

Smart Grid para o Sistema Elétrico – Motivação, Implantação e Desafios em TI, Redes e Telecomunicações

Natalia C. Fernandes (UFF), Yona Lopes (UFF), Flávio G. Calhau
(Petrobrás/UNIFACS), Carlos A. Malcher (UFF) e Joberto S. B.
Martins (UNIFACS)

Apresentação:

Natalia Fernandes e Yona Lopes

Agenda Geral

- Sistema Elétrico de Potência
- Smart Grids
- A norma IEC 61850
- Conclusão

Introdução

- Qual o objetivo do Sistema Elétrico de Potência?

Atender nós consumidores entregando energia com eficiência e confiabilidade durante o maior tempo possível!

Como é gerada a energia que chega à nossa casa?

Como essa energia chega à nossa casa?



Introdução

GERAÇÃO

TRANSMISSÃO

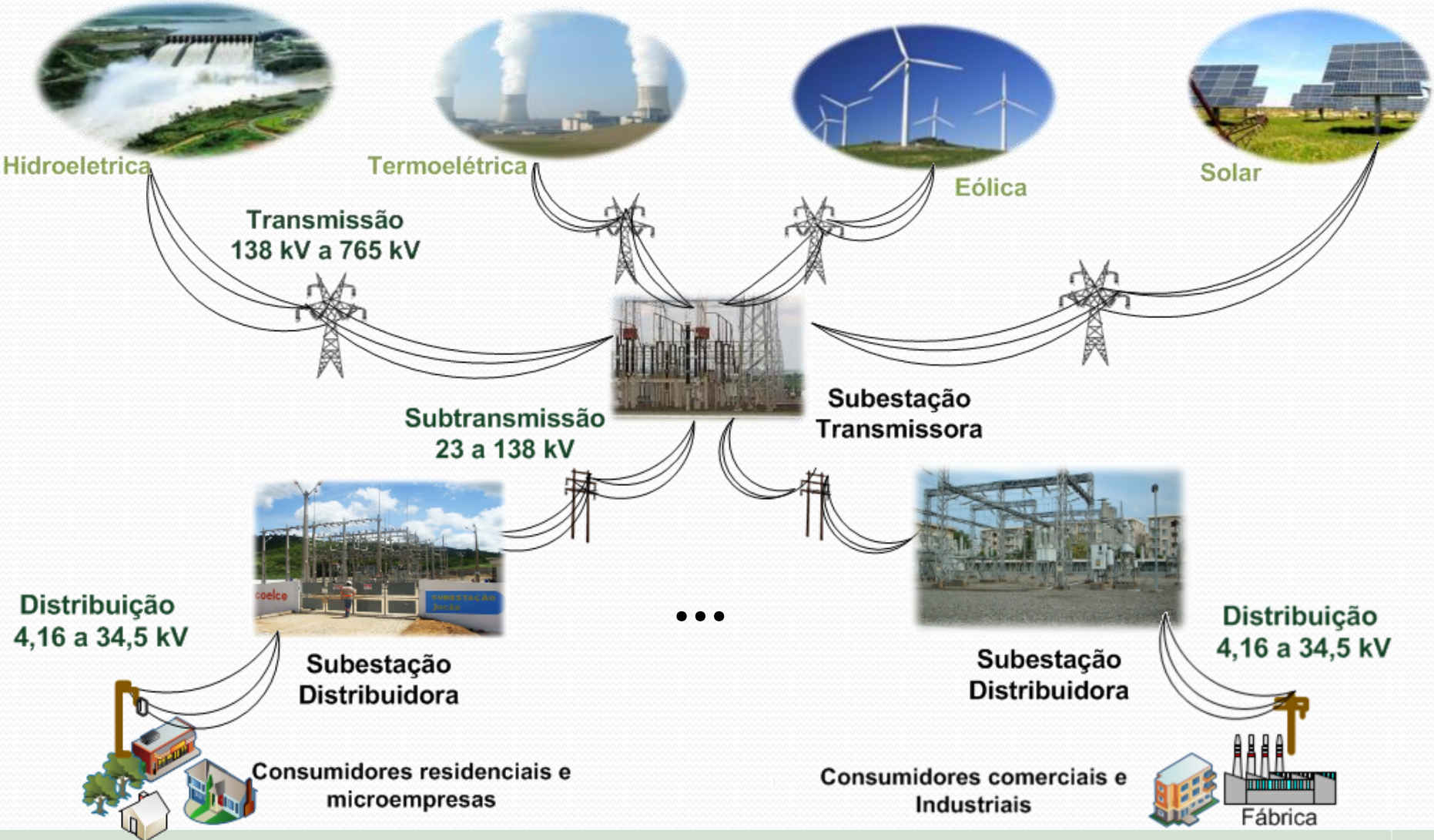
DISTRIBUIÇÃO



Qual a estrutura básica desse sistema?
Como funciona?

Estrutura Básica

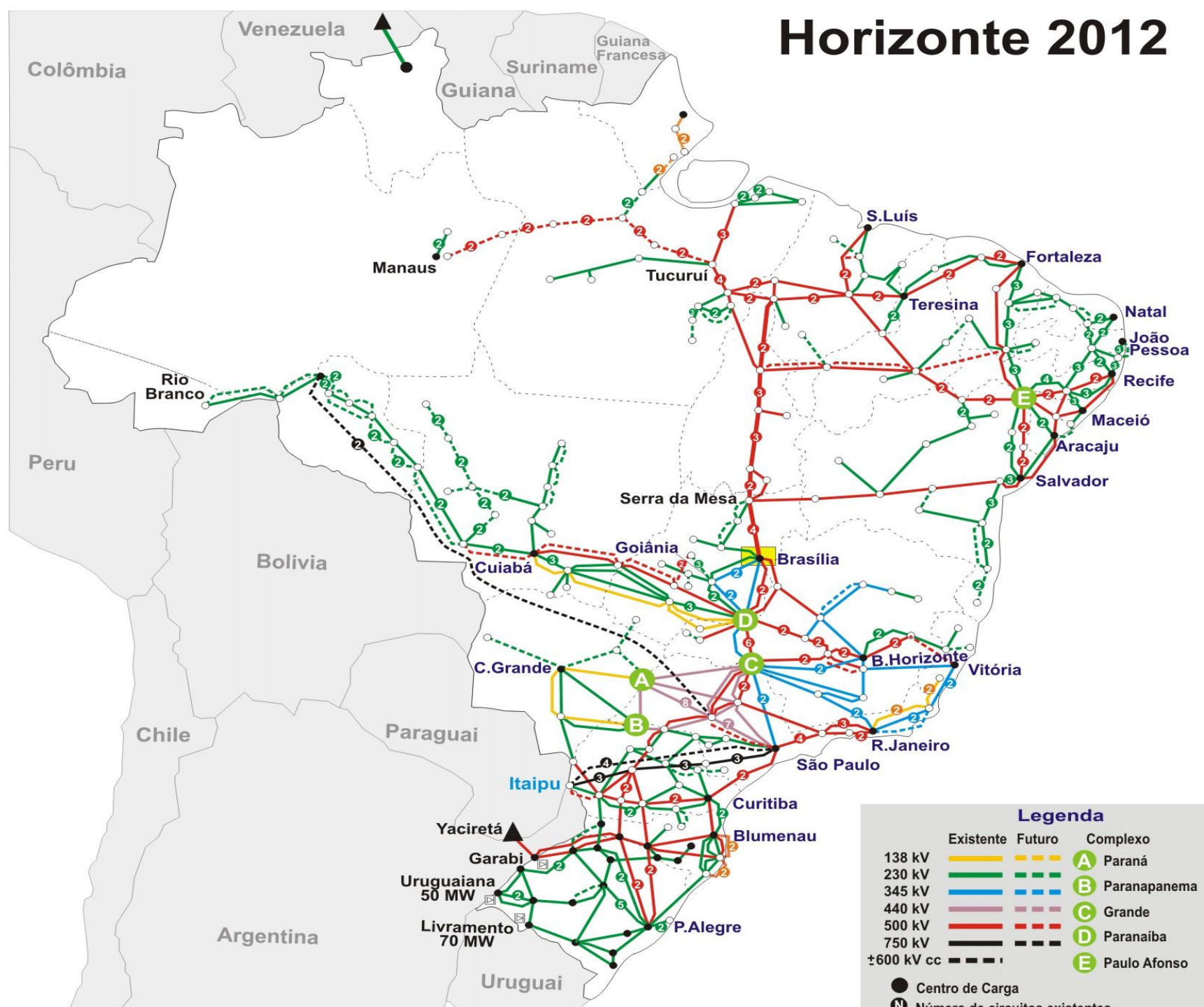
Subestações de Geração – 12 à 24 kV



Rede Brasileira

- **SIN**- Sistema Interligado Nacional
- **ONS** – Operador Nacional do Sistema elétrico
 - Coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no SIN
- **ANEEL** – Agência Nacional de Energia Elétrica

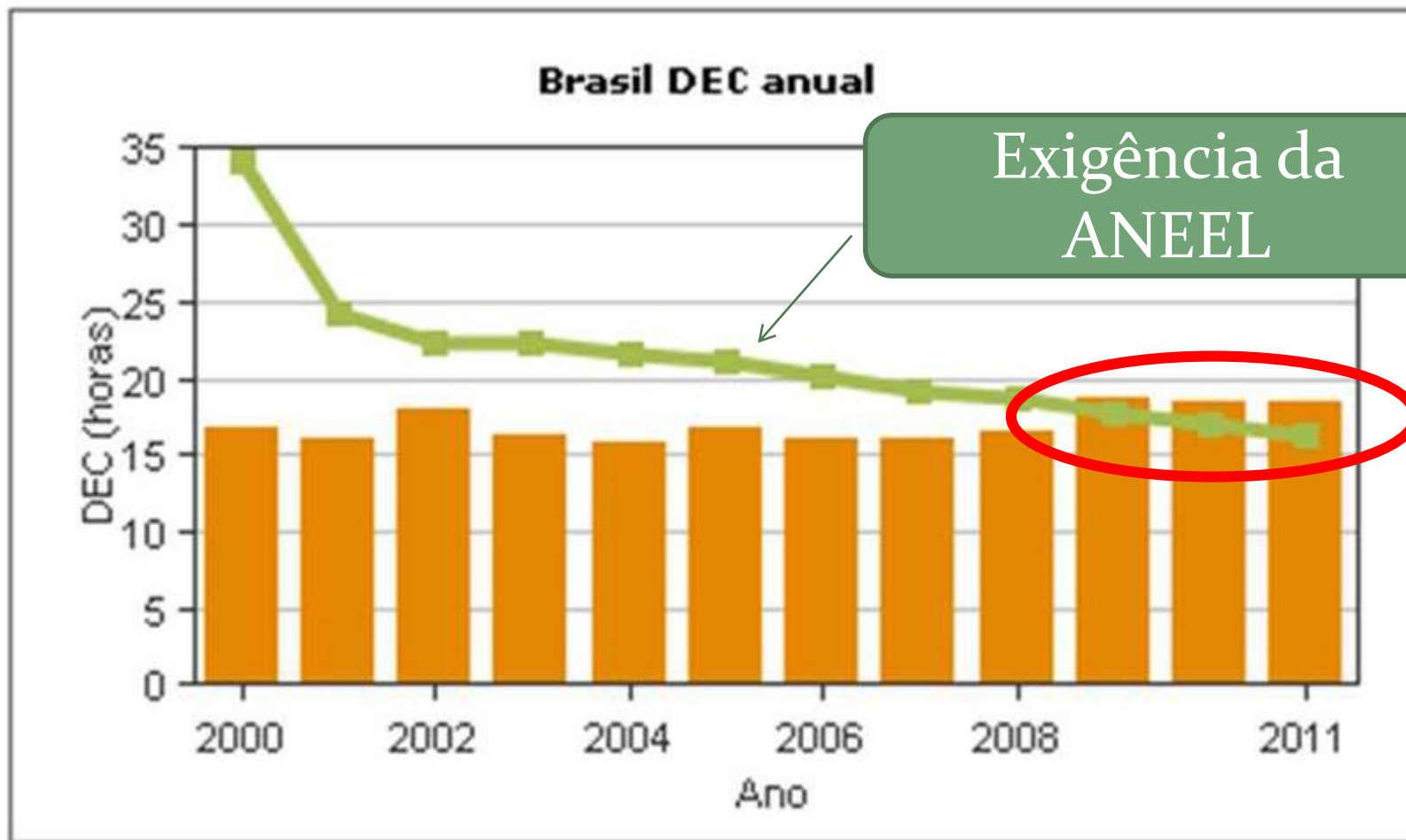
Horizonte 2012



Legenda

	Existente	Futuro	Complexo
138 kV			Paraná
230 kV			Paranapanema
345 kV			Grande
440 kV			Paranaíba
500 kV			Paulo Afonso
750 kV			
±600 kV cc			
			● Centro de Carga
			● Número de circuitos existentes

DEC - Duração Equivalente de interrupção por unidade Consumidora

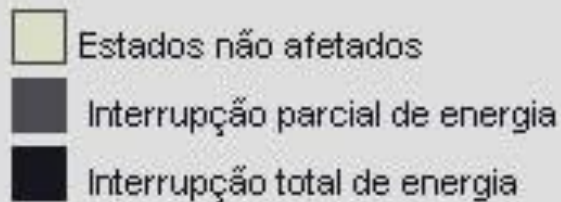


Fonte: ANEEL

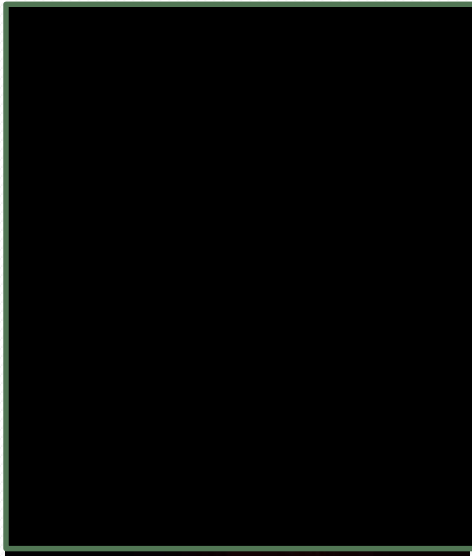
Apagão de nov. de 2009

20% da produção nacional
60% da energia consumida
em SP

17.000 MW foram cortados,
sendo 14.000 MW de Itaipu



- Perda de energia causa perda de dinheiro!!!



Falhas graves no mundo

- EUA e Canadá- 2003
 - 8 estados afetados nos EUA – 45 milhões de pessoas
 - 10 milhões de pessoas em Ontário, Canadá

Perdas estimadas em \$6 bilhões



Porque isso acontece?

