

INESC PORTO

INSTITUTO DE ENGENHARIA DE SISTEMAS  
E COMPUTADORES DO PORTO



Universidade do Porto

**FEUP** Faculdade de  
Engenharia

## *Oferta e Eficiência Energética em Sistemas Eléctricos*

*J. A. Peças Lopes*

*([jpl@fe.up.pt](mailto:jpl@fe.up.pt))*



## Caracterização da Situação

1. Aumento do consumo de electricidade
2. Necessidade de garantir a segurança de abastecimento
3. Crescentes preocupações ambientais (necessidade de redução das emissões de CO<sub>2</sub>)
4. Assegurar um desenvolvimento sustentado

Novas exigências ao sistema eléctrico

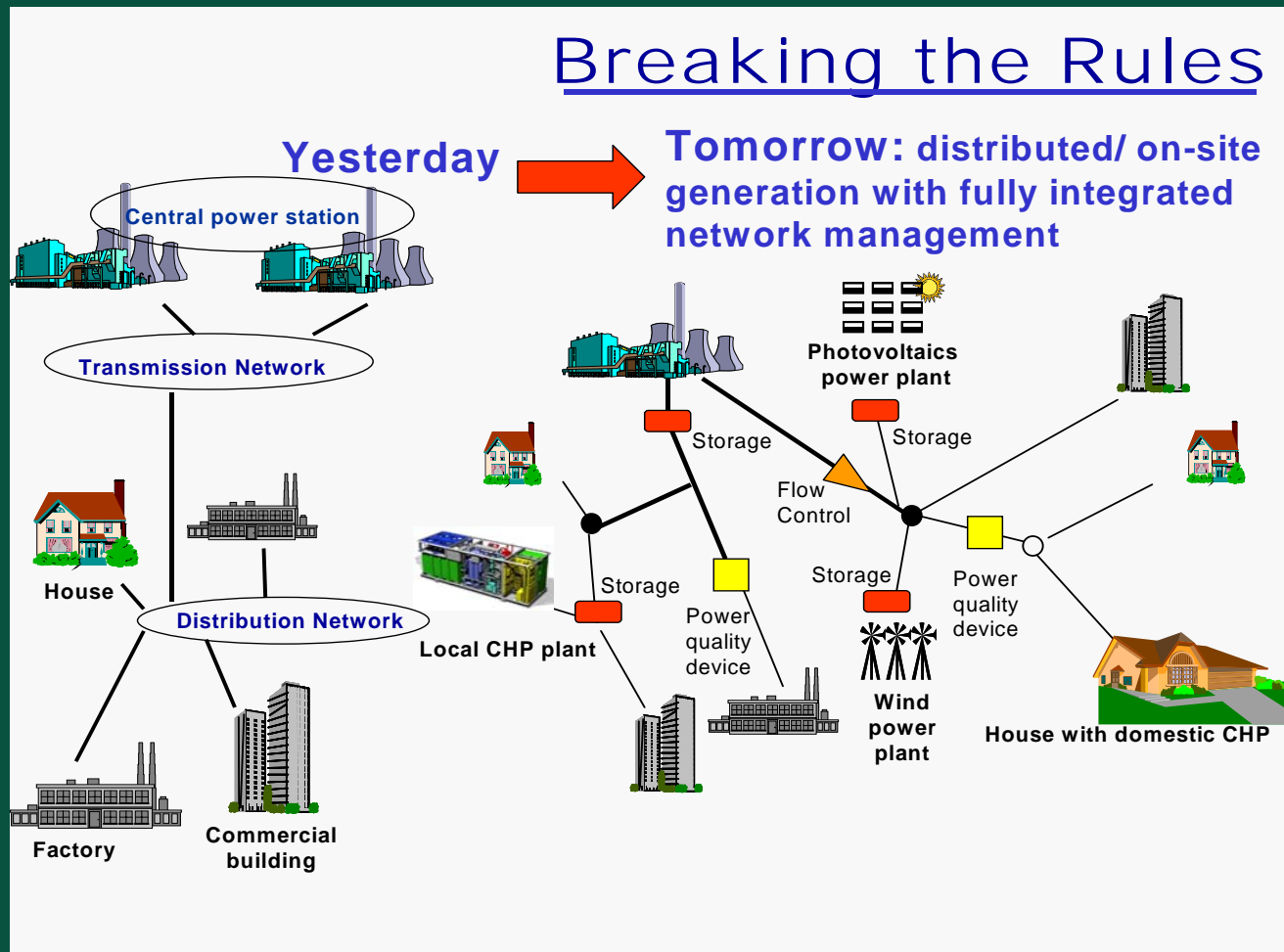


- Necessidade de aumentar a eficiência de exploração do sistema eléctrico
- Aumentar a integração de fontes de energia renovável (características de intermitência)
- Monitorizar previsionalmente as condições de operação do sistema



- **Novos paradigmas de funcionamento do sistema de energia:**

- Aumento da componente de energias renováveis no mix de produção;
- Aumento da produção descentralizada (produção distribuída e microgeração);
- Utilização de conceitos de mercado no relacionamento técnico e comercial



# Benefícios da produção distribuída



Numa perspectiva de « preço »

