

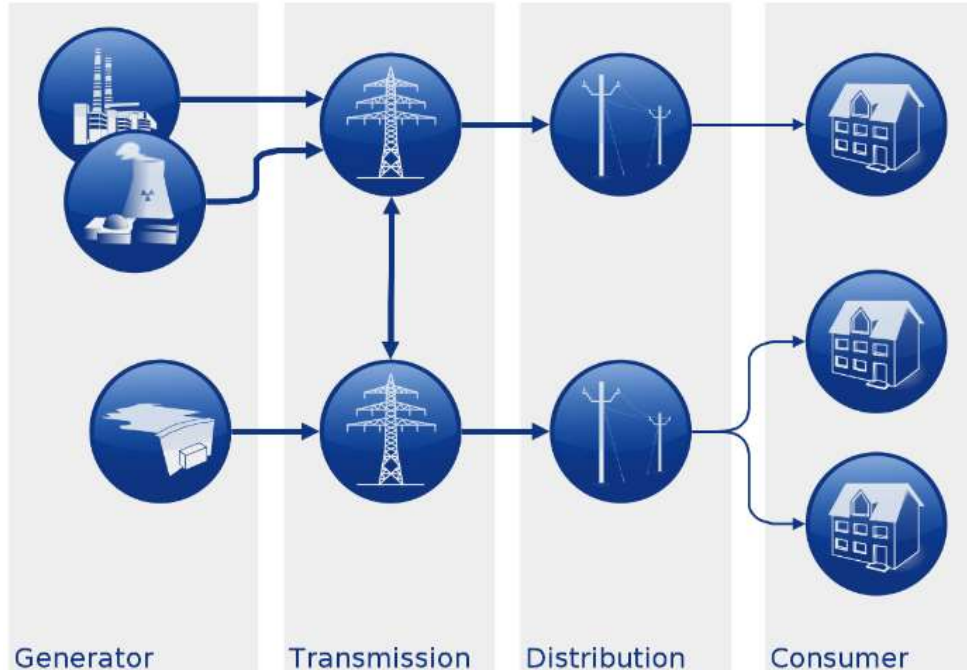


Comitê Nacional de Produção e
Transmissão de Energia Elétrica

Desafios e Soluções de TIC (Tecnologias da Informação e Comunicação) na Rede Elétrica do Futuro

Marcelo Costa de Araujo

Rede Elétrica Tradicional



- Geração Centralizada
- Fluxo de potência unidirecional
- Modelo vertical
- Uso de dados limitado
- Consumidores

Transição Energética

Descarbonização



Descentralização

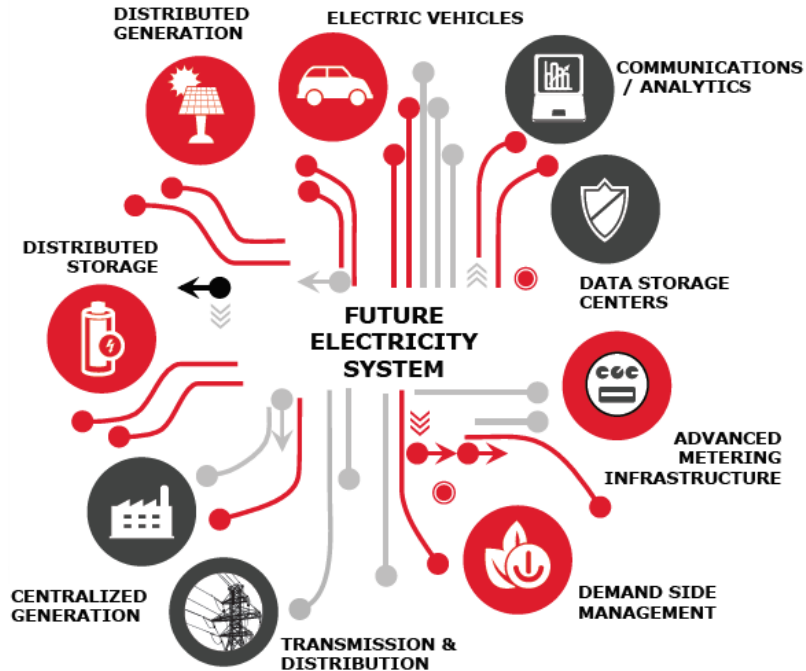


Rede Elétrica 2.0



Digitalização

Rede Elétrica Inteligente



- Geração Distribuída
- Mobilidade elétrica
- Uso intenso de data analytics
- Fluxo de potência bi-direcional
- Prosumidores
- Novos serviços

Digitalização do Setor Elétrico



Foco em ativos físicos



Foco em dados

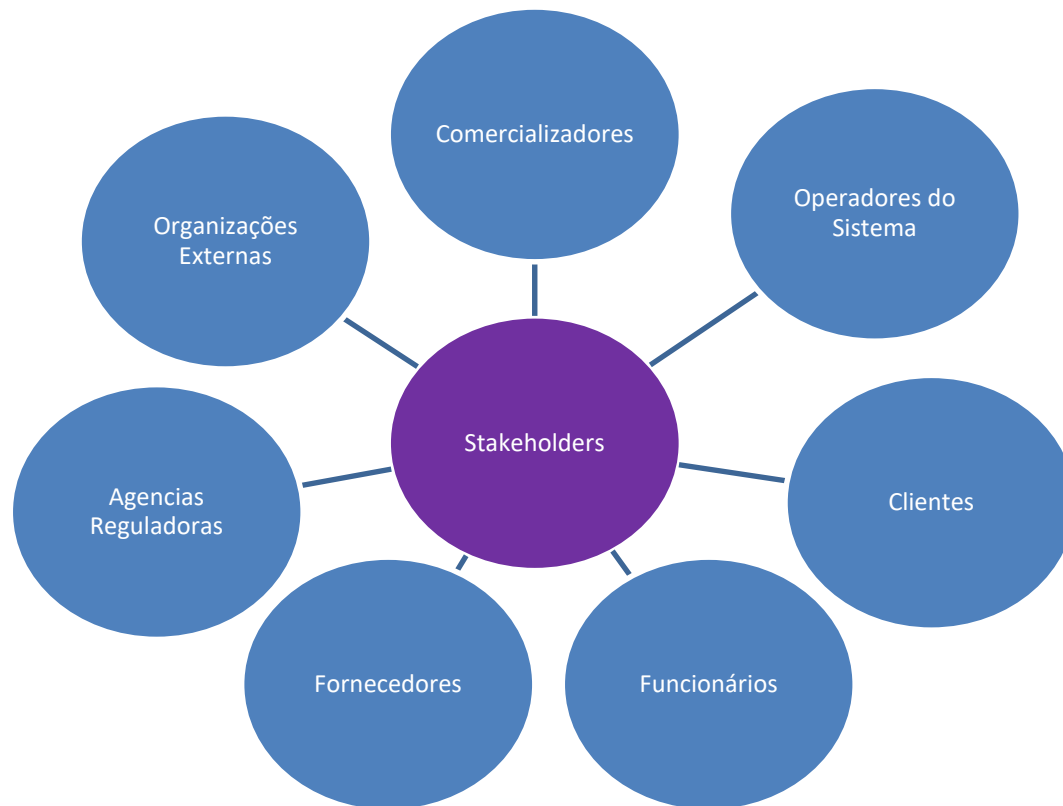
Cadeia de Valor de Dados



Sistema de gestão e governança de dados



Critérios para Coleta dos Dados



Consequências de Gestão de Dados Ineficiente

Falhas e defeitos no ativos devido a gaps de informação

Incidentes de segurança

Desempenho dos ativos é prejudicado

Não atendimento a requisitos regulatórios

Gestão do custo de vida ineficiente

Dados duplicados em fontes distintas

Dados inconsistentes

Retrabalho para corrigir dados

Redes de Comunicação



Aplicações de telecomunicações no setor elétrico

De subestação a subestação

- Sistemas de automação e proteção e controle (SPCS)

De dispositivos de campo a
plataformas centralizadas

- Medições da rede elétrica ou geradores para plataformas situacionais
- Envio de comandos para ajustes no campo
- SCADA, PMUs

Entre plataformas

- Sincronização de bancos de dados geograficamente distantes
- Redundância
- Sistemas distribuídos

De escritório para campo

- Requisitos de acesso remoto a equipamentos ou dados
- Configuração remota, manutenção, ajuste de IEDs e acesso de equipes de campo a sistemas de apoio

Do produtor/consumidor para
plataformas das companhias de
energia

- Smart metering
- Controle de geradores distribuídos e microgrids
- Carregadores de veículos elétricos

Comunicações em parques de
energia eólica

- Comunicação para parques eólicos offshore

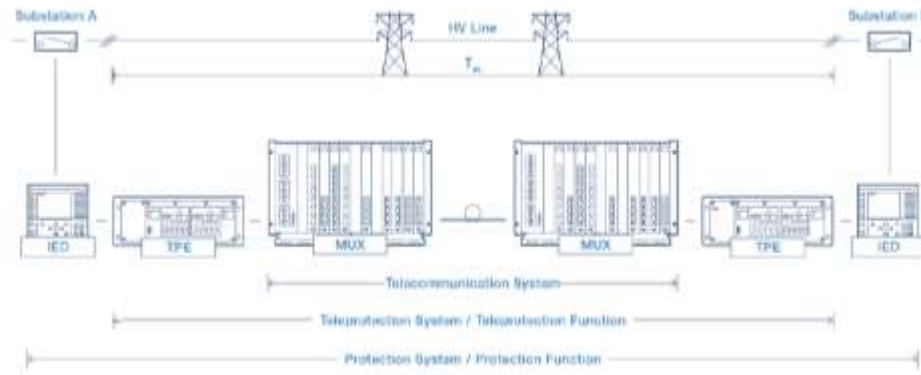
Requisitos de Telecomunicações



Restrições de Tempo

Latência (Delay):