Esse vasto sistema está exposto a condições adversas e imprevisíveis , que podem levar à má operação ou situações de falha ...

Falta

- Acidentes em fios de alta tensão; quebra de postes, suportes, isoladores, equipamentos; descargas atmosféricas e umidade, etc



Falta

Todo fluxo anormal da corrente elétrica. Ex: curto circuito

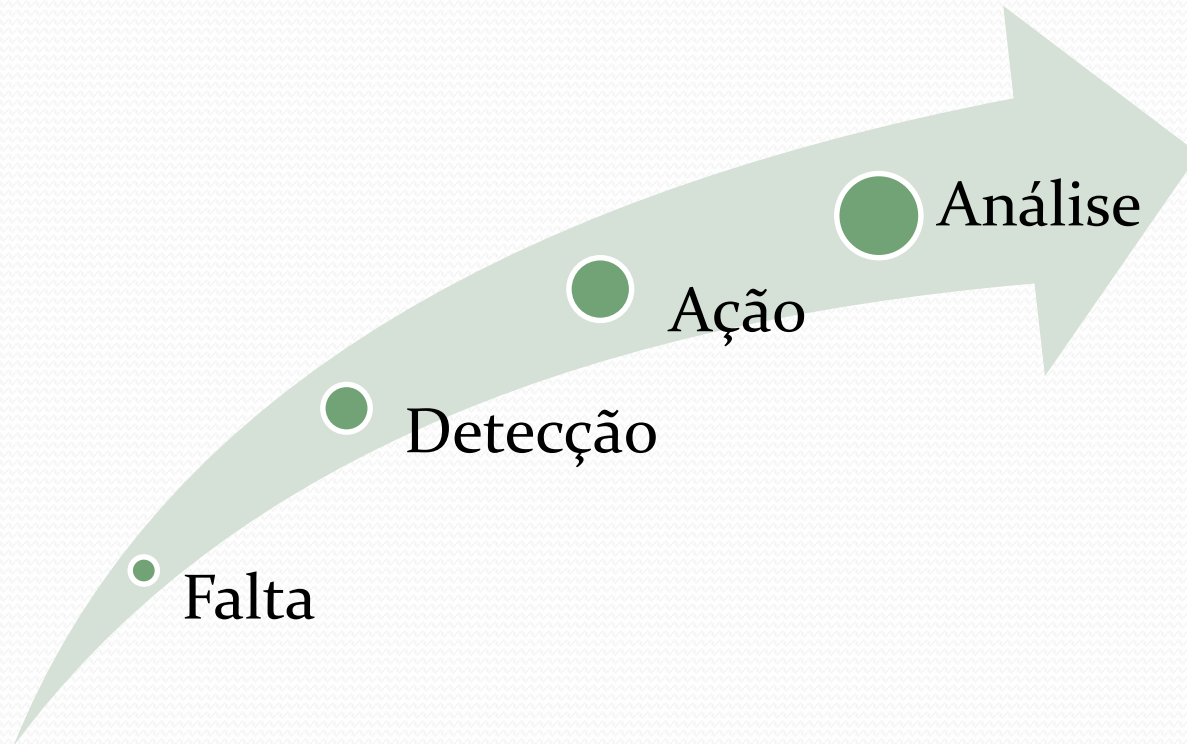
A situação do sistema deve ser conhecida!

A falha deve ser isolada e o sistema protegido



Como proteger esse sistema?

Proteção



Isolar a falta, abrindo os terminais mais próximos desta, no menor tempo possível para que a falta não se propague

Requisitos do sistemas de proteção

- Seletividade
 - Elemento(s) mais próximo(s) ao defeito é(são) operado(s). Desconecta apenas a parte defeituosa
- Velocidade
 - Reagir /intervir o mais rápido possível
- Sensibilidade
 - Reconhecer com precisão a faixa de operação dos equipamentos
- Confiabilidade
 - Cumprir tarefas com segurança e exatidão mesmo quando exposto a condições que foram pré-definidas para sua atuação

Quais equipamentos estão envolvidos
nesse sistema?

Principais Equipamentos de Proteção

- Relés
- Disjuntores e Seccionadoras
- Transformadores de Instrumentos
 - Transformador de Corrente (TC)
 - Transformador de Potencial(TP)

Relés

- Tem o objetivo de normalizar variações, seja nas condições normais do próprio equipamento ou do circuito que está ligado.
- Elementos detetores-comparadores e analisadores
- Promovem a retirada rápida de um elemento do sistema
- Indicam a localização e do tipo de defeito.
- Pode ter uma ou mais funções



Identifica a falta → localiza a falta → compara informações recebidas com ajustes pré-estabelecidos → envia comando de abertura de disjuntores e chaves seccionadoras → alarma e informa o defeito

Relés

- Eletromecânicos
 - Indução eletromagnética
 - Atração
- Estáticos
 - Não contém partes móveis, compostos por dispositivos eletrônicos
- Digitais
 - Automatizados
 - Gerenciados por microprocessadores
 - Mais rápido
 - Controlados por software

Intelligent Electronic Devices - IED

- Qualquer dispositivo eletrônico que possui algum tipo de inteligência e capacidade de comunicação
 - Controladores baseados em microprocessadores de equipamentos do sistema de potência
- Funções do IED
 - Proteção
 - Controle
 - Medição e monitoramento
 - Comunicação



Intelligent Electronic Devices - IED

- Funcionamento

- Recebem dados de sensores e equipamentos de potência
- Enviam comandos como abrir ou fechar um disjuntor, aumentar ou diminuir a voltagem , etc.
 - Com base nos dados monitorados de voltagem, corrente e frequência

- Exemplos de IEDs

- Relés digitais de proteção
- Controlador de comutador de carga
- Controlador de disjuntor
- Regulador de voltagem
- Etc.



Disjuntores e Seccionadoras

Equipamento de manobra , comandado para desconectar a área defeituosa, pelo operador ou pelo relé



Subestação CEMIG



Subestação Itaipu

Transformadores de Instrumento

Utilizados na proteção do sistema elétrico.

- Transformadores de Corrente (TC)
- Transformadores de Potencial (TP)

Convertem uma corrente/tensão elevada para uma menor para o instrumento de medição.



TP



TC

Subestações

- Instalação elétrica de alta potência
- Conjunto de equipamentos de manobra ou transformação de tensão
 - Transmissão, distribuição, proteção e controle de energia elétrica
- Funções
 - Dirigir o fluxo de energia em sistemas de potência
 - Melhorar a qualidade de energia
 - Detectar e isolar falhas utilizando o sistema de proteção



Subestações

- Cabos de Controle



Como todo esse sistema é controlado e supervisionado?

Centro de Operação e Controle



Painel de controle convencional



Sistema Supervisório

- Informações necessárias para vários tipos de usuários
 - Operador da subestação
 - Operador do sistema no centro de operações
 - Engenheiros de manutenção
 - Órgãos governamentais (ONS, ANEEL, CCEE)

Quais problemas/características temos
na rede atual?

Estrutura Rede Elétrica Atual

Rede Complexa!

- Sistema elétrico
 - Não é uma única entidade
 - Conjunto de diversas redes, várias empresas de geração, transmissão e distribuição
 - Vários operadores aplicando diversos níveis de comunicação e coordenação
 - Em sua maioria, controlados manualmente

Estrutura Rede Elétrica Atual

- Projetado para o horário de pico
- Tempo Ocioso
- Energia cara



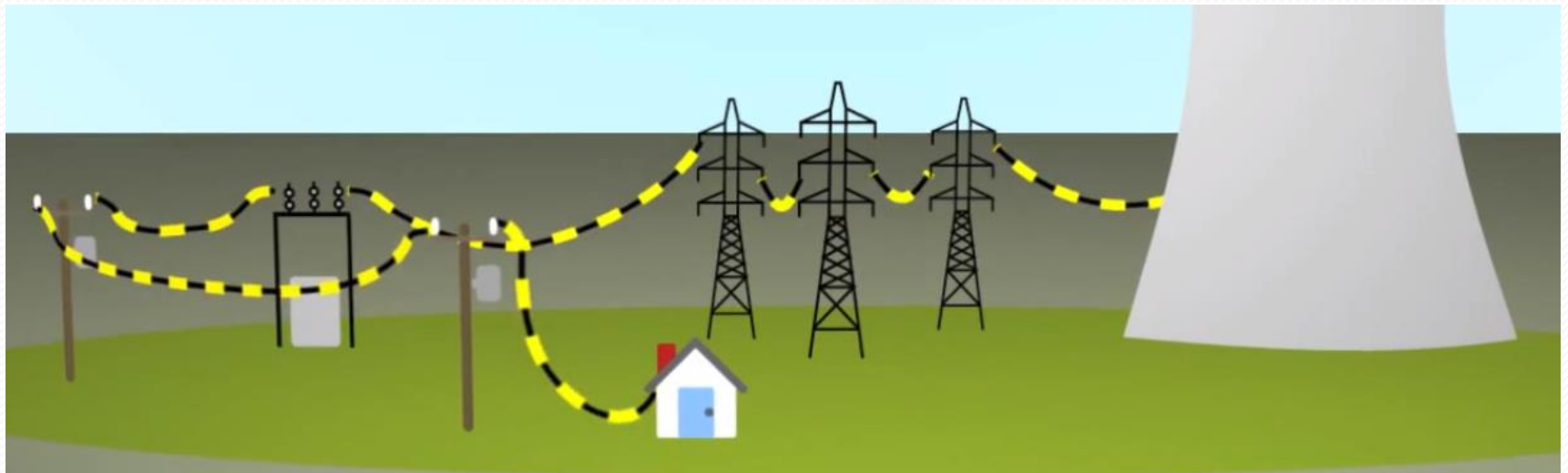
Consumidores

- Não participam do sistema
 - Desinformados
 - Apenas consomem
 - Só sabem o quanto gastam no final do mês
 - Sistema Unidirecional
 - Comunicação e fluxo de energia
- Medição e corte de energia manual



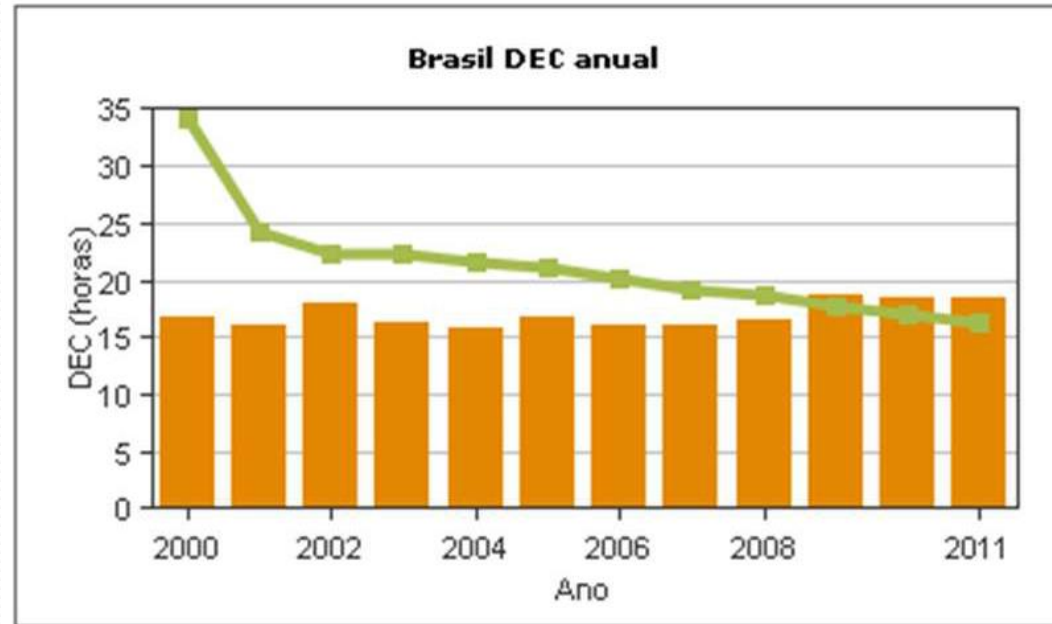
Geração

- Dominada pela produção centralizada



Foco

- Concentra-se em falhas



Tratamento de quedas de energia em residências

- Cliente liga para concessionária.
- Inovação: cliente manda um sms, para concessionária saber da queda

FALTOU LUZ?
LIGHT JÁ!

EM 2 PASSOS VOCÊ ENTRA EM CONTATO COM A GENTE.



1 Encontre seu código da instalação na conta de energia.



2 Envie **somente** o código da instalação, sem espaço entre os números, para **54448**.

PRONTO. AGUARDE O RETORNO DA SUA LUZ.
Serviço de atendimento automático



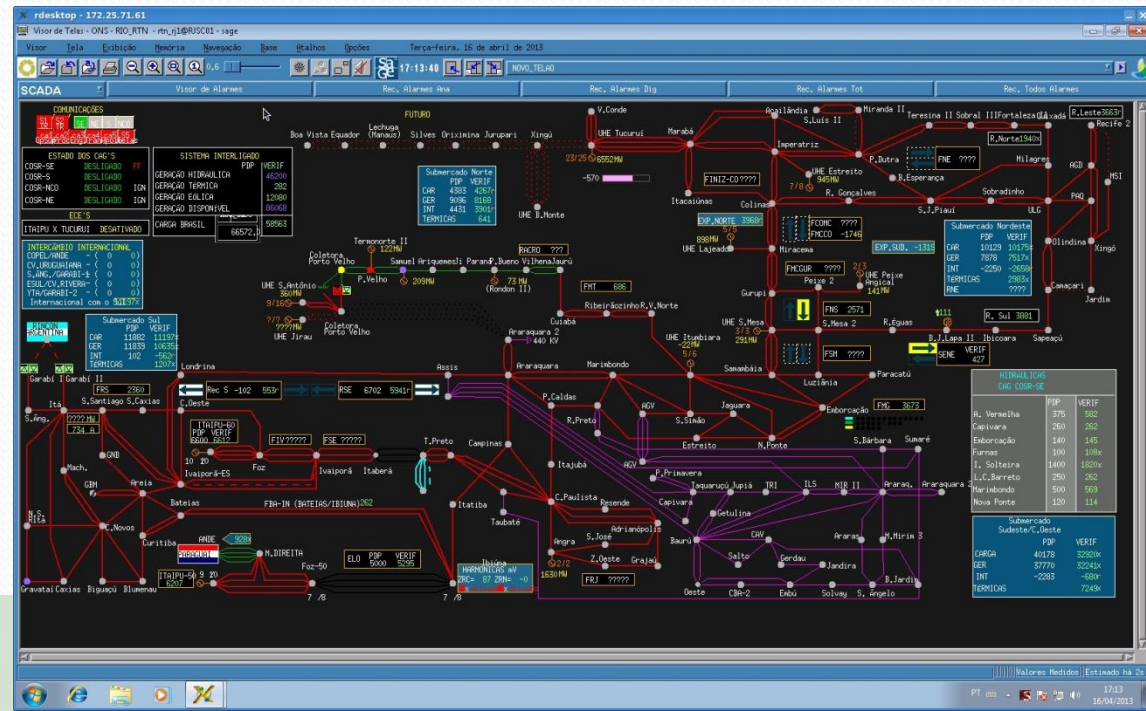
Proteção

- Foco na proteção após a falha.
- Vulnerável a vândalos e a desastres naturais.