~ 2 - 5 c€/kWh

Central Generation

~ 3 - 6 c€/kWh

Transmission

~ 3 - 9 c€/kWh

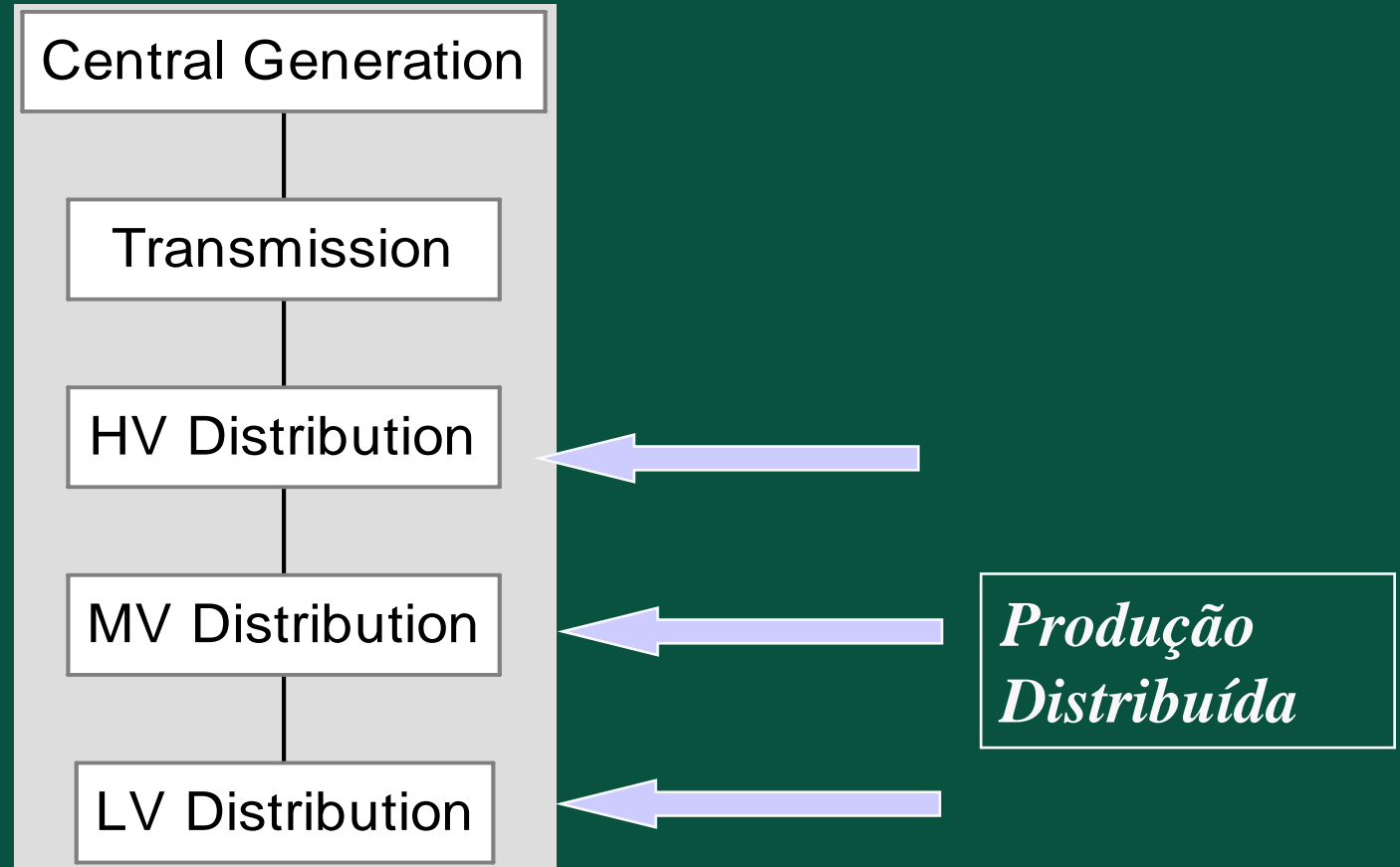
HV Distribution

~ 10 - 15 c€/kWh

MV Distribution

LV Distribution

*Produção  
Distribuída*





## • Produção

- Produção descentralizada (PD) – (cogeração, eólica, mini-hídricas, solar fotovoltaico)
  - Ligada sobre as redes de MT
  - Ligada sobre as redes de BT (microgeração)

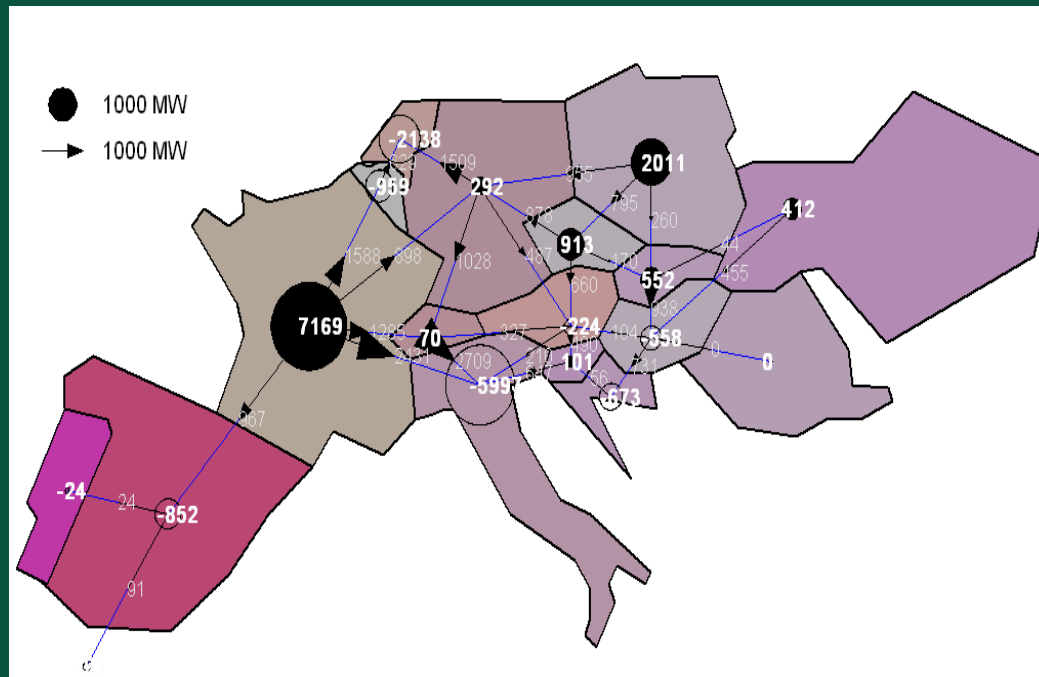


- Necessidade de serviços de compensação e balanço (potência activa)
  - Recurso a armazenamento de energia concentradas ou distribuídas (hidráulico, ar comprimido, flywheels)
  - Maior coordenação da operação entre as diferentes tecnologias de produção e outros operadores de sistema
- Utilização da PD para apoio ao controlo de tensão e produção de potência reactiva
- Utilização da PD para aumentar a continuidade de serviço
  - Admitir o funcionamento em rede isolada
  - Participar no black-start



