



Novos Horizontes da Energia na Era Digital

Redes inteligentes, Blockchain e Big Data nas Redes de Energia Elétrica do Futuro

Luiz Rolim – Fundação CPqD
lrolim@cpqd.com.br



CPqD: uma Fundação de Direito Privado



SMART GRIDS
AUTOMAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO
MEDIÇÃO AVANÇADA
GD / ARMAZENAMENTO DE ENERGIA
VEÍCULOS ELÉTRICOS
REGULAÇÃO / MODELOS DE NEGÓCIO
INVERSORES E CONVERSORES
FONTES ALTERNATIVAS



Campinas - SP

CPqD EM NÚMEROS

- ▲ 41 anos
- ▲ 360.000 m² de área
- ▲ Mais de 300 clientes
- ▲ 1.067 colaboradores
- ▲ 393 pós-graduados
- ▲ 564 graduados
- ▲ 110 nível médio





Atuação no Setor de Energia

Mais de 150 projetos de P&D:

- Mais de 25 Concessionárias - Geração, Transmissão e Distribuição;
- Parceria com Empresas, Fornecedores, Universidades e ICTs;
- Resultados: Estudos, Metodologias, SW, HW, Tecnologia, PoCs;
- Reune competências e infraestrutura para execução de projetos estruturantes, multidisciplinares;
- Desenvolve estudos e projetos relacionados às Transformações Digitais em vários setores da economia.

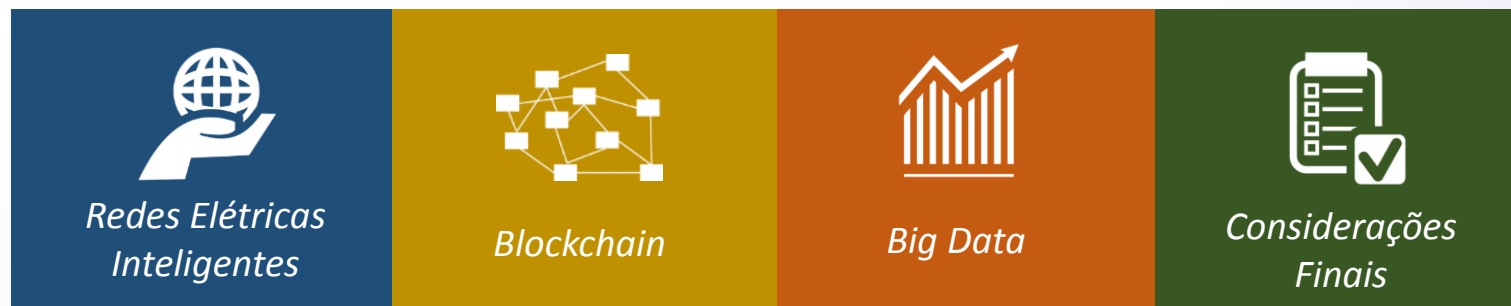


Nossos Clientes no Setor Elétrico

Eletropaulo



Novos Horizontes da Energia na Era Digital



O Setor Elétrico em Transformação



O que tem impulsionado estas transformações?

- Combate às mudanças climáticas;
- Produção de energia limpa – descarbonização da matriz energética;
- Garantia do suprimento e da capacidade de transmissão;
- Formação de um ecossistema sustentável para o futuro mercado de energia, contemplando empresas *incumbents*, consumidores e entrantes.

Inserção de Fontes Renováveis



Armazenamento de Energia

Lado da rede (*front of meter*)

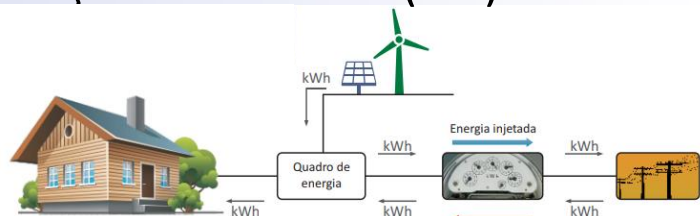
Lado do consumidor (*behind the meter*)



Evolução do arcabouço regulatório e comercial



Geração Distribuída (GD)



Fonte: ANEEL

Mobilidade Elétrica

Veículos elétricos *plug-in puros e híbridos*

Redes de eletropostos



Novos modelos de negócio e maior protagonismo do consumidor



O Consumidor de Energia do Futuro

Maior protagonismo e atuação no mercado de energia



O que caracteriza o futuro consumidor de energia:

- Por meio da GD e do armazenamento em baterias de pequeno e médio porte, torna-se um **prosumidor**, capaz de atender com **geração própria** a quase totalidade da sua **demand**a por energia e **comercializar excedentes no mercado**;
- Modifica o seu **perfil de consumo** de energia elétrica por meio de ações de **eficiência energética** e da adesão à **mobilidade elétrica**;
- É estimulado a adotar **novos hábitos de consumo** participando de programas de **gestão pelo lado da demanda (DSM)** e **resposta da demanda (DR)**, assistidos por **dispositivos de controle inteligentes**;
- Exige serviços de **alta qualidade** e de **baixa indisponibilidade**;
- É membro de um **sociedade global e conectada**.



Habilitadores das Transformações – Tecnologias Digitais

Assim como em outros setores da economia, as **Tecnologias Digitais** se mostram como um dos principais habilitadores das transformações do setor elétrico.

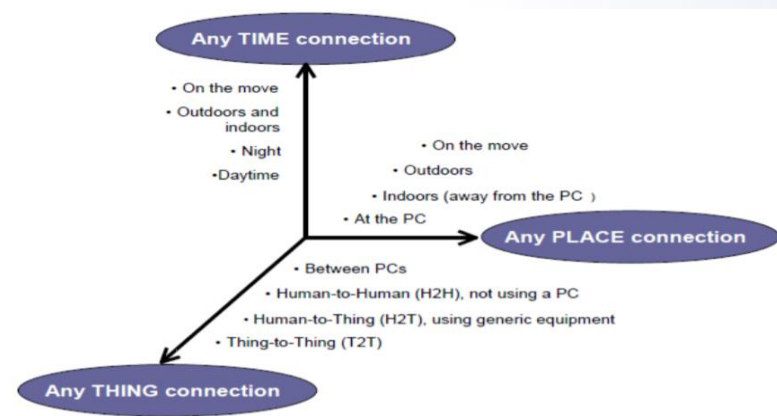
Promovem um processo de **Transformação Digital**, impulsionado por uma infraestrutura de **Conectividade Ubíqua, Plataformas e Sistemas Computacionais**.

Conectividade Ubíqua:

- Internet;
- Redes de acesso fixo e móvel;
- Redes de comunicações digitais públicas e privadas;
- Internet das Coisas (IoT);

Plataformas e Sistemas Computacionais:

- Inteligência artificial;
- Machine learning;
- Cloud / Edge Computing;
- Sistemas operativos.



Fonte: ITU
<https://goo.gl/tgae64>



Elementos das Redes de Energia Elétrica do Futuro



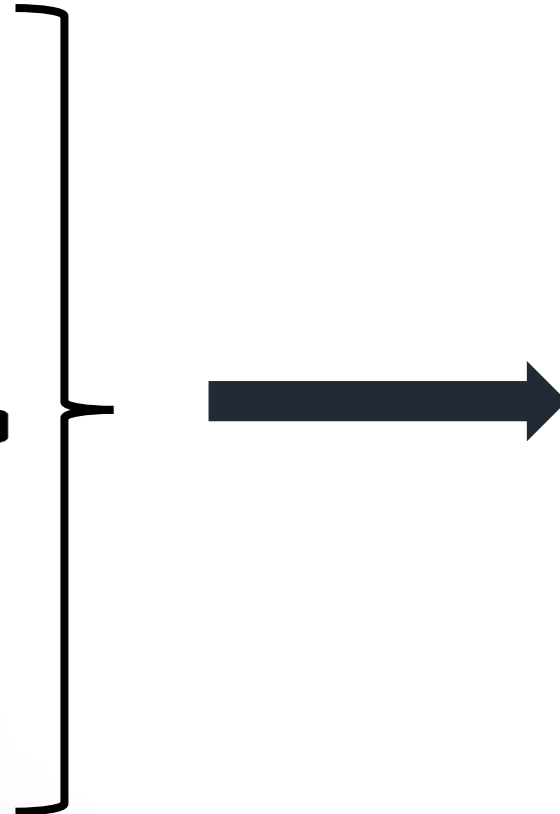
Dispositivos, sensores, atuadores, medidores, etc.



Conectividade Ubíqua




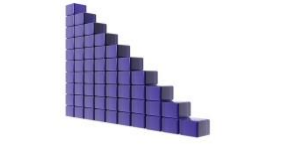
Tecnologia da Informação



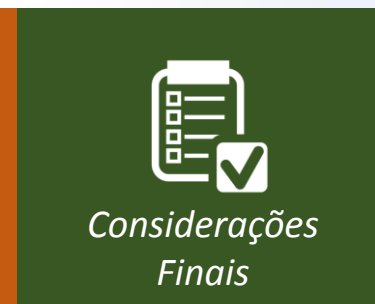
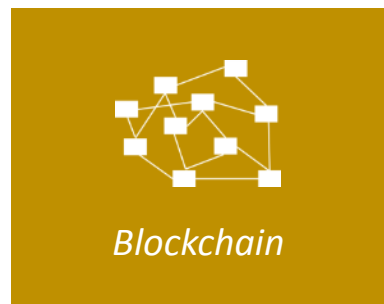
Tecnologias abordadas nesta apresentação

Redes Elétricas Inteligentes (Smart Grids)

Blockchain 

BigData 

Novos Horizontes da Energia na Era Digital

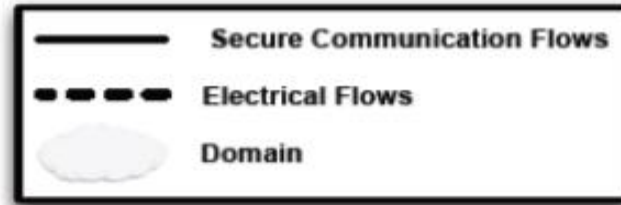


O que são as Redes Elétricas Inteligentes?



- Constituem um dos principais elementos da **modernização do setor elétrico**, sendo formadas por:
 - Redes de comunicação digitais bi-direcionais;
 - Sistemas computacionais;
 - Sensores, atuadores e medidores com processamento computacional e conectividade.
- Proporcionam **observabilidade, controle, automação** dos dispositivos da rede elétrica, e habilitam a **interação** entre os atores do mercado de energia;
- Proveem informações para a análise do **desempenho das redes** e do **planejamento da expansão**.
- Promovem **novos modelos de negócio** e maior **protagonismo do consumidor**.

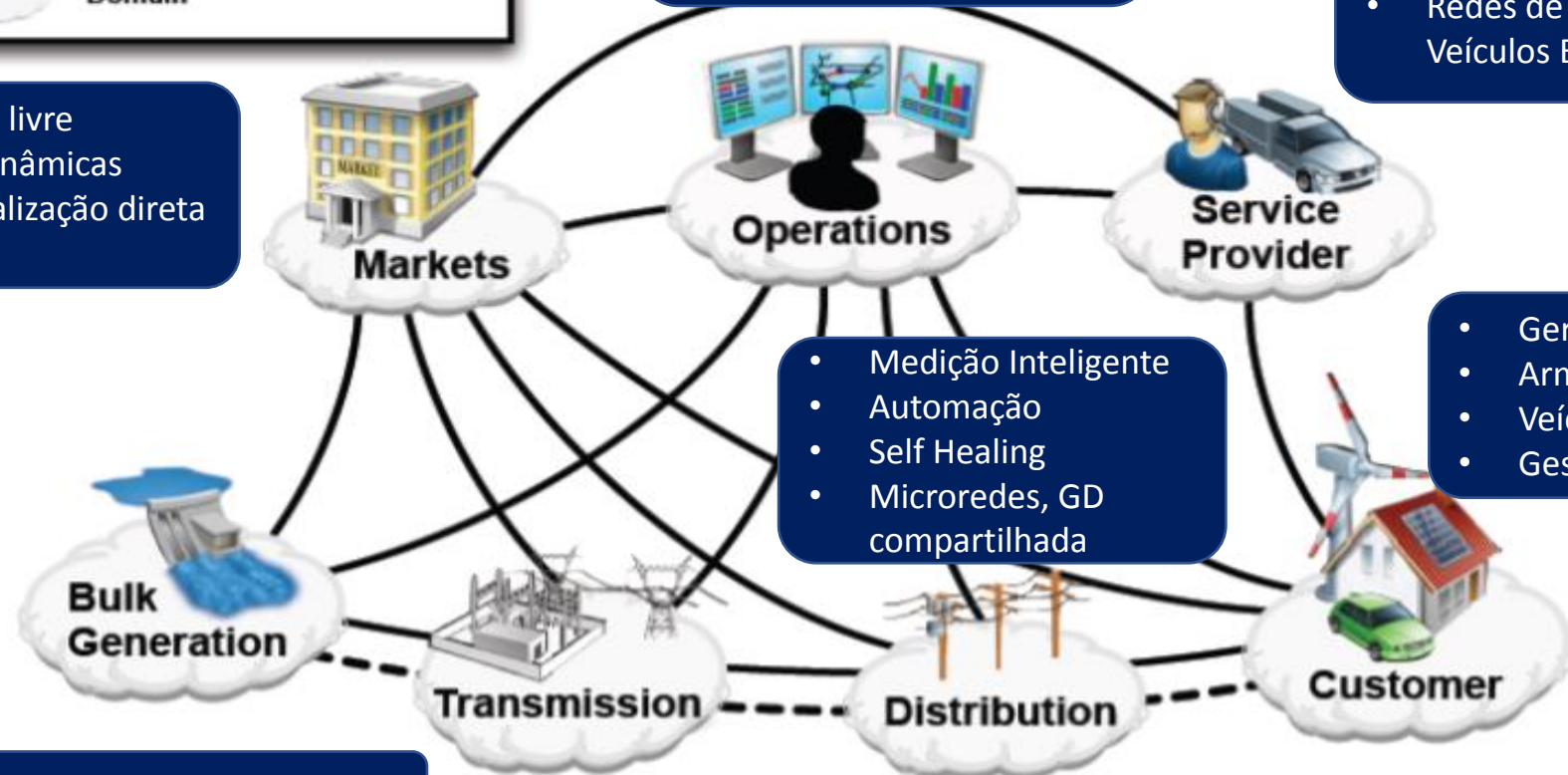
Modelo Conceitual das Redes Inteligentes