- Atraso introduzido na aplicação pela rede de comunicação;
- Teleproteção é muito sensível a atrasos
- Atuação do sistema entre 100 a 120 ms (do relé ao disjuntor) – de 8 a 10 ms para rede de comunicação



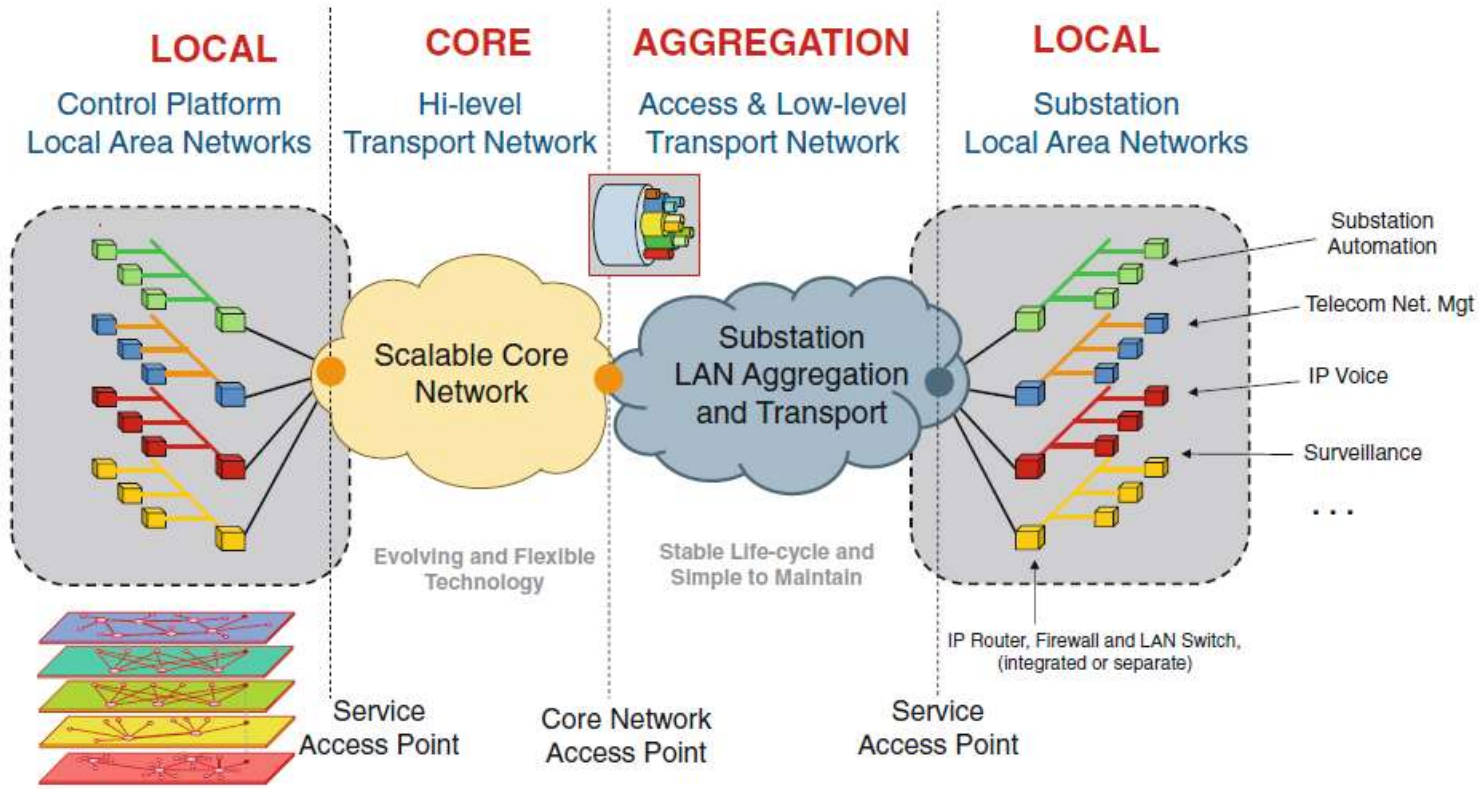
Restrições de Tempo



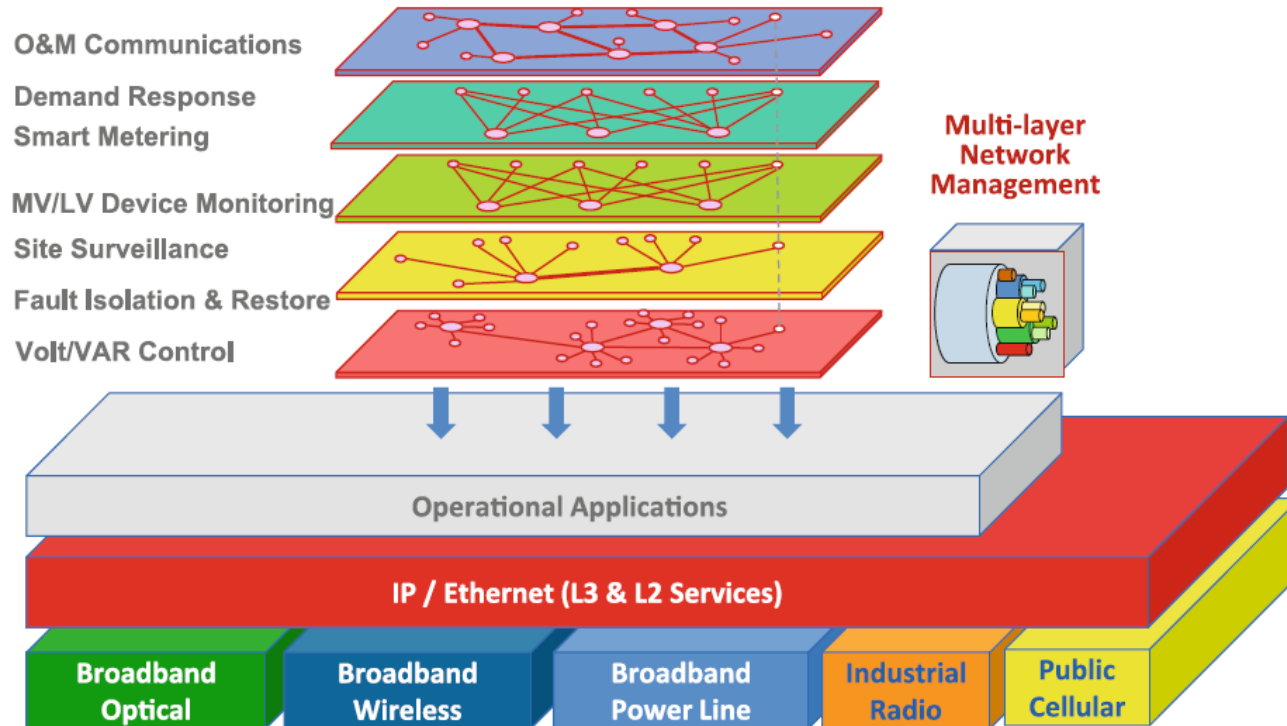
Latência (Delay):

- Sistemas SCADA coletam dados em termos de segundos;
 - Dificuldades com links intermitentes, com taxa de erro ou latência elevada
- Comunicação de voz seriamente degradada por latência elevada (entre 100 a 150 ms)

