

---

# **GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E MODERNIZAÇÃO DAS TARIFAS**

**Seminário Inserção de Novas Fontes Renováveis e Redes  
Inteligentes no Planejamento Energético Nacional**

**COPPE/UFRJ – Casa da Ciência  
Rio de Janeiro 19 de Setembro de 2018**

**Mauricio T. Tolmasquim  
Programa de Planejamento Energético  
COPPE/UFRJ**



- In 1876, into a phone similar to this one, Alexander Graham Bell spoke a few words to his assistant, who was listening in another room on another of the same device

---

## ▪ IT TOOK **100** YEARS TO THE FIRST MOBILE PHONE



▪ **1.1** kg



▪ **30** minutes of talk-time



▪ **10** hours to charge

▪ 100 years later, on April 3, 1973, Martin Cooper, a senior engineer at Motorola, called a rival telecommunications company and informed them he was speaking via a mobile phone



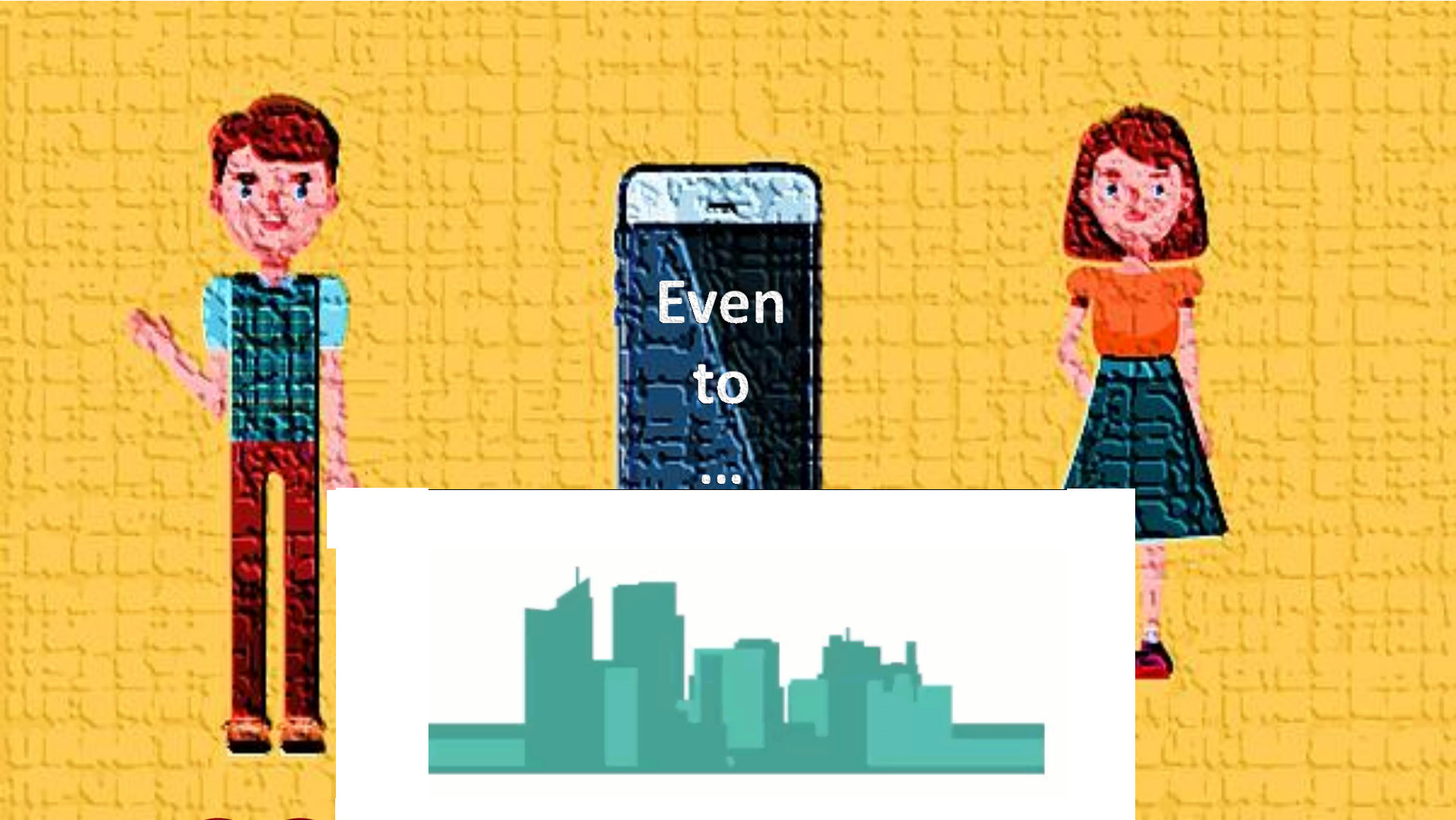


---

▪ **LESS THAN 30 YEARS LATER**

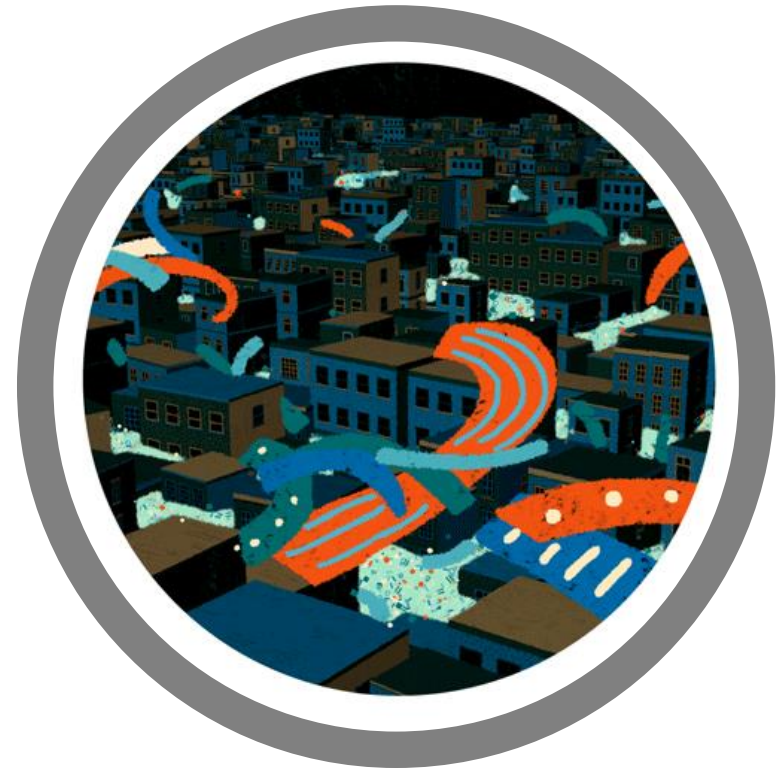


- The population are using their phones for a variety of nontraditional phone activities