- Mercado livre
- Tarifas dinâmicas
- Comercialização direta da GD

- Eficiência Operacional
- Gestão de Recursos de Energia Distribuídos (DERs)
- Observabilidade

- Agregadores - demanda, serviços ancilares, etc.
- Redes de Recarga de Veículos Elétricos



- Medição Inteligente
- Automação
- Self Healing
- Microredes, GD compartilhada

- Geração Distribuída
- Armazenamento
- Veículos Elétricos
- Gestão do Consumo

- Inserção de renováveis

- Serviços ancilares

NIST Smart Grid Framework 1.0 January 2010

Fonte: NIST



As Redes Inteligentes - Instrumentos da Transformação

“The electric industry is poised to make the *transformation from a centralized, producer-controlled network* to one that is *less centralized* and *more consumer-interactive*. The move to a smarter grid promises to *change the industry’s entire business model* and its *relationship with all stakeholders, involving and affecting utilities, regulators, energy service providers, technology and automation vendors and all consumers of electric power*” (Department of Energy – USA)*

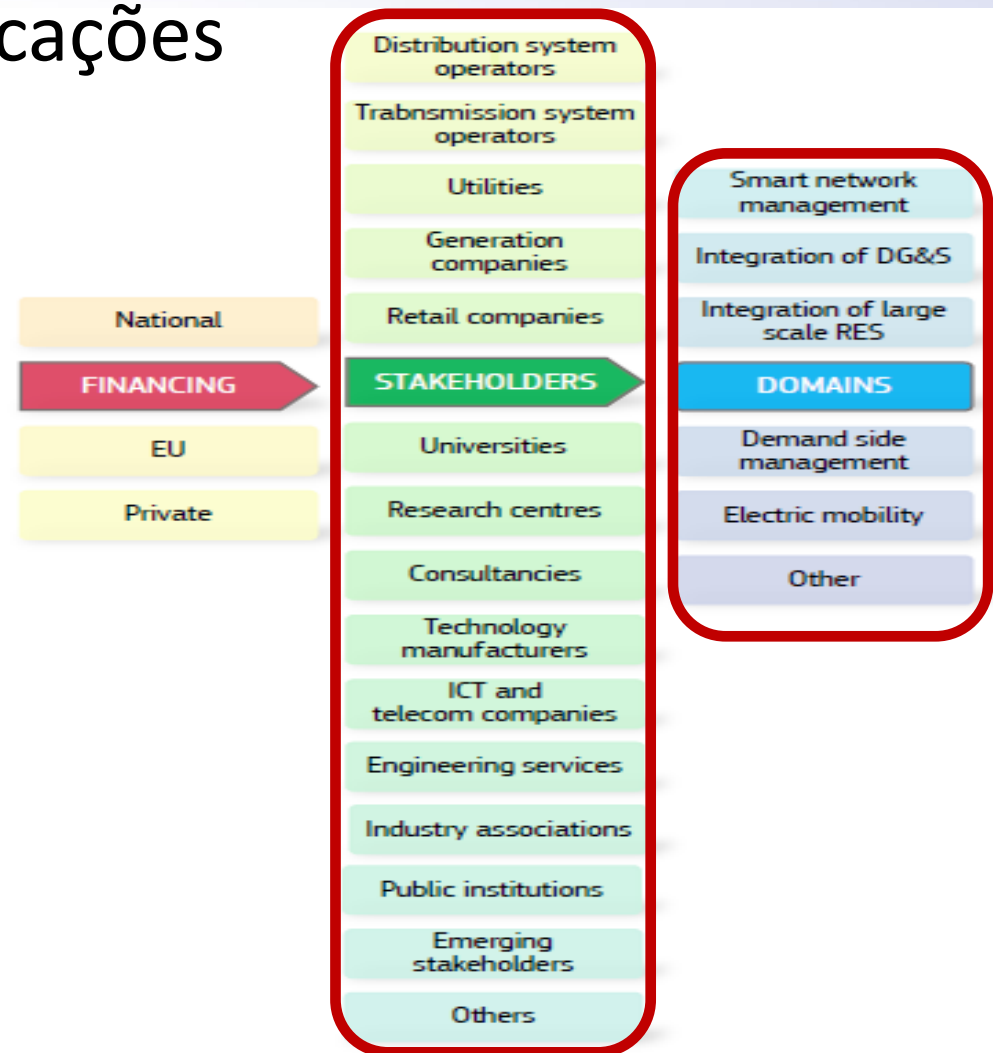


ENERGY.GOV

Domínios das Aplicações

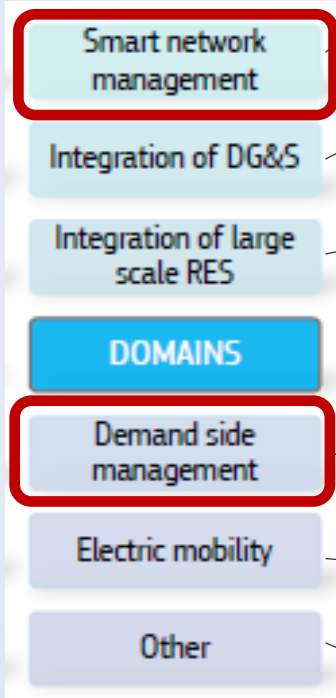
O que se espera das Redes Inteligentes?

- Eficiência operacional, redução de custos para empresas e consumidores;
- Melhora da qualidade da energia e dos serviços prestados – aderência aos padrões estabelecidos e redução das interrupções;
- Redução da demanda de ponta com ativa participação de consumidores;
- Integração das fontes renováveis intermitentes, como a solar e eólica;
- Integração dos novos Recursos Distribuídos da Rede (DERs);
- Fortalecer o desenvolvimento sustentável do ecossistema de energia elétrica por meio da inserção de novos atores e maior participação dos consumidores.



Fonte: European Commission – Joint Research Center
Smart Grids Project Outlook 2017

Redes Inteligentes – Domínios de Aplicação



Proporcionam maior eficiência operacional por meio da integração dos dispositivos e recursos da rede elétrica a sistemas computacionais. Provê automação de processos, localização e isolamento de falhas, auxiliando também no planejamento das operações.

Funcionalidades para integração das fontes de geração distribuída (GD) e dos sistemas de armazenamento ao ambiente operativo das redes elétricas.

Integração de usinas de geração de grande porte baseadas em fontes renováveis de energia, tais como usinas eólicas e solares.

Estimula mudanças nos padrões de consumo de energia elétrica para fins de redução do pico da demanda da distribuição. Oferece como contrapartida compensações financeiras pela participação.

Contempla a integração de veículos elétricos (VEs) ao ambiente das redes elétricas, com vistas a otimizar o uso da infraestrutura instalada e promover o desenvolvimento da mobilidade elétrica.

Compreende aplicações não diretamente relacionadas aos outros domínios, tais como regulação, arranjos comerciais, segurança cibernética, etc.

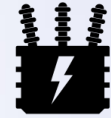
Fonte: European Commission – JRC
Smart Grids Project Outlook 2017

Gerenciamento Inteligente da Rede

Aplicações pioneiras das Redes Inteligentes

- Automação (*DA – Distributed Automation*)

- Sensoriamento da rede;
- Reconfiguração remota por controle manual, automática ou mista;
- Localização e isolamento de falhas;
- Redução do tempo médio de atendimento das ocorrências;
- Monitoramento e adequação dos parâmetros de operação da infraestrutura;
- Melhoria nos indicadores de qualidade do serviço e de continuidade do suprimento de energia.



- Mediação Avançada (*AMI – Advanced Metering Infrastructure*)

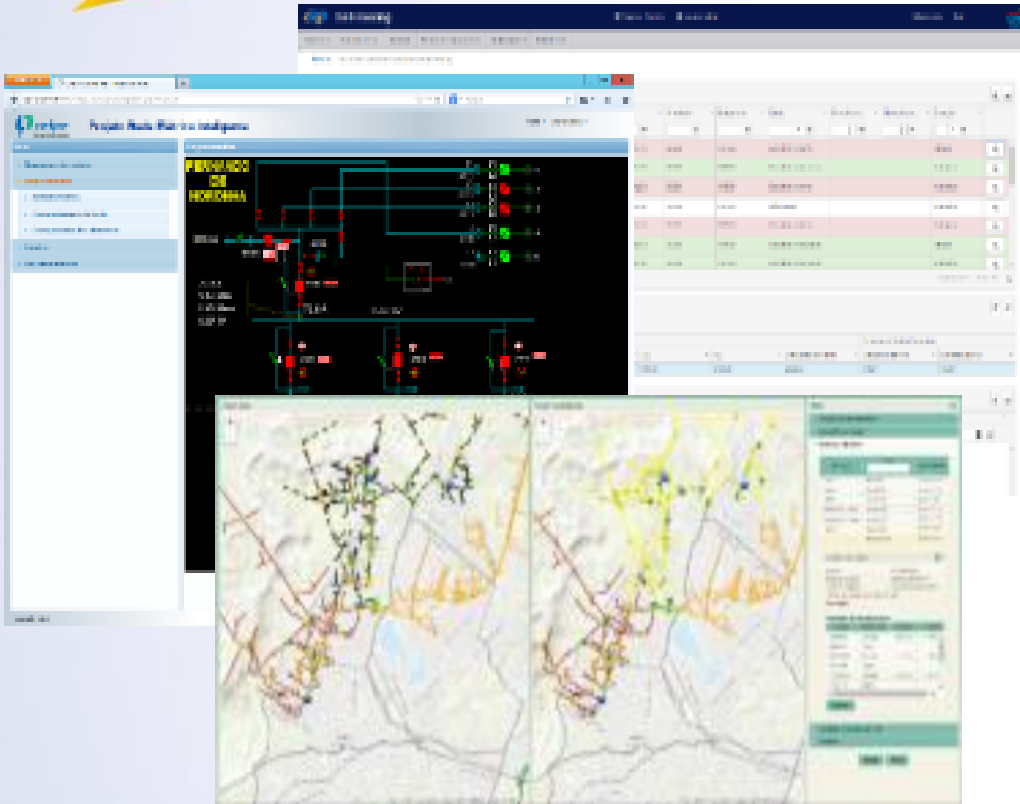
- Leitura remota;
- Monitoramento da qualidade da energia (tensão, interrupções, etc.);
- Corte e religamento remotos;
- Coleta periódica de dados de medição para fins de análise estatísticas, detecção de fraudes, análise de consumo, suporte e avaliação de modelos tarifários.





Automação da Distribuição

Principais funcionalidades:

- Estimação de estados da rede;
- Fluxos de potência;
- *Self Healing*;
- Localização de faltas;
- Monitoramento de transformadores;
- Controle de tensão e reativos;
- Alocação ótima de equipamentos;
- Avaliação de indicadores de desempenho dos sistemas instalados.

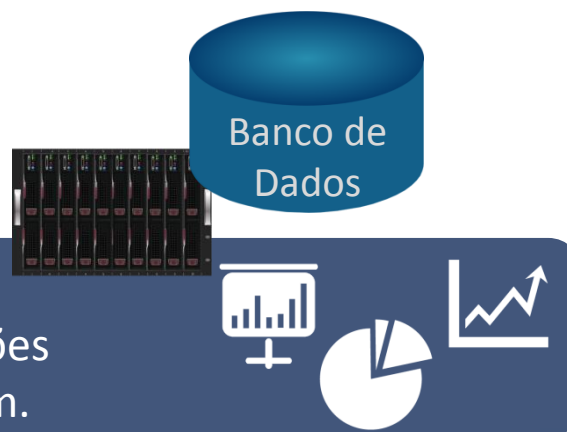


Automação da Distribuição

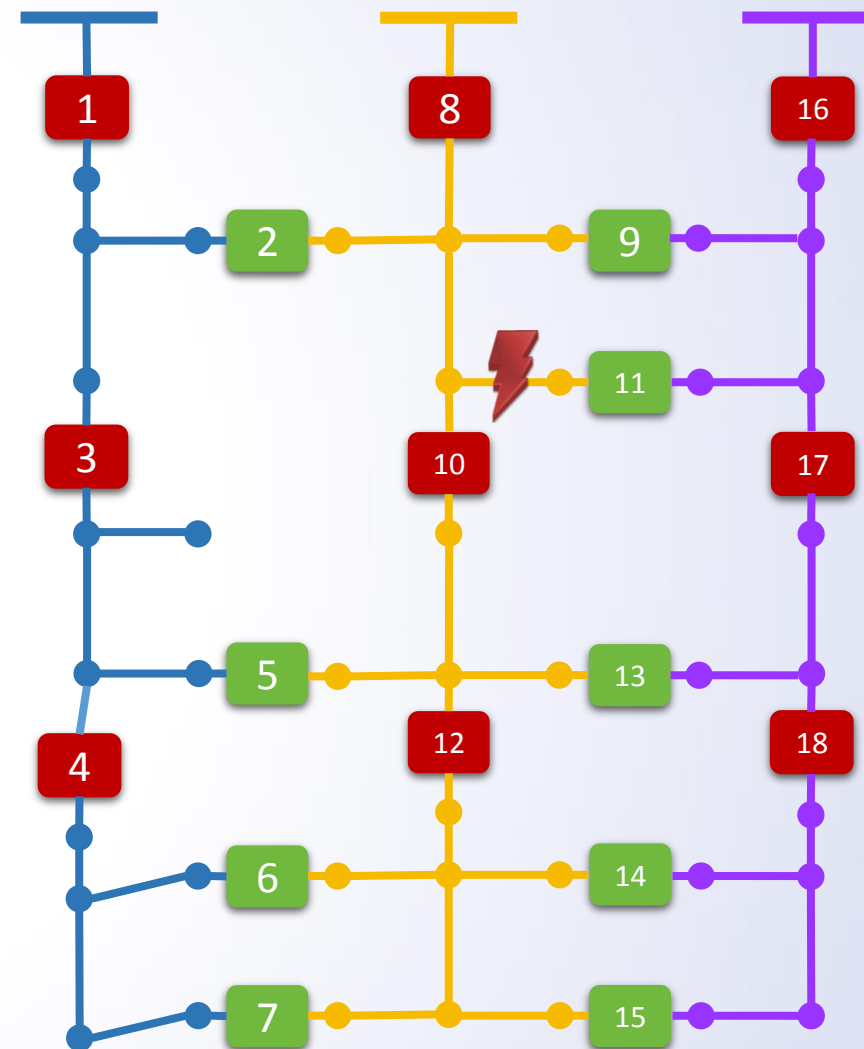
 Chave Fechada
 Chave Aberta

Alguns desafios relacionados à automação da rede:

- Qual o melhor local para instalar as chaves?
- Há diversas opções para restaurar o sistema, ou parte dele, no caso de uma falta. Mas, qual é a melhor?
- Como o avanço da Geração Distribuída e do armazenamento de energia podem influenciar o processo de decisão?
- Como mensurar os benefícios e o grau de confiabilidade da solução?