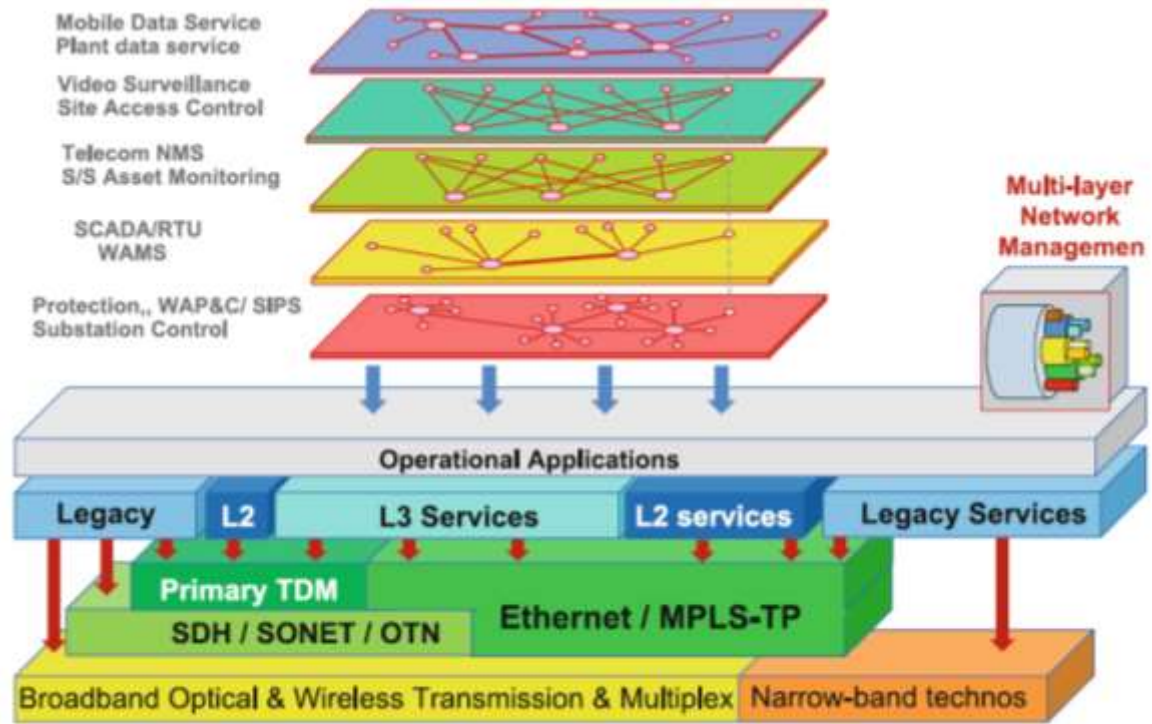
Arquiteturas Hierárquicas



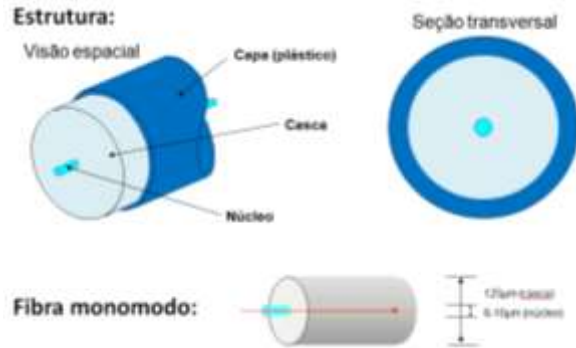
Tecnologias de Transporte



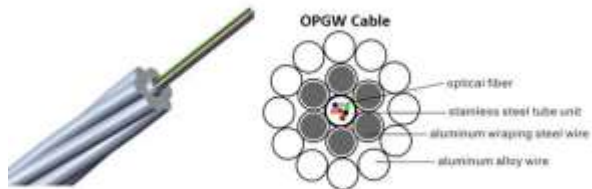
Tecnologias de Transporte



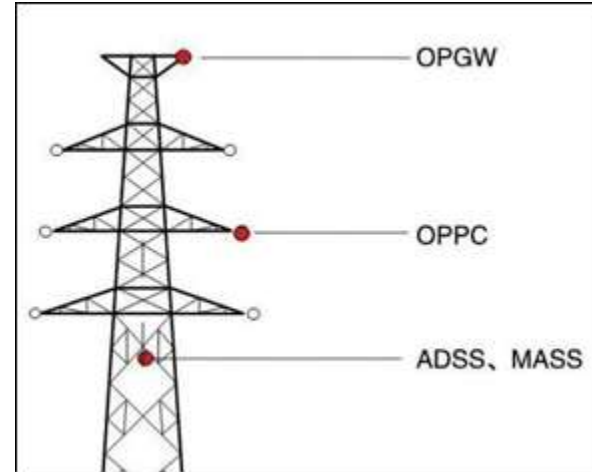
Fibras Ópticas



Visão de uma fibra óptica. Fonte: Padtec.



Fonte: Site techno wired



Fonte: Site Global Utilities

Benefícios de Fibras Ópticas

Não suscetível a interferência eletromagnética

Baixa atenuação

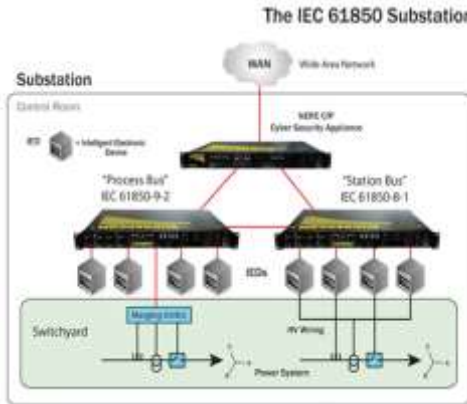
Elevada largura de banda (Ex: Canais de 100 Gbps na tecnologia DWDM)

Otimização de espaço em canaletas e conduítes

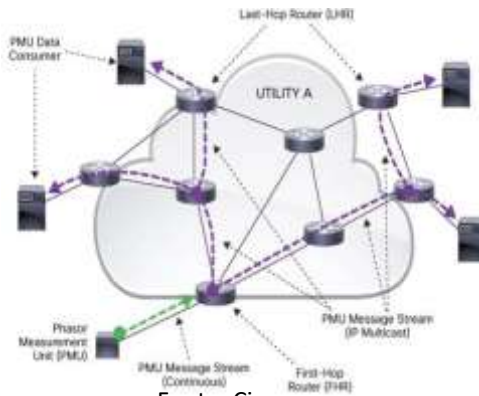
Amplificação e regeneração permitem longas distâncias

Multiplexação de comprimentos de onda otimiza o uso de um par de fibras

Desafios para Telecom no Setor Elétrico



Fonte: Ruggedcom



Fonte: Cisco

- Digitalização de subestações
- Aplicações digitalmente nativas
 - Tráfego do tipo estatístico;
 - Largura de banda variável.
- Novas aplicações:
 - PMUs,
 - Smart Grids
 - Veículos elétricos
 - Geração Distribuída
 - IoT
 - Monitoramento online da condição de ativos do SEP
- Convergência entre TI, TO e telecomunicações
- Uso de CFTV na área operacional
- Segurança cibernética
- Big data e analytics para auxílio na manutenção e na operação

Desafios no Setor de Telecomunicações

- Requisitos de largura de banda são maiores do que latência e tempo de transmissão;
- Evolução tecnológica leva a migração de redes determinísticas para redes de pacotes;
- Ciclo de vida útil menor do que no setor elétrico;
- Equipamentos SDH estão obsoletos;
 - Phase-out de equipamentos ainda em operação;
 - Ausência de sobressalentes;
 - Quantidade de técnicos e engenheiros capacitados se reduz gradativamente
 - Fabricantes perdem o ganho de escala

Características de Redes Ópticas



Fonte: ABB



Fonte: Cisco

- Multiprotocolo: transporte de sinais de dados e voz
- Gerenciamento de fim-a-fim de canais de comunicação em plataforma centralizada
- Canais de comunicação bi-direcionais e simétricos
- Transporte de sincronismo para redes de comunicação e automação
- Interoperabilidade entre fabricantes distintos
- Resiliência : Tempo de comutação entre vias ópticas na ordem de ms

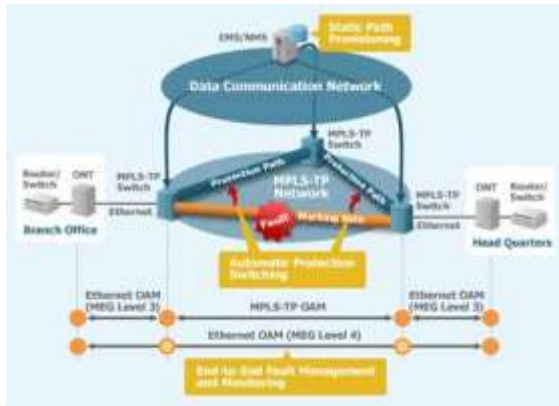
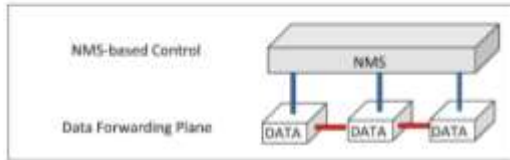
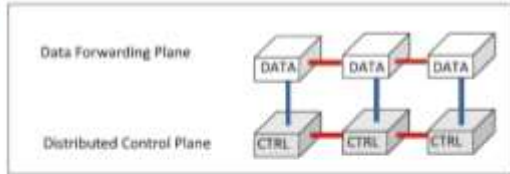
IP/MPLS vs MPLS-TP

Principais semelhanças entre os dois protocolos:

- MPLS (Multiprotocol label switching) utiliza o conceito de “label switched path” (LSP):
 - Um rótulo é adicionado na porta de ingresso e substituído na porta de egresso do equipamento de roteamento
 - Para todos os efeitos, são criados “túneis virtuais” para cada aplicação a ser trafegada na rede
- A rota entre o nó de origem e o de destino é pré-determinada, como em uma rede determinística
- O conceito de “pseudowires” garante o transporte de redes legadas
 - Convergência de voz, vídeo e dados

Principais diferenças:

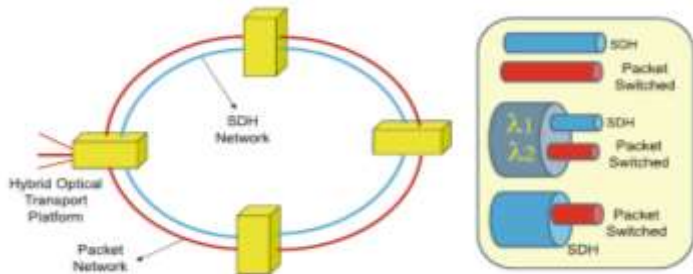
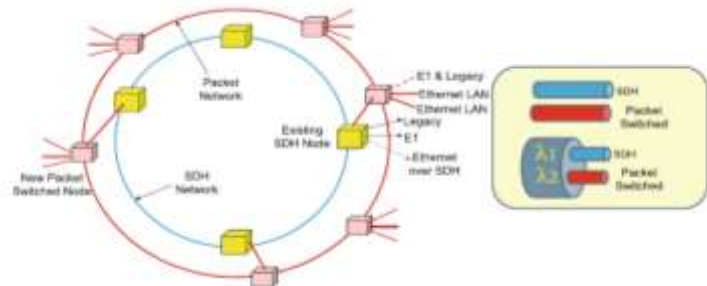
- Plano de controle centralizado vs distribuído
- LSPs bi-direcionais vs unidirecionais (latência não garantida)
- O&M em MPLS-TP semelhante ao de redes SDH



Formas de migração

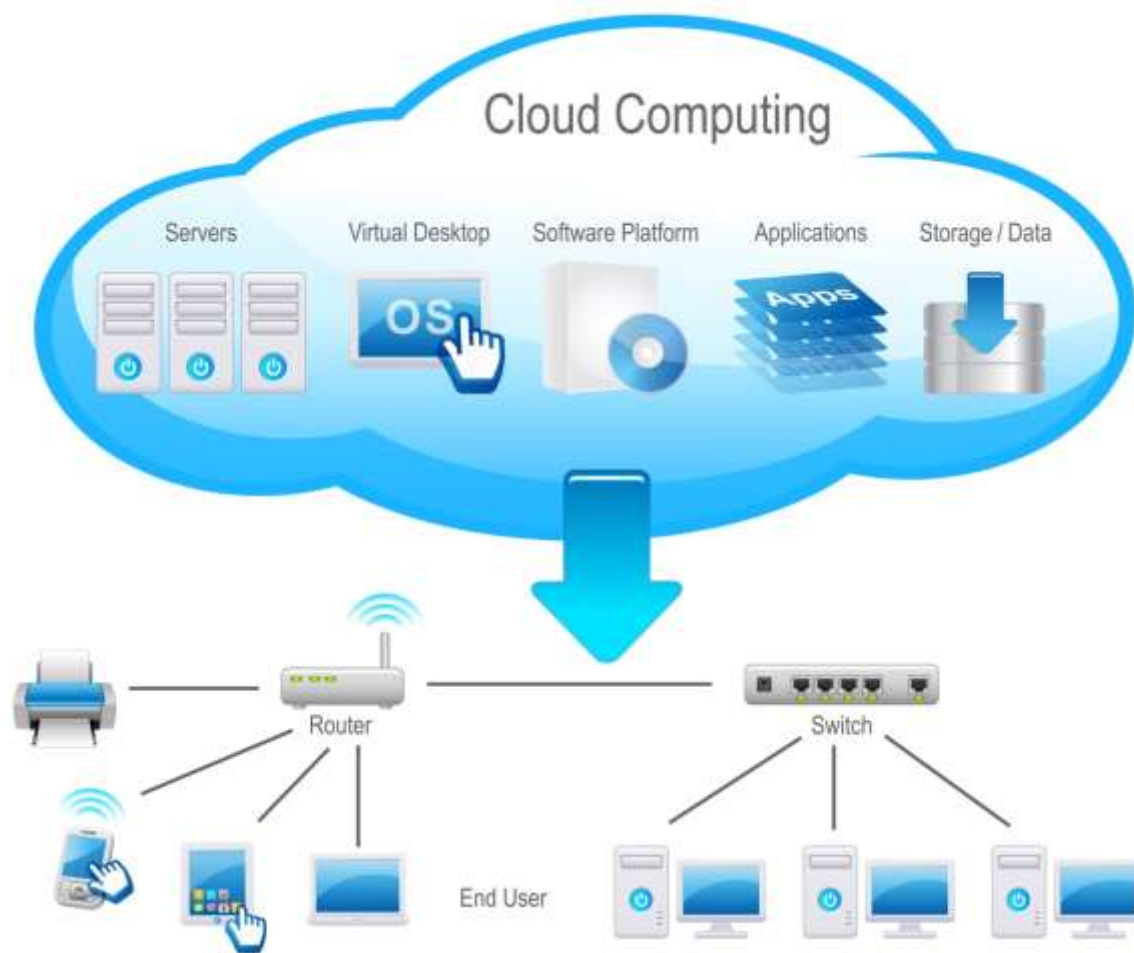
1 - Redes paralelas:

- Uso de equipamentos ethernet e TDM em fibras ou comprimentos de onda distintos
- Vantagem: migração gradual dos serviços da rede TDM para a rede de pacotes
- Desvantagem: O&M de duas redes de equipamentos até concluir a migração



2 - Rede Híbrida:

- Disponibilidade de equipamentos com matrizes de conexão híbrida
- Possibilidade de segregação ou conversão entre os tráfegos ethernet e TDM
- Migração gradual para redes de pacotes



Benefícios da Nuvem

Virtualização de servidores

- O mesmo hardware para diversos servidores
- Migração e upgrades feitos de forma suave

Escalabilidade

- Banda, processamento ou storage conforme a demanda

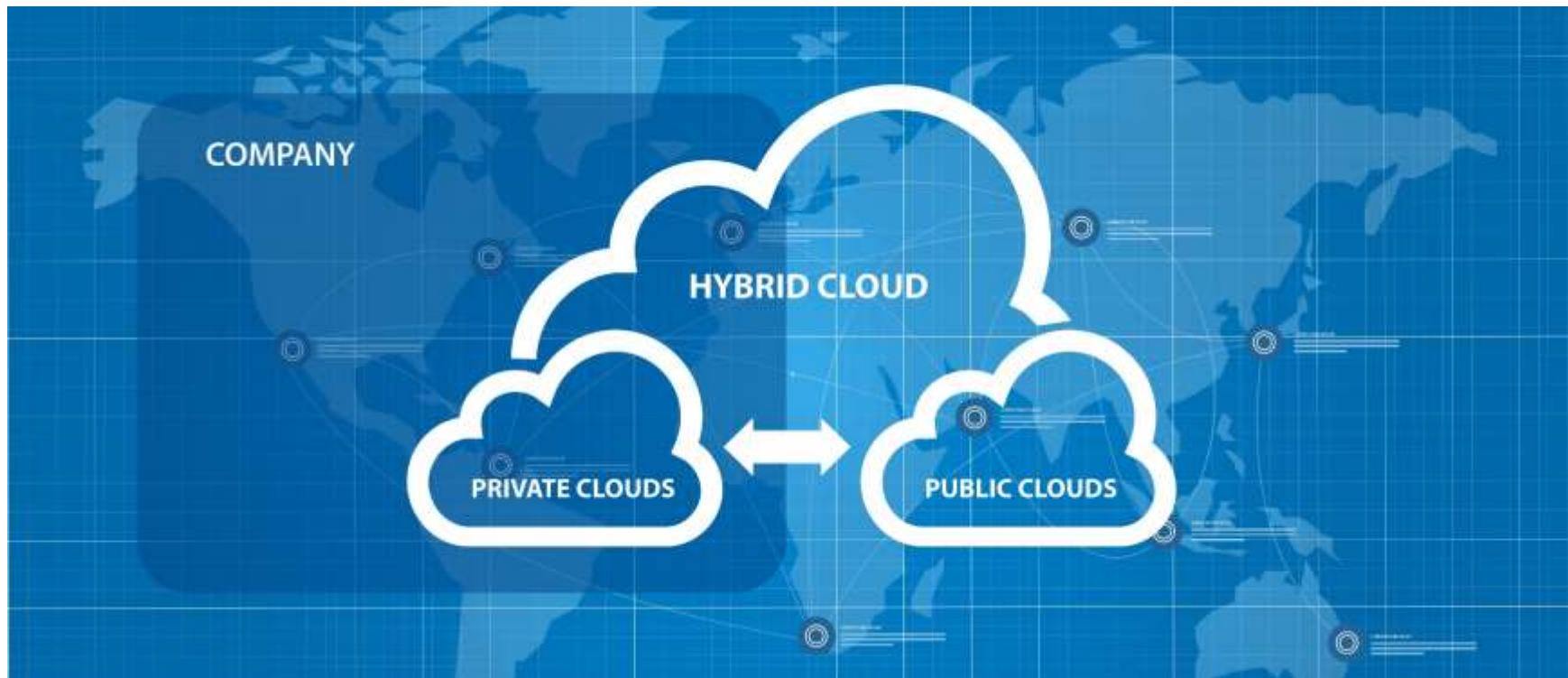
Redução de custos

- A manutenção dos servidores pode ser feita por terceiros
- Migração total ou parcial para nuvem de terceiros