---

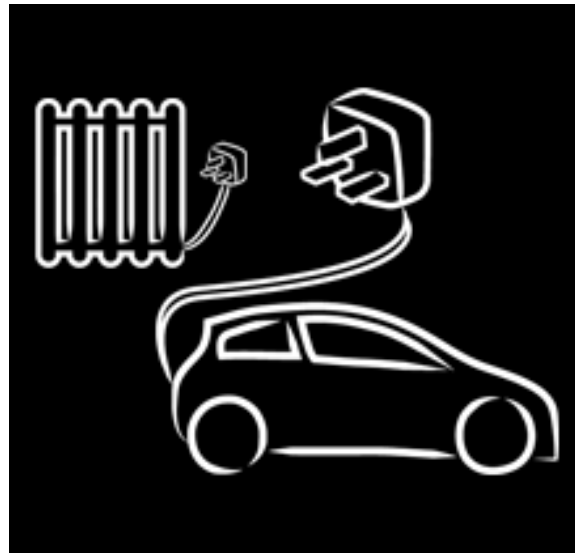
■ **THE ELECTRICITY SYSTEM IS ALSO IN THE MIDST OF A TRANSFORMATION**



# Introdução

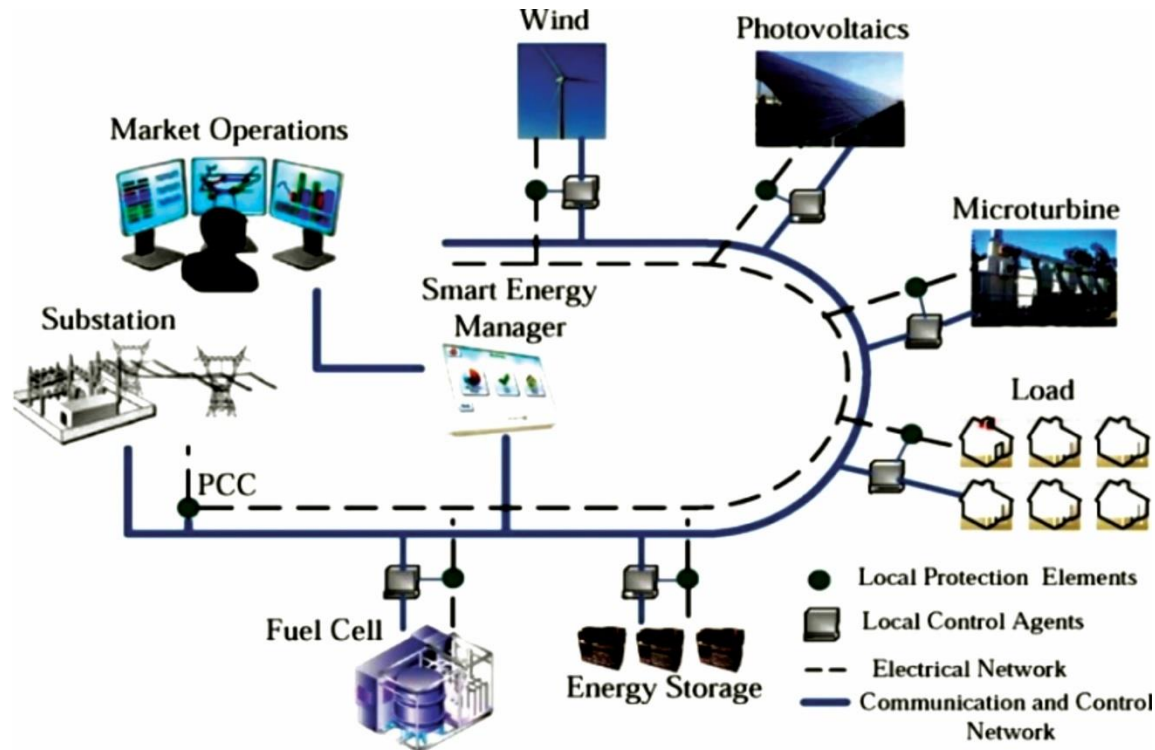
---

- Três tendências em particular estão convergindo para produzir rupturas:
  - Eletrificação de grandes setores da economia, como:
    - transporte e aquecimento



# Introdução

- Descentralização, impulsionada pela forte redução nos custos de recursos energéticos distribuídos (DERs), como:
  - armazenamento distribuído,
  - geração distribuída,
  - flexibilidade da demanda e
  - eficiência energética

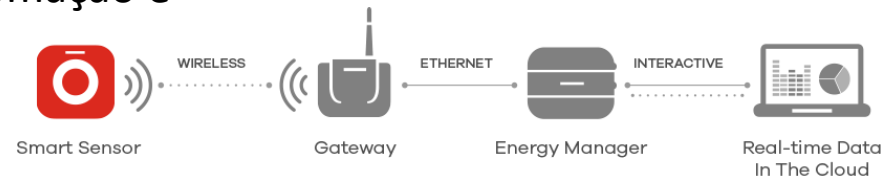




# Introdução

## ➤ Digitalização

- da rede, com:
  - a medição inteligente (Smart Meter)
  - sensores inteligentes, automação e

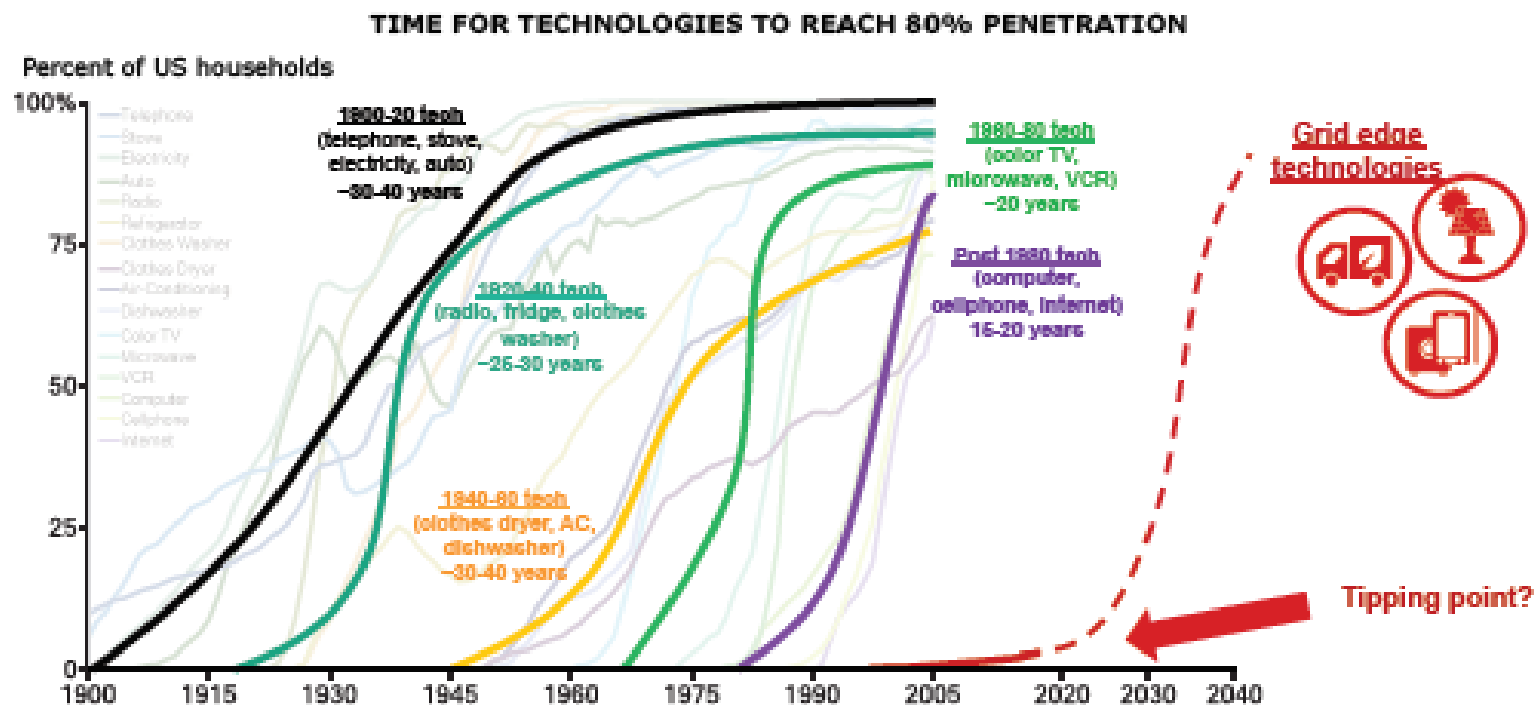


- outras tecnologias digitais de rede
- Para além do medidor, com:
  - o advento da Internet das coisas (IoT) e
  - uma onda de dispositivos elétricos conectados

# Introdução

- A taxa de adoção dessas tecnologias de rede de ponta provavelmente seguirá a curva S típica vista com tecnologias anteriores, como TVs, aparelhos brancos e a internet.
- O ponto para adoção em massa da tecnologia, caiu para cerca de 15-20 anos.