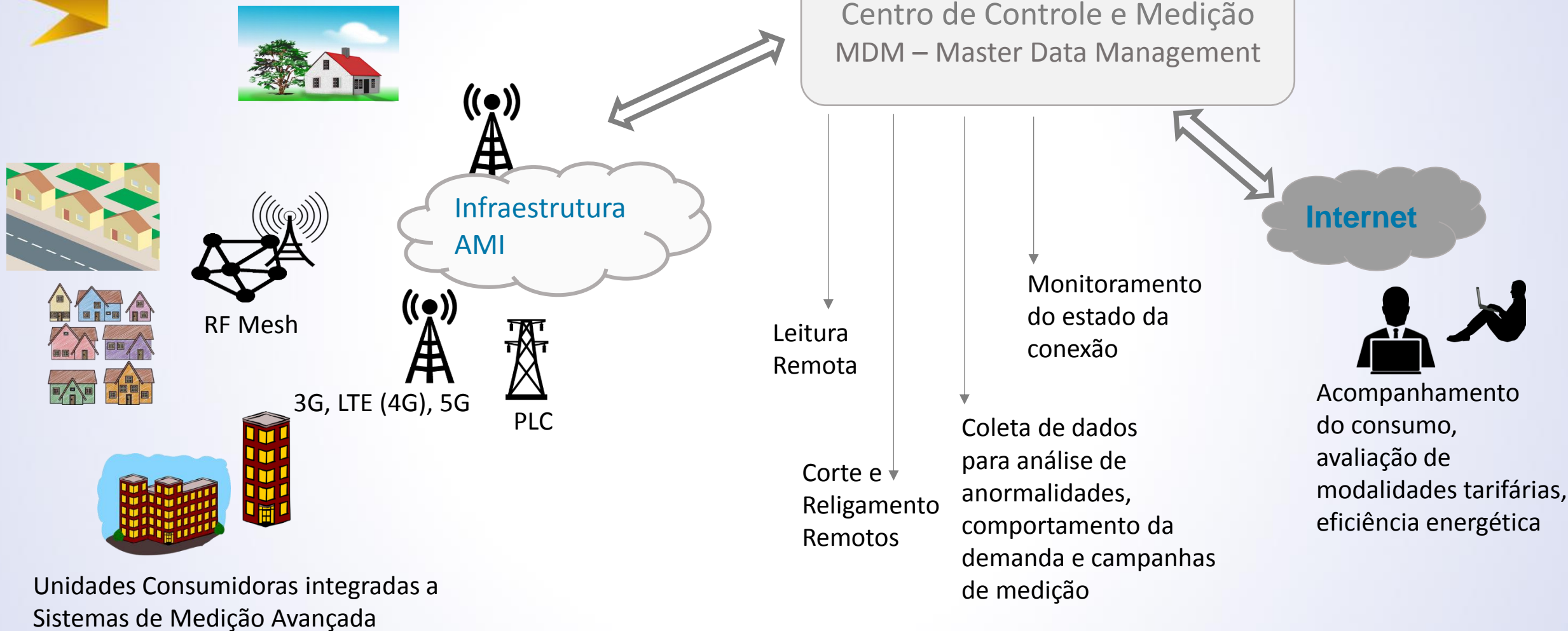


As redes inteligentes proveem um maior grau de observabilidade da rede elétrica, habilitando funções de um Advanced Distribution Management System.





Medição Avançada





Medição Avançada

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL

RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 502, DE 7 DE AGOSTO DE 2012

Regulamenta sistemas de medição de energia elétrica de unidades consumidoras do Grupo B.

Principais pontos extraídos da resolução:

- ... pelo menos 4 (quatro) postos tarifários, devendo ser programáveis o início e o fim de cada posto”;
- Informações opcionais: tensão e corrente por fase; início e fim das últimas 100 interrupções de curta e longa duração; valores calculados dos indicadores Duração Relativa da Transgressão de Tensão Precária – DRP e Duração Relativa da Transgressão de Tensão Crítica – DRC.;
- **... Sistema de comunicação não é um item obrigatório ...**

Desafios:

- Investimentos elevados;
- Viabilidade econômica questionável;
- Engajamento do consumidor – percepção de valor;
- Transparência dos custos de implantação;
- Preocupação com a privacidade dos dados.

Possíveis caminhos:

- Plano de modernização da rede elétrica com metas e benefícios bem definidos;
- Aplicações especiais para redução de perdas comerciais;
- **Explorar sinergia com programas de gestão pelo lado da demanda e tarifas horárias.**



Gerência pelo Lado da Demanda

Motivadores

Necessidade de redução do pico da demanda em situações críticas

Possibilidade de deslocamento do consumo para os horários fora da ponta

Preenchimento de vales por meio de novas cargas e do deslocamento de consumo da ponta

Alívio na infraestrutura do sistema de distribuição

Curva de Demanda - Exemplo

Oportunidade para otimização da infraestrutura instalada

0hs 1hs 2hs 3hs 4hs 5hs 6hs 7hs 8hs 9hs 10hs 11hs 12hs 13hs 14hs 15hs 16hs 17hs 18hs 19hs 20hs 21hs 22hs 23hs

■ Ponta ■ Fora da Ponta — Curva de demanda

Curva de Demanda - Modulada

0hs 1hs 2hs 3hs 4hs 5hs 6hs 7hs 8hs 9hs 10hs 11hs 12hs 13hs 14hs 15hs 16hs 17hs 18hs 19hs 20hs 21hs 22hs 23hs

--- Curva original — Nova curva



Gerência pelo Lado da Demanda

Instrumentos

<i>Direct Load Control (DLC)</i>	A distribuidora, ou terceiro autorizado, controla o ciclo de trabalho de alguns equipamentos. Em contrapartida, o consumidor é remunerado pela participação.
<i>Real-Time Pricing (RTP)</i>	Preço da energia é avaliado em tempo real. Voltado para consumidores com alta flexibilidade de ajuste da demanda.
<i>Critical-Peak Pricing (CPP)</i>	Tarifas em horários pré-determinados são mais elevadas do que nos horários de ponta. Os participantes estão sujeitos à CPP um certo número de dias por ano.
<i>Peak-Time Rebates (PTR)</i>	Similar ao CPP , porém, a redução do consumo gera um bônus para o consumidor.
<i>Time-of-Use (TOU)</i>	Tarifas definidas com base nos custos horários de distribuição e suprimento de energia. Sinais econômicos estimulam o consumidor a ajustar seu perfil de consumo.

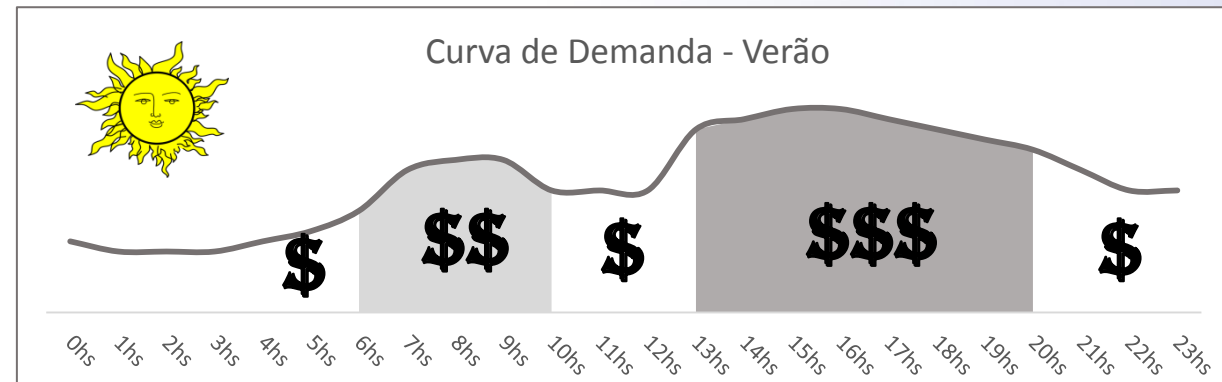
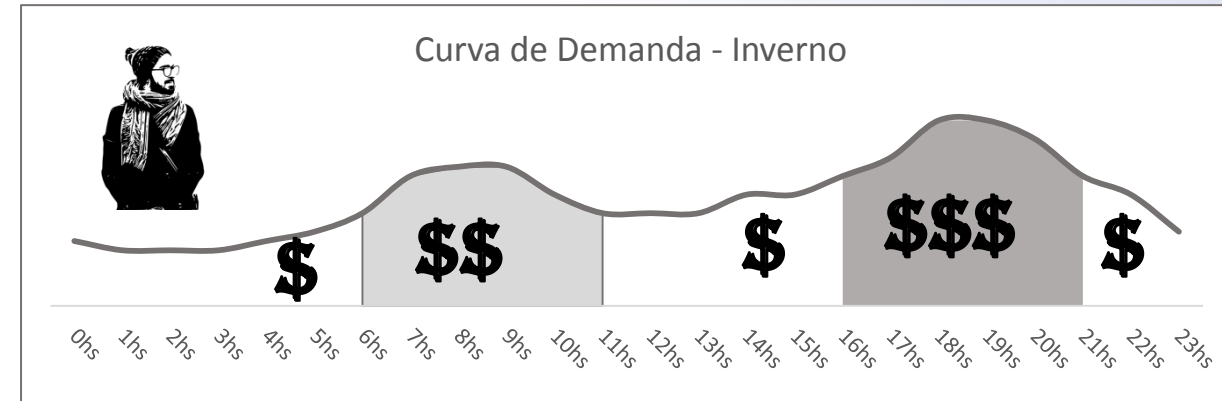
Time of Use Pricing (TOU)

- Há períodos em que o pico da demanda se aproxima da capacidade de distribuição da rede elétrica.
- Nesta situação a distribuidora busca um alívio sistemático na curva de demanda;
- Tarifas de energia no modelo TOU, como a **Tarifa Branca**, buscam refletir os custos incorridos na distribuição ao longo do dia.

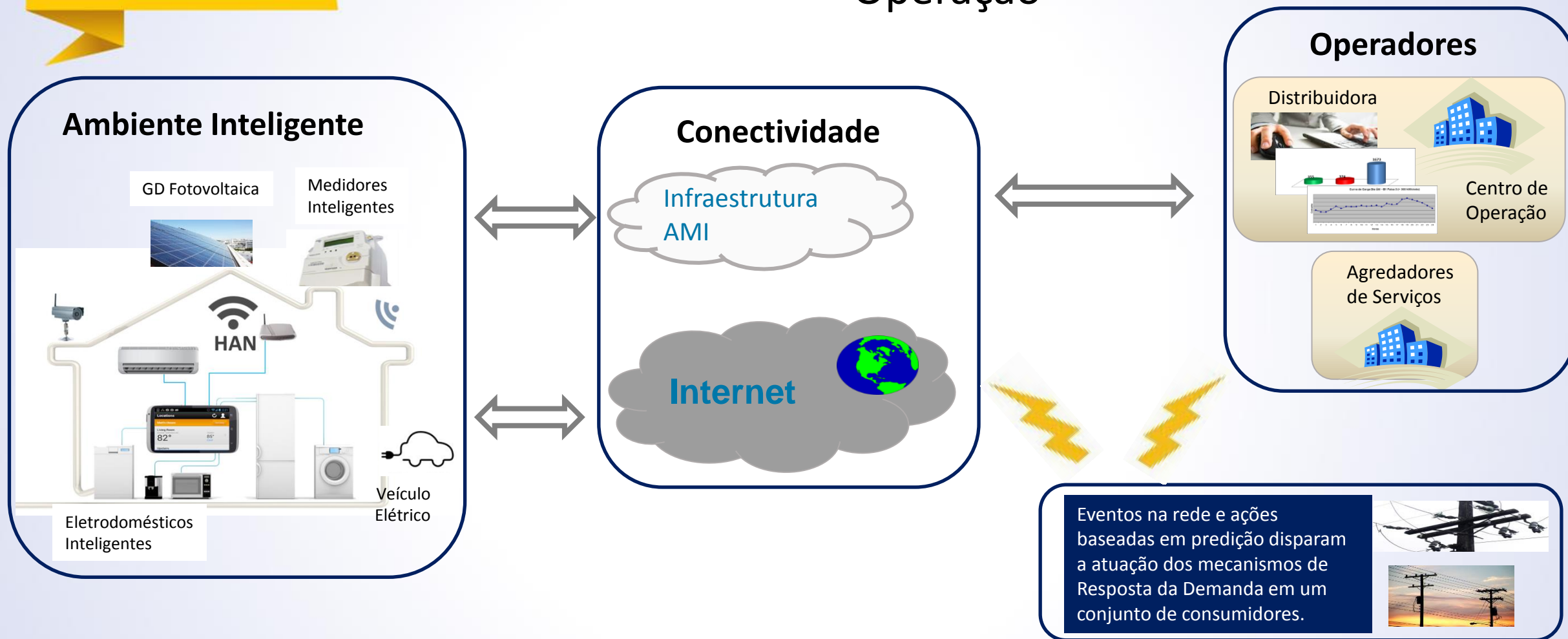
- Em um cenário mais geral, a ponta da distribuição pode se deslocar ao longo do ano, e do tempo;
- É importante, portanto, considerar a sazonalidade e as mudanças no perfil de consumo.