Supervisão/Monitoramento

- Supervisão da geração e transmissão de energia elétrica.
 - Componentes
 - falhas
- Aquisição de dados



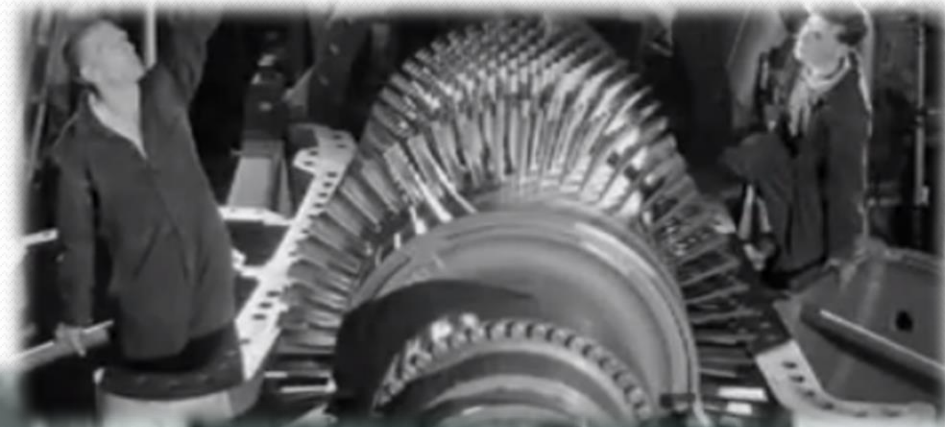
Armazenamento

- Energia é gerada e utilizada.
 - O que não for utilizado se perde.
 - Não conta com armazenamento da energia que foi gerada a mais



Mercado

- Mesmo sistema a décadas
 - Baixo grau de inovação



Mudanças no Sistema Elétrico de Potência (SEP)

- No mundo como um todo, o SEP está passando por profundas mudanças por diversos motivos:
 - Necessidade de se atender demandas ambientais
 - Necessidade de aumento da eficiência operacional da rede
 - Necessidade de melhorar a qualidade para o consumidor.

O que é Smart Grid?

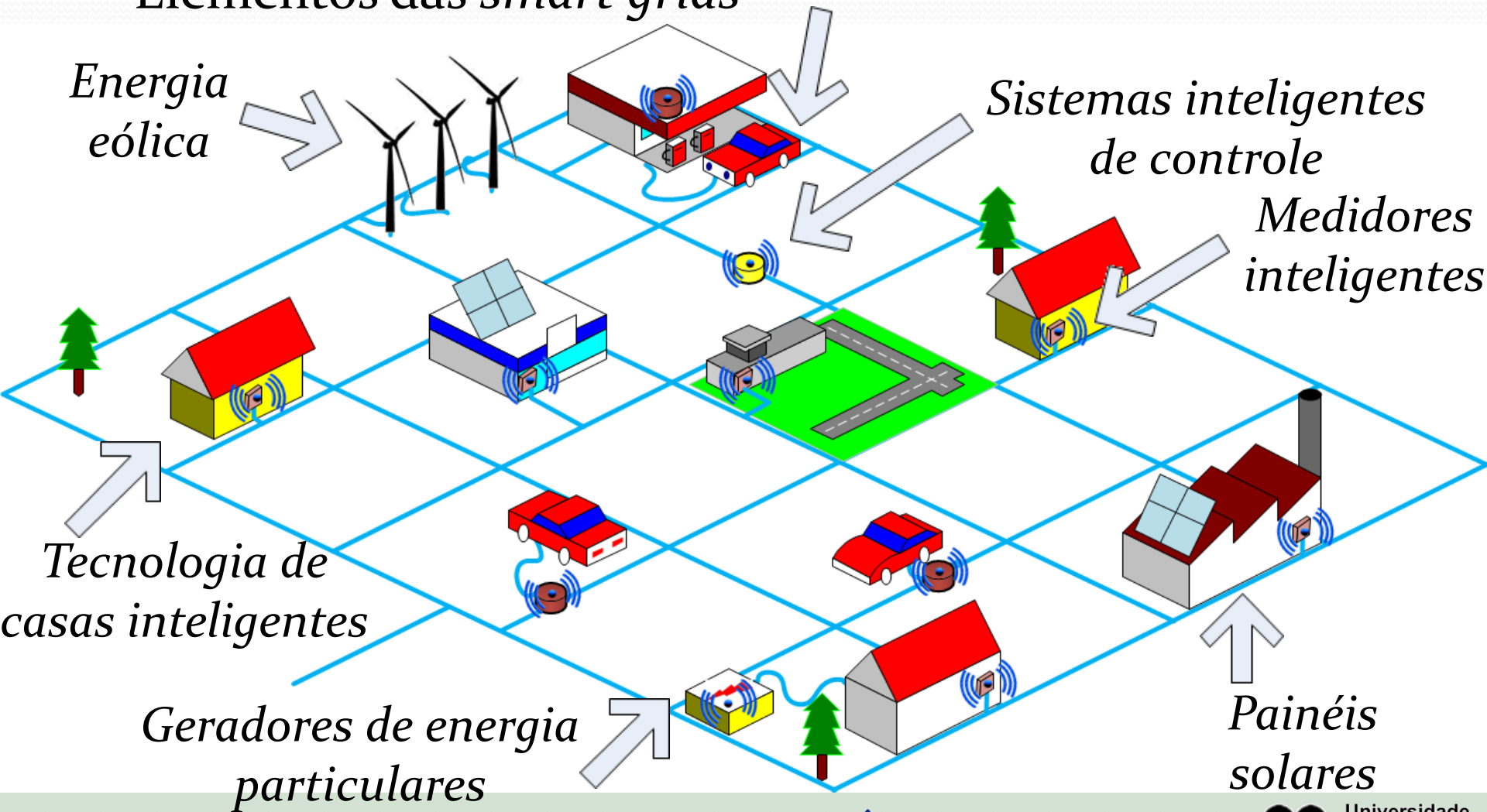
Smart Grid

- Visa uma maior eficiência, confiabilidade e segurança, acoplada à integração de novas fontes de energia renováveis, através de um controle automatizado e fazendo uso de tecnologias avançadas de telecomunicações.

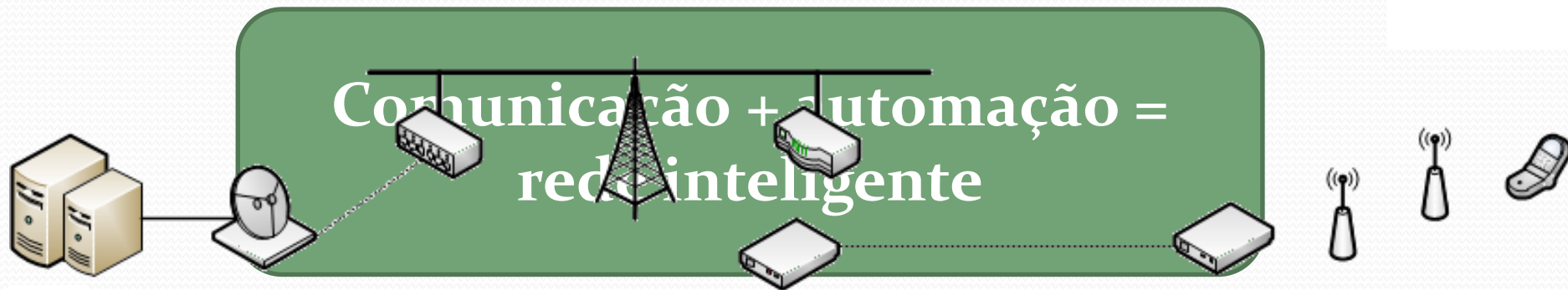
Novo Modelo de Rede Elétrica

Visão geral

- Elementos das *smart grids* *Carros elétricos*



Mas como tornar a rede elétrica mais inteligente?



Pilares da *smart grid*

Smart grid

Automação

Ativos Elétricos

*Sistemas de
Telecom*

TI

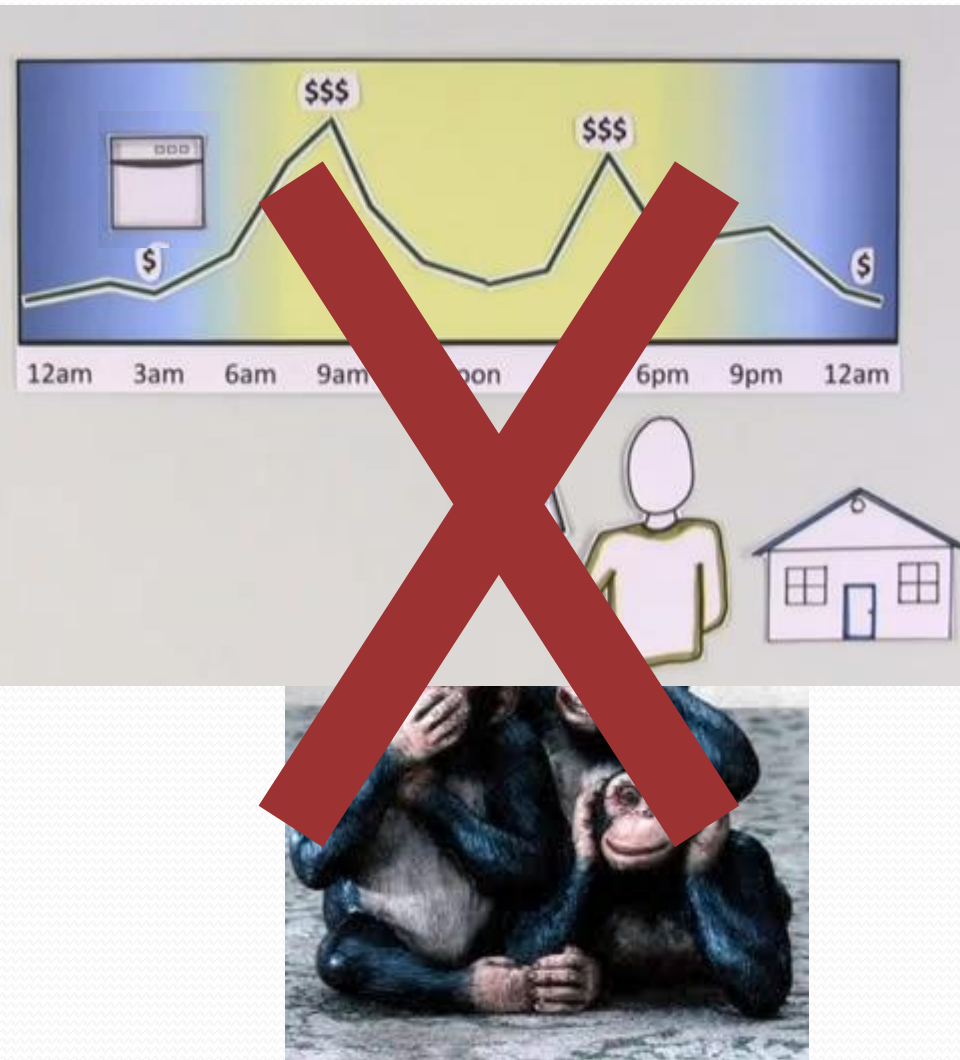
Premissas

- Sistema de comunicação
 - Similar à internet (uma rede dinâmica), a smart grid será interativa
 - infraestrutura de comunicação de alta velocidade e bidirecional
 - Backbone confiável, resistente, seguro, gerenciável



Quais as consequências das Smart Grids?

Consumidores

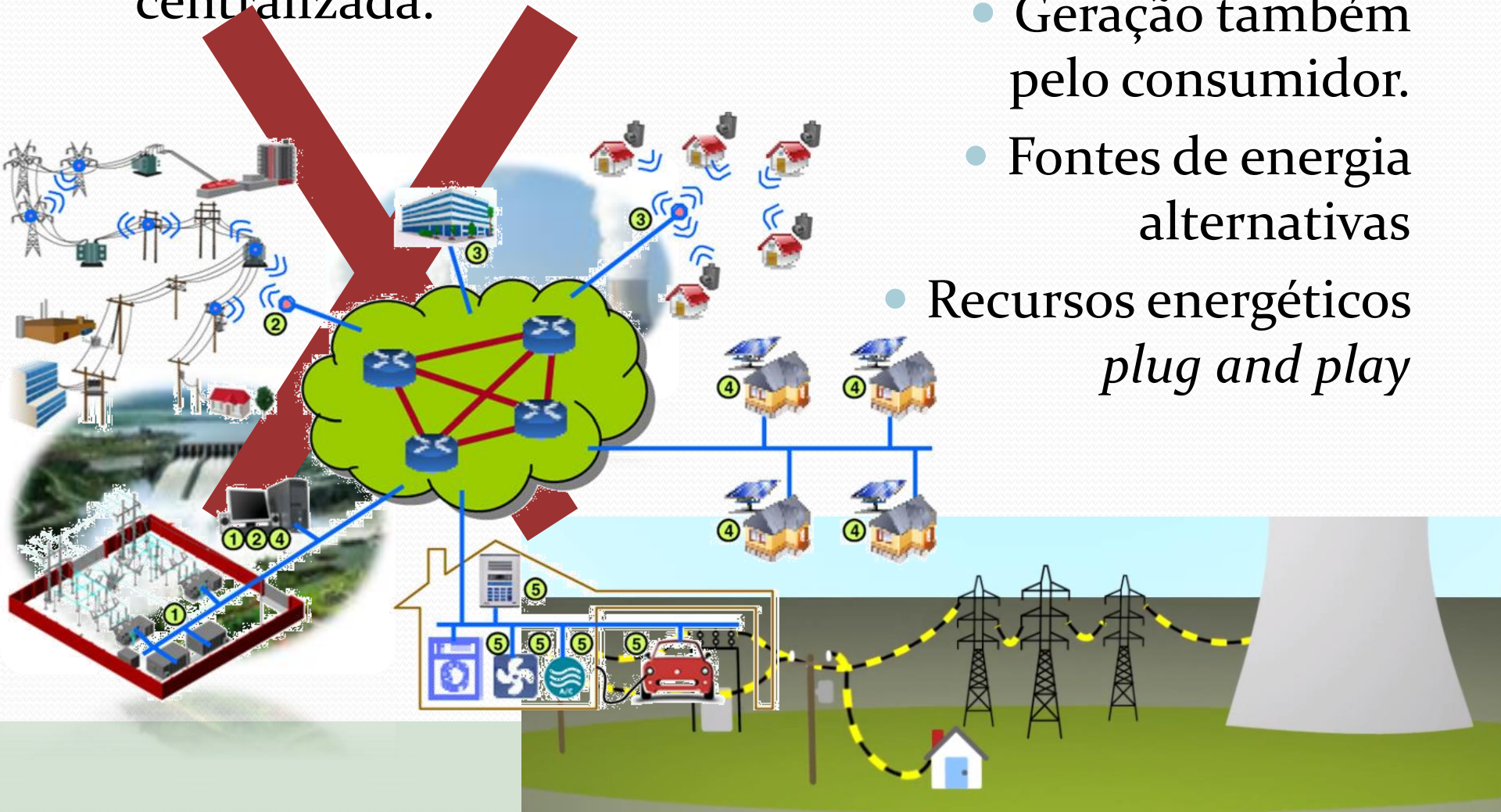


- Conscientização dos Usuários
- Medidores de qualidade de energia e de consumo de energia em tempo real
- Conectados logicamente as concessionárias interagindo em tempo real
- Informações de preço disponíveis em tempo real, opções de compra.
- Detecção de fraudes .