Figure 3: Grid edge technologies will likely follow an adoption S-curve similar to other innovative products

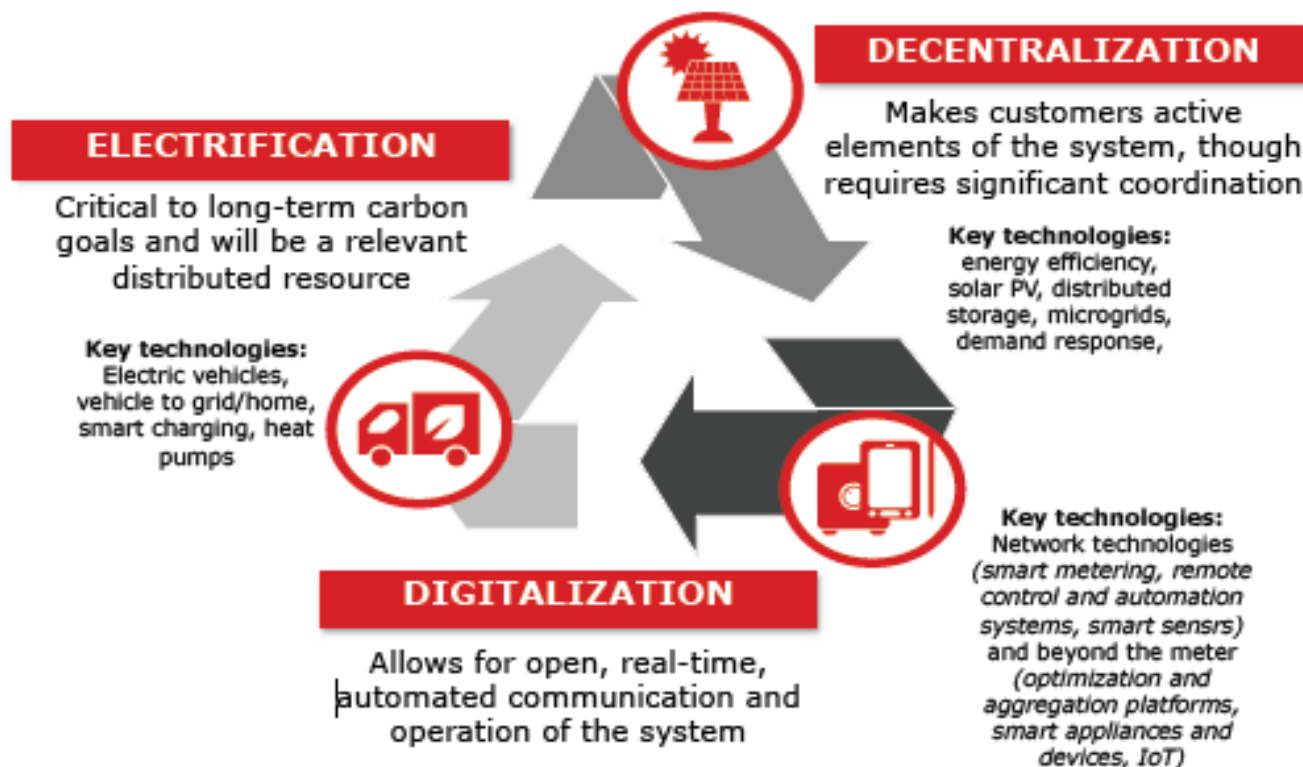


Source: World Economic Forum and New York Times

Prof. Mauricio Tolmasquim - COPPE/UFRJ

# Introdução

Figure 1: Three trends of the grid edge transformation



Dois fatores alimentam a introdução destas tecnologias de ponta:

1. As reduções exponenciais dos seus custos e a contínua melhoria técnica
2. O papel de possibilitar novos modelos de negócio, construídos em torno do empoderamento do consumidor

# Introdução

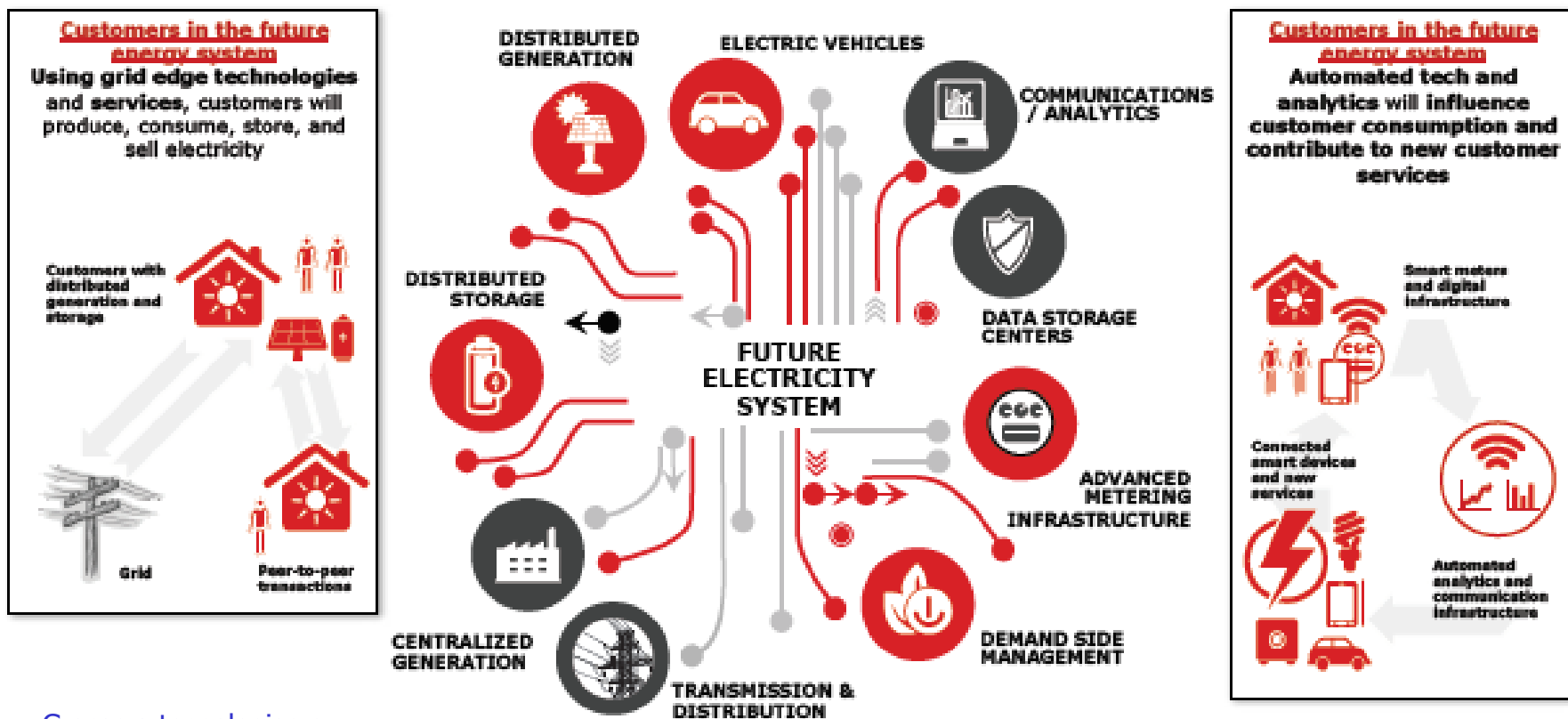
---

- Essas tendências abrem caminho para um sistema onde os limites tradicionais entre produtores, distribuidores e clientes são alterados,
  - aumento da complexidade do sistema de governança.
- As preferências e expectativas dos clientes estão mudando para:
  - menos emissões de carbono,
  - maior escolha,
  - interação e compartilhamento em tempo real,
  - maior transparência,
  - maior confiabilidade e segurança.



# Introdução

Figure 2: The future energy system will provide additional roles for the grid and incorporate many customer technologies



Graças a tecnologias e serviços de ponta, o Consumidor irá produzir, consumir, estocar e vender energia

- Tecnologias de automação e análise computacional de dados estatísticos vão influenciar o comportamento do consumidor e contribuir para a criação de novos serviços para o consumidor

# Introdução

---

- Tecnologias de ponta podem prover um valor econômico significativo para a indústria elétrica, clientes e sociedade ao:
  - aumentar a eficiência do sistema geral,
  - um mix de geração mais limpo,
  - criação líquida de novos empregos relacionados à implantação dessas tecnologias e
  - uma possibilidade de escolha maior para os consumidores.