Acesso a informação

- Dados disponíveis a qualquer hora do dia, a partir de qualquer local

Tipos de Nuvem



Gestão de Continuidade do Negócio

Customer On-Premises Infrastructure



Production Host

SSL
Replication

Service Provider Infrastructure



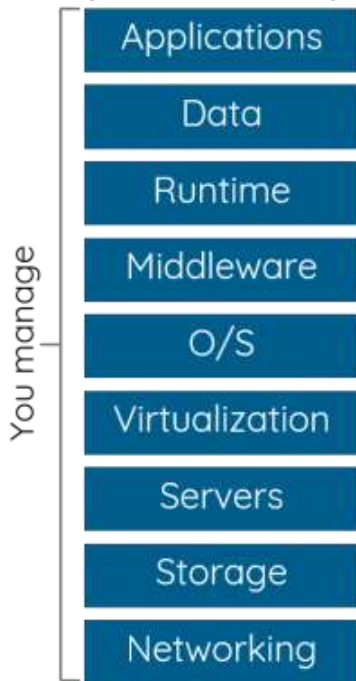
Cloud
Gateway



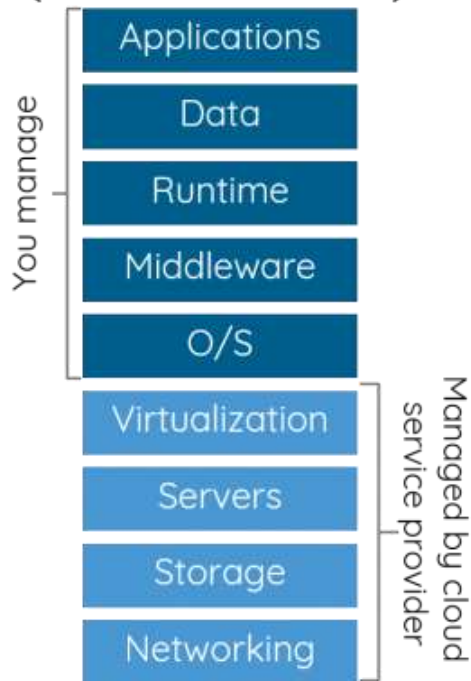
Cloud Host

Negócios na Nuvem

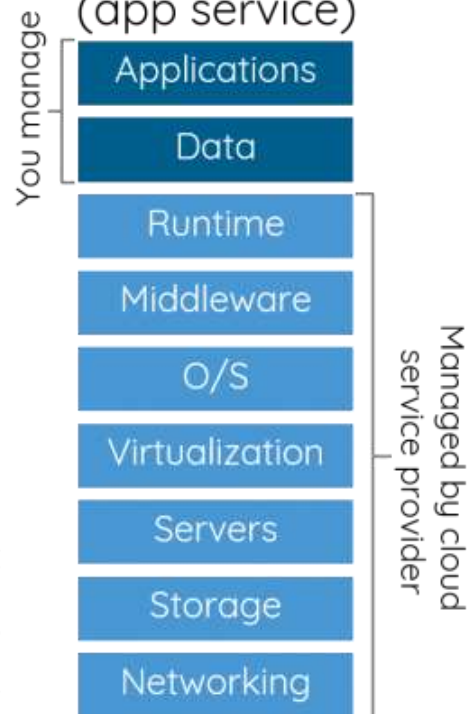
On Premises
(own server)



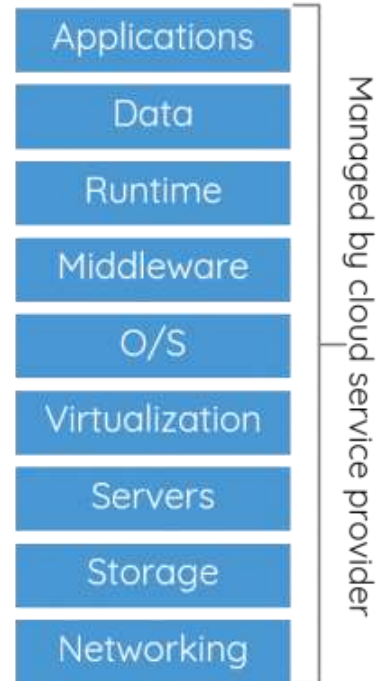
IAAS
(virtual machines)



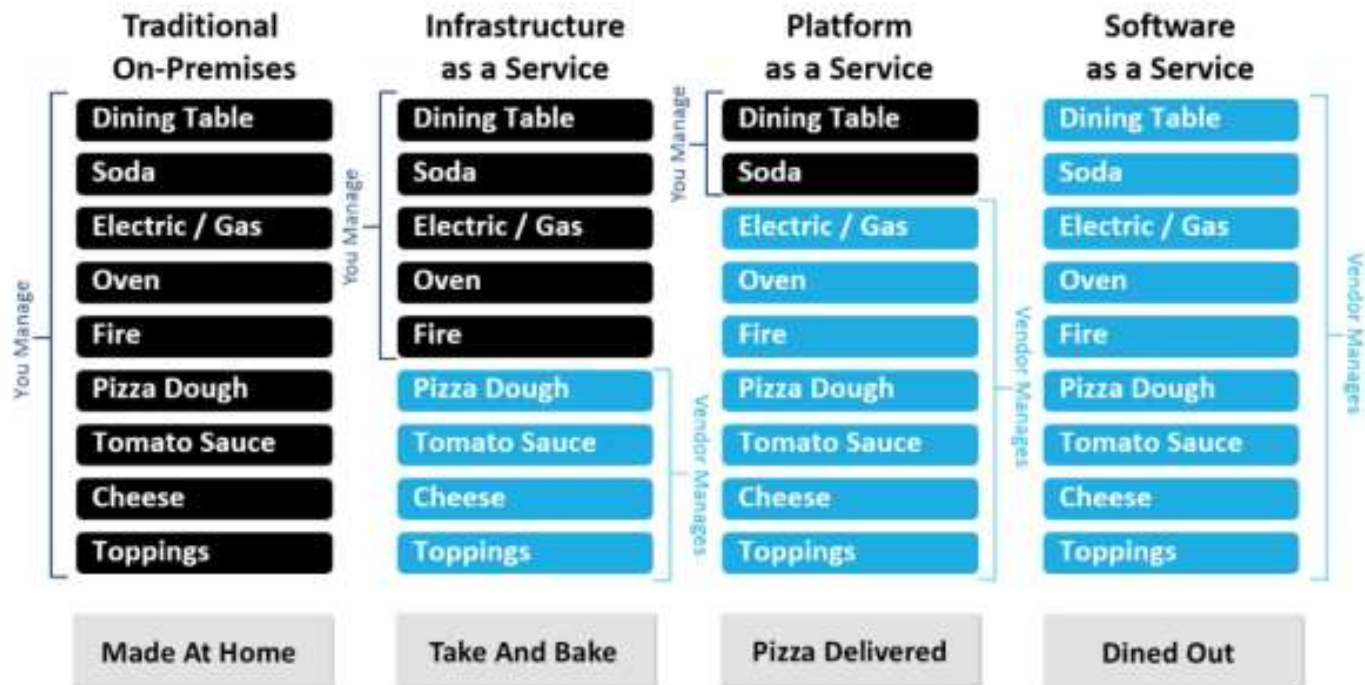
PAAS
(app service)



SAAS
(O365)



The Pizza & The Cloud – How Many Ways?



Fonte: <https://www.information-management.com/opinion/making-sense-of-all-the-cloud-as-a-service-models>

Desafios para a Adoção no Setor Elétrico

Segurança cibernética:

- Dados sensíveis para companhias: coordenadas geográficas, endereços IP, etc
- Acesso a dispositivos que enviem comandos na rede elétrica
- Integridade dos dados

Custos:

- Aumento de custos com largura de banda, com a utilização de nuvens públicas ou híbridas

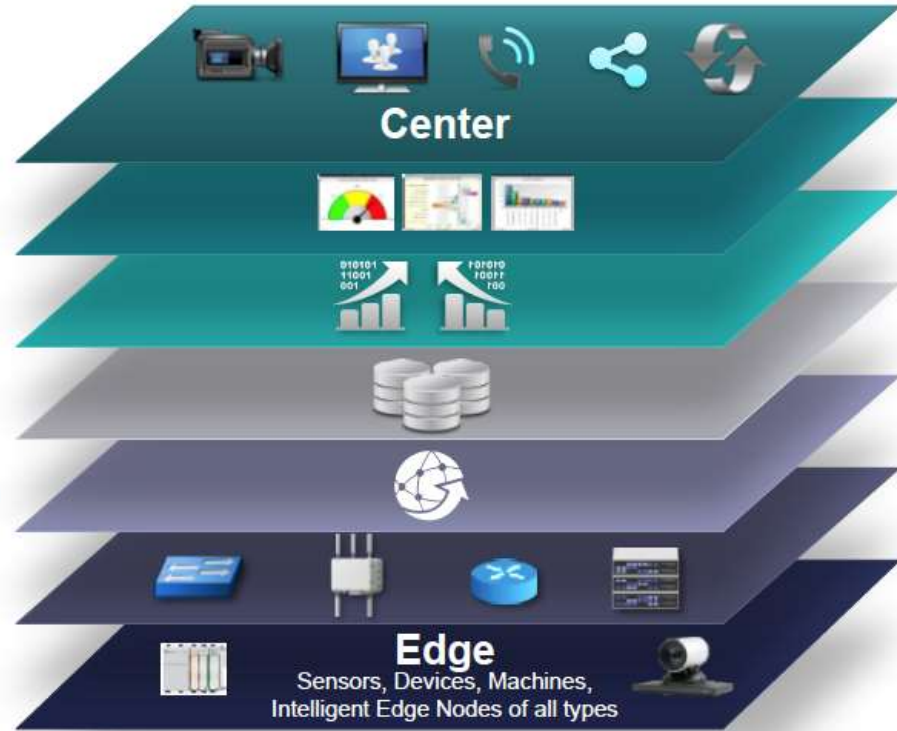
Risco de downtime e perdas de dados:

- Disponibilidade das aplicações para supervisão e controle da rede elétrica
- Dados de ocorrências precisam estar disponíveis a qualquer momento
- Registro de ativos físicos e seu histórico de ocorrências, dados técnicos, contábeis e regulatórios

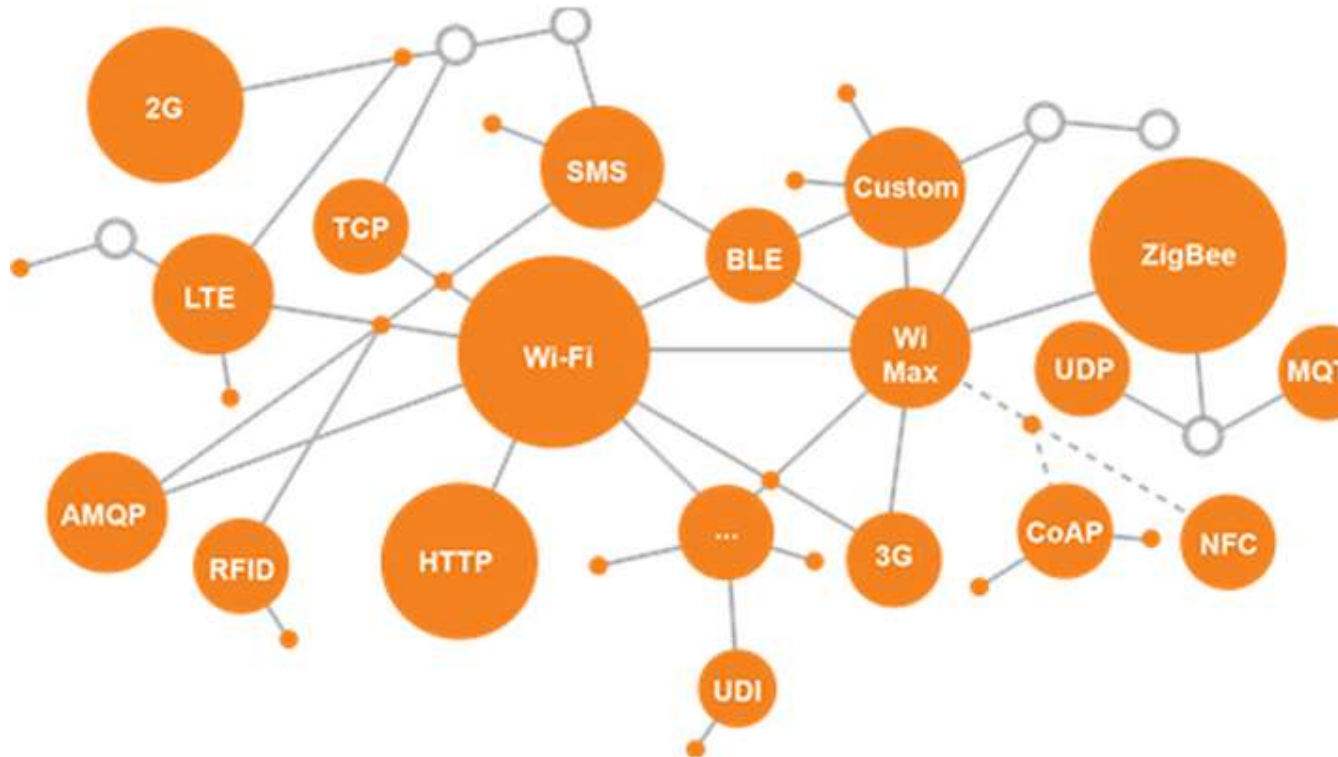
Arquitetura de IoT

Levels

- 7 **Collaboration & Processes**
(Involving People & Business Processes)
- 6 **Application**
(Reporting, Analytics, Control)
- 5 **Data Abstraction**
(Aggregation & Access)
- 4 **Data Accumulation**
(Storage)
- 3 **Edge Computing**
(Data Element Analysis & Transformation)
- 2 **Connectivity**
(Communication & Processing Units)
- 1 **Physical Devices & Controllers**
(The "Things" in IoT)



Redes Sem Fio



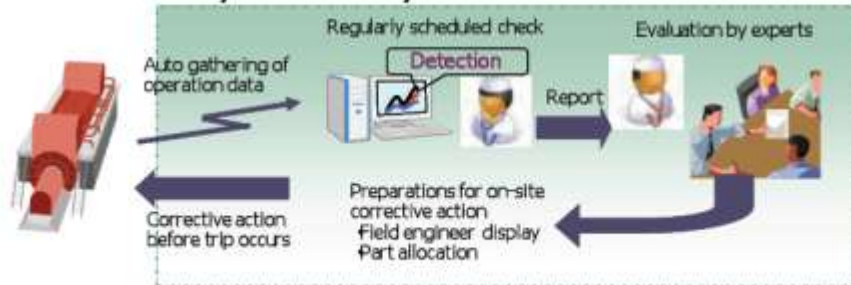
Fonte: <https://www.iotone.com/guide/selecting-the-right-wireless-network-access-technology-for-an-iot-deployment-an-insight/g289>

Aplicação – Monitoramento de Ativos

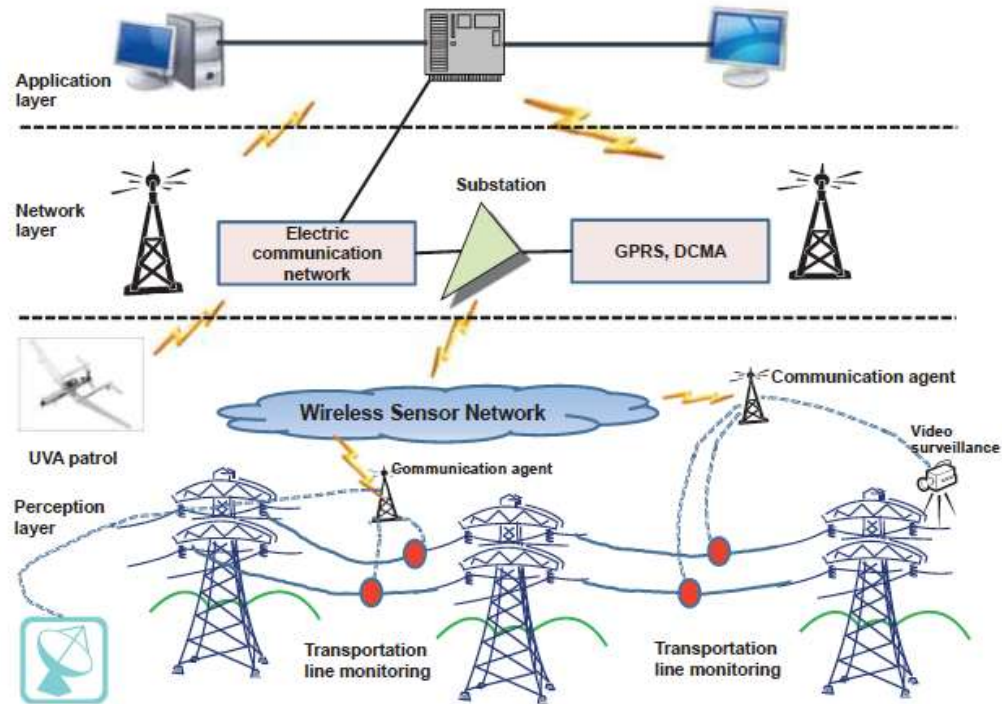
- Checking Status from Diagnosis Result Display



- Operation of Anomaly Detection System



Aplicação – Monitoramento de Linhas de Transmissão



Desafios nas soluções de IoT

Segurança cibernética:

- Aumento na quantidade de sensores de fabricantes distintos
- Dispositivos dispersos em grandes áreas geográficas
- Pouca gestão sobre pontos de vulnerabilidades
- Falhas provocadas nos sistemas físicos monitorados

Interoperabilidade:

- Integração de dispositivos
- Interoperabilidade semântica

Resiliência:

- Capacidade de reconfiguração após falha de dispositivos
- Dificuldades em manter conexões com o crescimento da rede

Desafios nas soluções de IoT

Gestão de dados:

- Modelo centralizado versus distribuído (edge)
- Analytics na borda (edge computing)
- Otimização da banda de comunicação