Fonte: ANEEL



Gerência pelo Lado da Demanda Operação



Gerência pelo Lado da Demanda

Exemplos e Iniciativas



Ar condicionado
Secadoras
Sistemas de Iluminação

Equipamentos inteligentes podem ser programados para tomar decisões que racionalizem o uso da energia e contribuam para o alívio das redes de distribuição

- Parâmetros de operação controlados pelos operadores (distribuidora ou agregador);
- Possibilidade de reagir em tempo real a eventos críticos;
- Programação do ciclo de funcionamento em função dos sinais econômicos das tarifas horárias (TOU);
- Situações críticas que demandem a redução imediata da carga do sistema (DLC, RTP);
- Eventos programados e/ou previstos que ocasionem um aumento expressivo da demanda da rede de distribuição (CPP, PTR).



*Termostato inteligente
para controle de ambientes
(Mercado USA)*
<https://nest.com>

- Controla a temperatura dos vários ambiente de um residência a partir de previsões do tempo e hábitos dos consumidores;
- Programa oferecido aos consumidores por empresas de distribuição de energia participantes;
- Oferta de incentivos aos consumidores para redução de consumo em situações críticas.



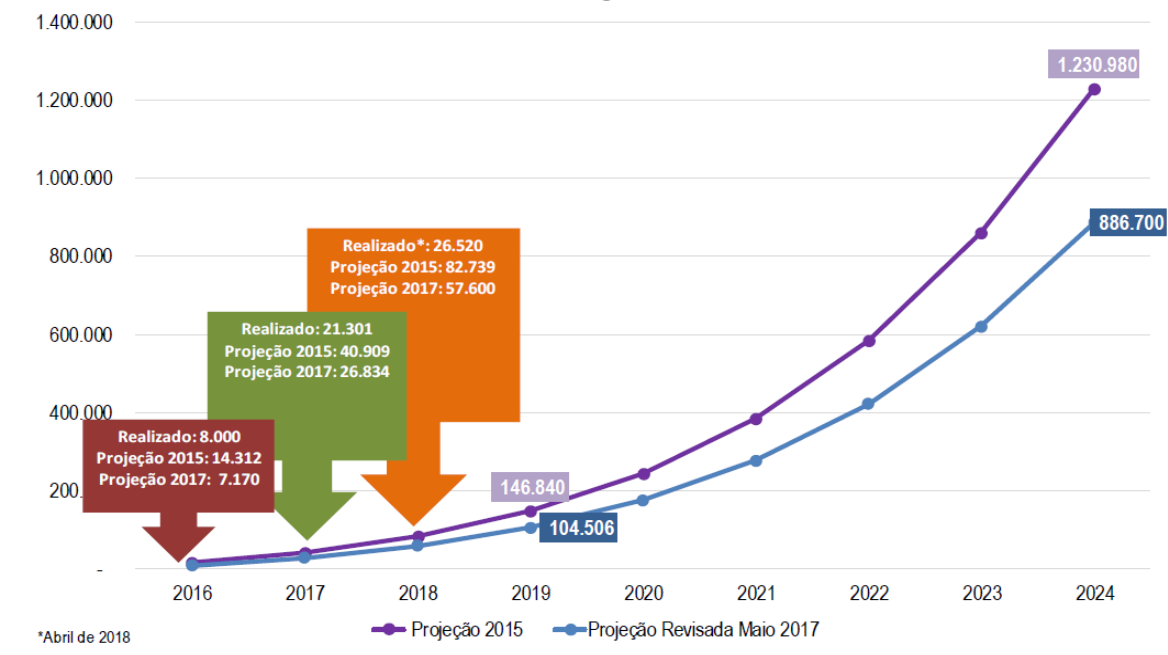
Fonte: ONS

<https://www.canalenergia.com.br/noticias/53064992/programa-piloto-de-resposta-pela-demanda-tem-seu-primeiro-contrato-assinado>

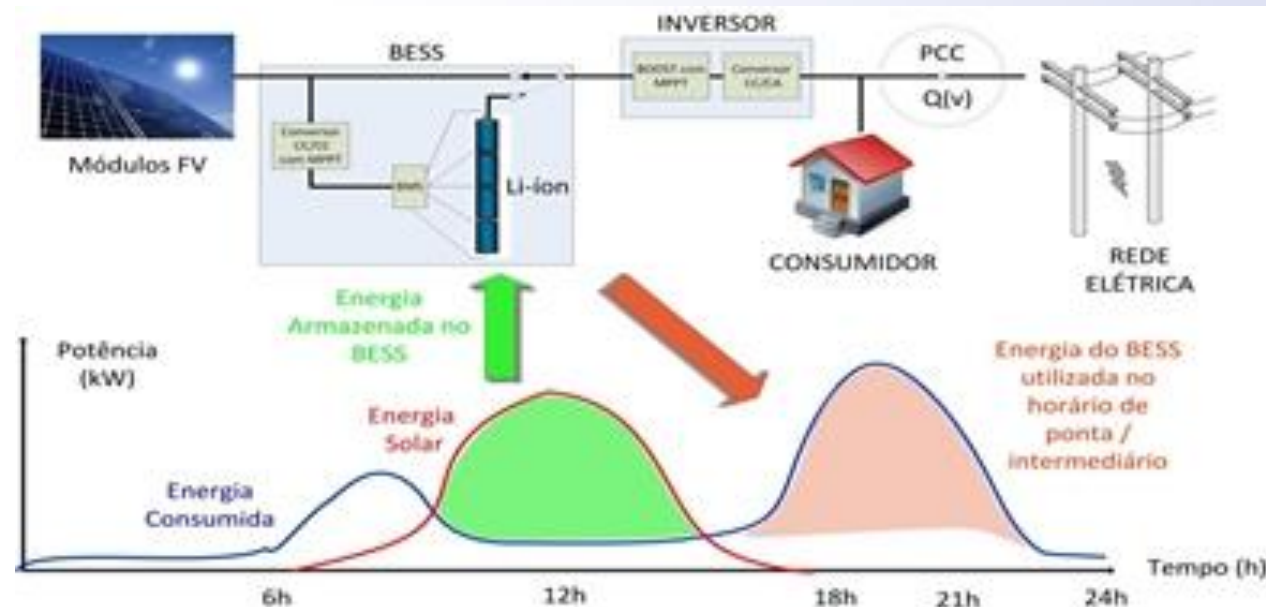
Integração da Geração Distribuída e Armazenamento

Instalações de mini e micro GD
(realizado e projeções)

Número de micro e minigeradores distribuídos



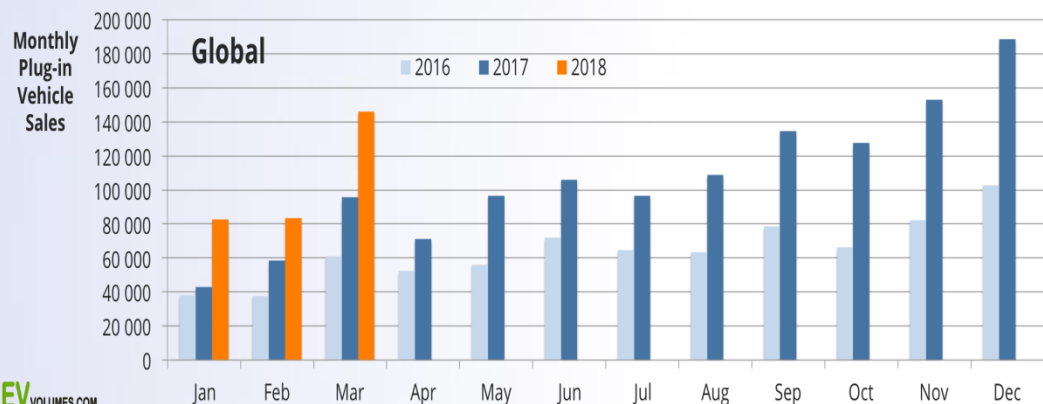
Fonte: ANEEL – Nota técnica 062-2018
Dados relativos a abril/2018



A futura base instalada de micro e mini geração distribuída, operando em conjunto com sistemas de armazenamento de pequeno/médio porte, tende a se consolidar como importantes Recursos Distribuídos de Energia (DERs).

As Redes Inteligentes permitem monitorar o estado dos DERs e planejar a formar mais adequada de utilizar a energia produzida e armazenada durante a operação do sistema de distribuição.

Avanço dos veículos elétricos plug-in (BEV – puros, PHEV – híbridos) como uma das ações do setor de transportes para combate ao aquecimento global



EV VOLUMES.COM

Fonte: <http://www.ev-volumes.com>

A MOBILIDADE SUSTENTÁVEL SEGUE EM FRENTE

Conheça o projeto Emotive



<https://www.cpf.com.br/sites/mobilidade-eletrica/emotive/Paginas/default.aspx>



Mobilidade Elétrica

À medida que cresce a penetração dos veículos elétricos, as redes elétricas precisarão se preparar para tratar a maior demanda por operações de recarga das baterias.

Ambientes típicos para a operação de recarga:

- Residências e condomínios;
- Local de trabalho;
- Estacionamento de veículos de frotas (logísticas, ônibus, etc.)
- Espaços públicos urbanos;
- Rodovias;

Normal

AC Level 1 Charging

2 to 5 miles of range per 1 hour of charging

Semirrápida

AC Level 2 Charging

10 to 20 miles of range per 1 hour of charging

Rápida

DC Fast Charging

60 to 80 miles of range per 20 minutes of charging

Fonte: US DOE – Alternative Fuels Data Center

Mobilidade Elétrica

- Como otimizar a infraestrutura de distribuição para atender a futura demanda por recarga dos veículos elétricos?
- Como os veículos elétricos podem contribuir para a operação do sistema de distribuição?

Tarifas Horárias (TOU)

VEs são carregados nos períodos fora de ponta



Fonte: Tarifa Branca ANEEL

Recarga Inteligente

Sistemas inteligentes operados pelas distribuidoras, ou por terceiros, controlam a recarga dos VEs em função da oferta de energia e da disponibilidade da rede.

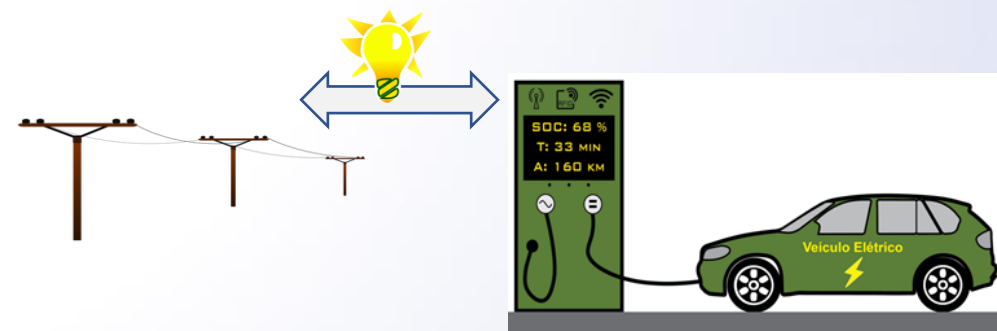


Fonte: Fleetcarma.com



Vehicle to Grid (V2G), Vehicle to Home (V2H)

A energia armazenada nas baterias dos VEs é injetada na rede elétrica nos horários de ponta ou em situações críticas.



Integração de Fontes Renováveis



Integração de sistemas de geração de grande porte às redes de transmissão de energia elétrica.