**ELETRIFICAÇÃO**

# ■ ELECTRICAL VEHICLE SALES





# Eletrificação

- Veículos elétricos (VE): veículos com um sistema elétrico de propulsão (motor) que pode ser ligado para recarregar as baterias:

## DIFERENTES TECNOLOGIAS

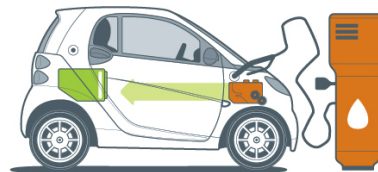
Os carros elétricos são classificados conforme o suprimento de energia



### ELÉTRICO A BATERIA (VEB)

Também conhecido como puro elétrico, usa exclusivamente energia da bateria, que precisa ser recarregada na rede elétrica. Não emite poluentes e é ideal para trajetos urbanos curtos

**Modelos** Tesla Model 3, Nissan Leaf, Renault Zoe, Chevrolet Bolt, BYD e6



### ELÉTRICO HÍBRIDO (VEH)

Combina um motor a combustão com um elétrico – o carro alterna entre os dois buscando maior eficiência. A bateria é recarregada somente pelo motor convencional e pela energia gerada nas desacelerações e nas frenagens

**Modelos** Toyota Prius, Ford Fusion, Lexus CT200h



### ELÉTRICO HÍBRIDO PLUG-IN (VEHP)

Versátil, é um híbrido no qual a bateria do motor elétrico pode ser recarregada tanto pela rede elétrica quanto pelo motor a combustão. Assim como o híbrido, tem maior autonomia do que o elétrico puro

**Modelos** BMW i8, Mitsubishi Outlander, Volvo V60

# Eletrificação

## ■ Eletrificação dos transportes

- A tecnologia de veículos elétricos (EV) evoluiu rapidamente nos últimos cinco anos.
- A autonomia aumentou de menos de 100 milhas (161 km) até 300 milhas (483 km) para alguns modelos.
- O custo das baterias diminuiu de aproximadamente US \$ 1.000 por quilowatt-hora (kWh) em 2010 para abaixo de US \$ 300 em 2015
  - reduzindo drasticamente o custo dos EVs e
  - possibilitando modelos de baixo custo, como o Nissan Leaf ou o Tesla Modelo 3.



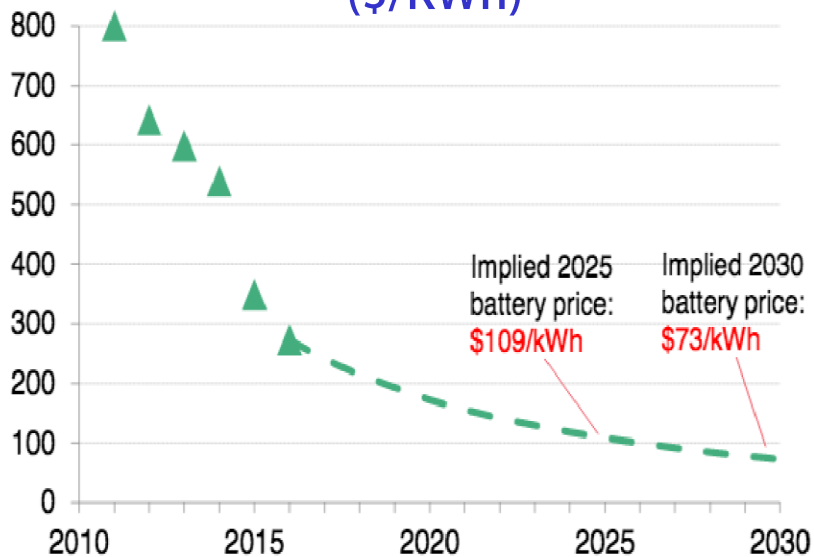
■ 22.340 €

■ \$35.000

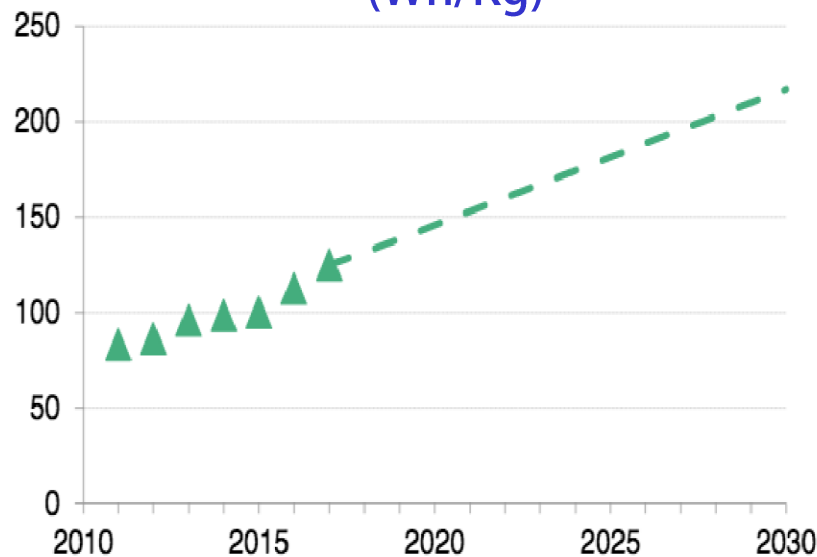
# BATTERIES ARE IMPROVING DRAMATICALLY



## Falling prices (\$/KWh)



## Improving energy density (Wh/Kg)



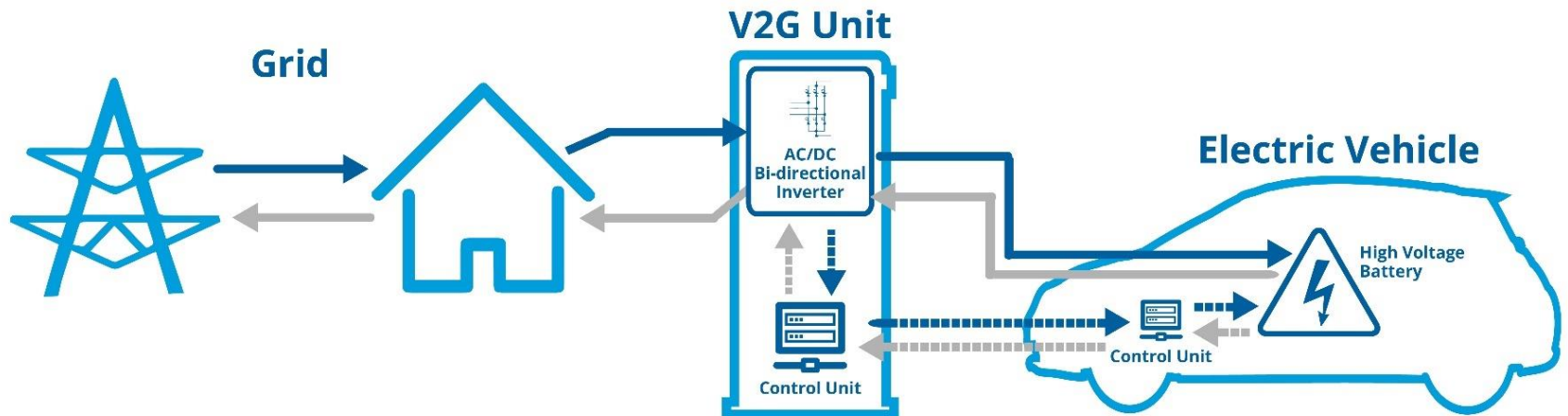
Source: Bloomberg New Energy Finance

# Eletrificação

## ■ Oportunidades

1. A adoção de VEs oferece uma ótima oportunidade para otimizar a utilização da rede.

- os proprietários de automóveis carregam seus VEs
  - em momentos em que a utilização da rede é baixa (à noite) ou
  - quando o fornecimento de eletricidade é muito alto (tardes ventosas e ensolaradas, quando as renováveis são altamente produtivas).
- Além disso, a tecnologia veículo-to-home / veículo-to-grid (V2G) poderia permitir que a eletricidade armazenada nas baterias seja injetada de volta a casa ou a rede



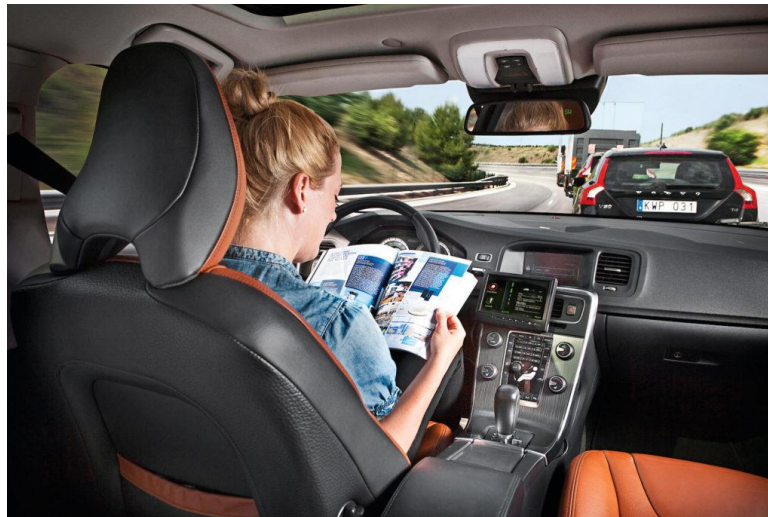


# Eletrificação

---

## 2. A tecnologia de carros autônomos pode acelerar o uso do veículo elétrico

- Pode encorajar a transição para o “transporte como serviço”, onde consumidores individuais compram menos carros
- Empresas proprietárias de grande frotas de veículos elétricos autônomos.
- Produtores de automóveis projetam que veículos completamente autônomos estarão disponíveis nos próximos 4 a 5 anos.