Geração

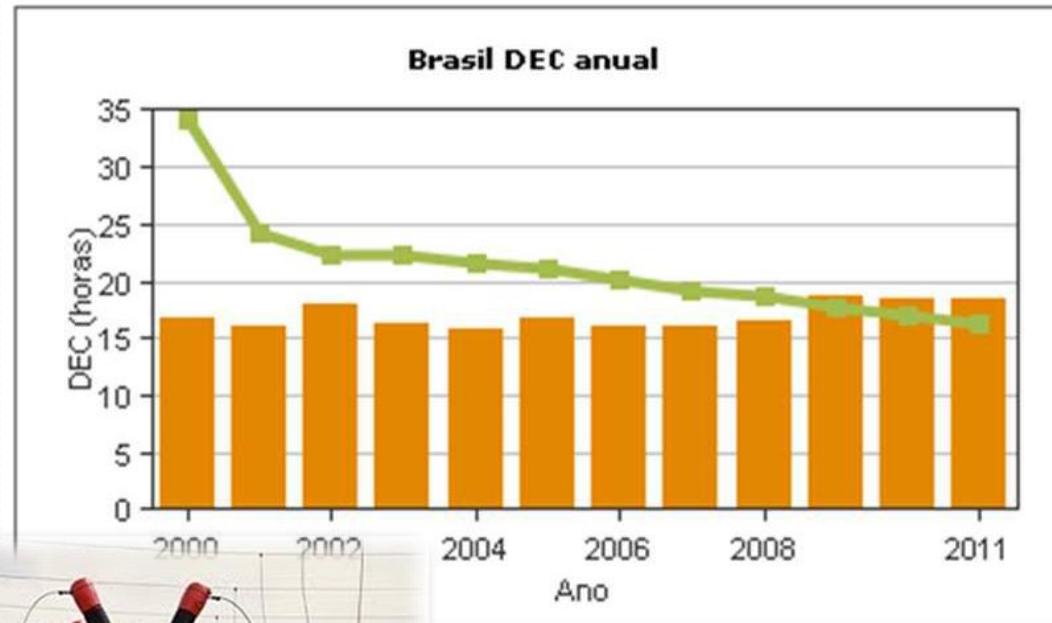
- Dominada pela produção centralizada.

- Geração Distribuída
 - Geração também pelo consumidor.
 - Fontes de energia alternativas
 - Recursos energéticos *plug and play*



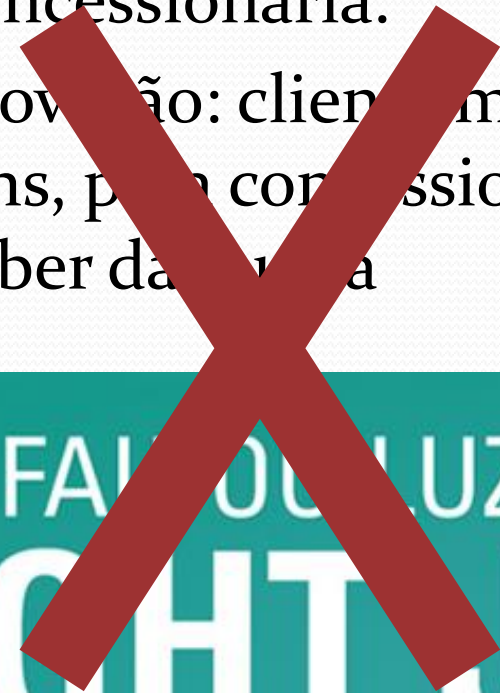
Foco

- Concentra-se em falhas
- Concentra-se qualidade



Tratamento de quedas de energia em residências

- Cliente liga para concessionária.
- Inovação: cliente manda um sms, para a concessionária saber da queda.
- Totalmente automatizado
- Roteamento de energia (receber a energia de outro ponto)



FAI QUEDA DE LUZ?
LIGHT JÁ!

EM 2 PASSOS VOCÊ ENTRA EM CONTATO COM A GENTE.



1 Encontre seu código da instalação na conta de energia.

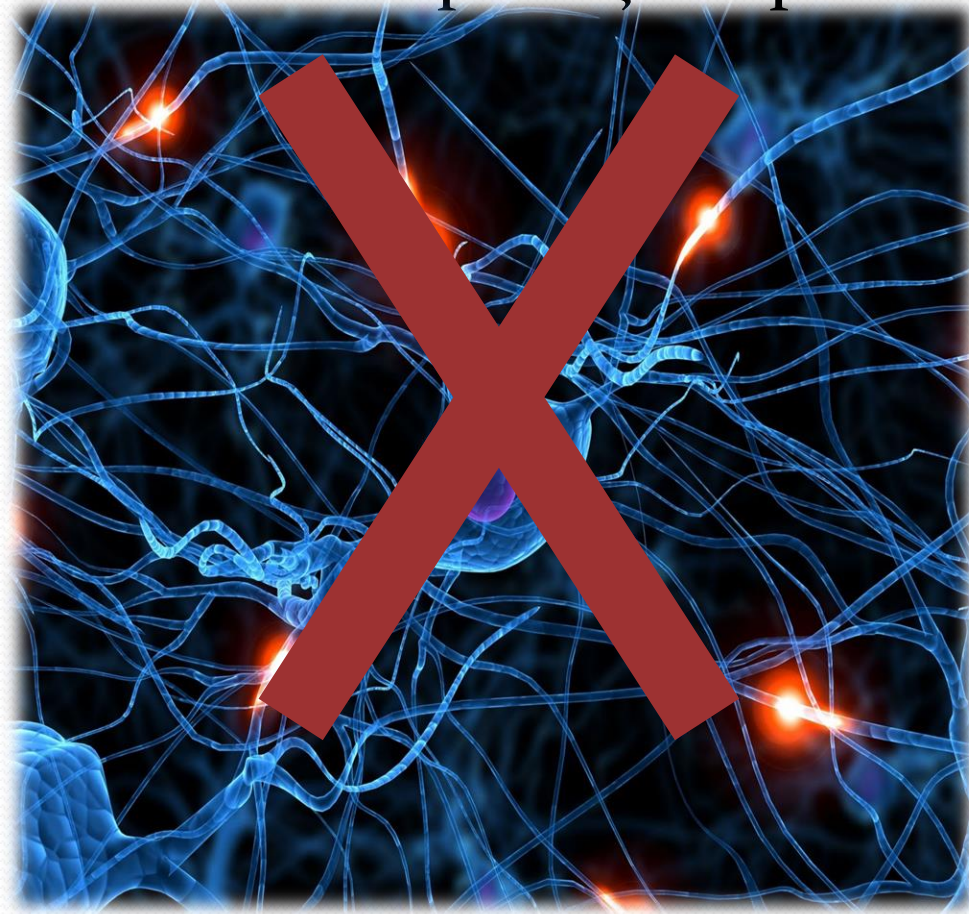


2 Envie somente o código da instalação, sem espaço entre os números, para 54448.

PRONTO. AGUARDE O RETORNO DA SUA LUZ.
Serviço de atendimento automático

Proteção

- Foco na proteção após



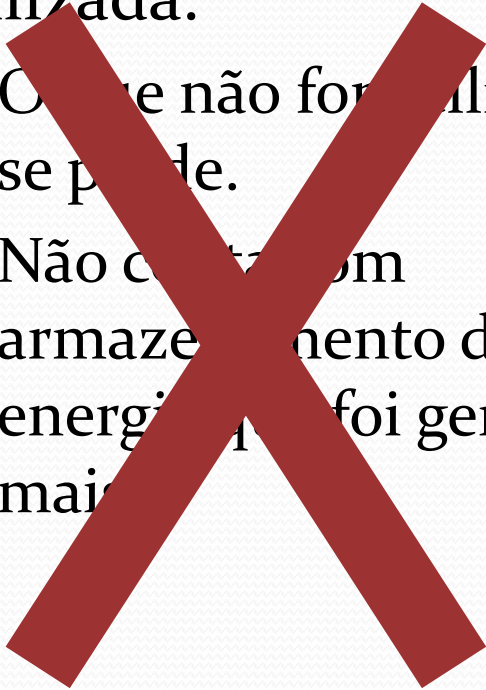
- Inteligente - Detecta, evita interrupções, minimiza/atenua o impacto e se recupera rápida e eficientemente após falhas:
 - Muda o caminho por onde circula a energia quando tiver um apagão)

Supervisão/Monitoramento

- Supervisão da geração e transmissão de energia elétrica.
 - Componentes
 - falhas
- Aquisição de dados
- Monitoramento de consumo automático
- Disponibilidade de dados online para usuários
- Sistema totalmente interligado e supervisionado

Armazenamento

- Energia é gerada e utilizada.
 - Como não foi utilizado se perde.
 - Não conta com armazenamento da energia que foi gerada a mais.



- Armazenamento inteligente de energia.

- Baterias
- Ultracapacitores
- Etc

Ex: Casa com painel solar e conjunto de baterias.

- Veiculos Elétricos



Mercado



- Expansão do mercado
- Maior competição
- Novas Oportunidades para fabricantes
- Aumento da procura de mão de obra especializada



INNOVAÇÃO



Áreas Chaves das Smart Grids

- Comunicação integrada
- Fontes de energia alternativa
- Microgrids
- Sensoriamento da rede e medidores inteligentes
- Veículos Elétricos

Comunicação Integrada

- Medição e coleta de dados
- Atuação rápida contra falhas
- Conexão dos clientes finais
 - Controle dos gastos
 - Realimentação do serviço com relação à demanda e qualidade

Fontes de Energia alternativa

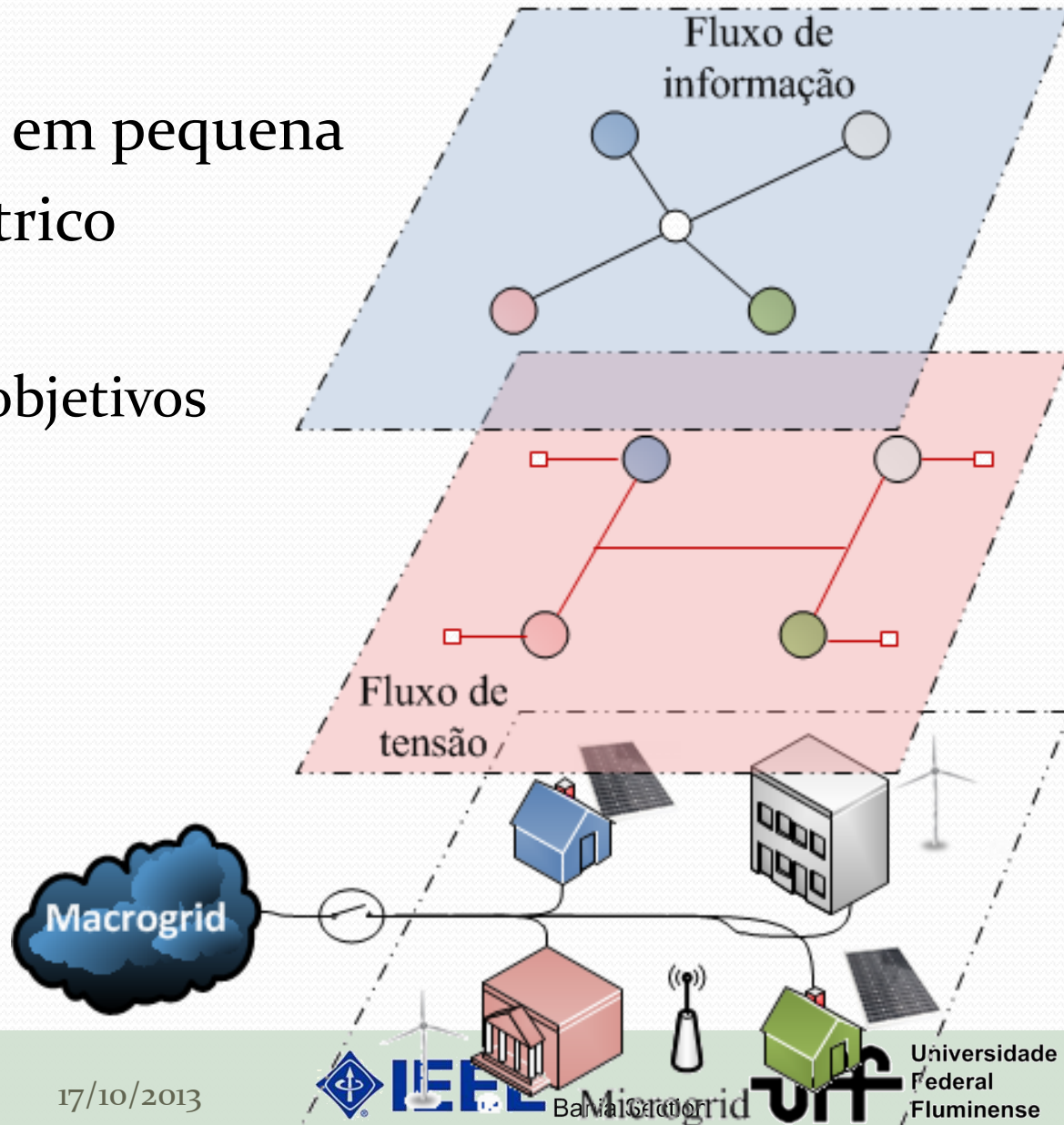
- Sustentabilidade
- Redução de custos
- Aumento da tolerância a falhas
- Novo modelo econômico
 - Usuário como consumidor e produtor