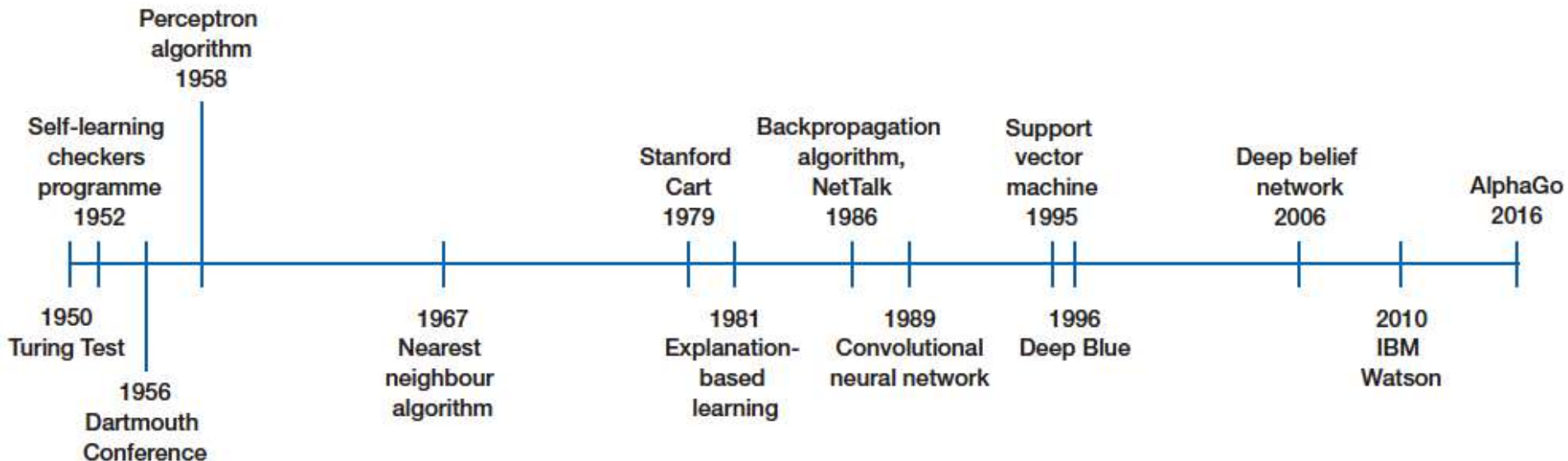
Comunicação:

- Latência elevada limita aplicações
- Adoção gradativa de 5G

Inteligência Artificial



Linha do Tempo - IA



Tipos de IA



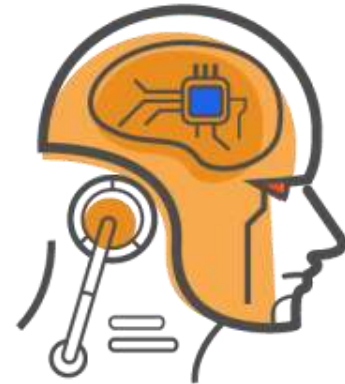
Narrow AI

Dedicated to assist with or take over specific tasks.



General AI

Takes knowledge from one domain, transfers to other domain.

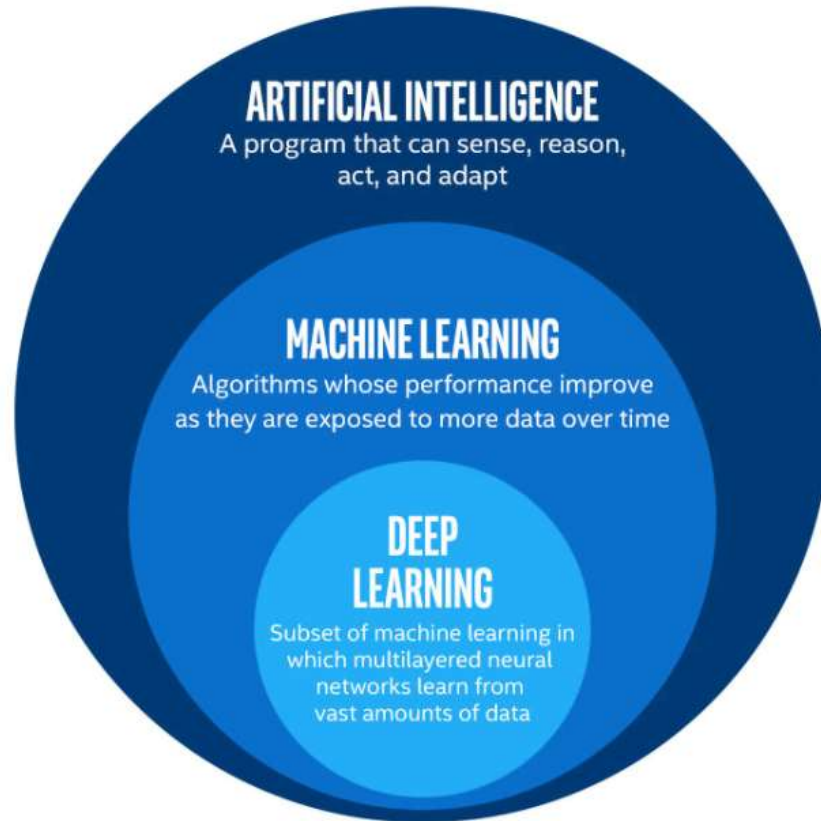


Super AI

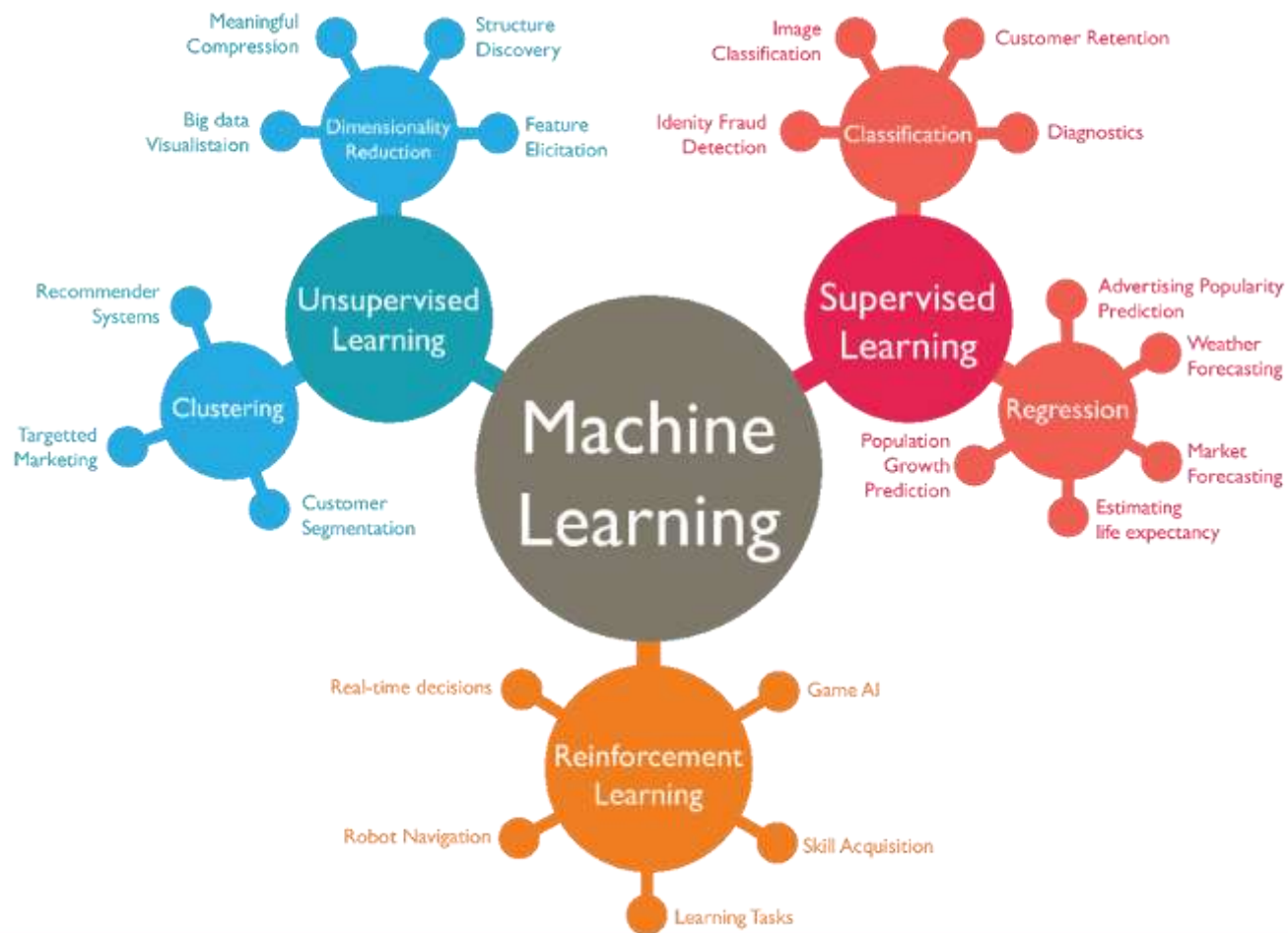
Machines that are an order of magnitude smarter than humans.