## • Transporte e Distribuição

- Aumento da monitorização e controlo (redes de distribuição)
- Desenvolvimento de novas aplicações computacionais para gestão optimizada das redes (minimização de perdas e melhoria das condições de exploração)
- Exploração de novos dispositivos para controlo do trânsito de potências:
  - FACTS



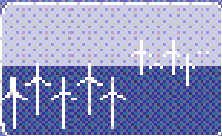
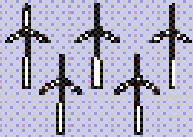

# Desenvolvimento de novos conceitos e estratégias

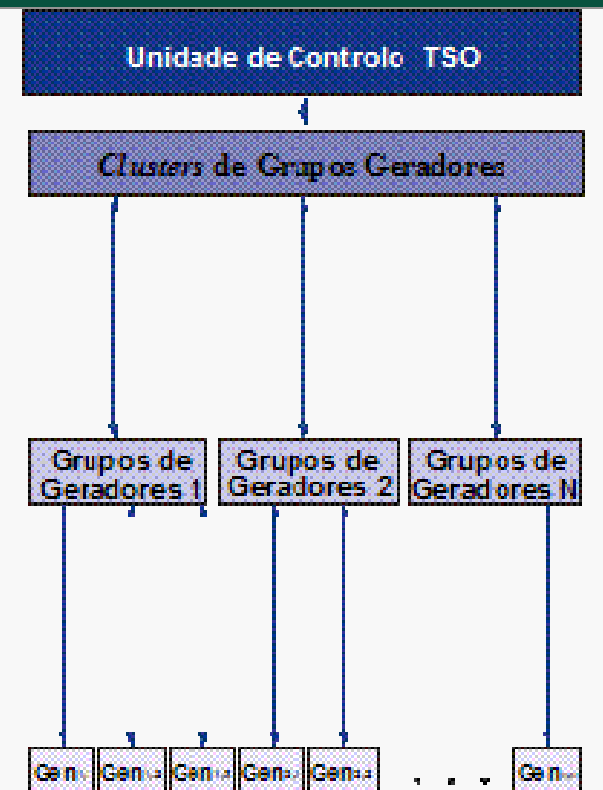


## Hierarquização da operação do sistema (Conceito da central virtual)

Participação nos mercados

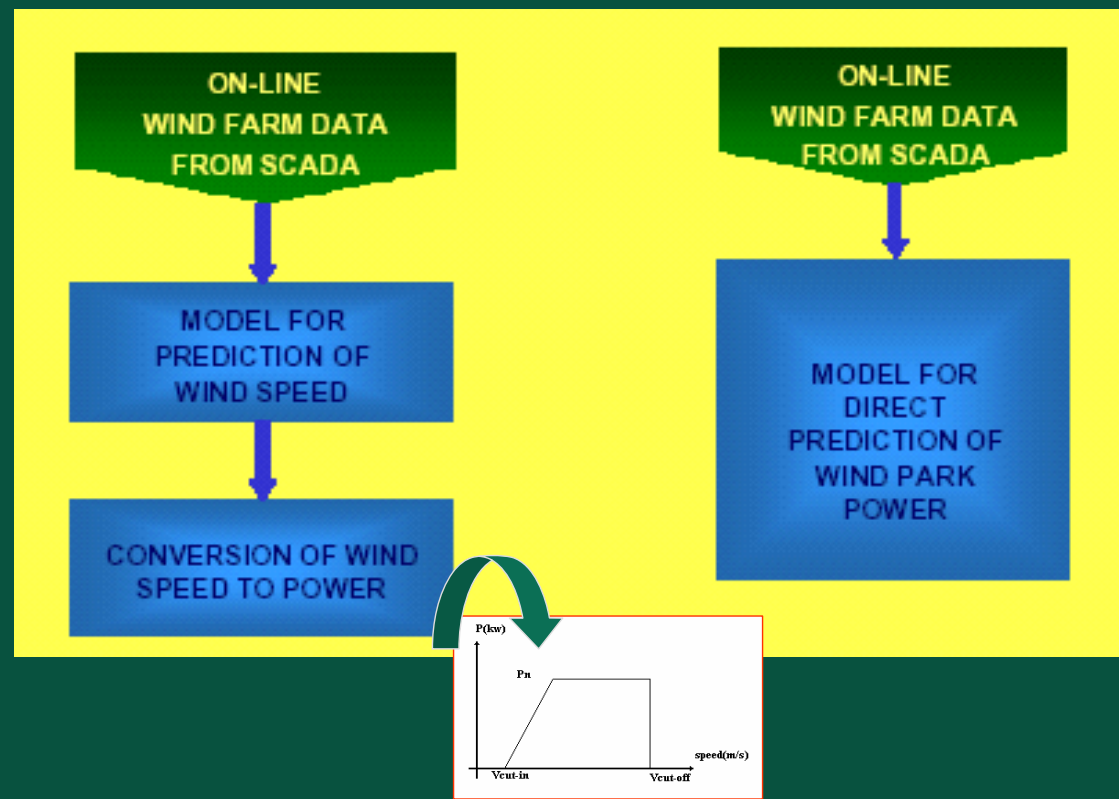


<b>Clusters de Grupos Geradores</b> 	<b>Requisitos de Operação</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Garantia de fornecimento de quantidades de energia</li><li>• Fornecimento de Serviços de Sistema (Pot. reactiva e reservas)</li><li>• Minimização de desvios em programas de produção</li></ul>
<b>Grupo de Geradores</b> 	<b>Requisitos de Operação</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Limitação de potência a injectar</li><li>• Controlo de tensão e potência reactiva</li><li>• Cut-off de emergência (desconexão) por períodos de interrupção de serviço da rede</li><li>• Procedimentos de entrada e saída de serviço coordenados (limitação do gradiente – <i>dam ping</i>)</li></ul>
<b>Gerador Simple</b> 	<b>Requisitos de Operação</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Operação segura e confiável</li><li>• Máxima produção de energia</li><li>• Redução de perturbações na qualidade da onda</li></ul>