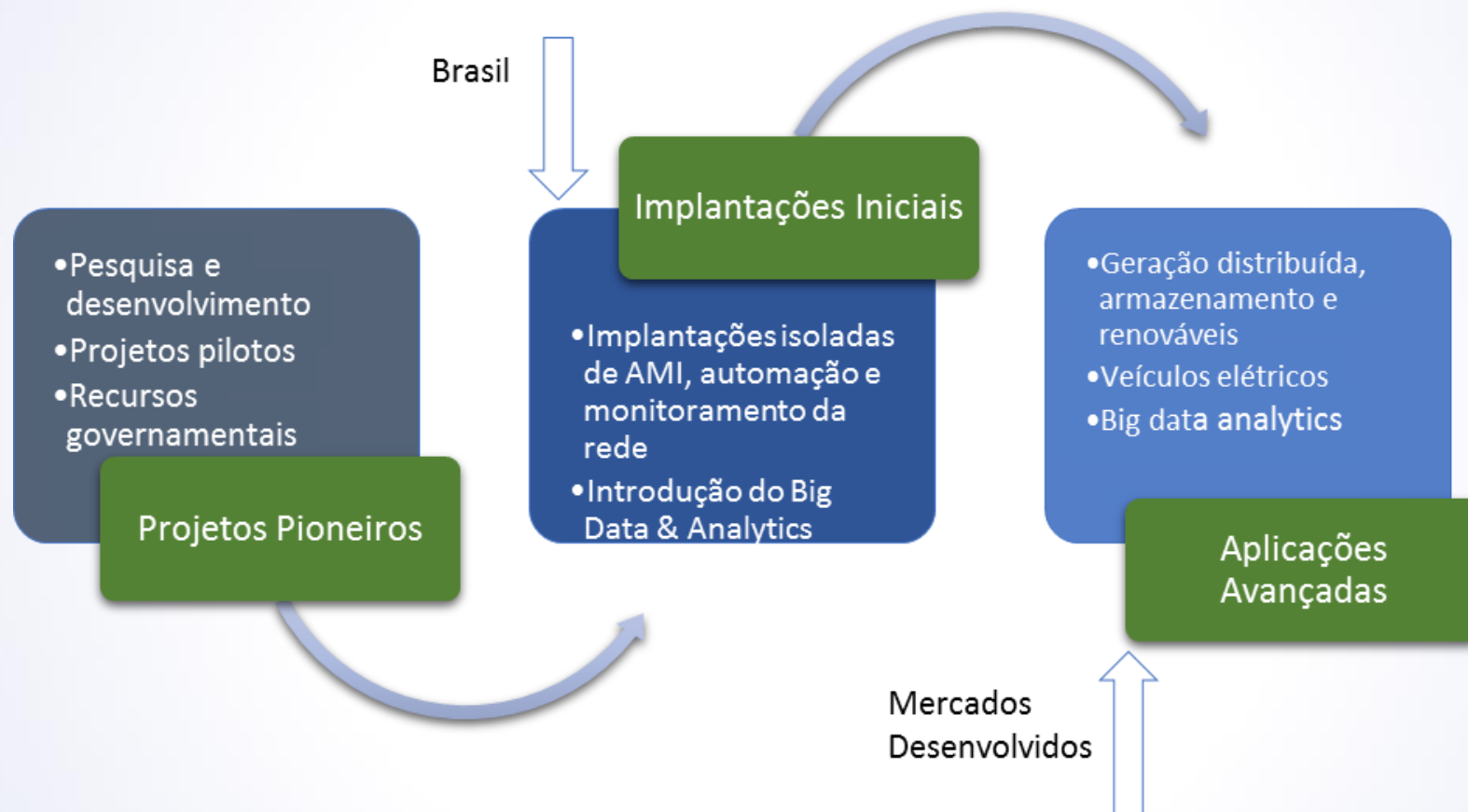
As Redes Inteligentes podem ser habilitadores de novos mercados de energia que permitam uma integração mais eficiente dos sistemas de geração de energia renovável, em particular, a eólica e solar.

Compreende também a integração de sistemas de baterias para acomodar com mais flexibilidade uma maior penetração da geração renovável em larga escala.

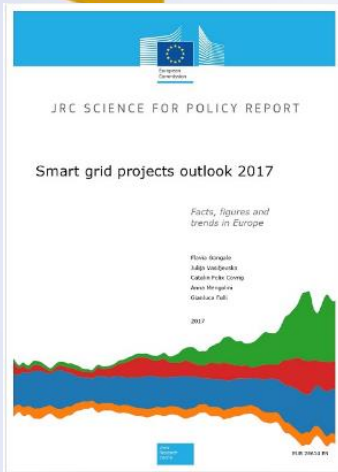
Na área de transmissão de energia, a implantação de PMUs (Phasor Measurement Units) possibilita uma monitoração sincronizada dos estados da rede.



Redes Inteligentes no Brasil



Observatórios e Publicações Relacionados

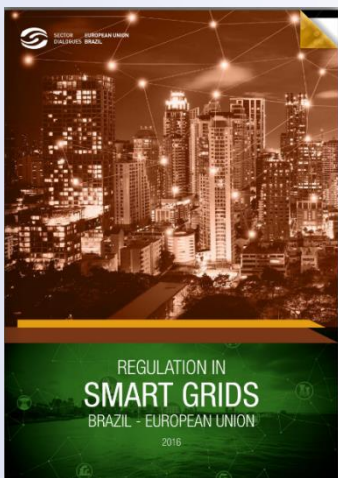


Smart Grids Observatory

<http://ses.jrc.ec.europa.eu/smart-grids-observatory>



Órgão do DOE USA para
promoção das Smart Grids



Panorama sobre regulação em Smart Grids

Prof. Nouredine Hadjsaid

<http://www.youblisher.com/p/1491180-REGULATION-IN-SMART-GRIDS/>

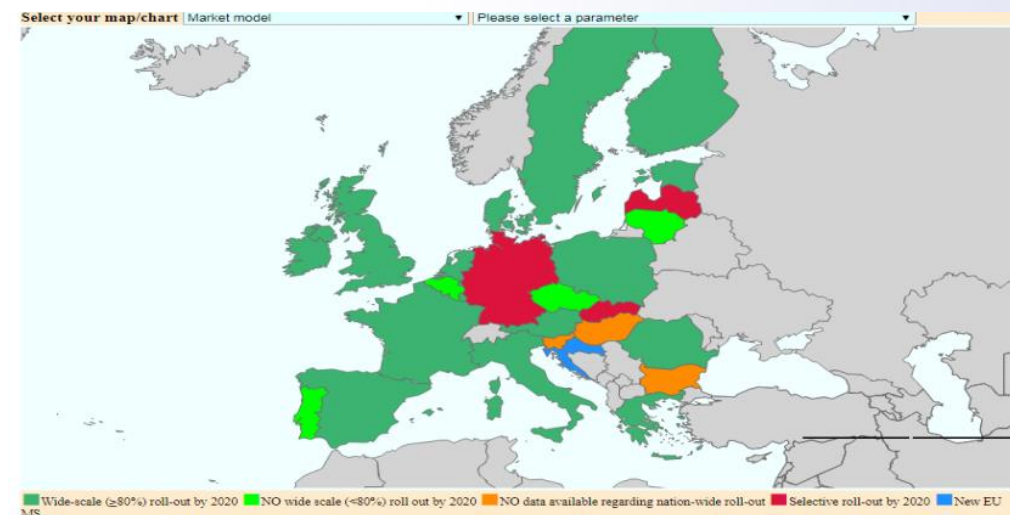
Smart Metering Rollout (EUA)

Number of AMI installations by sector, 2016				
Residential	Commercial	Industrial	Transportation	Total
62,360,132	8,119,223	342,766	1,345	70,823,466

Fonte: US Energy Information Administration

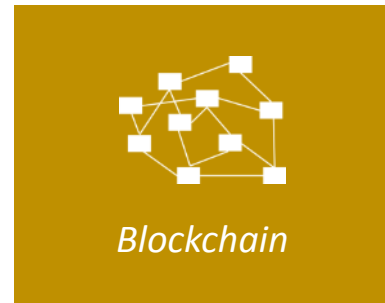
<https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=108&t=3>

Smart Metering Rollout (Europa)



Fonte: <http://ses.jrc.ec.europa.eu/smart-metering-deployment-european-union>

Novos Horizontes da Energia na Era Digital





Blockchain - Fundamentos



A7F56BAE00189



O que é o *Blockchain*:

- Tecnologia empregada nas criptomoedas digitais, como o *Bitcoin* e muitas outras – **Blockchain 1.0**;
- Elemento transformador em vários setores da economia, inclusive no setor elétrico – **Blockchain 2.0**.



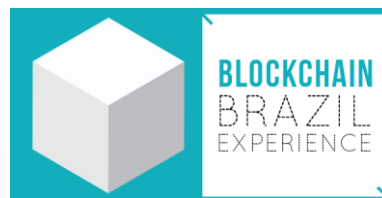
Blockchain-Enabled Distributed Energy Trading



Use cases of the Blockchain in the energy sector



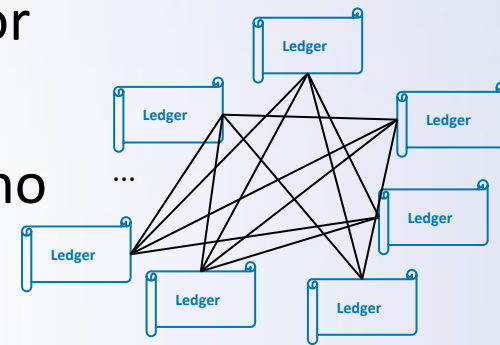
The Energy Blockchain: How Bitcoin Could Be a Catalyst for the Distributed Grid

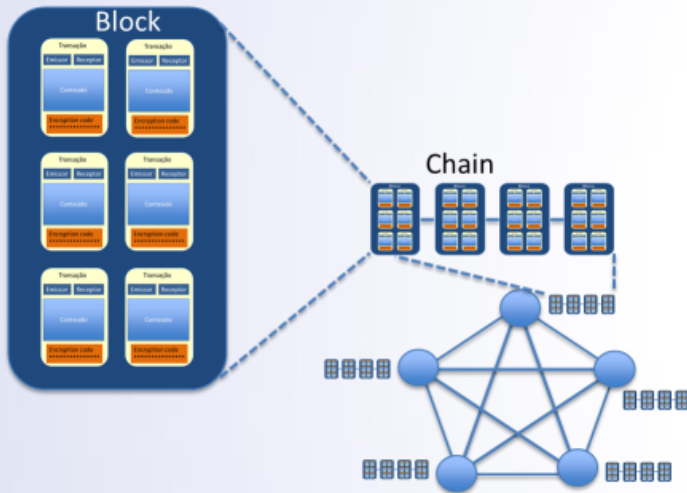


Blockchain Brazil Experience 2018
(abr/2018)

Blockchain - Fundamentos

- Livro de registros (*Ledger*) descentralizado – múltiplas cópias validadas por múltiplos participantes em uma rede peer-to-peer;
- Elimina a necessidade de intermediários ou de uma entidade central, como um banco ou uma operadora;
- Armazena informações de qualquer natureza, tais como: transações, valores, registros, medições, contratos, etc.;
- Garante a consistência, integridade e inviolabilidade das transações por autenticação digital e desafios criptográficos de alto custo computacional na execução, e baixo custo na verificação;
- Regras de consenso acordadas pelos participantes eliminam ocorrências do tipo *double spending problem* na ausência de uma entidade central.





Modo de Operação do Blockchain

- Remunera os participantes pelo poder computacional empregado na validação das transações (mineração);
- Quando um nó da rede adiciona uma nova transação no livro de registro, é necessário um consenso entre a maioria dos nós da rede para determinar se a transação é válida e pode ser registrada no *ledger*.
- Resultados da mineração são transações monetárias, registros de geração de energia limpa, contratos de comercialização de energia, etc;



Aplicações do Blockchain no Setor de Energia

Marketplace descentralizado
para comercialização de energia



Principal aplicação considerada
em mercados avançados
Excelente recurso didático

Resposta da demanda
Pré-pagamento de energia
Certificados de geração de
energia por fontes renováveis
Administração de contratos
de energia e auditoria dos
registros de medição



Maior interesse e aplicabilidade
no cenário nacional em curto/médio
prazo

Referências de experiências
internacionais



Um pouco do que anda ocorrendo
pelo mundo

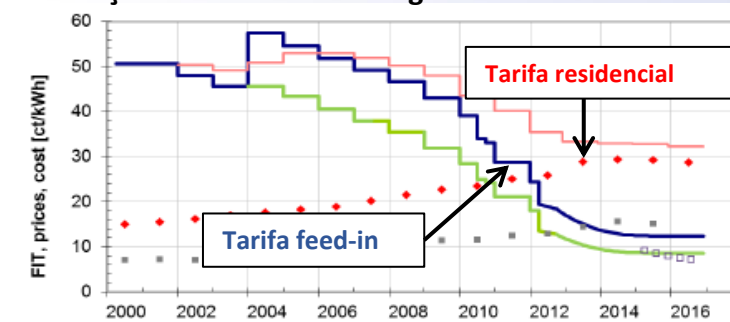
Blockchain na Criação de um Marketplace de Energia



Motivadores:

- Disseminação da mini e microgeração distribuída na base de consumidores em baixa tensão;
- Crescente importância das fontes renováveis na evolução da matriz de energia elétrica;
- Inserção dos veículos elétricos e sistemas de armazenamento de energia;
- Menor atratividade econômica da Geração Distribuída (GD) - já observada em alguns mercados, seja com *net-metering* ou tarifas *feed-in*;

Evolução das Tarifas de Energia na Alemanha



Fonte: Instituto Fraunhofer
Recent facts about Photovoltaics in Germany (2017)