*Virtual Power
Plant*

Microgrids

- Versões modernas, em pequena escala do sistema elétrico centralizado
 - Objetivo: atingir objetivos locais



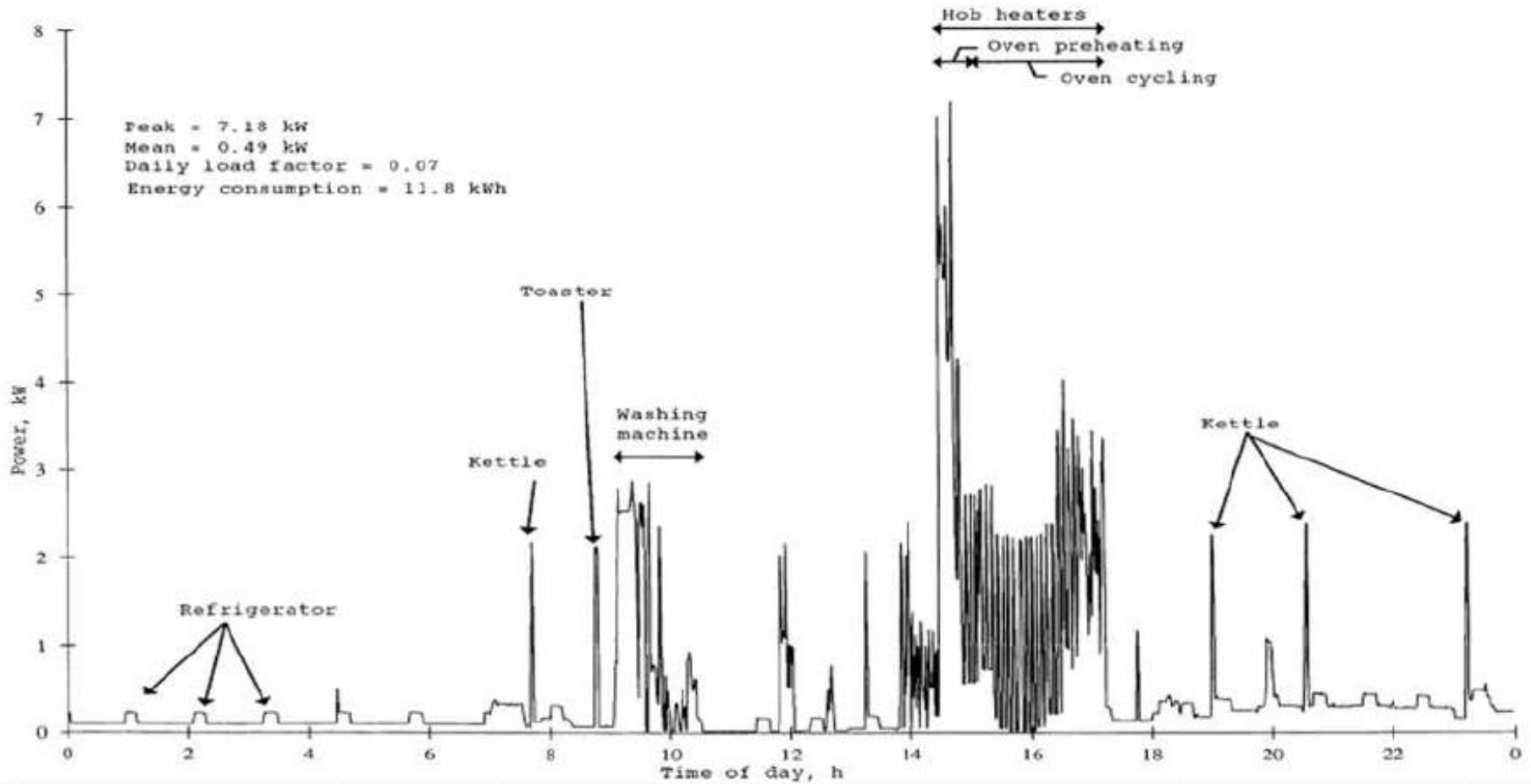
Medição

- Medição inteligente (*smart metering*)
 - Substituição de medidores analógicos
 - Comunicação direta com a empresa distribuidora

Medição

- Infraestrutura de medição automática (*Automatic Metering Infrastructure*)
 - Fluxo bidirecional de energia entre o sistema e os clientes

Medição



Veículos Elétricos (EV)

- Carros com bateria
 - Híbridos
 - Sem uso de combustíveis fósseis
 - Menor poluição
- Autonomia suficiente para o consumo de um dia
 - Carga lenta
 - 6 a 8 hs
 - Carga rápida
 - 30 minutos
- Veículos e a smart grid
 - Provisão de energia nos horários de pico para a rede

Veículos Elétricos (EV)

Carros elétricos já são uma realidade em locais como Europa e Japão

As previsões apontam para a substituição dos carros a combustível fóssil por carros elétricos

Porque ainda não está em produção no Brasil?

Veículos Elétricos (EV)

Porque ainda não está em produção no Brasil?

- Falta de incentivos fiscais
 - Situação em discussão pelo governo
- Necessidade de instalação da infraestrutura das smart grids
 - Locais para reabastecimento dos carros
 - Estrutura para cobrança usando as redes de telecomunicações

Novo Modelo de Rede Elétrica

- Características das *smart grids*
 - Equipamentos digitais
 - Comunicação bidirecional
 - Geração distribuída
 - Organização do sistema em rede
 - Forte sensoriamento
 - Autonomia para monitoração e recuperação
 - Tratamento de falhas com controle adaptativo e ilhamento
 - Verificação e testes remotos
 - Mais escolhas para o consumidor

Forte utilização das telecomunicações!

Benefícios das Smart Grids

- Autorrecuperação e adaptabilidade
- Interação com os consumidores
- Melhoria da Qualidade de Energia
- Integração de fontes de energia distribuídas
- Abertura de novos mercados
- Aumento da visibilidade de rede
- Gerenciamento otimizado de ativos

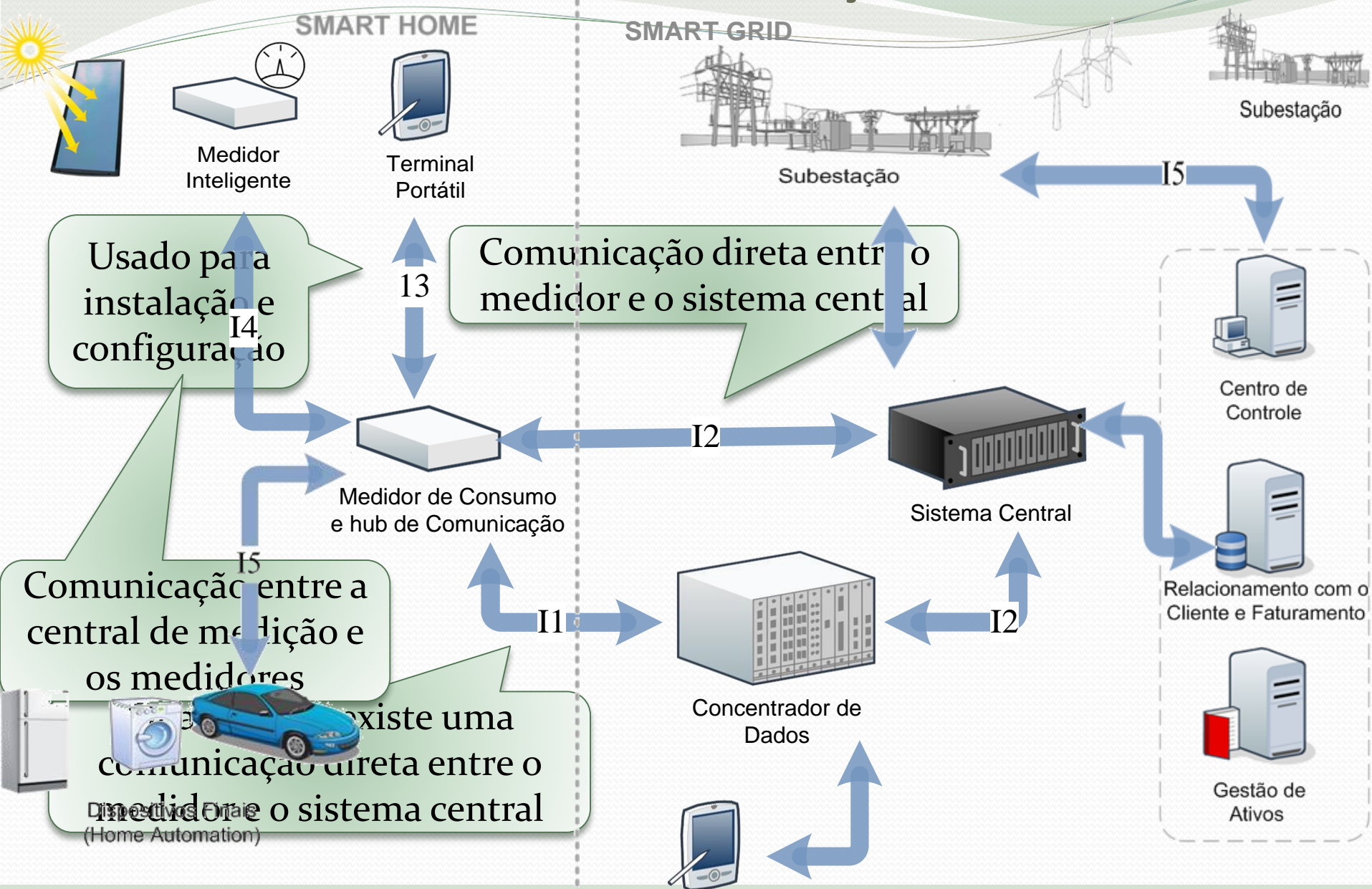
Implantação

- Pode ser implantada em fases.

Cada caso é um caso

- Iniciativas *Smart Grid* são, tipicamente, de médio e longo prazo
 - Diferentes operadoras com possivelmente diferentes estilos de adoção e implantação.

Redes & Telecom numa Solução Smart Grid



Sistema de Comunicação

Redes e Telecomunicações

- Solução integrada com maior eficiência para o controle, medição e monitoração
- Interagindo de forma interoperável



Componentes de Redes & Telecom

- 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 focadas no usuário:
 - HAN – *Home Area Networks*
 - Foco total no usuário, na automação doméstica e na integração de veículos

Aspectos Técnicos Fundamentais



Alguns dos Requisitos de Rede

- 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 num estilo *smart grid*, poder atuar junto ao usuário, outras
- Segurança
- Disponibilidade e Recuperação de Falhas:
 - Alta disponibilidade, resiliência, outros

Smart Grid – Aspectos Técnicos - Resumo

Redes & Telecom

- Alguns dos aspectos arquiteturais e técnicos de Redes/Telecom inerentes à solução *Smart Grid*:
 - Arquitetura de Rede:
 - TCP/IP atende? Devemos utilizar outras arquiteturas específicas (*field-bus*, redes IEC 61850, redes de sensores, ...? 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? Quão aberto deve ser?

Smart Grids

Redes & Telecom

Redes (como uma solução integrada e consistente) são imprescindíveis para *Smart Grid*



Comando



Controle



Monitoramento



Medição



Automação



Geração distribuída

Infraestrutura de
Telecomunicação + TI

Integração
da
Informação

Tecnologias – *Wireless* & HAN para o *Smart Grid*

Tecnologia	Espectro	Banda	Alcance	Aplicações	Limitações
GSM	900-1800 Mhz	Até 170 Kbps	1-10 Km	AMI, Resposta a Demanda (DR), HAN	Baixa Largura de Banda
4G	2.5 Ghz	Até 200 Mbps	1-50 Km	AMI, DR, HAN	Espectro
WiFi – IEEE 802.11	2.4-5.8 Ghz	Até 155 Mbps	1-300 m	AMI, HAN	Curto alcance
WiMax – IEEE 802.16	2.5 Ghz 3.5 Ghz 5.8 Ghz	Até 75 Mbps	1-5 Km 1-5 Km 10-50 Km	AMI, DR	Poucas implementações
PLC	3-500 Mhz 1.8-30 Mhz	1-3 Mbps Até 200 Mbps	1-3 Km	AMI, Detecção de fraudes	Ruídos em redes
ZigBee	2.4 Ghz 868-915 Mhz	Até 250 Kbps	30-90 m	AMI, HAN	Curto alcance e baixa largura de banda
Bluetooth	2.4-2.4835 Mhz	Até 721 Kbps	1-10 m	HAN	Curto alcance e alto consumo de energia

Smart Grid e Redes

Elementos do Projeto

- Vários aspectos devem ser considerados num projeto de uma “solução *Smart Grid*” para o sistema elétrico
- Arquitetura da(s) Rede(s):
 - Inclui a integração de tecnologias para os diversos tipos de rede envolvidos na solução *Smart Grid*
- Dados:
 - Inclui toda uma sistemática de aquisição, formatação, armazenamento, recuperação, distribuição e processamento de informações entre os sistemas e aplicações da solução *Smart Grid*
 - Diversos padrões envolvidos
- Aplicações e interfaces (*APIs – Application Programming Interfaces*):
 - Estruturadas por setor
 - Um aspecto fundamental é a representação e semântica dos dados propiciando (suportando) a integração da diferentes aplicações:
 - Ex.: como os dados de monitoramento no cliente (consumo) podem ser usados visando uma previsão de demanda?