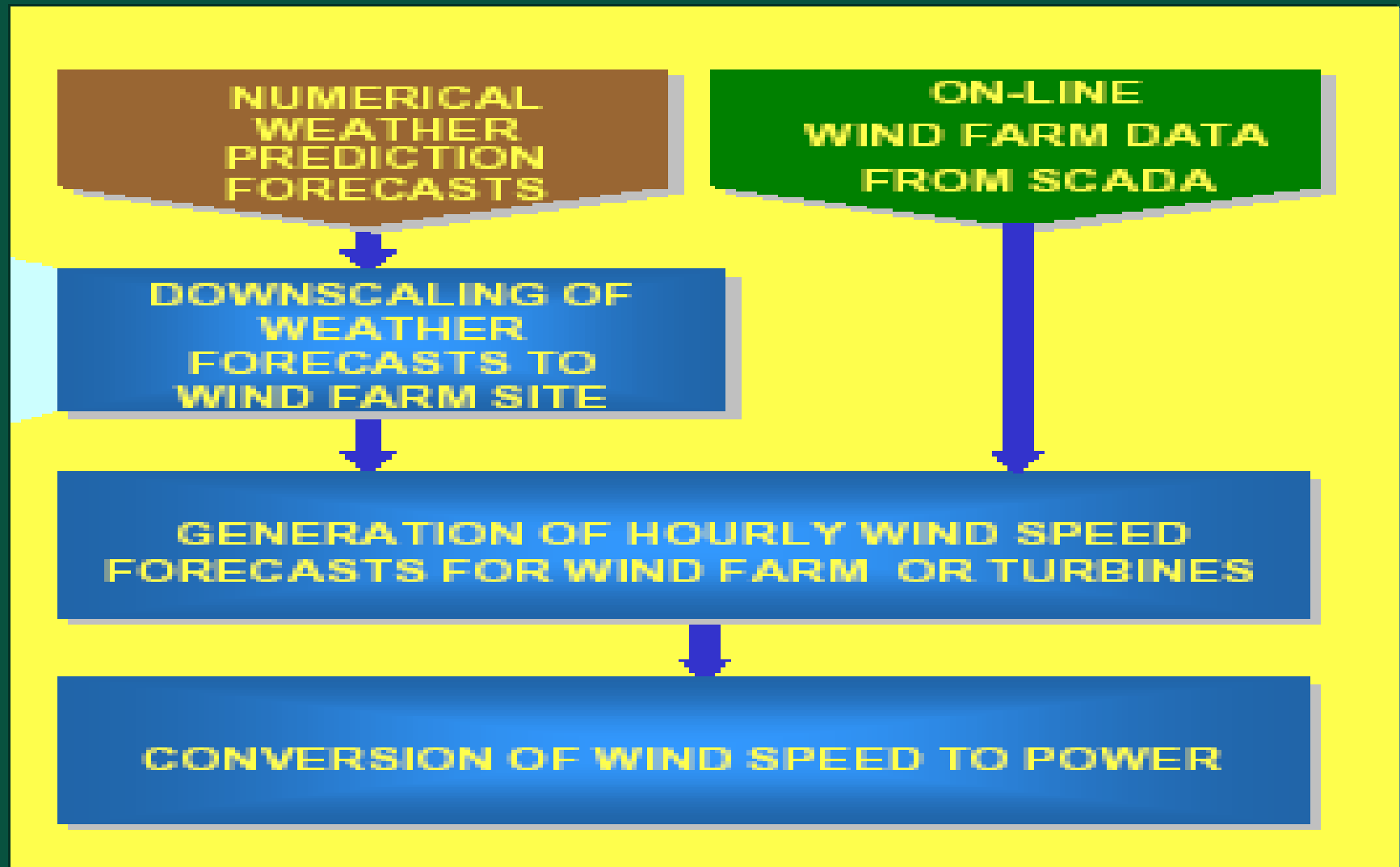


- Necessidade de definir um conceito de agente agregador da produção renovável (com carácter de intermitência) combinando-a com a outra produção distribuída, envolvendo a previsão de produção (nomeadamente eólica):



