros

# Computação (TIC) no Contexto *Smart Grids*

- Redes Backbone (WANs e MANs):
  - ▣ Escopo longa distância e metropolitano
  - ▣ Suporta principalmente a área de TI e a integração dos segmentos Smart Grid (geração, transmissão, distribuição e usuário)
- Redes de aplicação local (LANs):
  - ▣ Escopo maior na área de controle e operação (subestações, escritórios, outros)
- Redes de aplicação local com forte distribuição física:
  - ▣ Escopo maior é a área de monitoração e sensoriamento remoto de equipamentos (distribuição, transmissão e geração)
- Redes de aplicação local focadas no usuário:
  - ▣ HAN – *Home Area Networks*
  - ▣ Foco total no usuário, na automação doméstica e na integração de veículos

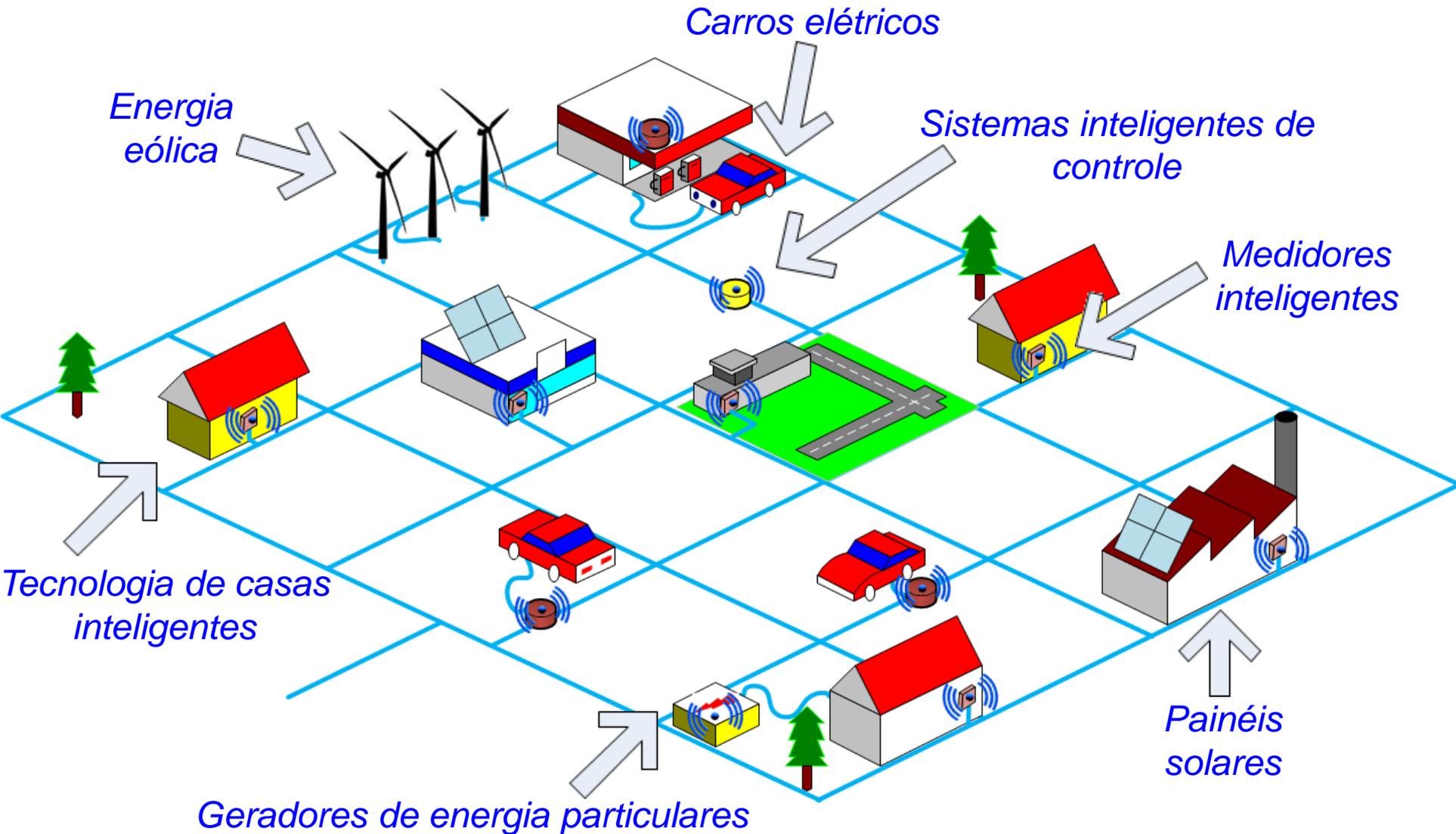