Outros Padrões para o *Smart Grid*

- Padronização é um elemento importante para a solução *Smart Grid*
- Diversas ações em curso: ITU-T, IEC, IEEE, outros


Tipo / Padrão	Detalhes	Aplicação
IEC 61968 e IEC 61970	Prover um Modelo de Informação Comum (CIM) relacionado à troca de informações entre os centros de controle. O primeiro relacionado ao domínio de transmissão e o segundo ao domínio de Distribuição	EMS (Aplicações do centro de controle).
IEC 60870-6 / TASE2	Troca de dados entre o centro de controle da <i>utility</i> e o centro de controle regional.	Centro de Comunicação Intercontrole
IEC 62351	Definição de segurança para protocolos de comunicação.	Sistemas de Segurança da Informação
IEEE P2030	Diretrizes de interoperabilidade, terminologia, características, critérios funcionais, de desempenho e de avaliação.	Aplicações do 'lado cliente'

Outros Padrões para o *Smart Grid*

Tipo / Padrão	Detalhes	Aplicação
IEEE P1901	Comunicações de alta velocidade em linhas de força (BPLC – <i>Broadband over Power Line Communications</i>)	Aplicações <i>smart grid</i> e residenciais
ITU-T G.9955 e G.9956	Especificações de camada física e de camada de enlace, Respectivamente (NB-PLC : <i>Narrow Band PLC</i>)	Automação da Distribuição, AMI
ANSI C12.22	Descreve a comunicação de tabelas C12.19 sobre redes quaisquer.	AMI
ANSI C12.18	Estrutura de dados para comunicação bidirecional com o medidor.	AMI
ANSI C12.19	Define tabelas de estruturas de dados a serem transferidas do medidor para o módulo de comunicação.	AMI

Outros Padrões para o *Smart Grid*

Tipo / Padrão	Detalhes	Aplicação
IEC 61850	Flexível, a prova de futuro, padrão aberto, comunicação entre dispositivos de transmissão, distribuição e sistemas de automação de subestação.	SAS (Automação de Subestação) Redes e sistemas de comunicação para automação das concessionárias de energia



IEC 61850 é uma componente bastante importante e relevante no contexto do *Smart Grid* na medida em que procura estabelecer padrões de comunicação com um foco maior na automação, mas podendo ser aplicado em outros segmentos do sistema elétrico

Smart Grids

Como modelar todo esse sistema?

Como integrar?

Como garantir interoperabilidade?

Como atender a rede do século 21 e suas novas necessidades ?

Norma IEC 61850

Histórico

- Com as consequências da evolução do Sistema Elétrico de Potência
 - Diversos protocolos proprietários e padrões.

MODBUS

DNP

IEC 60870-5-101

IEC 60870-5-104

FIELDBUS

Outros...

Cada fabricante desenvolveu seu próprio protocolo de comunicação

Histórico

Necessidade de padronização.

Surgiu da necessidade de uma arquitetura única entre todos os dispositivos independente de seu fabricante ou da função que exerça na subestação

Atualmente visa a modelagem dos sistemas e redes de comunicação para a automação do sistema elétrico!

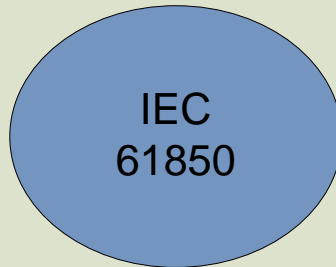
Histórico

3 Grupos de Trabalho do Comitê Técnico (TC57) da IEC, 10,11 e 12 com o objetivo de preparar um padrão de comunicação de sistemas em subestação

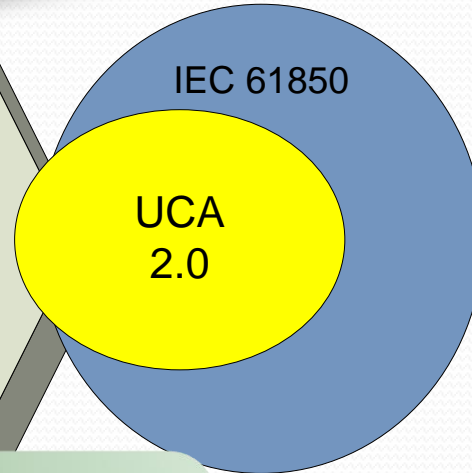
1994
EPRI
IEEE, USI



1996
IEC
TC57



2002



UCA (U...
EPRI (Ele...
de des...
tempo

Projeto apesar de bem sucedido,
ainda não atendia a todas as
necessidades de modelagem para
as subestações

: IEEE +
o objetivo
ção em
presas.

IEC 61850 - Introdução

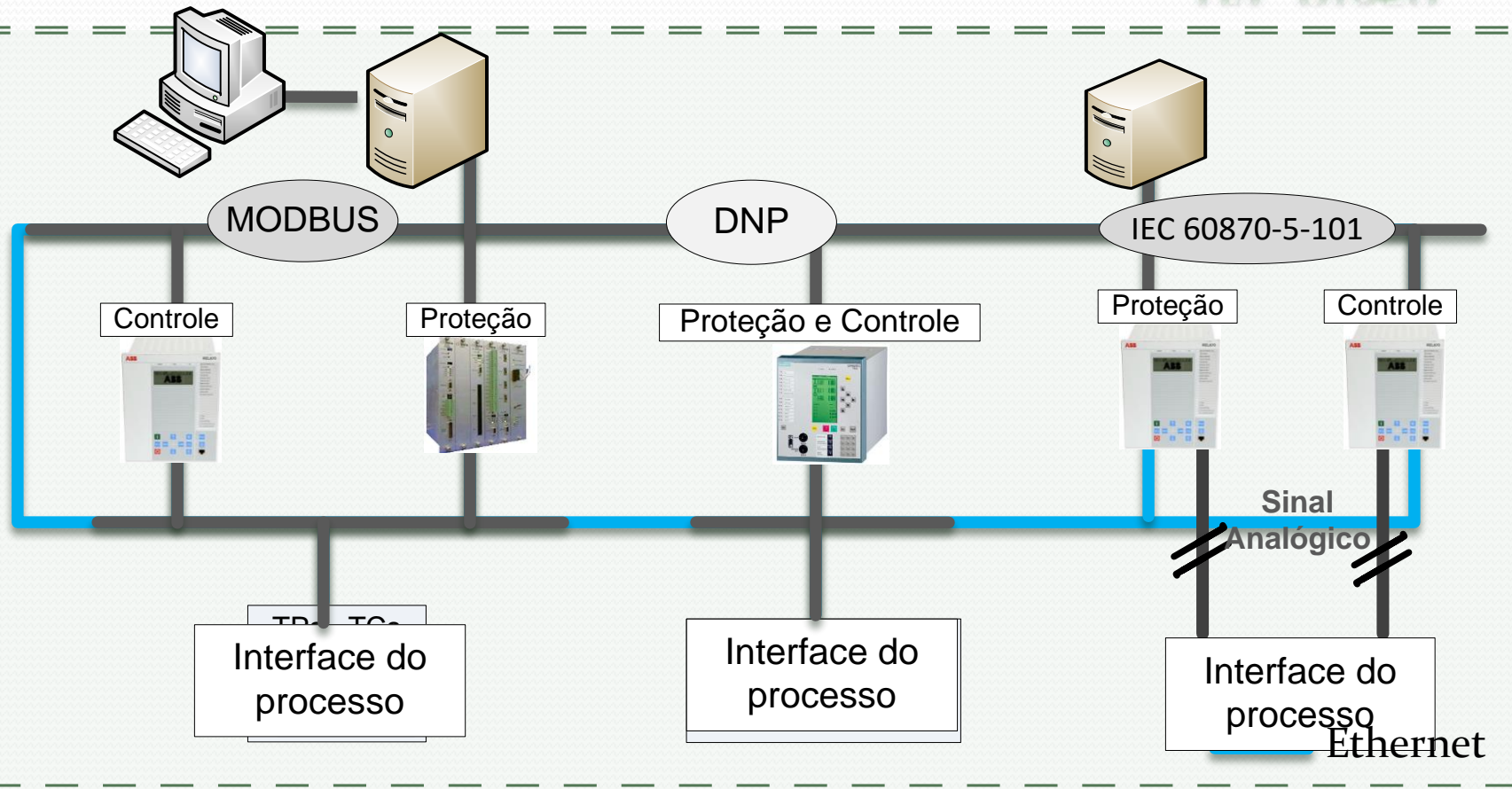
Qual a mudança no cenário Atual

O que o IEC 61850 propõem?

IEC 61850 - Introdução

- Cenário

IEC 61850



IEC 61850 - Introdução

- **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 (e não se limita a modelagem na subestação!)

Parte 90-1 modela a comunicação entre subestações.

Revised - Draft IEC TR 61850-90-8, IEC 61850 object models for electric mobility (veículos elétricos)

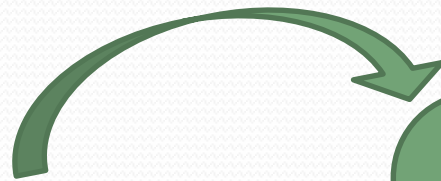
IEC 61850

- 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)

Modelagem dos Dispositivos de Automação da subestação

- IEC 61850 – Inteligência está distribuída nos dispositivos

- Disjuntores
- Transformadores



Com CPUs e Placas de Rede!

- O Relé de proteção pela sua característica micro-processada foi o primeiro.

Modelagem dos Dispositivos de Automação da subestação

Qual o melhor modelo?

O que mais se aproxima da Realidade!

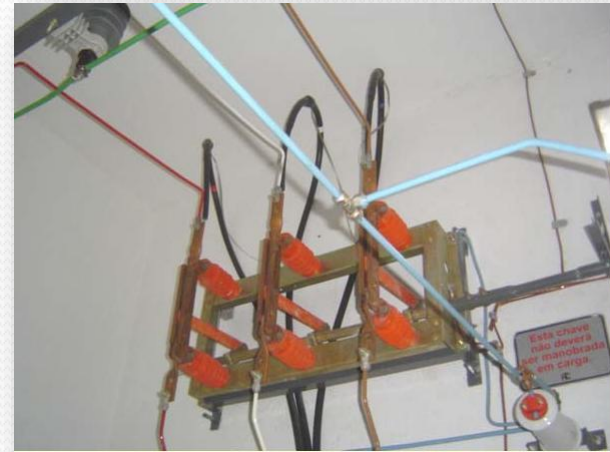
Modelagem dos Dispositivos de Automação da subestação

Disjuntor Nó Lógico XCBR (Circuit BReaker)



Modelagem dos Dispositivos de Automação da subestação

Seccionadora Nó Lógico XSWI (switch)



Modelagem dos Dispositivos de Automação da subestação

TP

Nó Lógico TVTR
(Voltage TRansformer)



TC

Nó Lógico TCTR
(Current TRansformer)

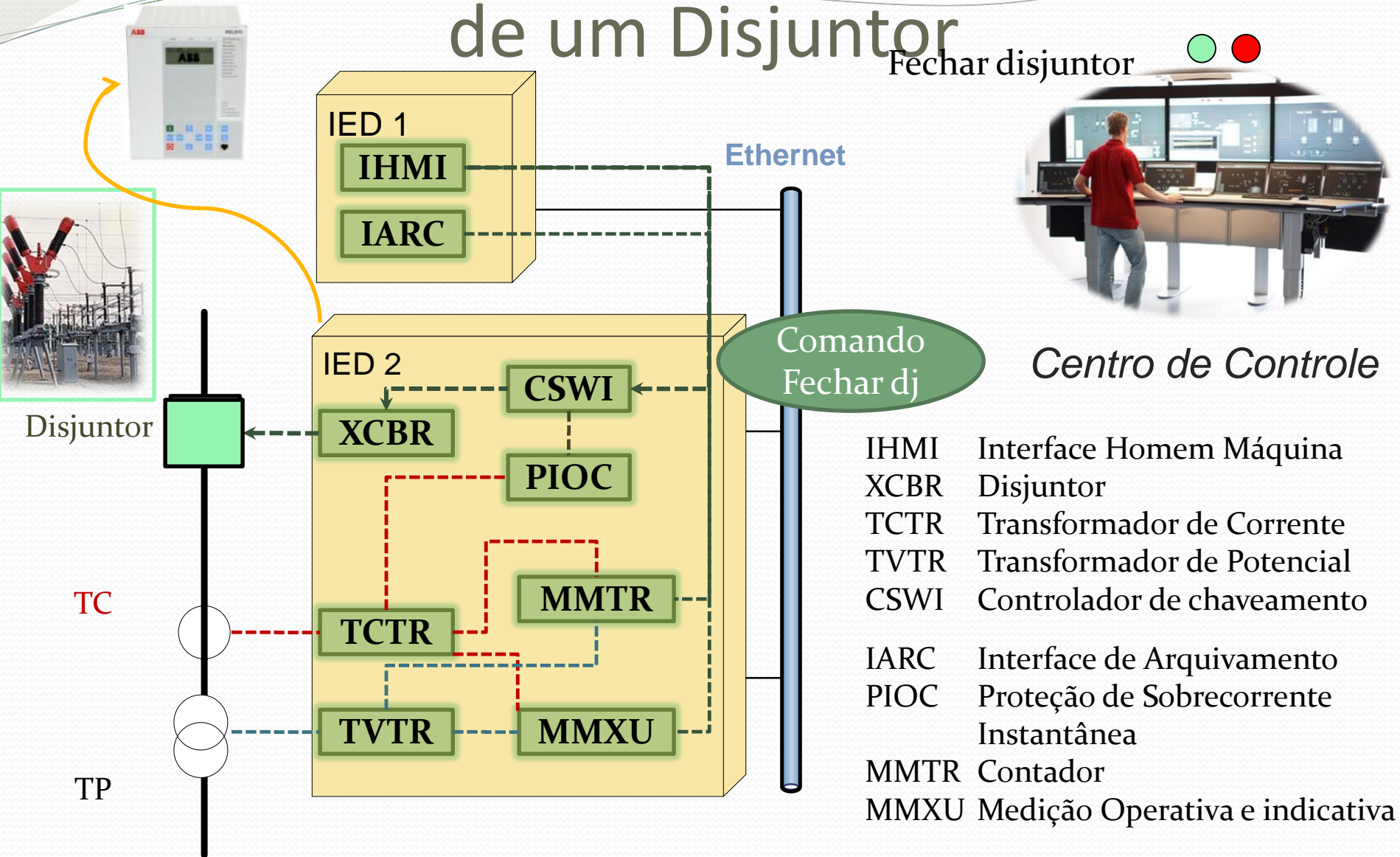
Modelagem dos Dispositivos de Automação da subestação

- Agrupados de acordo com sua área de aplicação mais comum

Ex:

- **TXXX** - Transformadores e Sensores
 - **TCTR** - Transformador de Corrente (Current **T**Ransformer)
 - **TVTR** - Transformador de Potencial (Voltage **T**Ransformer)
- **XXXX** - Interface com chaves de processo(ex: disjuntores)
 - **XCBR** - Chave disjuntor (Circuit **B**Reaker)
 - **XSWI** - Chave Seccionadora (switch)
- Sua funcionalidade textualmente descrita

Norma IEC 61850 – Exemplo comando de um Disjuntor



Modelagem dos Dispositivos de Automação da subestação

Como é feita a modelagem dos dispositivos?