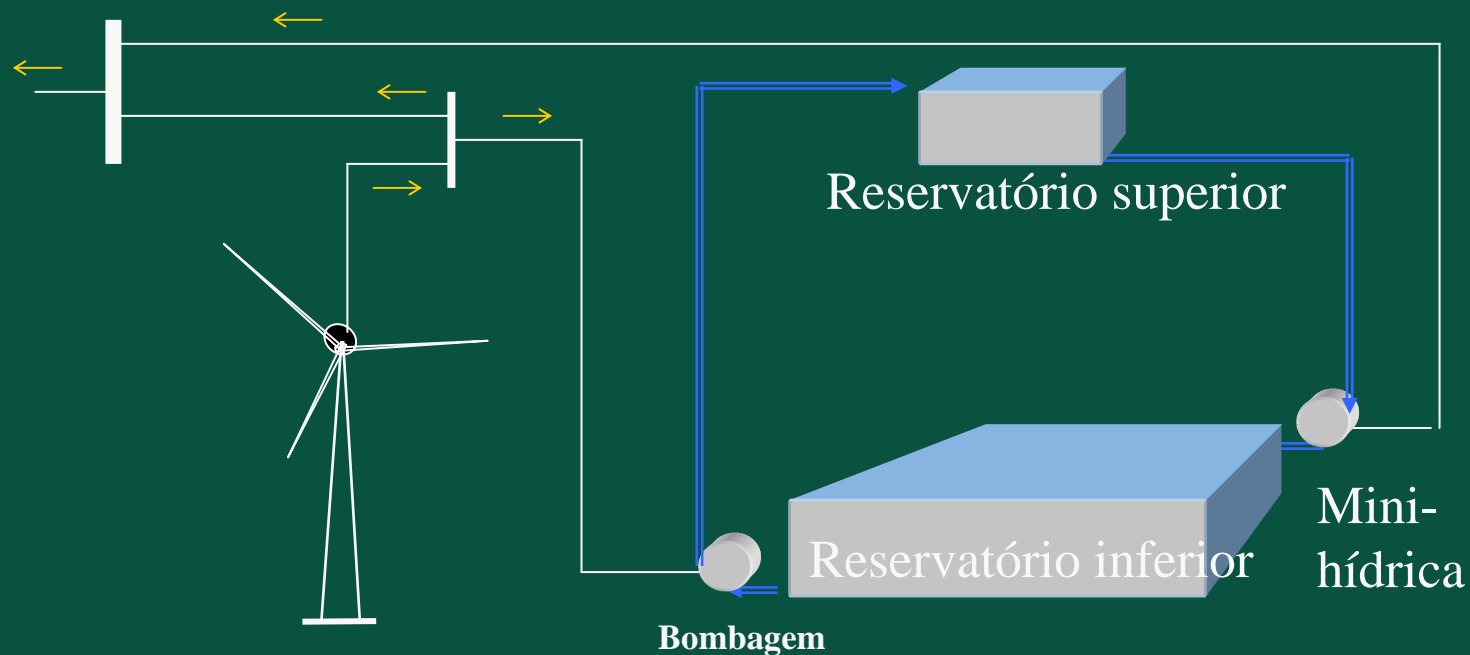


## Formas de Previsão da Produção Eólica





## Representação de um sistema híbrido com armazenamento

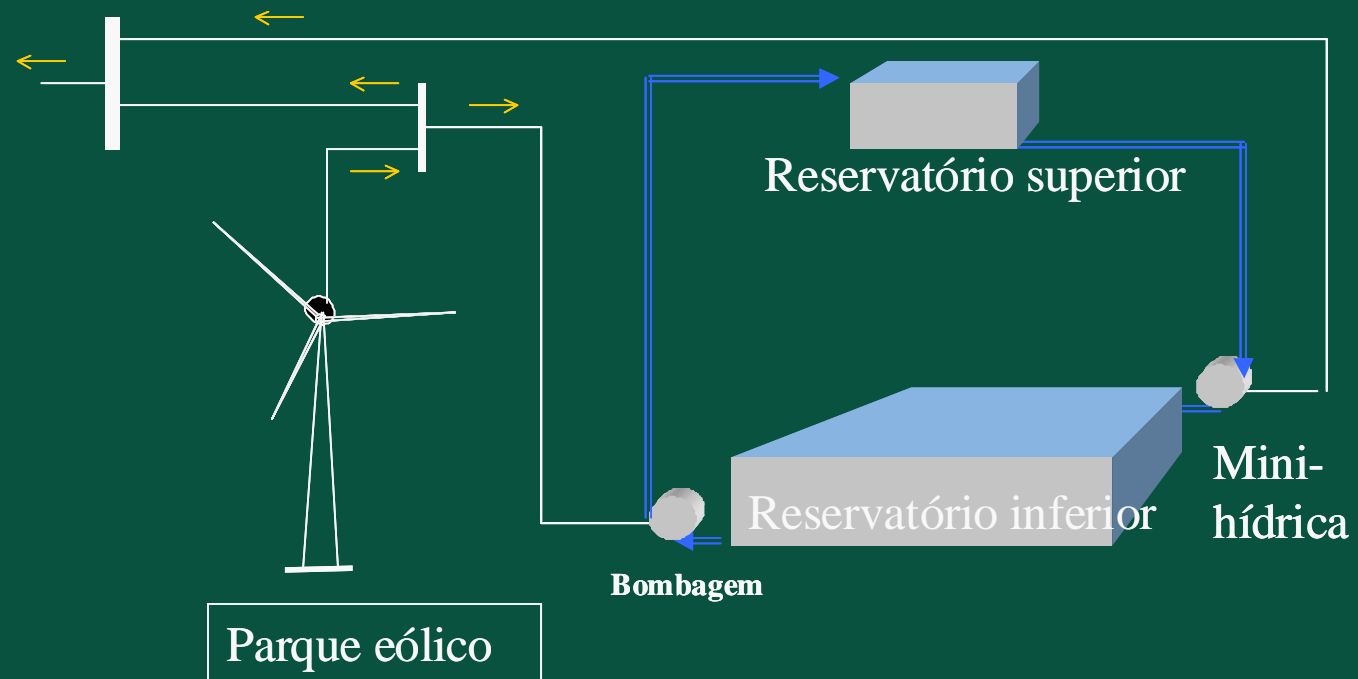


Parque eólico  
ou *cluster* de  
produção  
eólica

# Novas soluções e sistemas de gestão

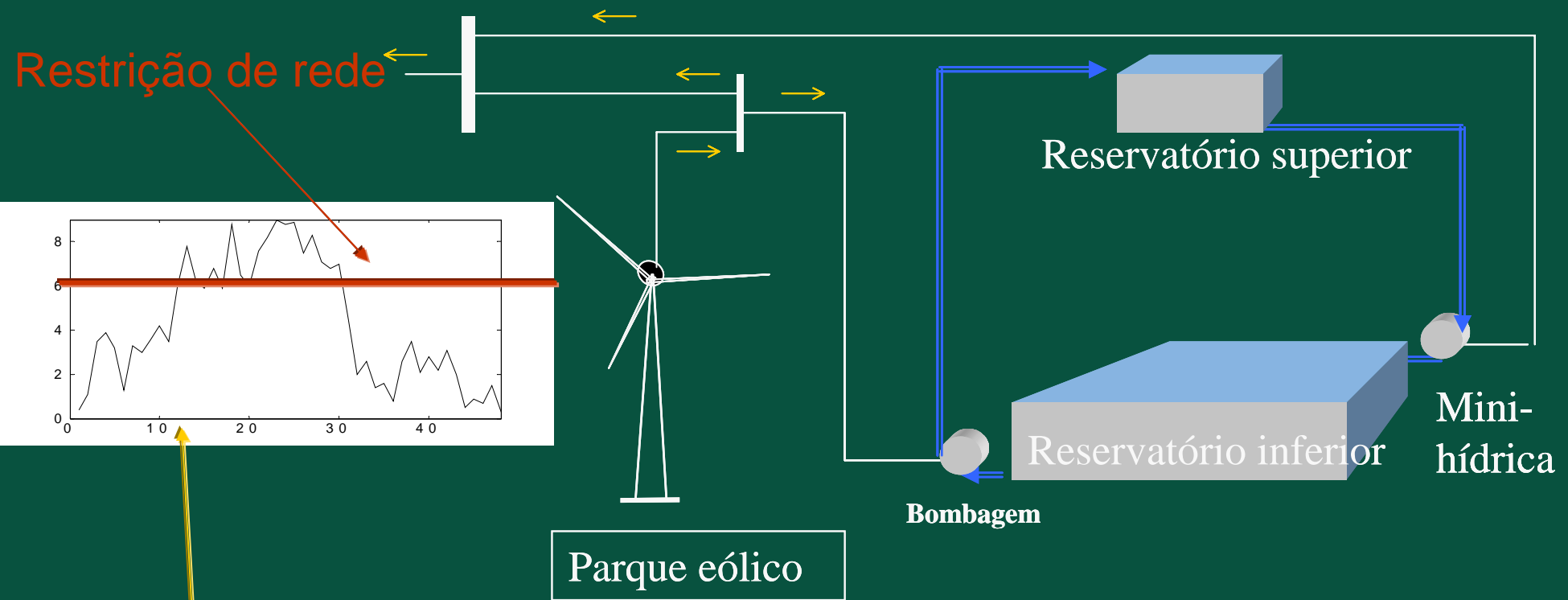