Fatores que contribuíram para evolução da IA

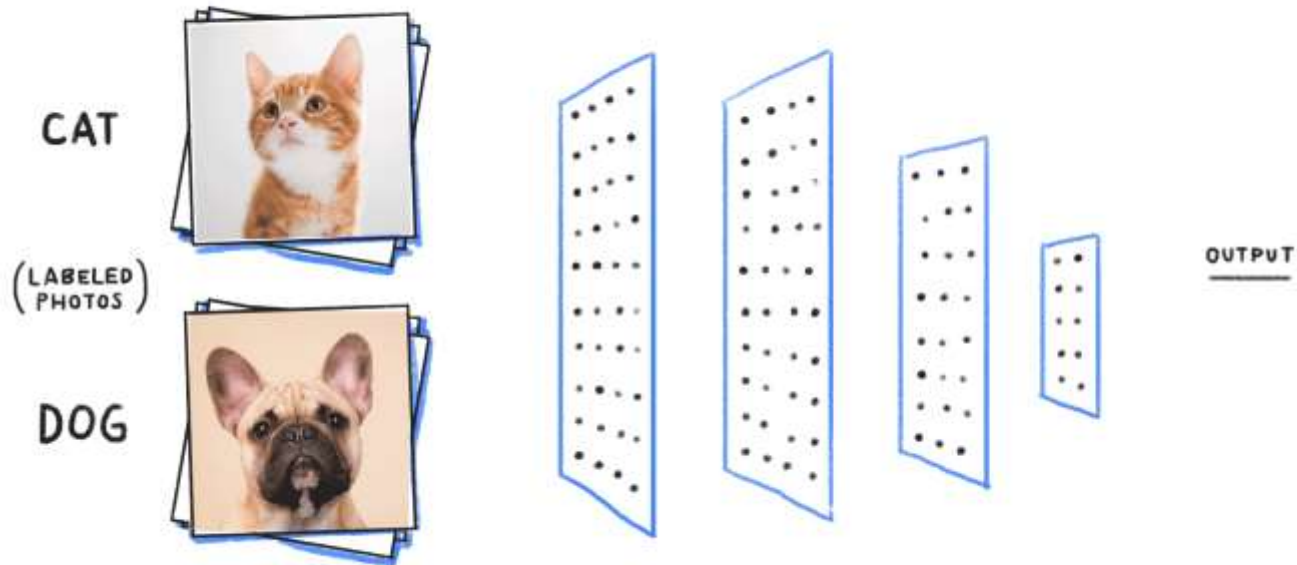
- **Aumento do Poder Computacional**
 - Maior velocidade no treinamento de modelos
 - Implementação de algoritmos mais complexos
 - Hardware: GPUs, ASICs, etc
- **Disponibilidade de Dados**
 - Internet
 - Big Data
 - Comunidades rotulam imagens
 - Redes Sociais
- **Algoritmos Melhorados**
 - Algoritmos de Deep Learning
- **Computação em Nuvem**
- **Internet das Coisas (IoT)**



Fonte: <https://www.navify.com/artificial-intelligence-machine-learning-and-deep-learning-in-medicine/>

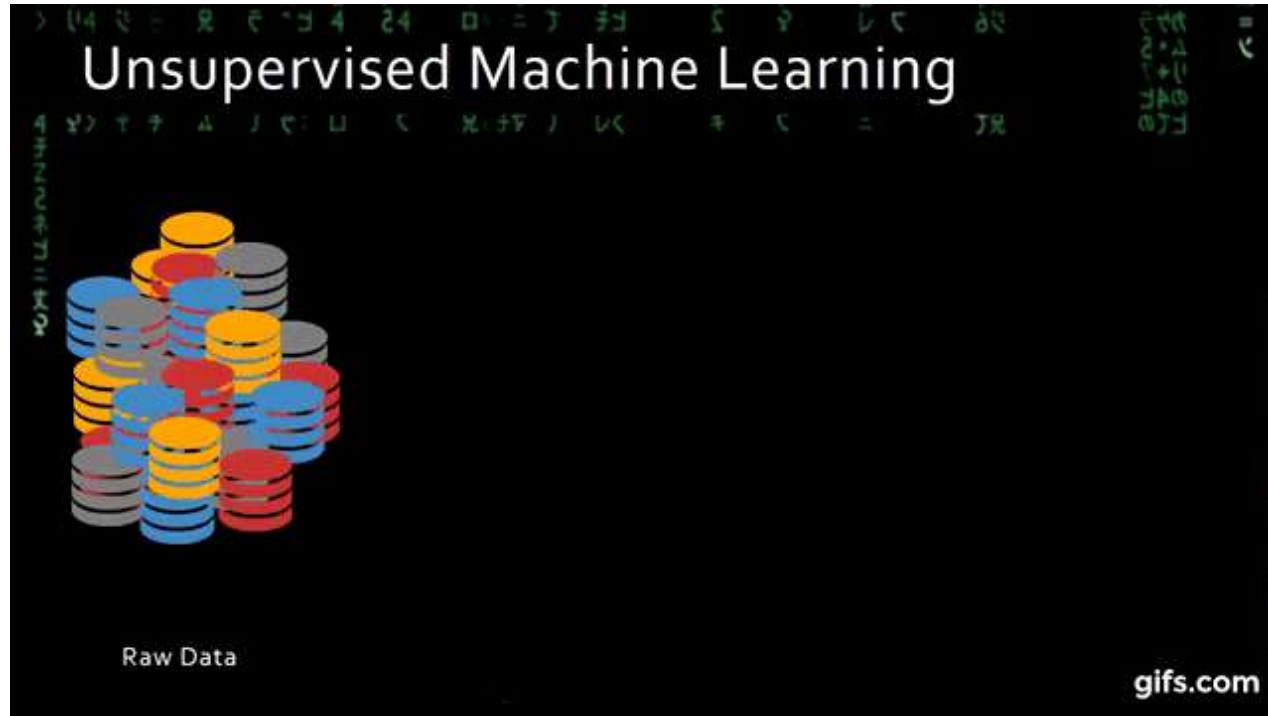


Exemplo: Classificação



Fonte: <https://becominghuman.ai/building-an-image-classifier-using-deep-learning-in-python-totally-from-a-beginners-perspective-be8dbaf22dd8>

Exemplo: Agrupamento



Fonte: <https://medium.com/datadriveninvestor/an-introduction-to-clustering-61f6930e3e0b>

Aplicações no Setor Elétrico

Localização de falhas e análise de causa-raiz :

- Redução no tempo para estabelecer o sistema elétrico
- Detecção automática de falhas

Visão Computacional:

- Análise de imagens de drones ou câmeras em tempo real
- Corrosão, parafusos frouxos, estados de abertura de seccionadoras, poeira
- Redução no tempo de análise das imagens por especialistas

Análise dinâmica de demanda:

- Identificação do perfil de consumo em tempo real
- Correlação de dados georeferenciados para localizar pontos de maior demanda na rede ou perdas técnicas
- Tarifa dinâmica, pela hora do dia

Aplicações no Setor Elétrico

Otimização da topologia da rede elétrica:

- Otimização do fluxo de potência
- Reconfiguração automática da rede em caso de falhas

Predição de recursos:

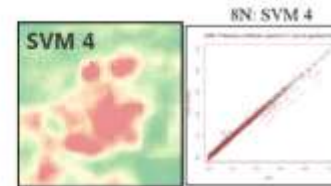
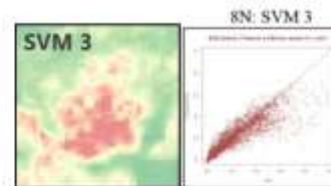
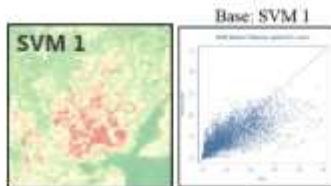
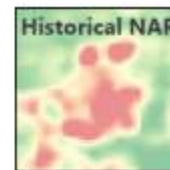
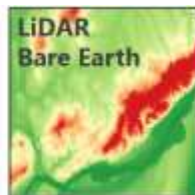
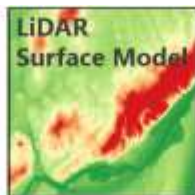
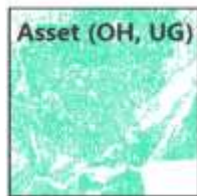
- Novos modelos para fontes renováveis na rede, de natureza intermitente

Aplicação – Inspeção de Linhas de Transmissão



Aplicação – Predição de Falhas

O problema: prever falhas associadas a condições climáticas



Desafios para IA

Compartilhamento de dados entre stakeholders

- Privacidade, dados sensíveis
- Propriedade dos dados

Seleção dos datasets de treinamento

- Dados enviesados
- Quantidade de dados de treinamento

Padronização dos dados

- Interoperabilidade semântica
- Formato e estrutura comuns
- Ex: IEC 61850, CIM

Robustez dos algoritmos

- Adaptação a novas tarefas
- Manutenção do desempenho com novos dados
- Tomada de decisão incorreta pode gerar apagões

Desafios para IA

Gargalos no hardware

- Complexidade de algoritmos limitada pelo hardware
- Infraestrutura na nuvem vs infraestrutura local (edge ou end devices)

Confiança nos resultados

- Manipulação intencional dos dados
- Uso de certificados eletrônicos

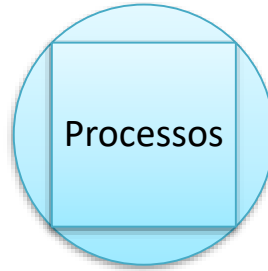
Normatização

- Ecossistema aberto para desenvolvimento
- Diversas iniciativas em andamento: IEC, ISSO, IEEE
- Tomada de decisão incorreta pode gerar apagões
- Certificação de algoritmos: periodicidade, quantidade de dados para validação, indicadores mensuráveis

Transformação Digital



- Novas funções
- Responsabilidades diferentes
- Cultura de dados
- Novos tipos de formação



- Mudanças em workflows
- Novo modelo de governança
- Automação avançada
- Ausência de silos de dados
- Decisões baseadas em dados



- Computação em nuvem
- Dados
- Blockchain
- IoT
- IA
- Segurança Cibernética

OBRIGADO!!

marcelo.araujo@eletronorte.gov.br / mcabsb79@gmail.com

<https://www.linkedin.com/in/marcelo-araujo-a4636a4/>