# Smart Grids - Um Cenário



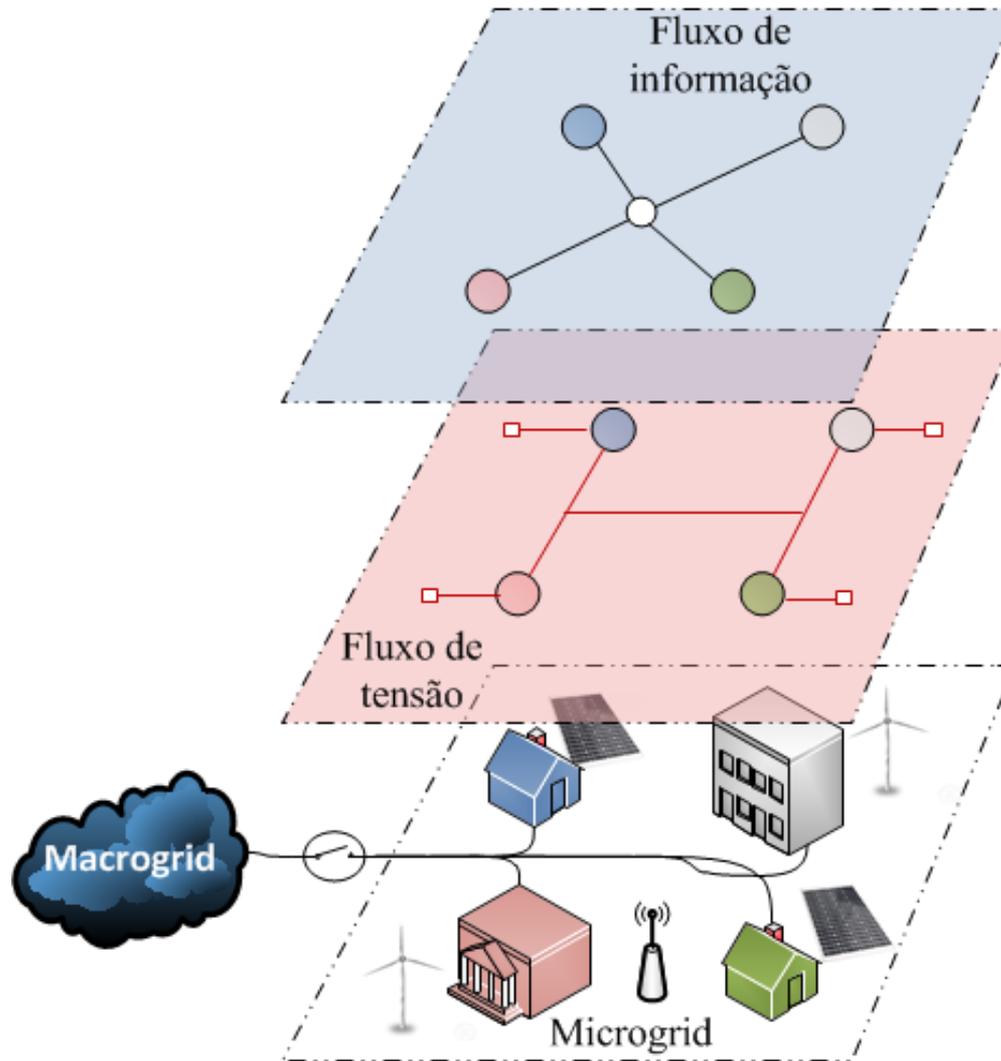
## □ Novo Modelo da Rede Elétrica

- É um sistema de energia limitado regionalmente, constituído por recursos energéticos distribuídos, consumidores e, opcionalmente, armazenamento.
- Opera de forma autónoma, conectada ou não à concessionária
- Atua como um agente único perante a concessionária, agregando os recursos distribuídos.

## □ Novo Modelo da Rede Elétrica



## □ Elementos



- Principal objetivo da norma IEC 61850:
  - Garantir interoperabilidade entre dispositivos de diferentes fabricantes
  - Suportar a evolução de tecnologias
  - Possibilitar a comunicação com alta velocidade e elevada confiabilidade

### □ **Não é um protocolo!**

O IEC 61850 não define máquina de estados, mas um modelo de informação.