- Maximização dos proveitos de exploração fornecendo energia;
- Redução de desvios de operação, permitindo a participação em mercados organizados;
- Fornecimento de reserva secundária rápida
- Aumento das contribuições da produção eólica para a capacidade





Trata-se sempre de energia eólica

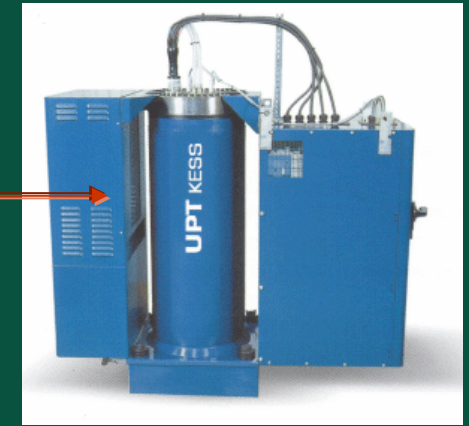
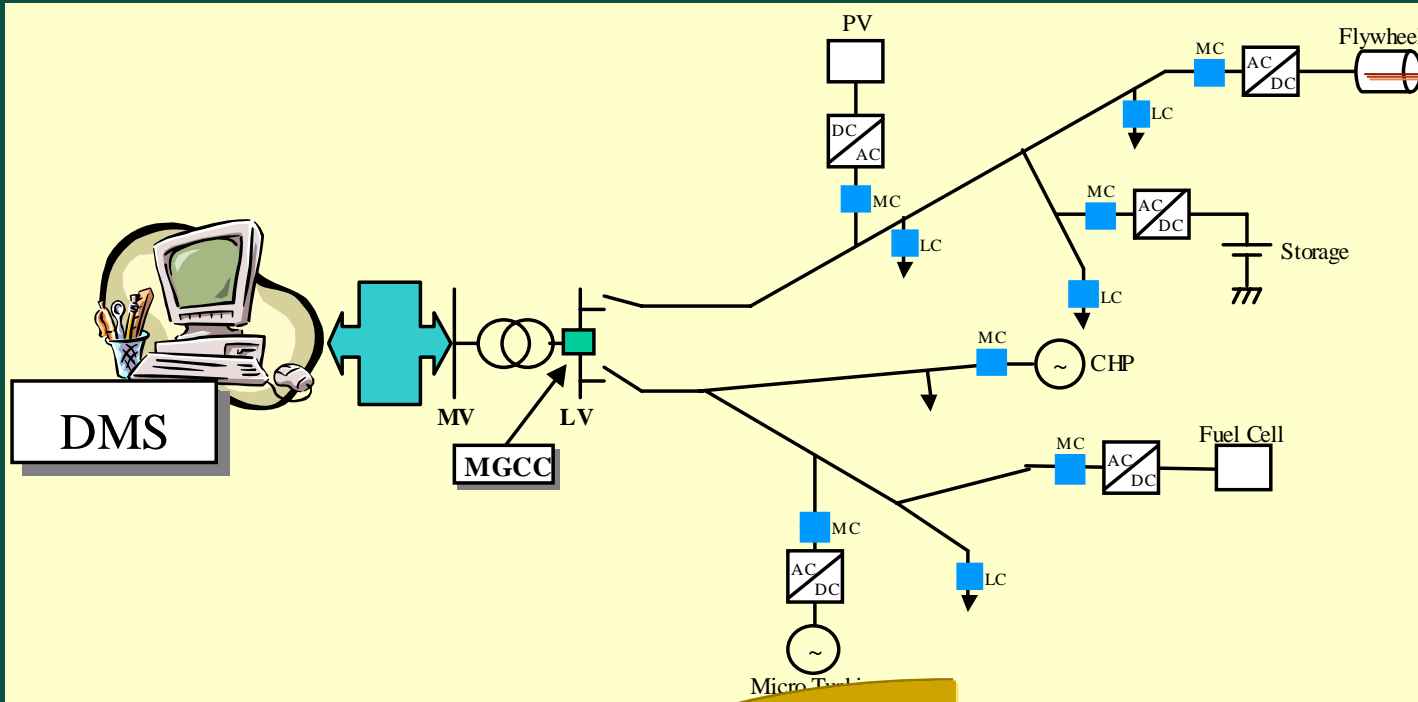