# Eletrificação

---

## ■ Desafios

- escassez de estações de carga.
- alto custo para instalar uma estação de carregamento..
- Pode exigir importantes investimentos em geração de ponta
  - Por exemplo, se todo os EVs da Califórnia até 2020 forem carregados durante cobrados as horas de pico, poderia ocorrer um aumento do pico de carga em 13%,





**DIGITALIZAÇÃO**

---


# DIGITAL REVOLUTION



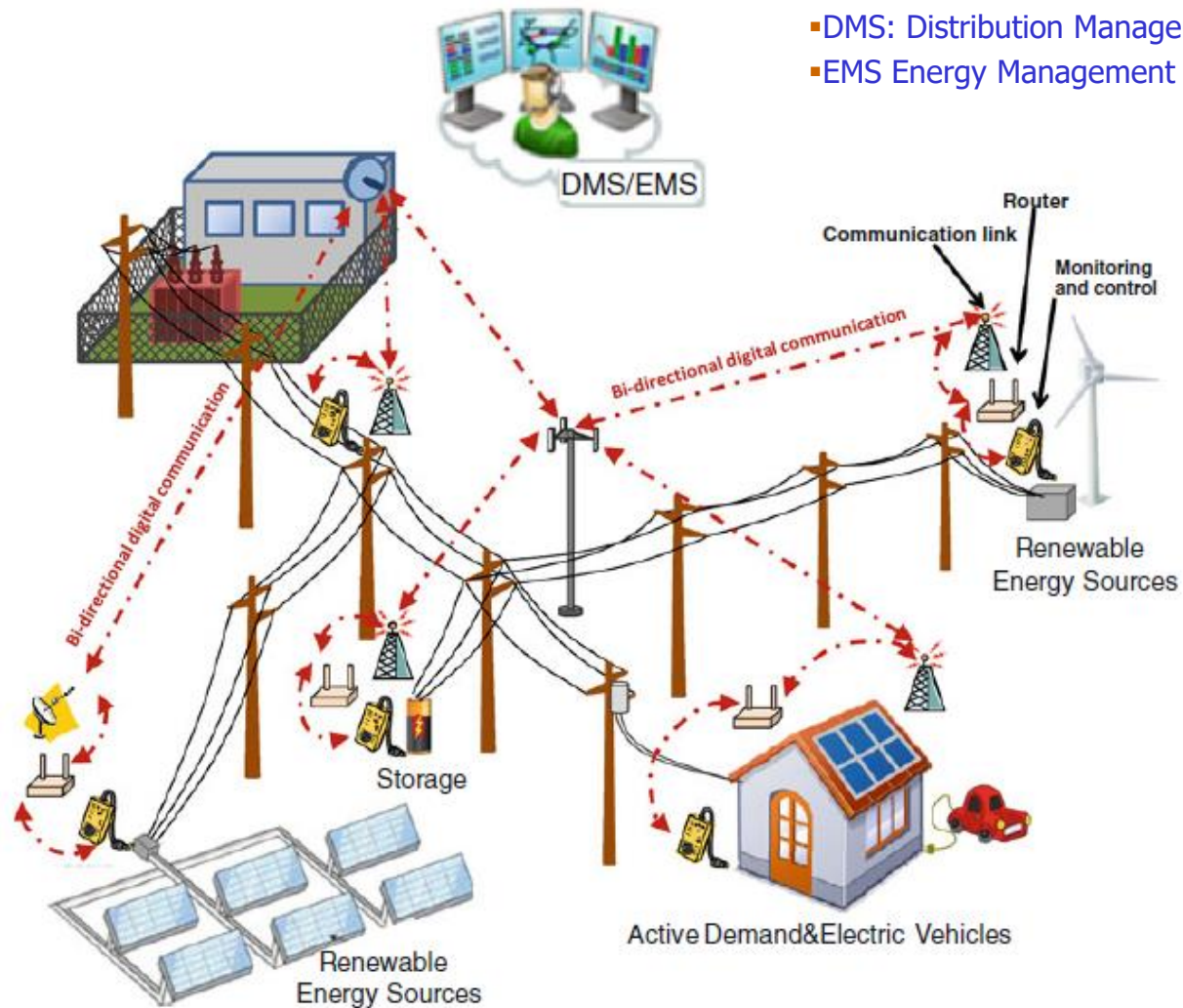
# Características das Redes Elétricas Inteligentes

---

## ■ *Smart Grid:*

- nova geração de redes de energia em que todos os segmentos do setor elétrico incorporam avançados sistema de comunicação e recursos de computação
    - Objetivo: melhor controle sobre o sistema e, portanto, maior eficiência, confiabilidade e segurança
  - são usados sistemas de comunicação de duas vias
- 
- centros de controle comandam o funcionamento de aparelhos inteligentes industriais e residenciais, realizando ações como:
    - reduzir o consumo de energia dos dispositivos inteligentes nos instantes de consumo pico

# Características das Redes Eléctricas Inteligentes



▪ Figura . Esquema de uma rede elétrica inteligente.



# Características das Redes Elétricas Inteligentes

Principais diferenças entre a rede existente e a rede inteligente.

<b>Rede elétrica existente</b>	<b>Rede elétrica inteligente</b>
<b>Eletromecânica</b>	Digital
<b>Comunicação unidirecional</b>	Comunicação bidirecional
<b>Geração centralizada</b>	Geração distribuída
<b>Hierárquica</b>	Radial
<b>Poucos sensores</b>	Alta densidade de sensores
<b>Sem monitoração em tempo real, religação manual</b>	Auto-monitoramento e auto-recuperação (self-healing)
<b>Fraqueza frente a falhas e blackouts</b>	Adaptativo
<b>Testes/verificações manuais</b>	Testes/verificações remotas
<b>Controle limitado</b>	Controle generalizado
<b>Poucas opções para o consumidor</b>	Muitas opções para o consumidor



■ Smart behavior

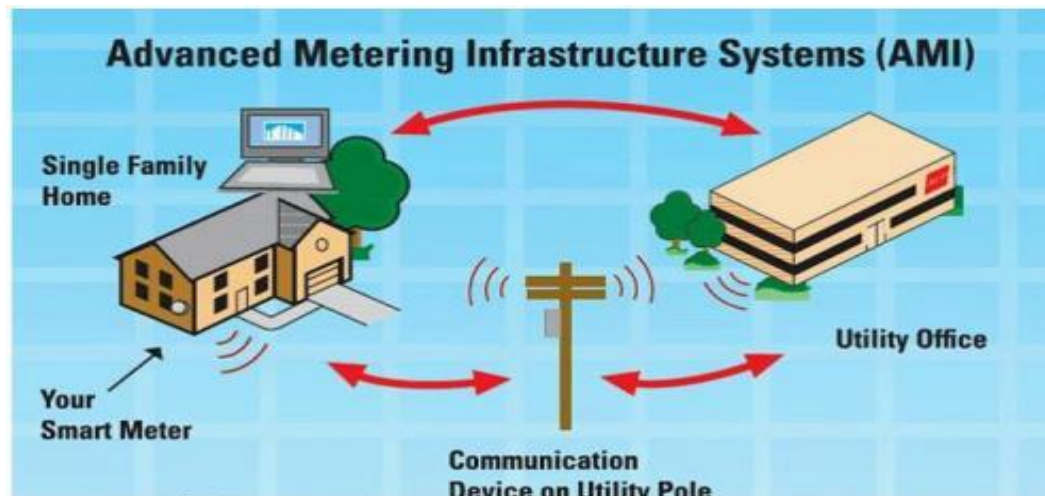
## ■ SMART METERS



# Características das Redes Elétricas Inteligentes: Medição Inteligente

## ■ *AMI - Advanced Metering Infrastructure.*

- gerenciamento de dados em uma estrutura que permite:
  - medir, coletar e analisar informações sobre o consumo de energia para um grande número de consumidores em uma base horária ou inferior.
- Consiste em um sistema integrado de:
  - medidores inteligentes,
  - comunicação bidirecional,
  - controle inteligente