Nevada's New Solar Law



Net metering

95%

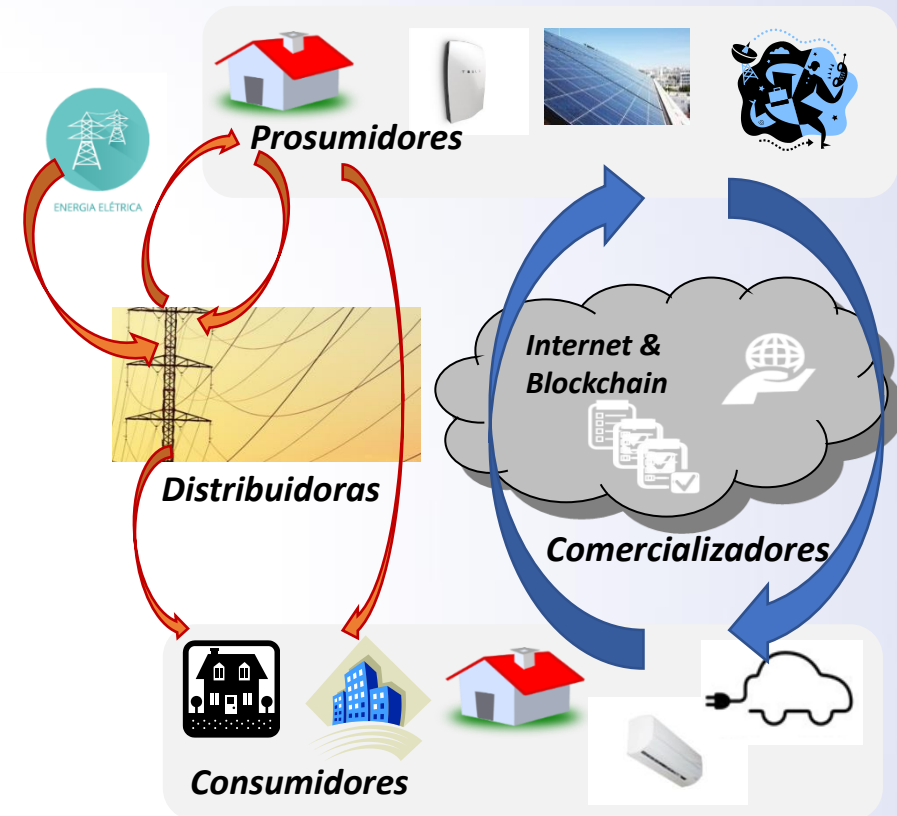
Tarifa residencial

75%

Tarifas binômias em BT
CP 33/2017 - MME

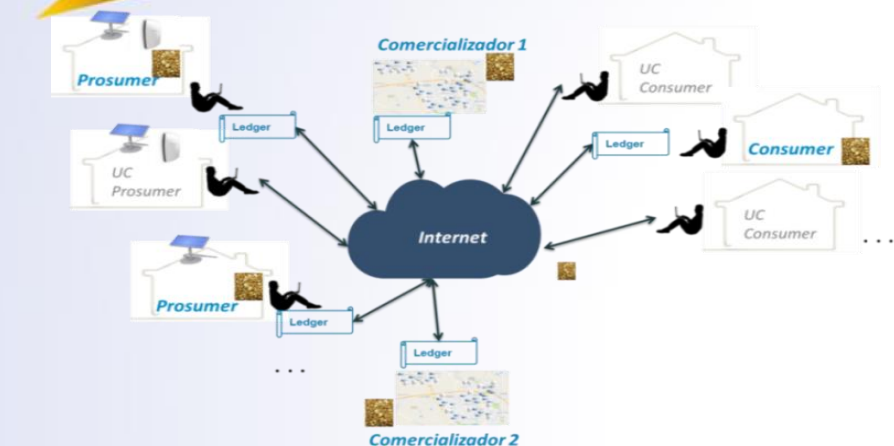
Marketplace Descentralizado para Comercialização de Energia

- Mercado-alvo: consumidores cativos e prosumidores do grupo B, onde a GD está se expandindo, inclusive no Brasil;
- Quem participa:
 - Consumidores cativos;
 - Prosumidores;
 - Empreendimentos de GD compartilhada;
 - Comercializadores varejistas;
 - Distribuidoras de energia;
 - Microgrids.
- O Marketplace descentralizado cria um ambiente rápido, flexível e, se desejável, sem intermediários, para a compra e venda de energia elétrica a preços competitivos entre seus participantes;



Prosumidores podem encontrar no Marketplace melhores ofertas para seus excedentes de energia e negociá-las diretamente, ou via intermediários, com outros consumidores

Operação do Marketplace



Smart Contract

Oferta



98AB76F5D97E4
AB378F7E5...



Demanda

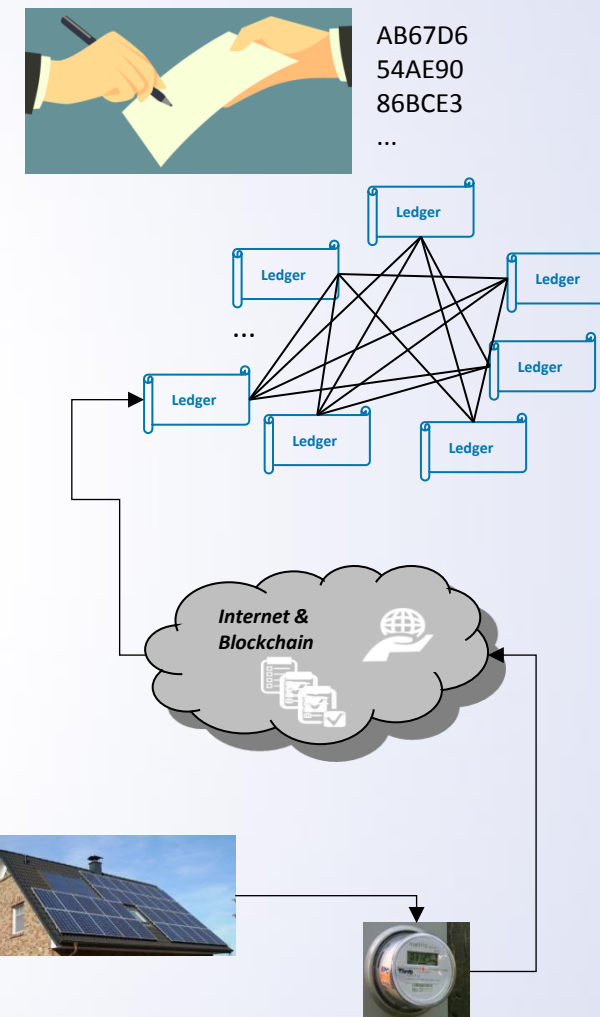
- Potência (kWp)
- Curva de produção (horários, estimativas kWhs)
- Faixa de preços (\$) (mínimo, alvo)

- Curva de demanda (horários, kWhs)
- Faixa de preços (\$) (alvo, máximo)
- Potência demandada

- Mercado livre de energia, sujeito, portanto, a algum nível de regulamentação;
- Participantes publicam suas demandas e ofertas de energia no Blockchain;
- *Smart Contracts* são os objetos da mineração, sendo firmados com base nas demandas e ofertas publicadas;
- Comercializadores, consumidores e prosumidores mineram os *Smart Contracts*, sendo remunerados de acordo com as regras de consenso;
- Comercializadores podem atuar sob delegação dos prosumidores e consumidores.
- Energia não comercializada pode ser remunerada em uma base previamente acertada.

A Validação das Medições

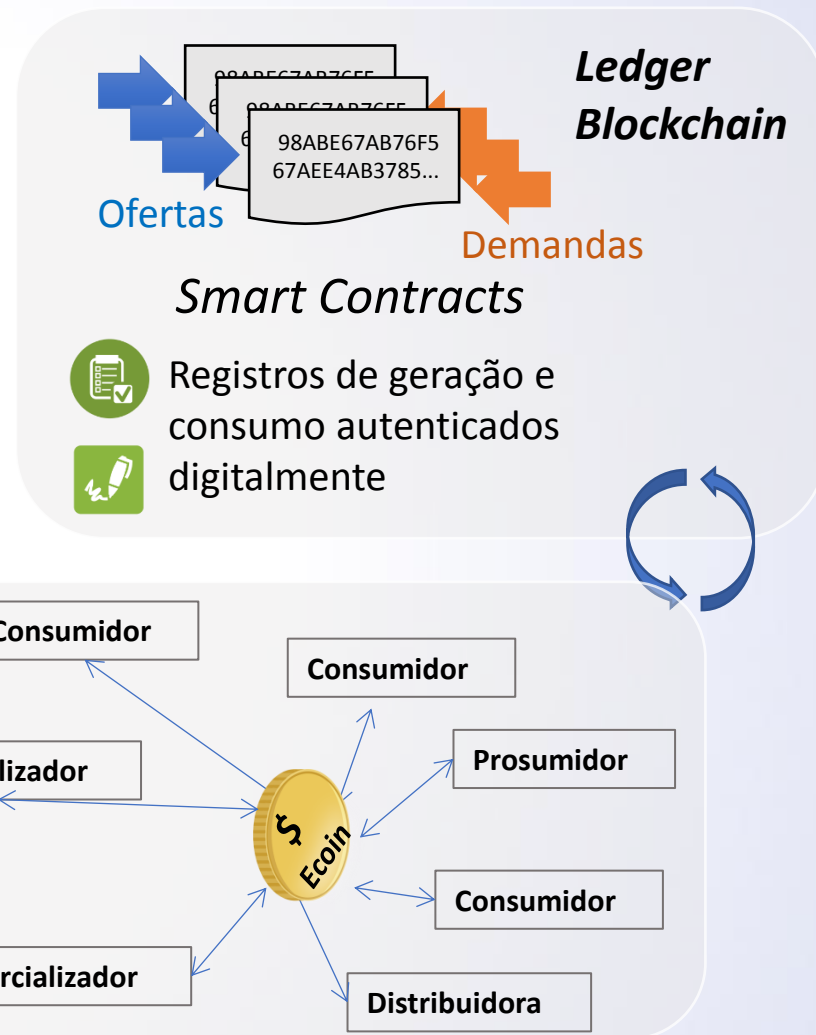
- A validação (mineração) consiste em resolver um desafio matemático, associando ofertas de energia que atendam, em parte ou em todo, às demandas publicadas, firmando assim um *Smart Contract*;
- É necessário, portanto, validar *a posteriori* o fornecimento da energia especificada na oferta do *Smart Contract*;
- Medidores de energia, acreditados para operar no Marketplace, publicam periodicamente o número de kWhs, consumidos e injetados, na rede de distribuição;
- Uma vez validados a origem e a autenticidade das medições, os registros correspondentes são inseridos no Blockchain.





Pagamentos e Acerto de Contas – Arranjo Típico

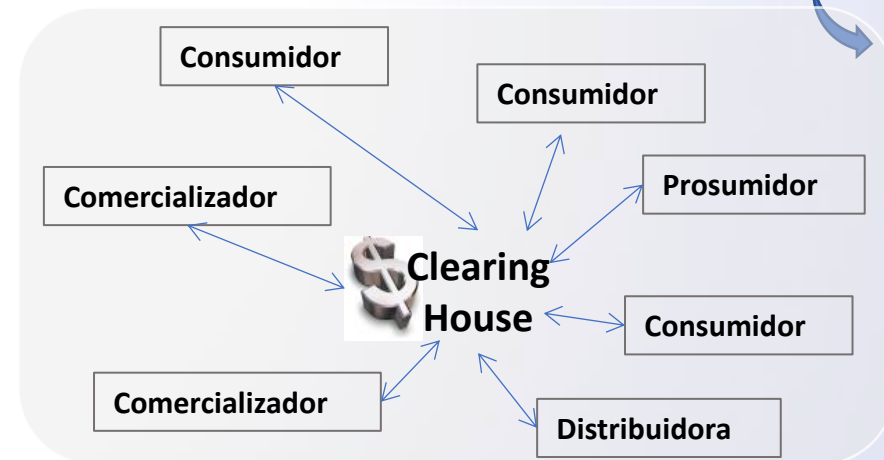
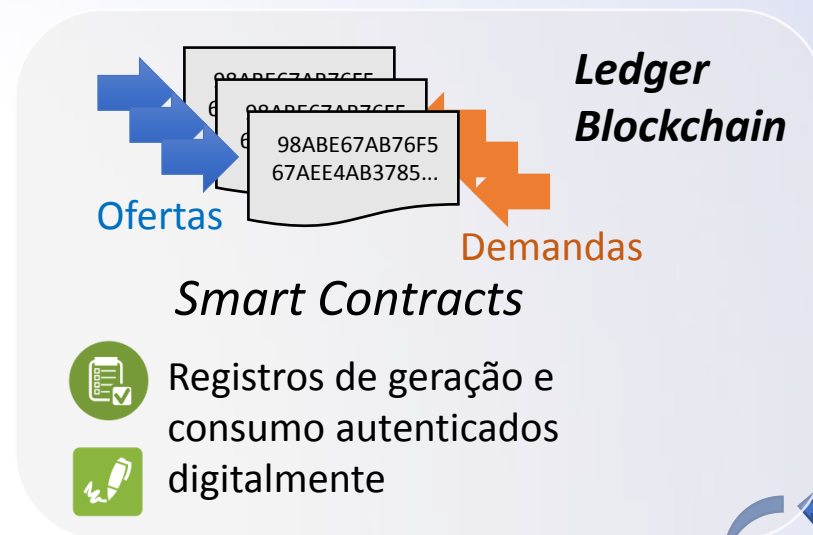
- O acerto de contas é feito tipicamente por meio de uma criptomoeda que valora as transações no Marketplace;
- Em geral, o Marketplace é uma iniciativa de um ou mais comercializadores, financiados por meio de **ICO – Initial Coin Offerings** – instrumento de conversão de moeda nacional em *Criptomoeda*;
- O Marketplace fornece mecanismos para converter os saldos em *Criptomoeda* em moeda nacional.