Explorar o coeficiente  
de modulação tarifária diário

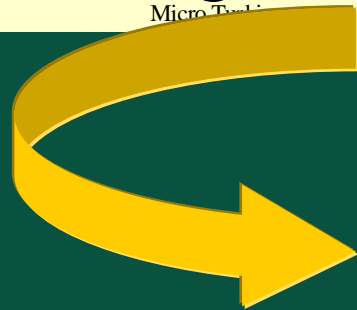
# Desenvolvimento de novos conceitos e estratégias



- Conceito e arquitectura de micro-rede



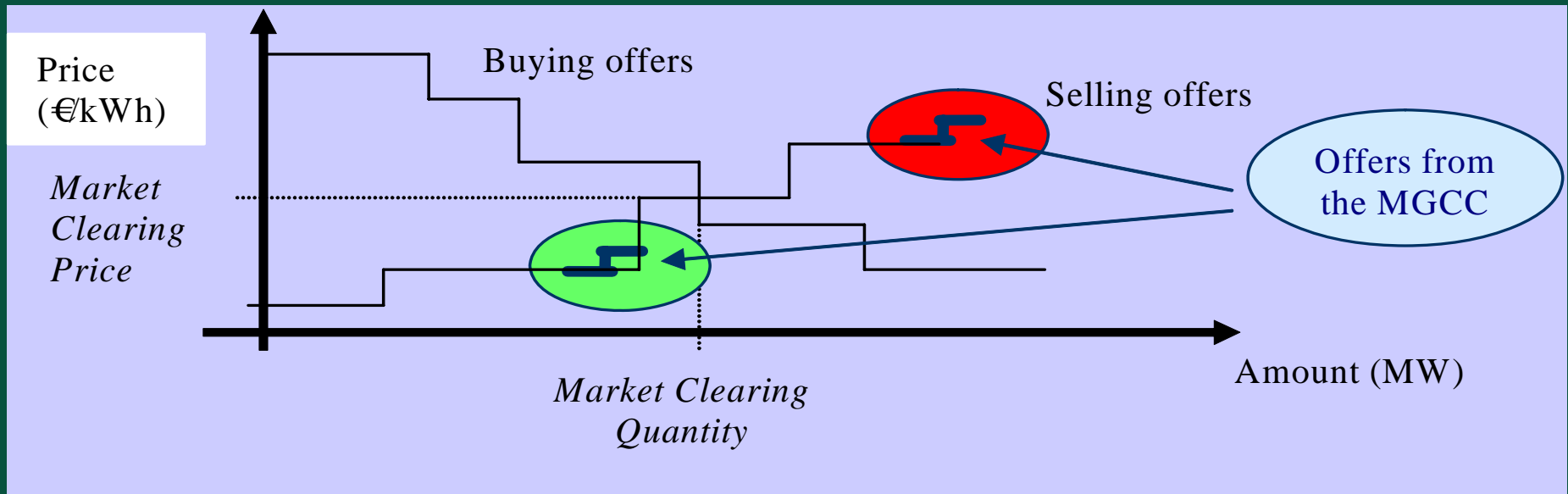
- Gestão e controlo;
- Protecções;
- Comunicações.



- 20% de penetração de  $\mu\text{G}$  -> redução de perdas de pelo menos 220 GWh.
- Emissões de CO<sub>2</sub> anualmente evitadas de cerca de 80 kT.



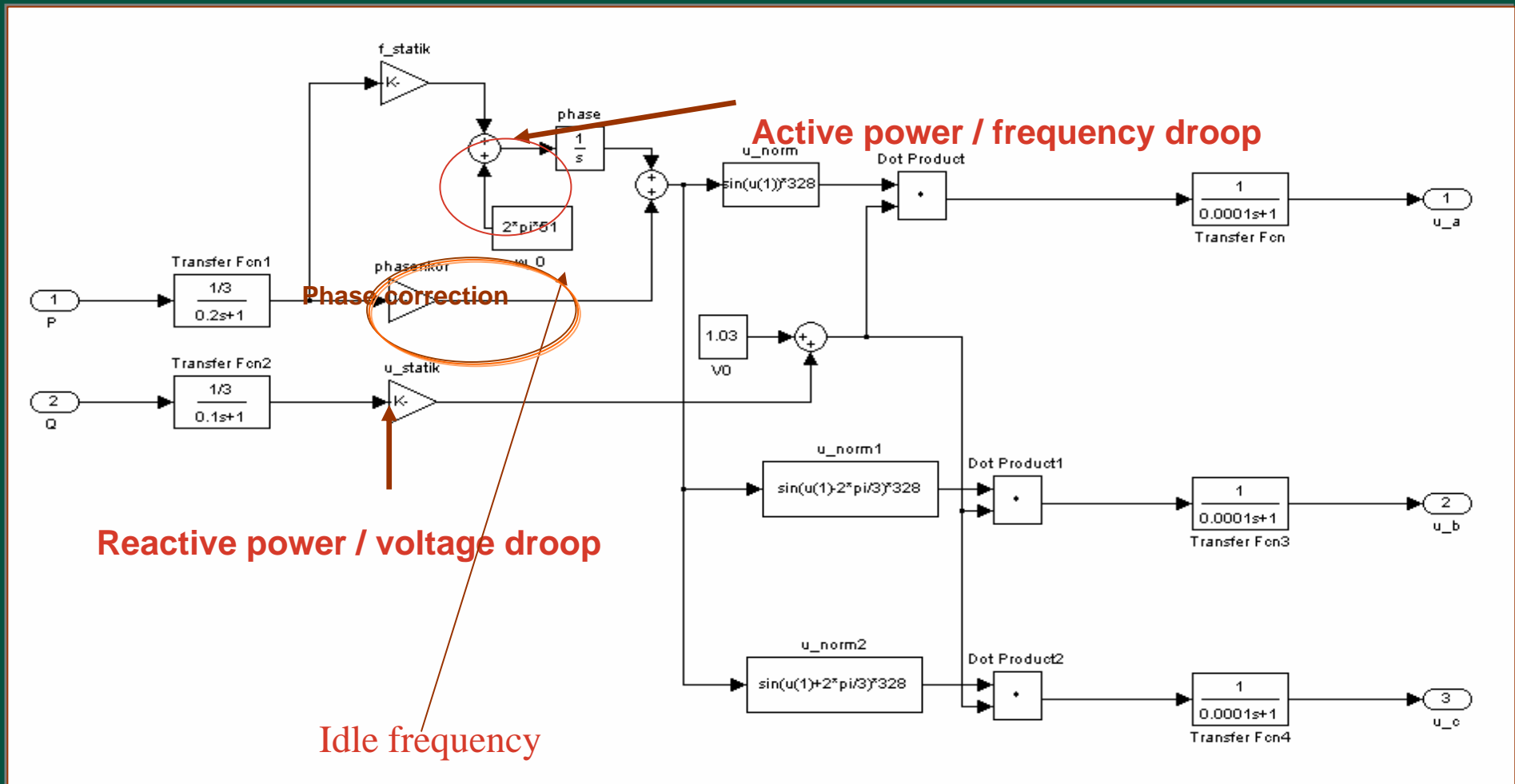
- Participação da microrede em mercados
  - Extensão dos conceitos de agente de agregação