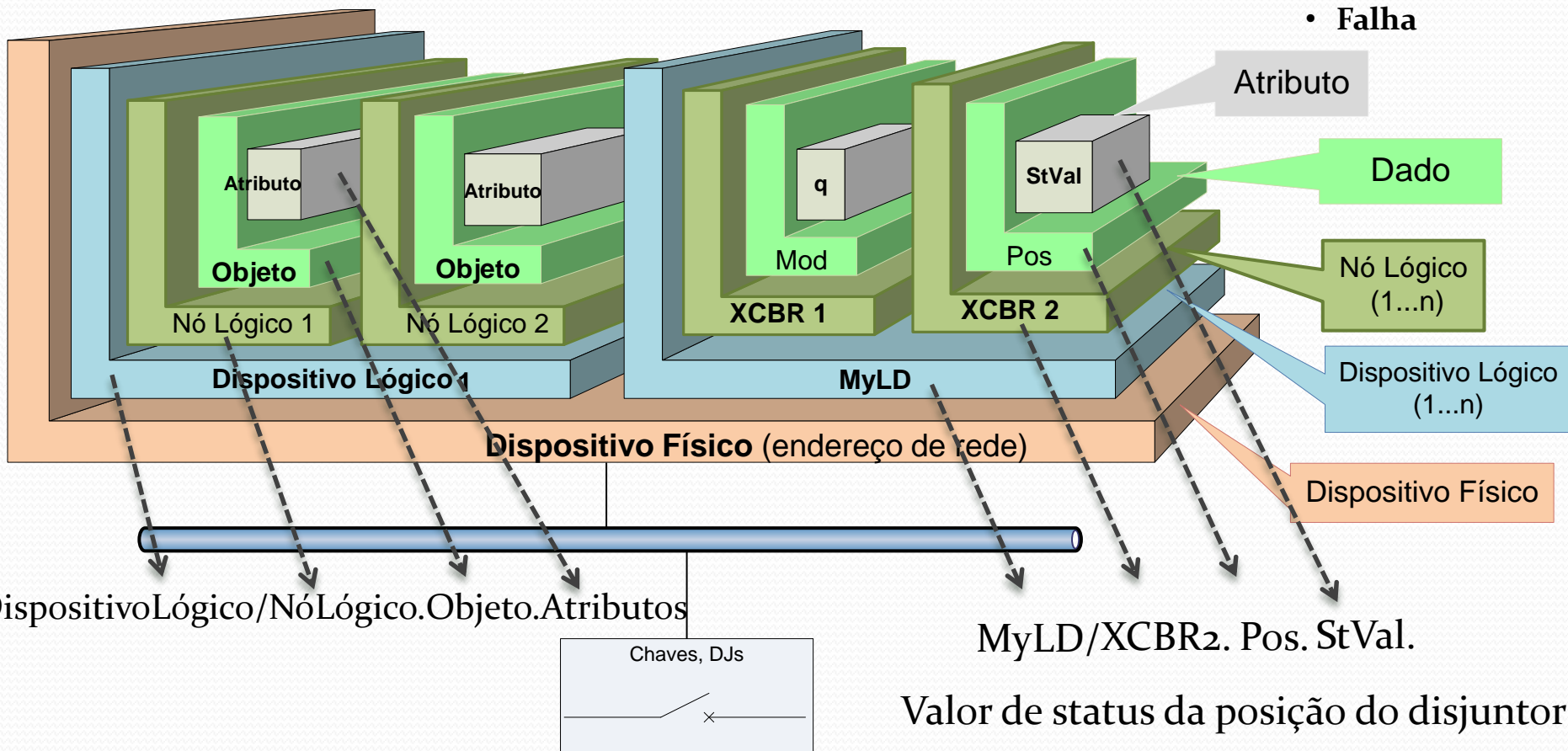
Exemplo:

- O que desejamos:
 - Estado (Posição aberta ou fechada do disjuntor)
- **Orientação a objetos**
 - Disjuntor 5
- Disjuntor
- Objeto de dados (atributo)
 - EX: cor da pele, altura, peso...
- Objeto Concreto (uma instância)
 - Ex : Juliana Paes, Gloria Pires
- Classe abstração - descreve um conjunto de objetos, com os mesmos atributos, operações.
 - Exemplo : Atrizes

Norma IEC 61850

• Estrutura e Nome de Objeto

- StVal (0,1,2 ou 3) =
- Intermediário
 - Aberto
 - Fechado
 - Falha



Funções dos IEDs

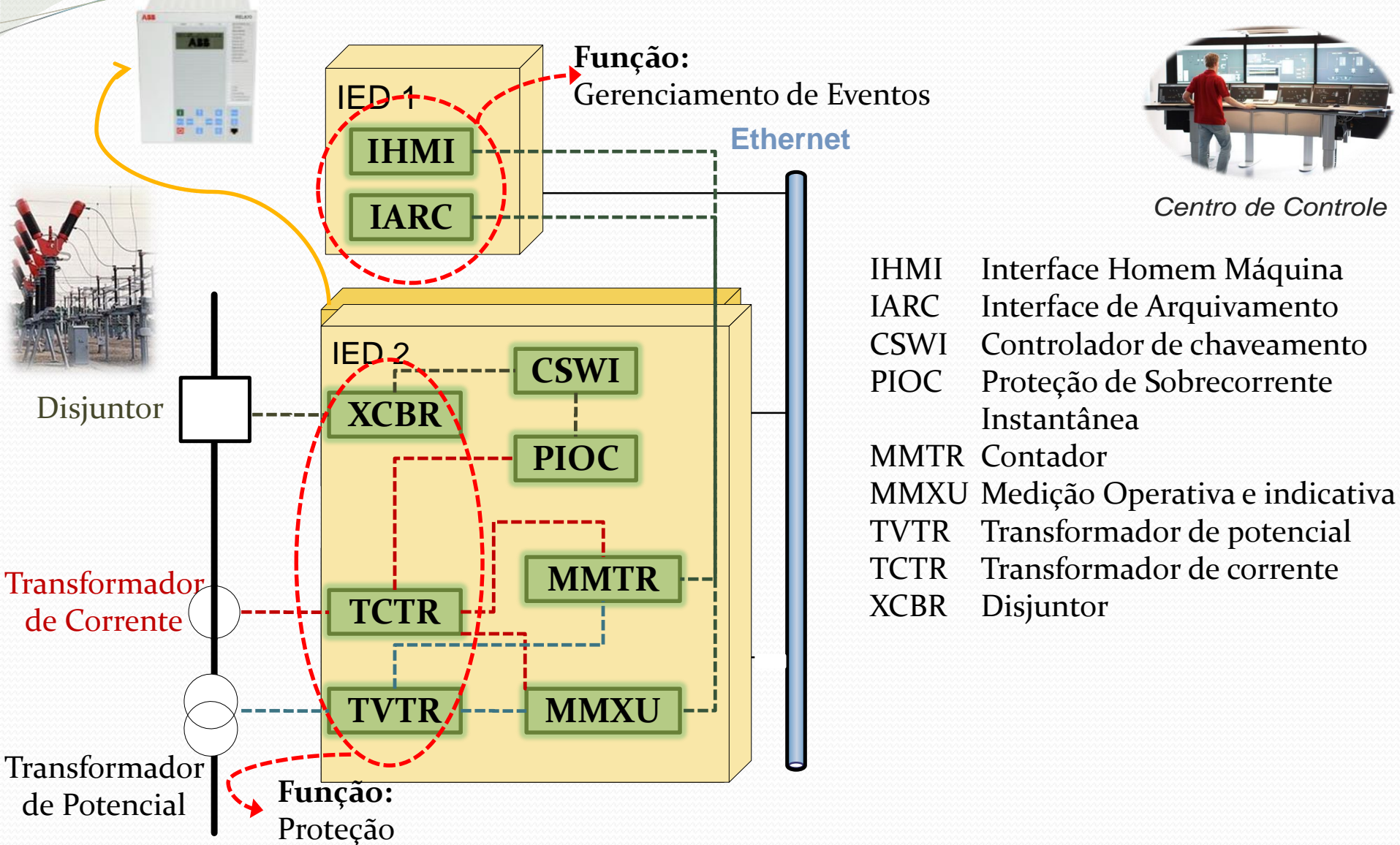
- O que é uma função em uma subestação?

Operações no sistema em “alto nível”

Ex:

- Função de Proteção
 - Abertura de um disjuntor para desenergizar uma linha com sobrecarga
- Função de Controle
 - Comandos
 - Verificar Alarmes e Eventos pela IHM
- Função de Automação (automáticas)
- Funções de Monitoramento
 - Fornece dados para analisar falhas
- Funções de Supervisão
 - Gerenciamento de eventos em tempo real (mudança de estado)

Norma IEC 61850 – IED Multifuncional



Modelagem dos Dispositivos de Automação da subestação

- Nomenclatura dos dados - Consequência :
 - Dispositivos de diferentes fabricantes podem ser utilizados em conjunto
 - Custos de Migração são reduzidos
 - Trabalho de reconfiguração é minimizado em caso de troca
 - Modelo se aproxima da realidade

IEC 61850

- 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)

Modelagem dos mecanismos de comunicação

- Que mensagem tenho 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.

Modelagem dos mecanismos de comunicação

Mecanismos de comunicação

- Mensagens com grade restrição temporal (Ex: 3,10,20ms):
 - **GOOSE** (*Generic Object Oriented Substation Event*)
 - **SV** (Sampled Values)
- Mensagens que não tem grande restrição temporal (ex:100,500, 1000ms):
 - **MMS** (Manufacturing Message Specification)
 - **Time Sync** (SNTP)

Devido as suas funcionalidade a GOOSE e MMS merecem destaque.

GOOSE

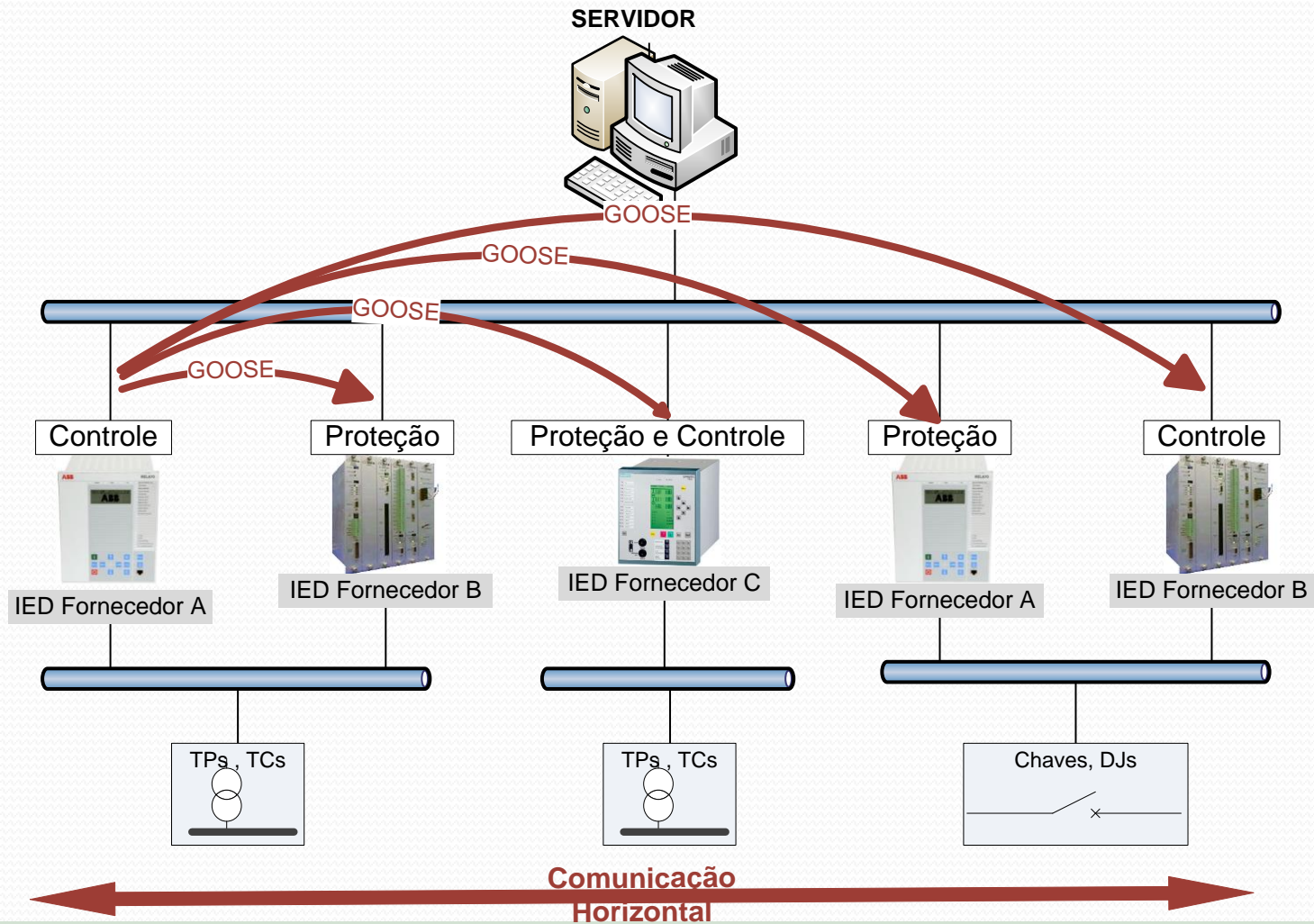
- Requisitos Rígidos de Tempo:
 - Mensagens rápidas (trips) - 3ms
 - Comandos, mensagens simples - (20ms)

Mapeada diretamente na camada de enlace

- Trafegam apenas dentro da LAN
- Possuem apenas endereços MAC
- Não possuem IP é não são roteáveis.