Pagamentos e Acerto de Contas – Arranjo Alternativo

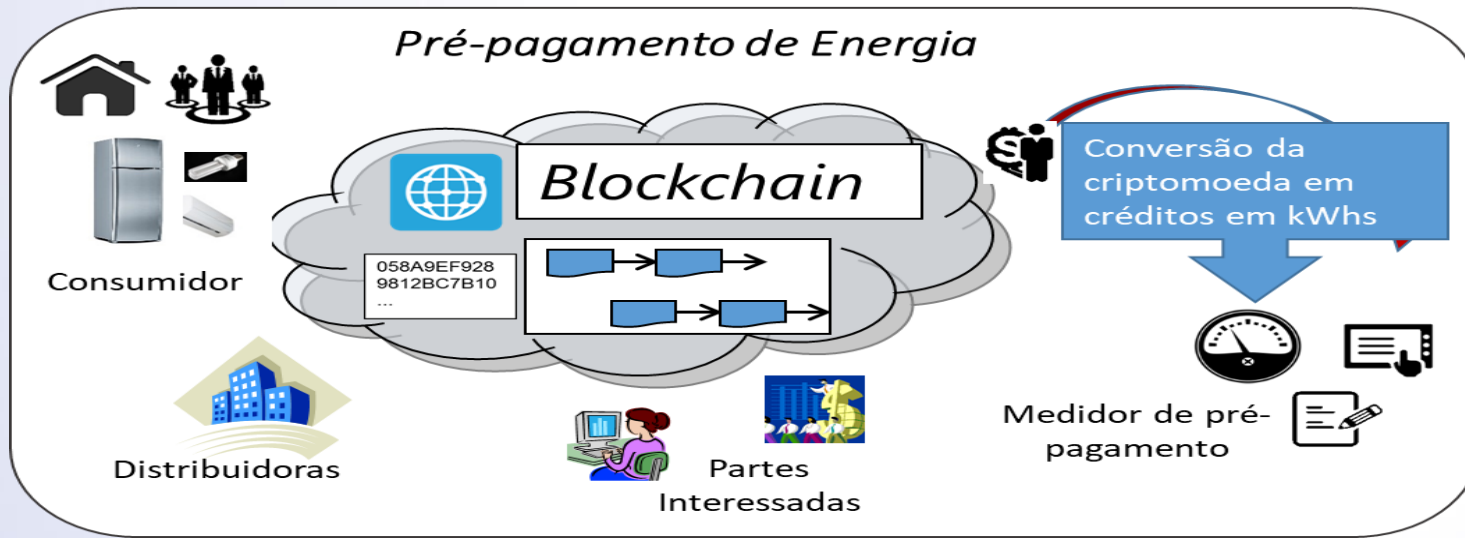
- Alternativamente, as transações podem ser especificadas em kWh e valoradas em moeda oficial, o que permite uma comparação direta do valor da energia comercializada no Marketplace com as tarifas reguladas;
- Desta forma, um acerto de contas deve ser realizado periodicamente com as informações armazenadas no *Blockchain*, levando em consideração os *Smart Contracts* e os registros das medições;
- Uma *Clearing House* realiza o acerto de contas, considerando inclusive os serviços de conexão à rede prestados pelas distribuidoras.



Aplicações do Blockchain no Setor Elétrico

Resposta da Demanda (DR):

Orquestração de e registro de ações de DR a partir de eventos e do estado da rede de distribuição



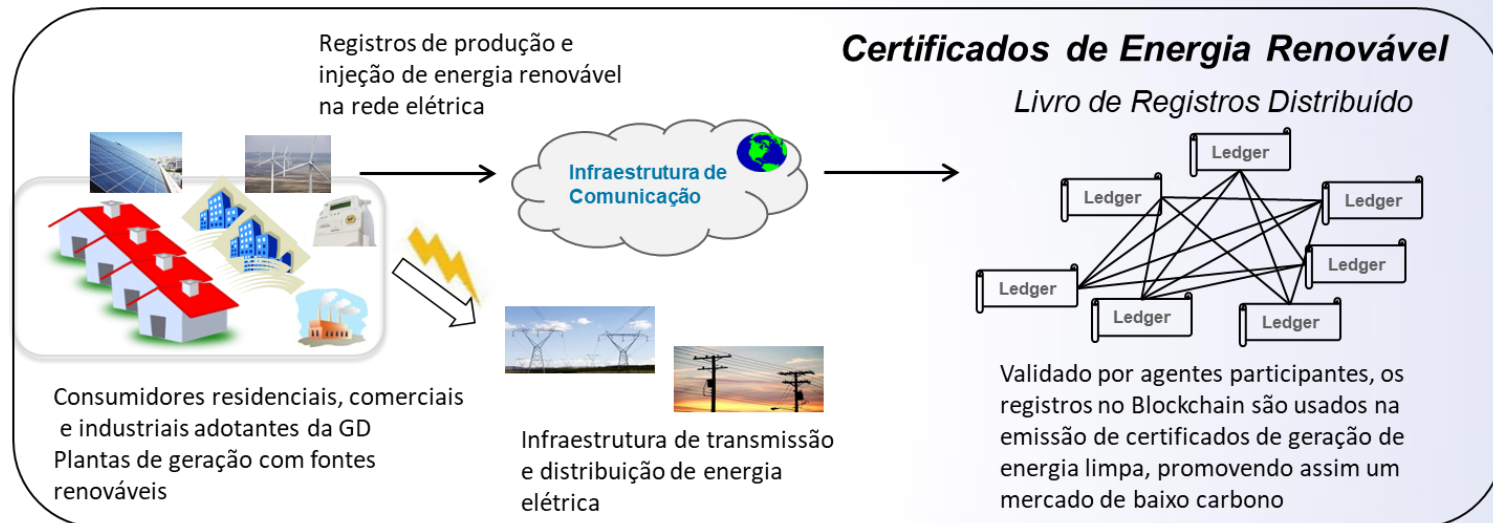
Sistema de pré-pagamento de energia participativo

Estimula a participação em ações de eficiência energética e promoção do uso racional da energia por meio de créditos de energia em criptomoedas

Aplicações do Blockchain no Setor Elétrico

Emissão de certificados de energia renovável:

Registros de produção de energia renovável armazenados em um Blockchain podem ser usados na promoção de um mercado de baixo carbono.



Blockchain no Setor de Energia



bankymoon

Pré-pagamento de energia baseado em *Bitcoin*

Blockcharge



Recarga de veículos elétricos



LO3 ENERGY

Empresa de inovação em energia



BROOKLYN MICROGRID

MicroGrid comunitário operando no Brooklyn-NY



Solar Coin – criptomoeda associada à geração de energia solar.

POWER LEDGER

Sistema de comercialização de energia P2P



Plataforma open-source para aplicações *Blockchain*



Organização voltada para disseminar o uso do *Blockchain* no Setor Elétrico

Energy Web Foundation



Gridgularity

centrica



ENGIE



STEDIN™

TEPCO

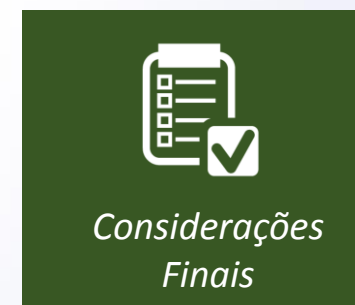
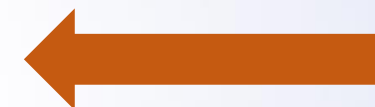
TWL
Meine Energiequelle.



Projeto demonstrativo de um novo mercado solar em partes do estado.

Reforming the Energy Vision

Novos Horizontes da Energia na Era Digital





BigData e Analytics - Fundamentos

Tendências:

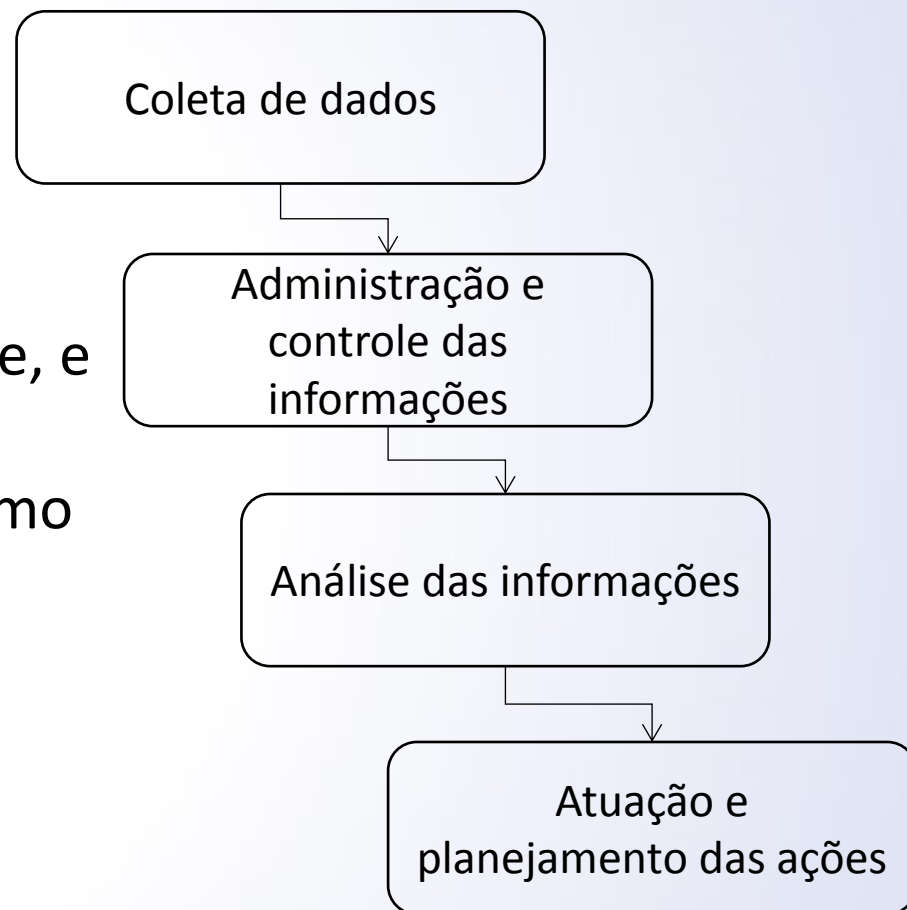
- O volume de dados continuará a crescer exponencialmente nos próximos anos, e em vários setores da economia;
- No caso do setor elétrico, a redução dos custos dos sensores, a disseminação das redes inteligentes e o avanço da Internet das Coisas (IoT) levarão a um maior nível de observabilidade das redes de energia elétrica;
- As fontes de dados deverão ser cada vez mais diversas, não devendo se limitar aos dispositivos da rede elétrica, passando a considerar previsões, comportamentos de consumidores, etc.

We collect a TON of data that is NOT used. Data analytics can play a huge role in how we address operational efficiencies and better spend our limited capital budget.

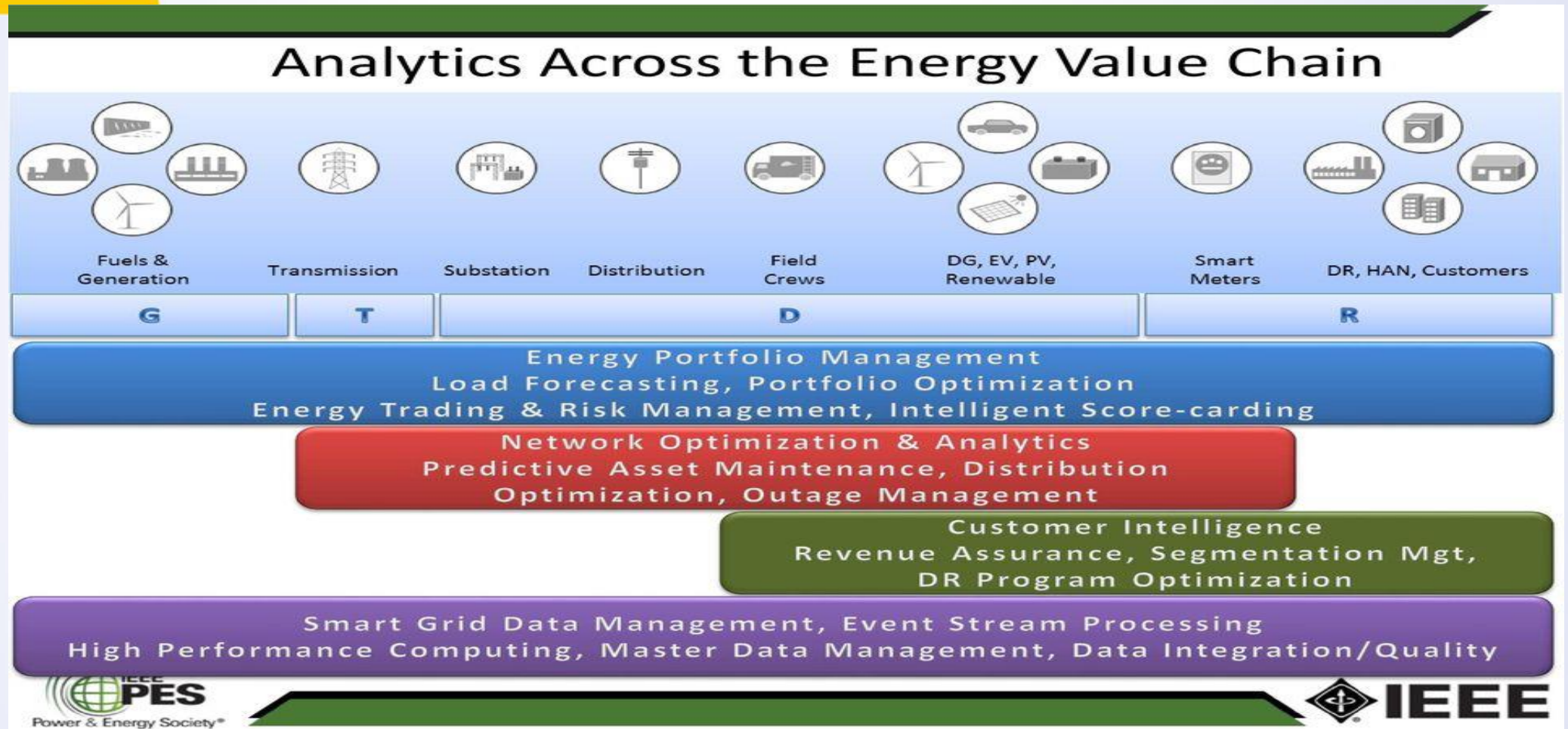
“Completely Confident” Customer Business Manager

Big-Data e Analytics - Fundamentos

- De modo geral, o Big Data e Analytics compreendem análises preditivas, mineração de dados, análises estatísticas, *machine learning* e inteligência artificial.
- É possível extrair dados em tempo real dos ativos da rede, e associá-los a fatores climáticos e informações de outras fontes, para prever potenciais situações críticas, bem como obter maior eficiência das operações;
- Aliada às redes inteligentes, a análise de dados permite incorporar insights aos sistemas operativos, viabilizando respostas automatizadas e reduzindo os períodos de indisponibilidade.