# Desenvolvimento de novos conceitos e estratégias



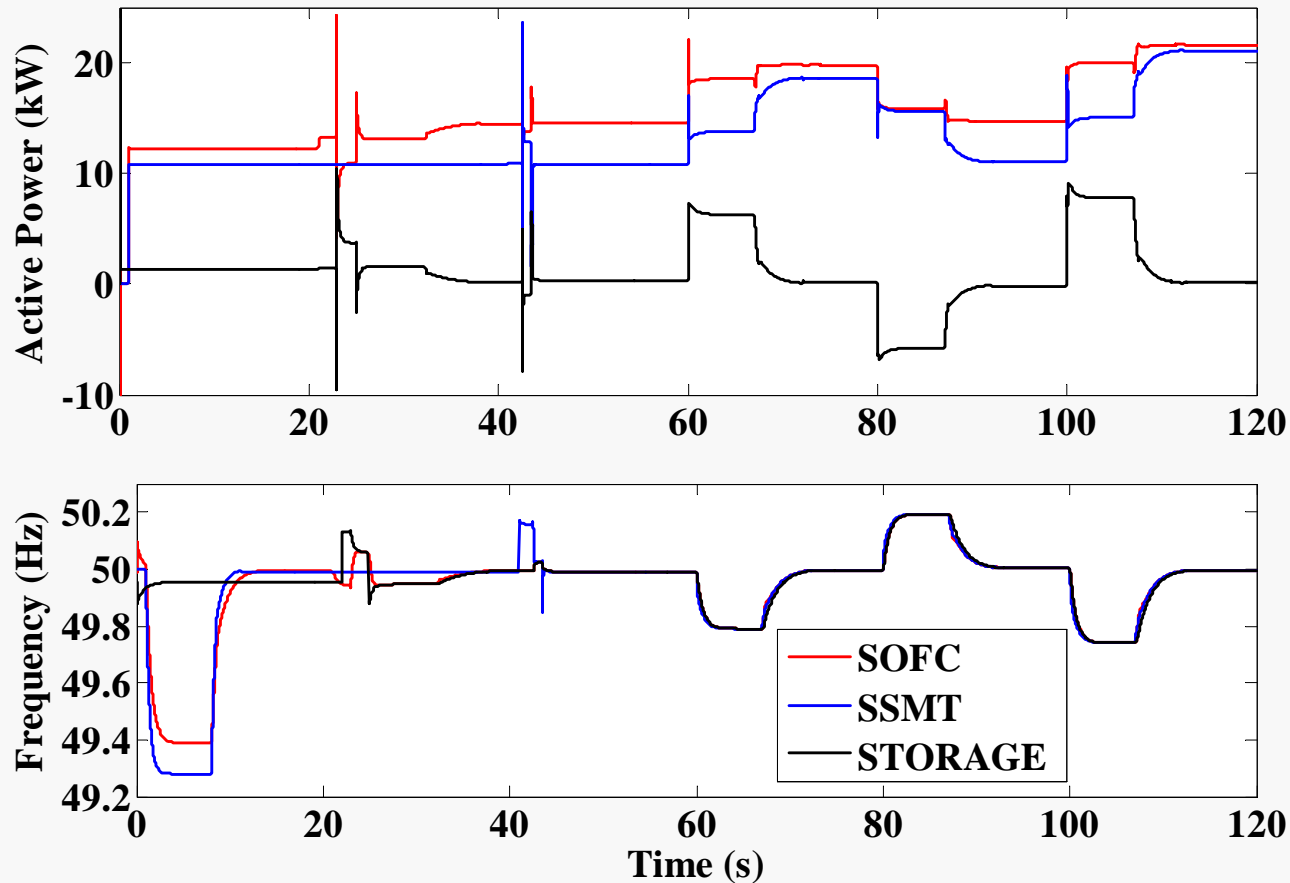
Demonstração da possibilidade de funcionamento de redes BT isoladas apenas com conversores electrónicos



# Desenvolvimento de novos conceitos e estratégias



- Funcionamento em rede isolada
- Participação na reposição de serviço (black-start)





- O desenvolvimento de novos paradigmas de operação permite a oferta de novos produtos e soluções técnicas que permitem o aumento da eficiência energética global do sistema eléctrico.



- Novas soluções conceptuais necessitam de ser desenvolvidas para a operação da rede;
- Novos produtos na área da gestão e do controlo da rede;



- A indústria necessita de trabalhar em colaboração estreita com as Universidades e os Institutos de I&D
- Necessidade de muitos novos talentos para esta área técnico-científica.