**É um modelo que padroniza a comunicação e o sistema de automação de energia**

- O que esse modelo de Informação propõe?
  - Modelagem dos dispositivos de automação da subestação
    - Orientação a objetos
  - Modelagem dos mecanismos de comunicação
    - Troca de mensagens
  - Linguagem de configuração padronizada (SCL)

- Agrupados de acordo com sua área de aplicação mais comum

Ex:

- **TXXX** - Transformadores e Sensores

- **TCTR** - Transformador de Corrente (**C**urrent **T**Ransformer)

- **TVTR** - Transformador de Potencial (**V**oltage **T**Ransformer )

- **XXXX** - Interface com chaves de processo(ex: disjuntores)

- **XCBR** - Chave disjuntor (**C**ircuit **B**Reaker)

- **XSWI** - Chave Seccionadora (switch)

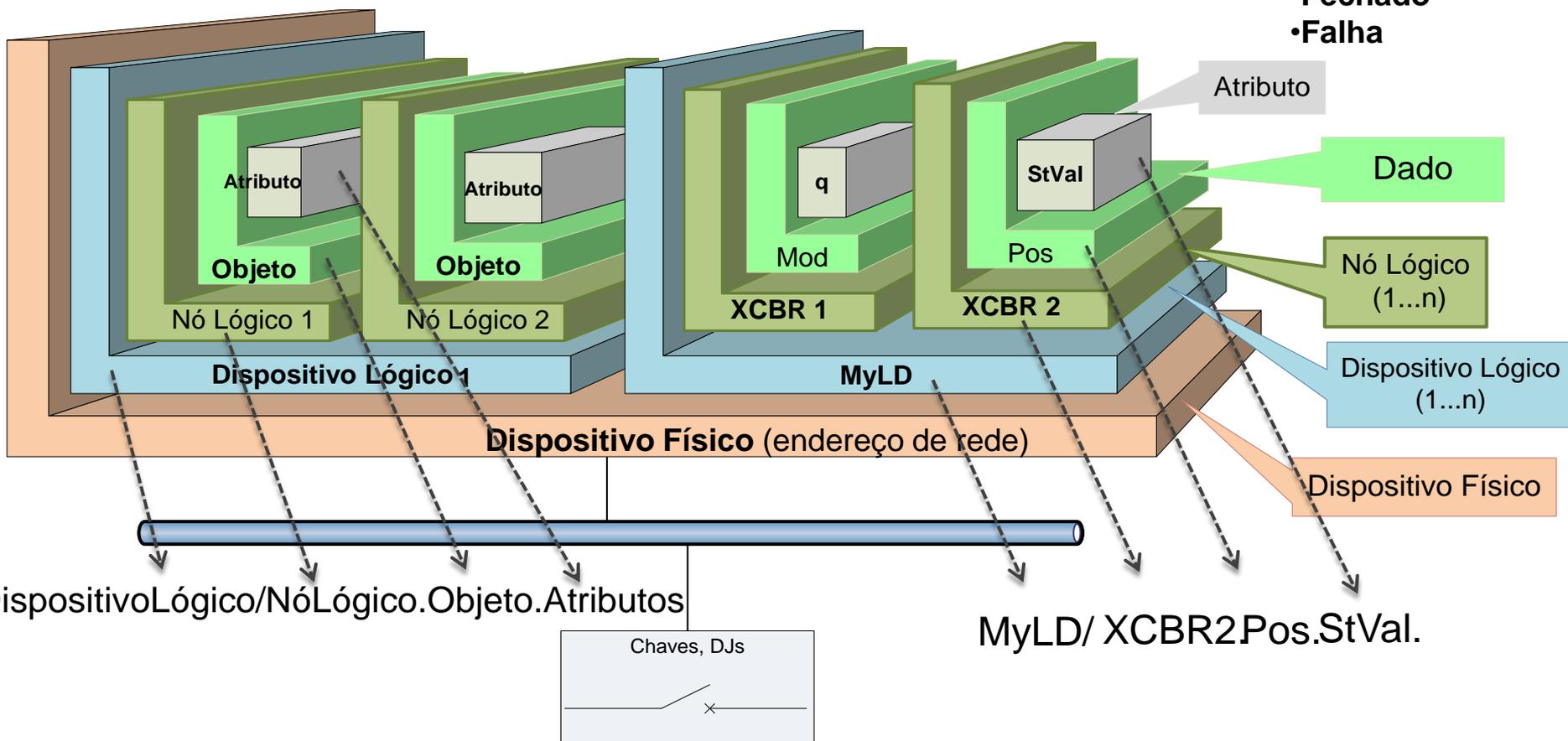
- Sua funcionalidade textualmente descrita

# IEC 61850 - Estrutura e Nome de Objeto

StVal (0,1,2 ou 3)

=

- Intermediário
- Aberto
- Fechado
- Falha



- Que mensagem temos na rede?
  - ▣ Alarme – *prioridade alta*
    - sinais de disparo, bloqueio, intertravamento etc.
  - ▣ Monitoramento e Controle – *prioridade média*
    - estado de equipamentos e controle (Informações operacionais)
  - ▣ Transferências de arquivos – *prioridade baixa*
    - oscilogramas, relatórios de falta etc.