# Características das Redes Elétricas Inteligentes: Medição Inteligente

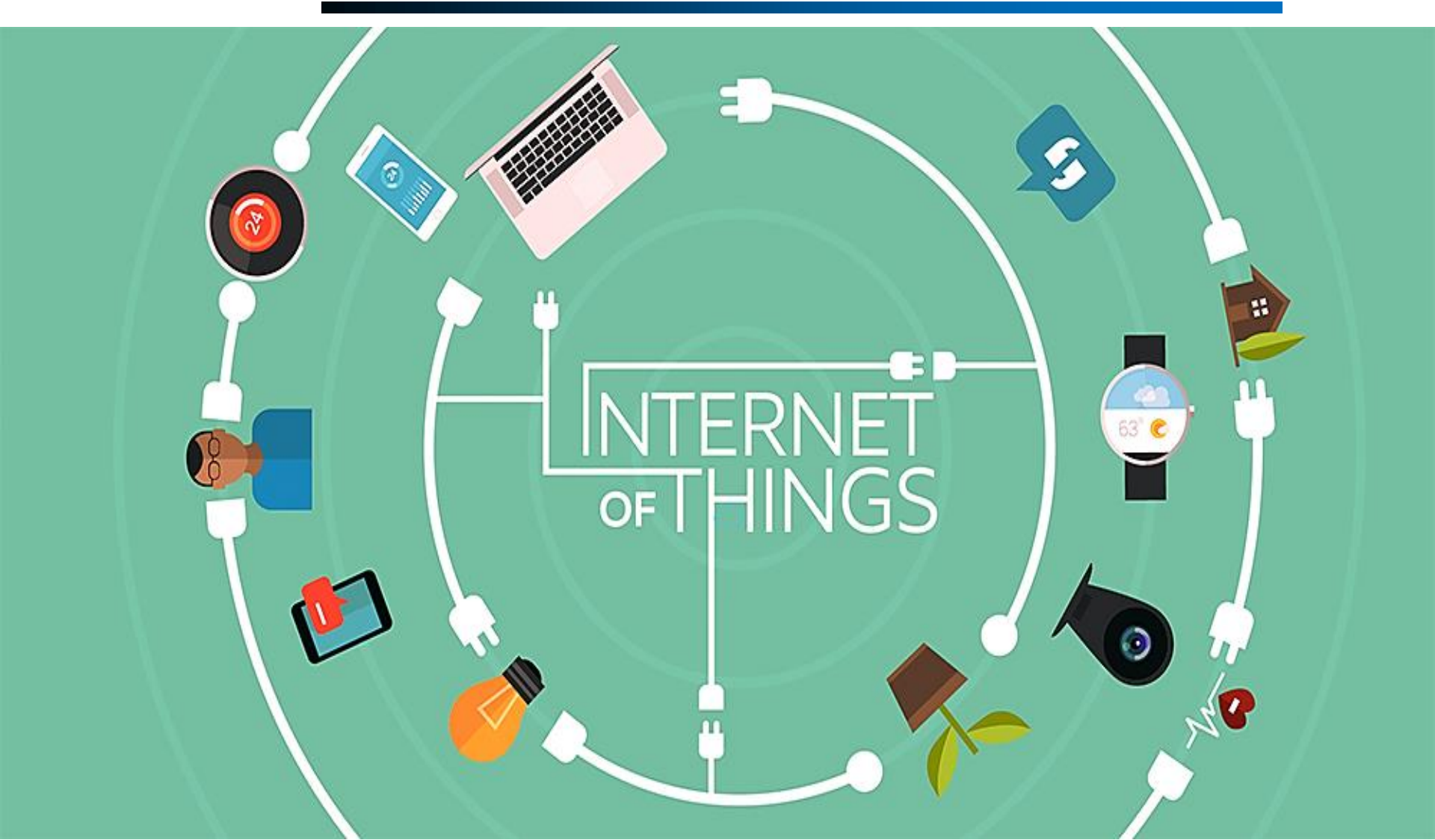
---

## ➤ Através do AMI é possível:

- i) definir com precisão o perfil de consumo de energia dos usuários;
- ii) detectar interrupções de energia rapidamente e informar precisamente a região afetada;
- iii) oferecer um bom cenário para a integração de Geração Distribuída (GD);
- iv) implementar estratégias de RLD para modificar a curva diária de carga elétrica, entre outros.

## ➤ Iniciativas AMI:.

- Países europeus: os sistemas AMI são interessantes para estabelecer melhores condições para a integração de geração distribuída.
- Brasil: parecido com os casos italianos e espanhóis, onde a redução de perdas técnicas e não técnicas é o principal motivador.







## ■ SMART SENSORS



■ Smart outlets sensors



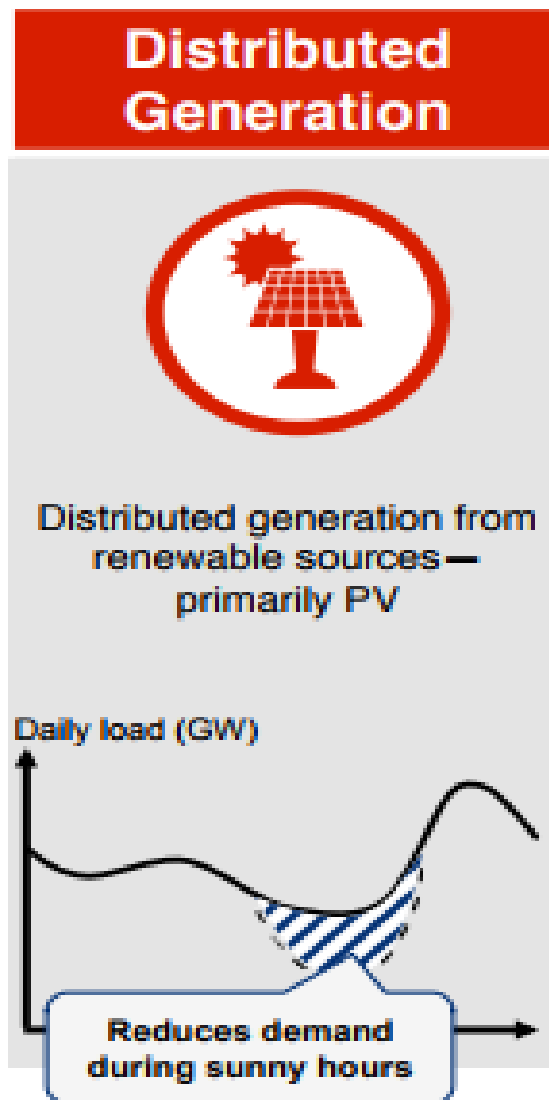


- THIS “BIG DATA COLLECTION” GENERATED FROM IOT CAN BE USED VIA PREDICTIVE MAINTENANCE ANALYSIS TO OPTIMIZE OPERATION AND MAINTENANCE PROCESSES, LEADING TOWARDS A NEW FRONTIER FOR EFFICIENCY