Big Data e Analytics na Cadeia de Valor



Fonte: IEEE

Big Data e Analytics – Aplicações Típicas

- **Manutenção preventiva:** modelos preditivos revelam problemas antes que eles resultem em interrupções de serviço, reduzindo custos e minimizando impactos ao cliente;
- **Gerenciamento da carga:** potenciais situações de sobrecarga podem ser identificadas antecipadamente, acelerando assim a ativação de mecanismos para alívio das redes;
- **Otimização da força de trabalho:** O acesso e a análise de dados de desempenho da rede em tempo quase real permitem aumentar a produtividade e o desempenho das equipes de campo;
- **Identificação de causa raiz:** as faltas de energia são analisadas de forma mais assertiva, possibilitando a identificação dos eventos e/ou equipamentos que ocasionaram os problemas.

Big Data e Analytics – Aplicações Típicas

- **Proteção de receita:** a análise dos dados dos medidores instalados nos clientes e nos transformadores podem apontar situações anômalas, eventualmente associadas a fraudes e roubos de energia, tornando mais assertiva as ações de proteção e recuperação de receitas;
- **Modelos preditivos para propensão à adoção de novos serviços:** num ambiente de transformação, as empresas de energia precisam diversificar seus serviços, uma vez que não podem mais contar unicamente com a receita advinda da geração, transmissão e distribuição de energia. Desta forma, Big Data e Analytics podem impulsionar a análise de oportunidades e trazer insights para novos produtos e serviços de maior valor para os clientes, como por exemplo em programas de eficiência energética;



Pesquisa de Opinião – Mercado USA

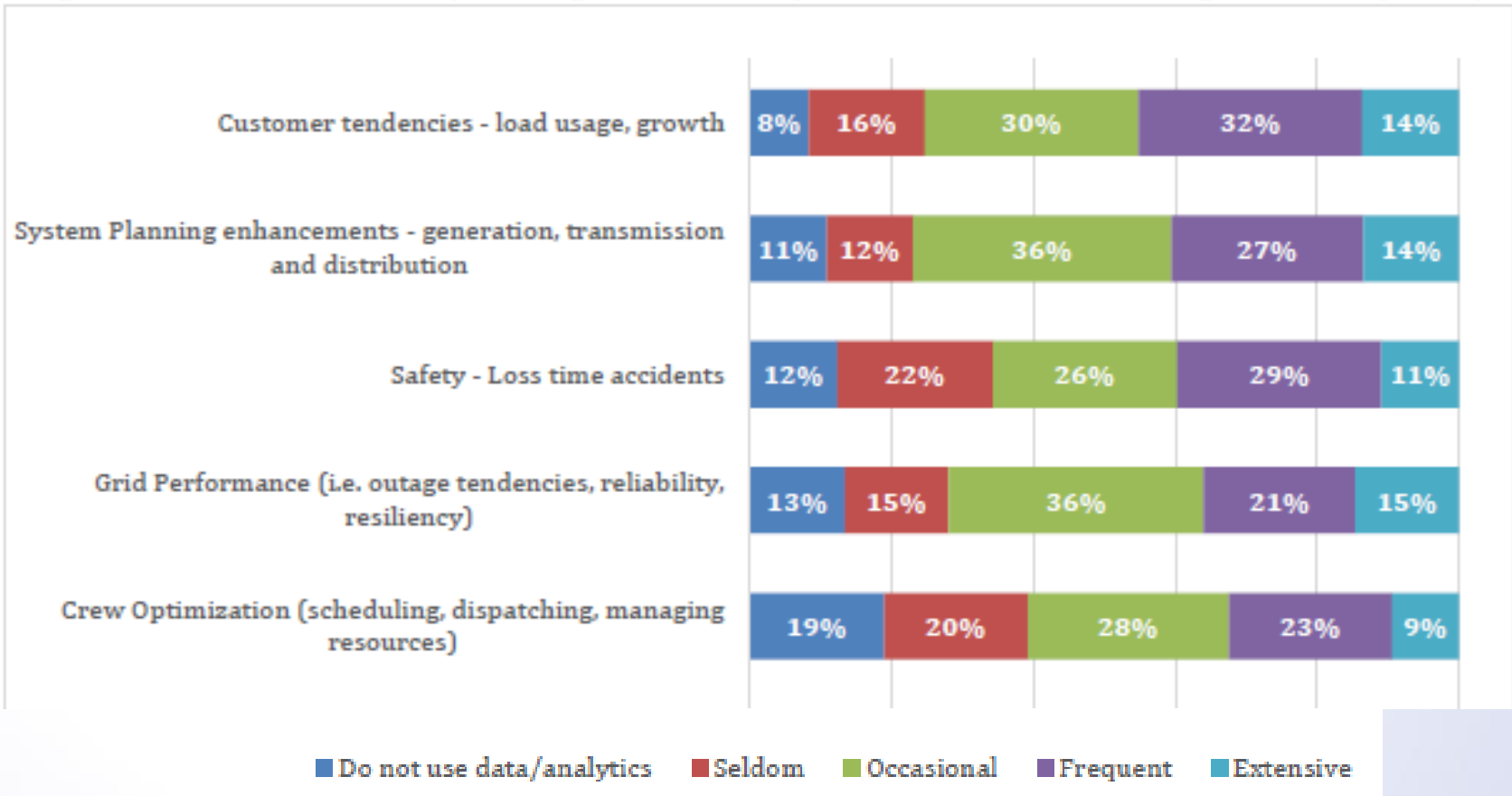


The Current State of Smart Grid Analytic
Mercado USA (jan-fev/2017)

Entrevistados: 76 concessionárias

Patrocinador: ABB

Figure 8. To what extent are you using data and analytics to address the following concerns? (n = 75)

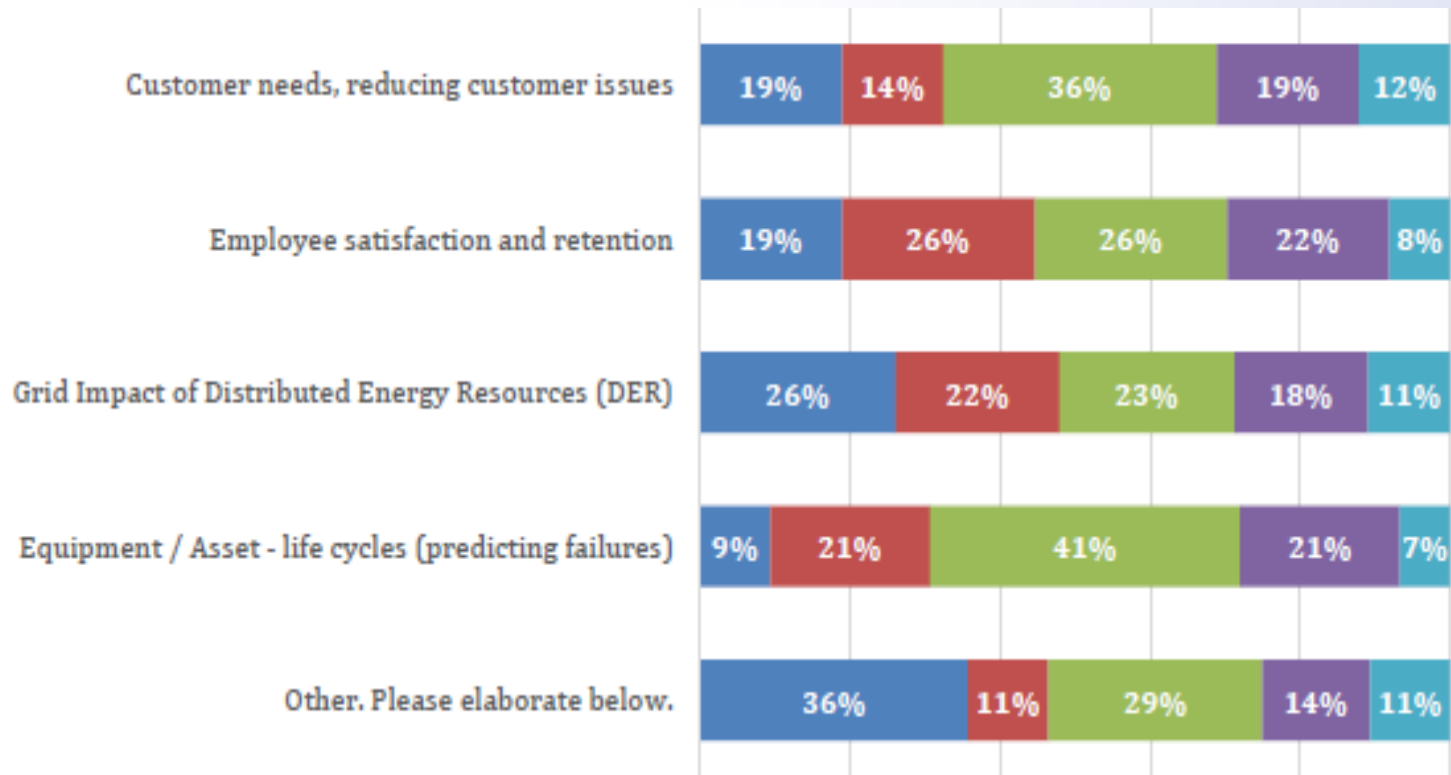




Pesquisa de Opinião – Mercado USA (cont...)



The Current State of Smart Grid Analytic
Mercado USA (jan-fev/2017)
Entrevistados: 76 concessionárias
Patrocinador: ABB



■ Do not use data/analytics ■ Seldom ■ Occasional ■ Frequent ■ Extensive

Big Data e Analytics no Setor de Energia Elétrica

Big Data Analytics in the Smart Grid

White Paper #1 – Draft

Topic: Big Data Analytics, Machine Learning and Artificial Intelligence in the Smart Grid: Introduction, Benefits, Challenges and Issues

Authored by: IEEE Smart Grid Big Data Analytics, Machine Learning and Artificial Intelligence in the Smart Grid Working Group

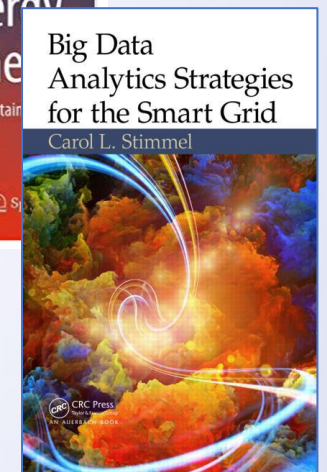
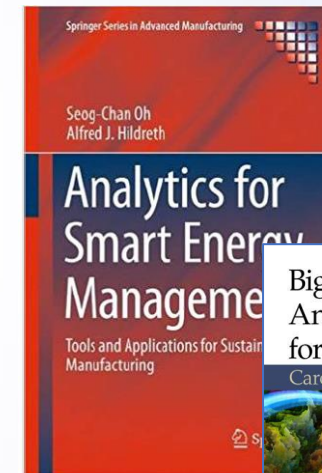


EPR Big Data Survey Summary Report

Second Edition
3062009901

- Grupo de trabalho *Working Group on Big Data Analytics, Machine Learning and Artificial Intelligence in the Smart Grid.*
- Mais informações em: <https://goo.gl/GBcjmL>

- Algumas publicações de interesse:



Novos Horizontes da Energia na Era Digital



*Considerações
Finais*



Contextualização



*Redes Eléctricas
Inteligentes*



Blockchain



Big Data



Considerações Finais

- As Redes Inteligentes e Big Data Analytics são tópicos de alto interesse no setor elétrico e fazem parte de um mercado em crescimento. Grande parte das organizações consideram estas tecnologias como prioridades estratégicas;
- Embora sejam considerados como requisitos fundamentais para uma operação segura e otimizada das redes de energia, muitas vezes não há clareza sobre as melhores aplicações e os retornos proporcionados;
- Assim, há espaço para as empresas de energia, assim como para entrantes e demais atores, atuarem no desenvolvimento de aplicações que extraiam valor dessas tecnologias e contribuam para a formação do futuro ecossistema do mercado de energia elétrica.



Considerações Finais

- Por outro lado, Blockchain é ainda uma tecnologia em maturação, e atua como habilitador de aplicações disruptivas;
- No caso do Marketplace descentralizado, é necessário evoluir o arcabouço regulatório e comercial do setor, de forma a permitir a criação dos novos modelos de negócio associados;
- Entretanto, em um primeiro momento, há oportunidades para uso dos recursos do Blockchain em algumas aplicações de interesse para o setor de energia, com foco, principalmente, em requisitos ainda não atendidos por tecnologias tradicionais.

Transformando em Realidade

- Há cenários propícios para explorar o potencial das Redes Inteligentes, do Big Data e do Blockchain em áreas relacionadas ao setor de energia no Brasil;
- Para tanto, é fundamental a criação de um ambiente dinâmico que fomente a inovação, desenvolva pilotos e projetos demonstrativos, e leve as soluções ao mercado.
- Há expertise nacional nas áreas relacionadas e oportunidades para sermos protagonistas na formação do ecossistema de energia do futuro, contemplando as particularidades do nosso mercado e contribuindo para o desenvolvimento tecnológico nacional.





Obrigado

Luiz Rolim

lrolim@cpqd.com.br