- Requisitos Rígidos de Tempo:
  - ▣ Mensagens rápidas (trips) - 3ms
  - ▣ Comandos, mensagens simples - (20ms)
  
- Mapeada diretamente na camada de enlace
  - ▣ Trafegam apenas dentro da LAN
  - ▣ Possuem apenas endereços MAC
  - ▣ Não possuem IP - não são roteáveis.

- Infraestrutura de telecomunicação
  - ▣ Permitir a integração dos diversos usuários da rede;
  - ▣ Comunicação Bidirecional e Segura
  - ▣ Diferentes requisitos de qualidade de serviço
    - Diferente cenários têm requisitos distintos
  - ▣ Tecnologias de rede e telecomunicações são diversas

# Desafios

- Interoperabilidade na comunicação entre dispositivos inteligentes na rede
  - ▣ Liberdade de inovação e Competitividade
- Requisitos temporais
- Projetar uma rede estruturada de proteção, de supervisão e de monitoramento que dê suporte a controle e gerência eficiente dos recursos da rede

# Desafios

- Comunicação segura (segurança dos dados: disponibilidade, integridade, autenticidade, confidencialidade, ...)
- Comunicação confiável
  - ▣ Confiabilidade da rede
  - ▣ Falhas :
    - Previsão, detecção, recuperação, resiliência, outros aspectos
- Rede:
  - ▣ Dinamicidade da rede (flexibilidade visando novos circuitos ou novas configurações)
  - ▣ Volume de dados
  - ▣ Requisitos de tempo
  - ▣ Garantias de atraso
- Padronização
- Regulação e aspectos econômicos

# Oportunidades de Pesquisa em Computação

- Infraestrutura de comunicação para medição e monitoramento
- Infraestrutura de comunicação para dar suporte ao roteamento energético
- Redes de controle e supervisão
  - Interoperabilidade
  - Requisitos de tempo real
  - Integração de sistemas
    - Comunicação dentro de subestações
    - Comunicação entre subestações
    - Integração dos clientes

# Oportunidades de Pesquisa em Computação

- Aplicação da norma para fora da subestação
- Mapeamento dos protocolos existentes de acordo com a estrutura da norma
- Integração de veículos elétricos, medidores inteligentes e casas inteligentes
- Evolução da norma
  - ▣ Novos mecanismos
  - ▣ Integração com inovações na área de rede

# Oportunidades de Pesquisa em Computação

- Autonomia
  - ▣ Detecção automática
  - ▣ Auto-recuperação
  - ▣ Ilhamento eficiente
  - ▣ Gerenciamento de fontes energéticas
  
- Analogia entre temas de telecomunicações e sistemas elétricos
  - ▣ Roteamento
  - ▣ Balanceamento de carga
  - ▣ Gerência de redes
  - ▣ Sistemas distribuídos

# Oportunidades de Pesquisa em Computação

- Casas inteligentes
  - ▣ Novas aplicações
  - ▣ Redes domésticas
  - ▣ Confiabilidade/confiança de dados
  - ▣ Privacidade e segurança
- Técnicas de virtualização para controle e supervisão
- Redes compartilhadas entre operadoras
  - ▣ Confiabilidade e reputação
  - ▣ Segurança
  - ▣ Controle de acesso

## □ Smart grids

### ▣ Grande desafio

- Inúmeras áreas de pesquisa
- Interação entre diversas áreas do conhecimento
  - Engenharia elétrica
  - Engenharia de telecomunicações
  - Ciência da computação
- Eficiência, escalabilidade, previsibilidade, etc.

- IEC 61850
  - ▣ Novo modelo de informação
  - ▣ Suporte para sistemas com alta complexidade de gerenciamento
    - Sistema elétrico está em processo revolucionário
      - Alta integração dos sistemas
      - Aumento da complexidade da rede
      - Aumento da demanda por banda na rede
      - Aumento do número de entidades atuando na rede



FIM