**DESCENTRALIZAÇÃO**

# Descentralização – Geração Distribuída

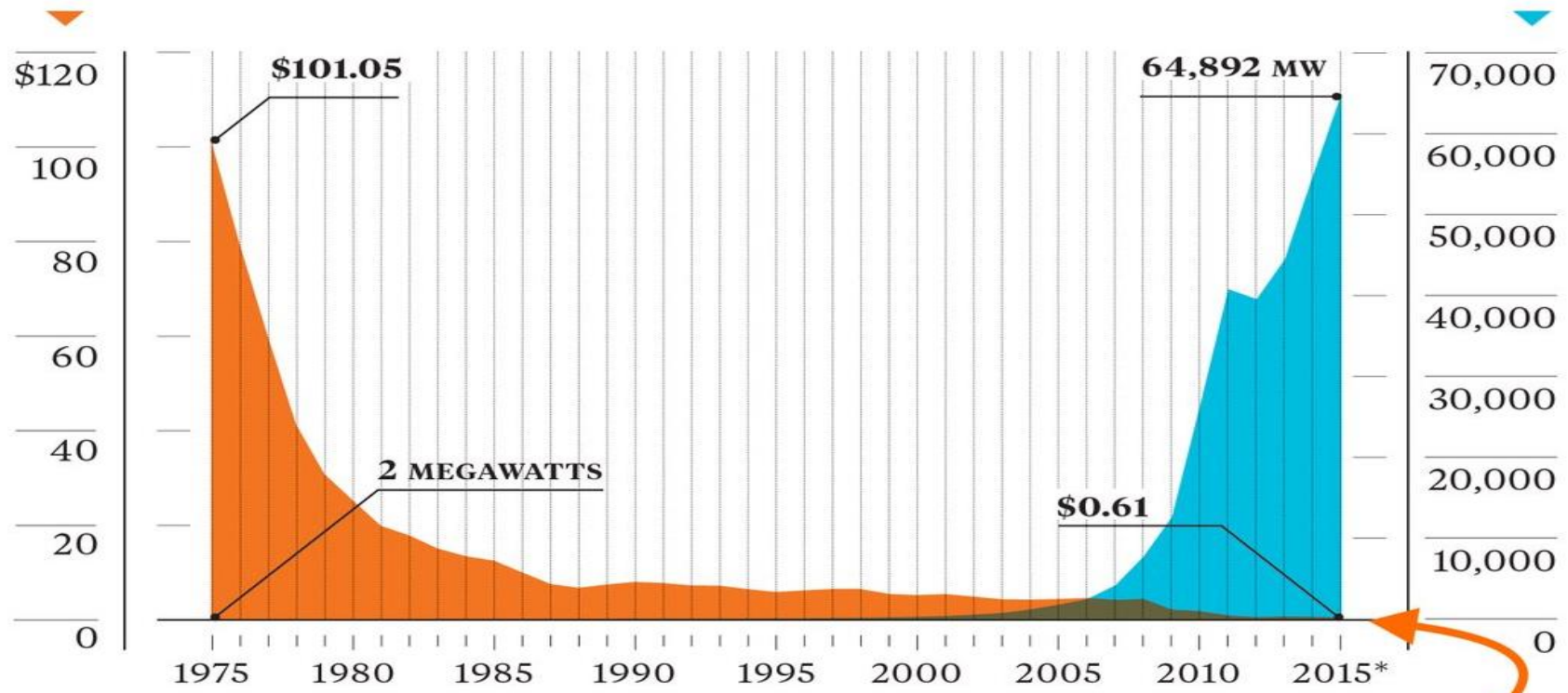


# Descentralização – Geração Distribuída

## ■ Geração distribuída

- Programas de incentivo a geração distribuída fotovoltaica, nos telhado têm sido extremamente eficaz

Price of a solar panel per watt

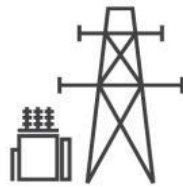


\*Estimate. Sources: Bloomberg, Earth Policy Institute, [www.earth-policy.org](http://www.earth-policy.org)

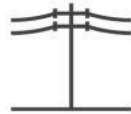
## OUR CHANGING ELECTRICITY MARKET



ELECTRICITY  
GENERATION



TRANSMISSION  
NETWORK



DISTRIBUTION  
NETWORK



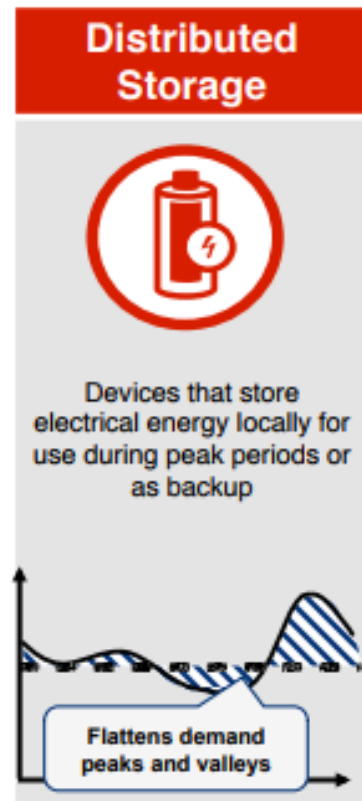
CONSUMER

- A estrutura regulatória do sistema elétrico convencional foi projetado em torno de:
  - um número limitado de recursos de geração centralizada
  - conectados a uma rede que
    - transporta eletricidade em uma direção

# Descentralização – Armazenamento distribuído

## ➤ Armazenamento distribuído

- armazena energia elétrica localmente para uso durante períodos de pico ou como backup.
- “achatar” a demanda.






# Descentralização – Armazenamento Distribuído

---

## ■ Armazenamento Distribuído:

- À medida que mais renováveis aumentam a participação, a necessidade de armazenamento vai se tornar cada vez mais aguda.
- Sem armazenamento quando:
  - há muita geração em consequência de dias ensolarados ou com muito vento ou
  - dias com demanda reduzida
  - fornecimento excede a demanda e o preço fica negativo
    - (obs: na Califórnia, em 2015, o preço ficou mais de 7.000 vezes negativo)
- acrescenta flexibilidade ao sistema,
  - permitindo que os elétrons sejam armazenados e descarregados mais tarde quando for necessária

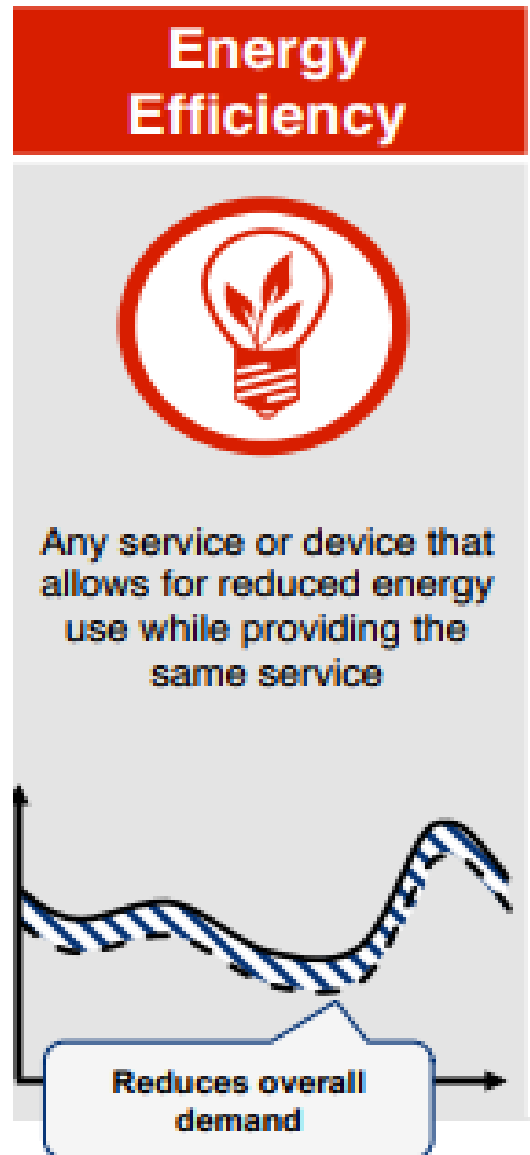
# Descentralização – Armazenamento Distribuído

---

## ➤ Desafios:

- Falta de sinais de preços para incentivar o armazenamento distribuído, nenhuma definição clara de
  - O armazenamento efetivo depende do armazenamento e descarregando elétrons em tempos ótimos,
    - » que depende de sinais de preços claros e automáticos enviados para sistemas de armazenamento inteligentes.
  - Atualmente, na maioria dos sistemas elétricos falta esses sinais de preços em tempo real ao nível do cliente.

# Descentralização – Eficiência energética



# Descentralização – Eficiência Energética

---

## ■ Eficiência Energética:

- Programas de inovação de produtos + eficiência energética



- responsáveis poder tornar os produtos muito mais eficientes do que a poucos anos atrás.
- Nos países da AIE:
  - os investimentos em eficiência desde 1990 ajudaram a evitar o consumo elétrico equivalente a cerca de 5 milhões de casas por ano.
- Substituição das lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactos e LED.