GOOSE

- Mensagens espontâneas - **Publisher/Subscriber** - Multicast



Sampled Values(SV)

- Requisitos Rígidos de Tempo:
 - Valores Amostrados - 3ms

Mapeada diretamente na camada de enlace

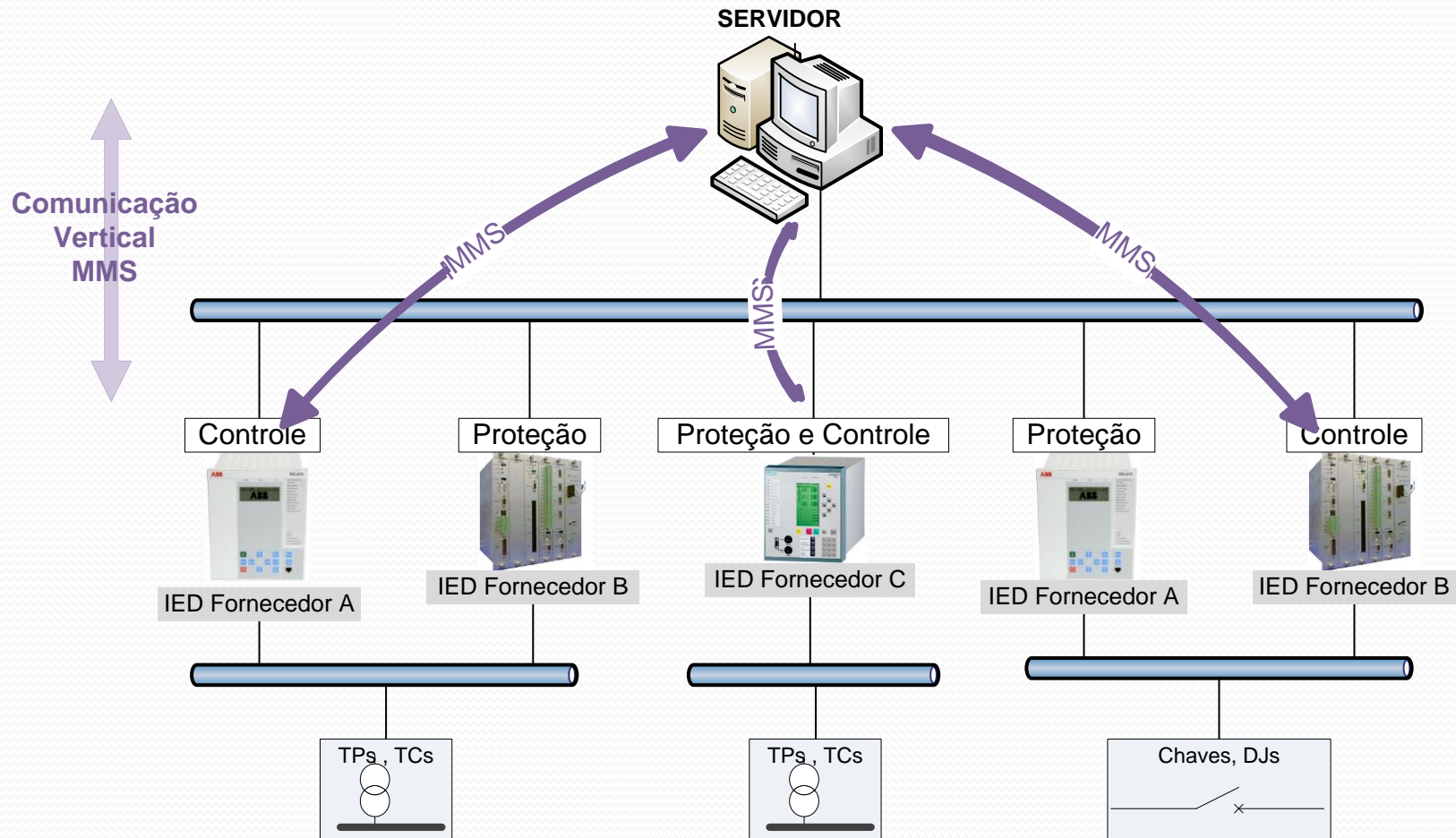
- Transmissão de Valores Amostrados – conceito de Merging Unit (ainda sendo disponibilizado comercialmente pelos fabricantes)

MMS

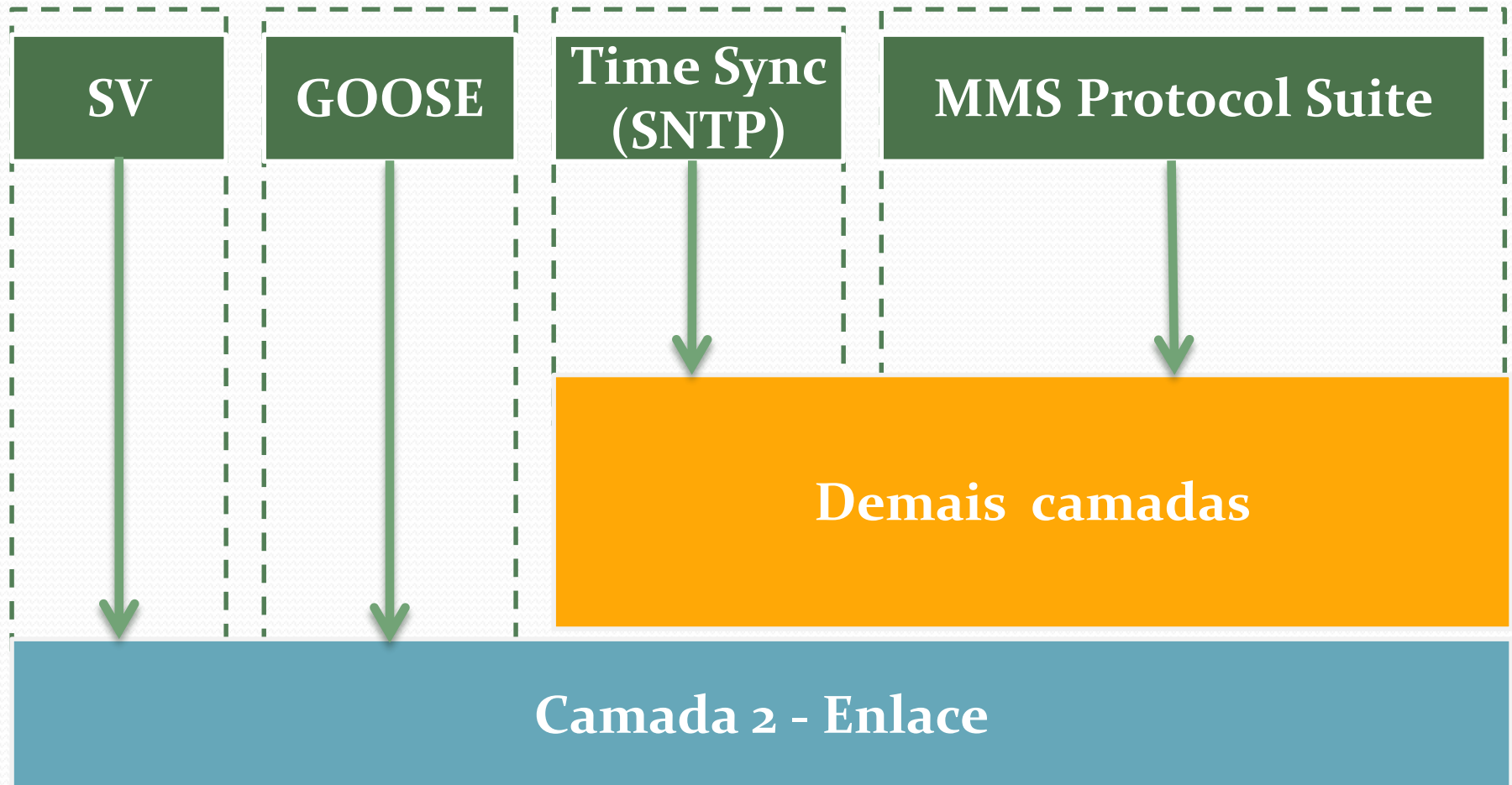
- Restrição temporal menos crítica
 - Mensagens de Supervisão e Controle
- Média velocidade (100ms)
 - Informações de Estado e Valores de Medidas
- Baixa velocidade
 - Alterações de configurações ou Parâmetros (500ms)
 - Transmissão de registro de eventos(500ms)
 - Comandos da estação HMI (500ms)
 - Arquivos grandes (≥ 1000 ms)

MMS

- Arquitetura Cliente-Servidor



Modelagem dos mecanismos de comunicação- Pilha de Protocolos



Modelagem dos mecanismos de comunicação

Tipos de mensagens suportadas pela norma IEC 61850

Tipo	Classe	Exemplos	Tipo de mensagens e limites temporais
1A 1B	Mensagens Rápidas - trip Mensagens rápidas -outras	Trips Comandos, Mensagens Simples	GOOSE (3ms e 10ms) GOOSE (20ms e 100ms)
2	Média Velocidade	Valores de Medidas	MMS (100ms)
3	Baixa velocidade	Parâmetros	MMS (500ms)
4	Rajada de Dados -Raw (dados brutos)	Saída de dados dos instrumentos (transformadores)	SV (3ms e 10ms)
5	Transferência de arquivos	Arquivos grandes	MMS (≥ 1000 ms)
6A 6B	Sincronização de tempo a Sincronização de tempo b	Sinc. tempo (station bus) Sinc. tempo (Process bus)	Time Sync (+/- 1 ms) ¹ Time Sync (entre +/- 4 μ s e 1 μ s e +/- 25 μ s)
7	Mensagens de comandos	Comandos da estação HMI	MMS (500ms)

¹ desvio temporal

IEC 61850

- 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)

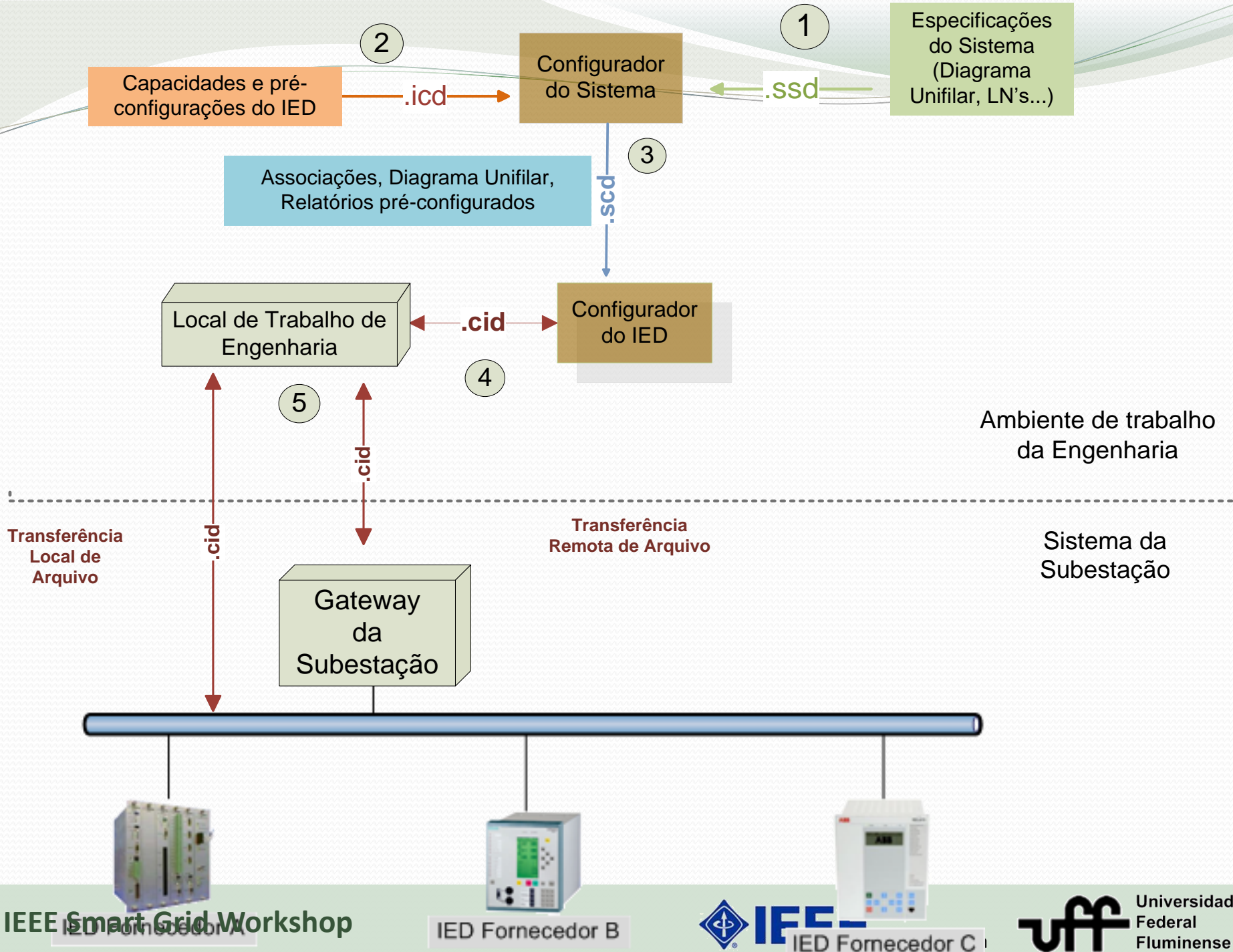
Linguagem de configuração Padronizada - SCL

- Linguagem de Configuração de Subestação (*Substation Configuration Language – SCL*)
 - Linguagem de configuração Padronizada
 - Orientada a objetos
 - Baseada em XML (*eXtensible Markup Language - XML*)
 - Simples e Flexível

Linguagem de configuração

Padronizada - Arquivos de Configuração

- Funcionalidades e capacidade do IED - **arquivo ICD** (*IED Capability Description*)
- Especificação da subestação - **arquivo SSD** (*Substation Specification Description*)
- ICD+SSD= **arquivo SCD** (*System Configuration Description*).
- O arquivo de cada IED, depois de configurado para um projeto específico, passa a ser denominado **arquivo CID** (*Configured IED Description*) daquele IED.



Consequências

- Modelagem dos dispositivos de automação da subestação
- Modelagem dos mecanismos de comunicação
- **Linguagem de configuração padronizada (SCL)**

Linguagem de configuração Padronizada - SCL

- Consequência:

Dispositivos não necessitam
de configuração manual
exceto em casos específicos

**Redução de
Custos!**

**Simplicidade e
Flexibilidade!**

**Redução de
erros Humanos!**

Modelagem dos mecanismos de comunicação

- Consequência:
 - Comunicação Digital, mais confiável e rápida.
 - Simplicidade
 - Informação Disponível quando necessário



Modelagem dos Dispositivos de Automação da subestação

- Consequência:
 - Substituição dos cabos de cobre (cabos de controle) por uma rede de Fibras Óticas
 - Algumas fibras no lugar de uma quantidade imensa de cabos



Redução de Custos!



Modelagem dos Dispositivos de Automação da subestação

- Consequência:
 - Painéis de controle automatizados



Painel de controle Convencional



Painel de controle com IED

Benefícios do IEC 61850

- Redução de Custos
 - Instalação e Construção
 - Cablagem
 - Com configurações, dentre outros
- Comunicação digital- confiáveis e rápidas
- Simplicidade
- Disponibilidade de Informação
- Linguagem de configuração padronizada
 - SCL – baseada em XML
- Modelagem de todo os sistema

“À prova de Futuro”

Conclusões

Desafios – Redes & Telecom

- Segurança da rede de telecomunicações
- Controle de Redes Elétricas
- Medição e faturamento
- Gerenciamento
- Interoperabilidade
- Migração de tecnologias

Desafios – Redes & Telecom

- 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

Conclusão

- *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.

Conclusão

- Principais temas de pesquisa
 - 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

Conclusão

- 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

Conclusão

- 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
 - Etc.

Conclusão

- 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

Conclusão

- Oportunidades de pesquisa
 - 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

Obrigada!

natalia@midia.com.uff.br
yona@gteccom.uff.br