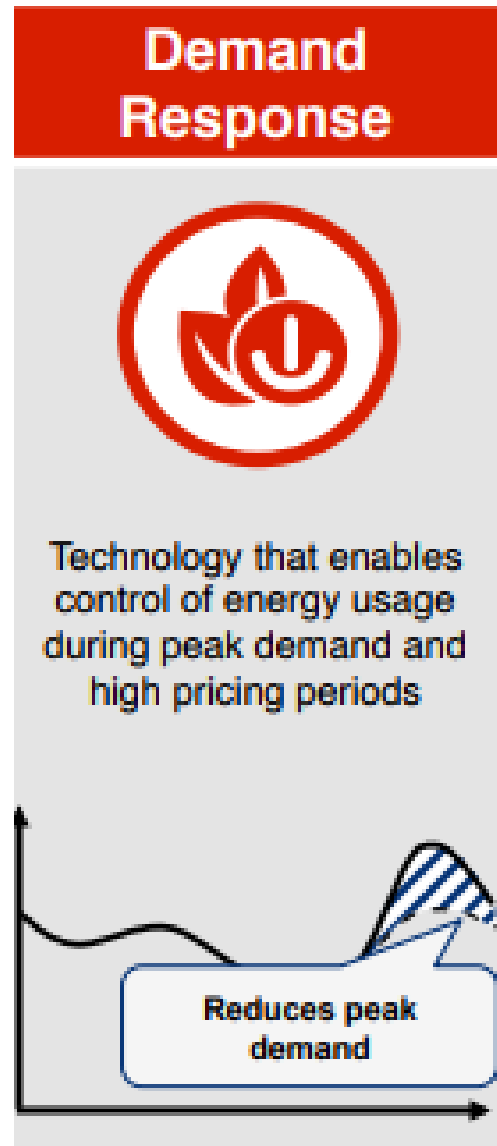
Redução do consumo elétrico de iluminação em mais de 75%.

# Descentralização – Eficiência Energética

---

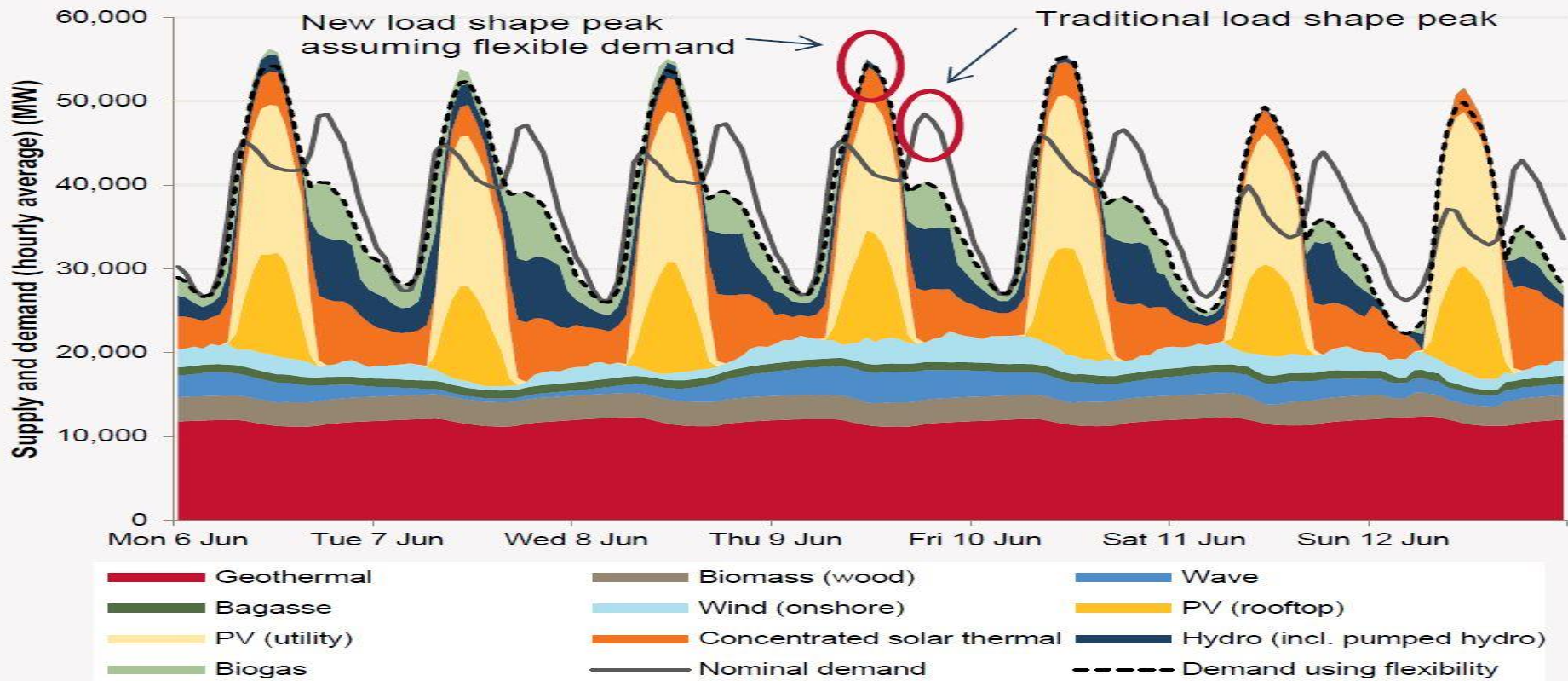
- Nos EUA, produtos com o selo Energy Star da EPA certificando sua eficiência compõem:
  - 46% dos novos refrigeradores,
  - 84% das novas máquinas de lavar louça,
  - 93% dos novos monitores LCD,
  - 53% de novos computadores e
  - 67% de novos fluorescentes compactos lâmpadas.
  
- Desafios:
  - Apesar desse aparente sucesso, a adoção de produtos eficientes energeticamente continuam a ser um desafio devido a longa vida útil dos equipamentos:
    - para aparelhos e equipamentos (nove ou mais anos).
    - Levará mais de 25 anos para substituir os refrigeradores nos EUA por mais eficientes.

# Descentralização – Resposta pelo lado da demanda





# THE TIMING OF CONSUMPTION IS BECOMING MORE IMPORTANT THAN THE VOLUME OF CONSUMPTION



Source: não achei, de qual arquivo é ?

## ■ DEMAND RESPONSE

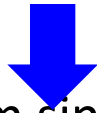
■ MORE  
CONSUMERS WILL  
BE ABLE TO  
CONTROL THEIR  
ELECTRICITY  
USAGE AND SPEND



# Descentralização – - Resposta pelo lado da demanda

---

- Contribuir dinamicamente no equilíbrio entre a oferta e a demanda do sistema.
  - Esta característica permite que as cargas sejam controladas em tempo real para responder e equilibrar as rápidas variações na produção de energia solar e eólica,
    - reduzindo os requisitos de rampa, usualmente atendidos pela geração convencional.
  - Funcionamento:
    - se a concessionária de distribuição experimenta um aumento súbito na demanda, ou
    - uma queda repentina na produção de energia
  - Distribuidora envia um sinal eletrônico para que os participantes do programa de RLD reduzam seu consumo de forma rápida.



# Descentralização – - Resposta pelo lado da demanda

---

- O preço da eletricidade pode:
  - ser diferente em horários pré-definidos ou
  - variar dinamicamente de acordo com o dia, semana, ano ou com a margem de reserva existente.
  
- Os preços podem ser estabelecidos:
  - com antecedência diária ou
  - por hora ou
  - em tempo real

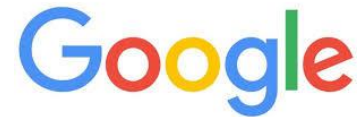
---

- **FROM  
PASSIVE  
CONSUMPTION  
TO ACTIVE  
PARTICIPATION**



---

**▪ LARGE  
ENERGY  
CONSUMERS  
ARE  
INCREASING  
THEIR FOCUS  
ON  
SUSTAINABLE  
ENERGY  
SOLUTIONS**



---

■ **UTILITY  
TRANSFORMATION,  
POLICY AND  
INSTITUTIONAL  
ARRANGEMENTS**





- 
- **POLICIES AND LEGISLATION SHOULD CREATE A FRAMEWORK WHERE CONSUMERS HAVE INCENTIVE TO INCREASE THEIR FLEXIBILITY IN ENERGY CONSUMPTION**



■ THE ISSUE OF THE ROLE OF AGGREGATION SERVICES IS NOW MOVING TO THE FOREFRONT OF THE FUTURE DESIGN OF ELECTRICITY MARKETS AND SYSTEMS



---

## FACING DECLINING REVENUE



# ADAPT OR DIE



Image:  
Axellium

---

# THE AGE OF PASSIVE CONSUMERS AND OLD-FASHIONED UTILITIES IS OVER



---

# OBRIGADO!



## Contato

@ [tolmasquim@gmail.com](mailto:tolmasquim@gmail.com)

