



18 de junho, Dia Mundial do Vento

# Requisitos Técnicos a Exigir à Produção Eólica

João Abel Peças Lopes  
INESC TEC & FEUP



## > Classificação das Instalações de Produção



## > Classificação das Instalações de Produção

### Documentos relevantes para Portugal

- > Regulamento 2016/631 da Comissão Europeia de 14 de abril de 2016 → estabelece um código de rede com requisitos da ligação de geradores à rede.
- > Portaria nº 596/2010 de 30 de Julho, que aprova os regulamentos da rede de transporte e da rede de distribuição em Portugal continental.
- > Despacho nº 7 de 24/01/2018:

**Tipo A** – Instalação produtora de eletricidade cuja capacidade instalada  $> 0,8$  kW e menor do que 1 MW, sendo a tensão no ponto de ligação inferior a 110 kV.

**Tipo B** – Instalação produtora de eletricidade cuja capacidade instalada é igual ou superior a 1 MW e inferior a 10 MW, sendo a tensão no ponto de ligação inferior a 110 kV;

**Tipo C** – Instalação produtora de eletricidade cuja capacidade instalada é igual ou superior a 10 MW e inferior a 45 MW, sendo a tensão no ponto de ligação inferior a 110 kV;

**Tipo D** – Instalação produtora de eletricidade cuja capacidade instalada é superior a 45 MW ou a tensão no ponto de ligação igual ou superior a 110 kV.



# > Requisitos Técnicos



## > Gama aceitável para a frequência de funcionamento

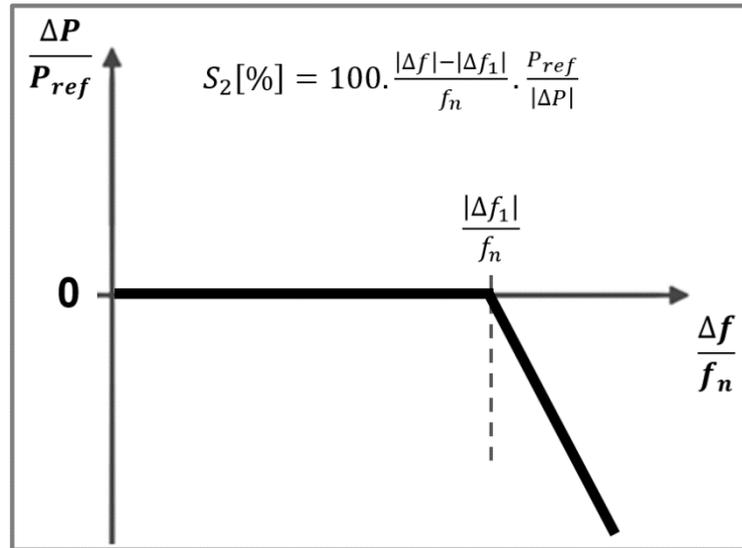
Zona Síncrona	Gama de frequência	Período de funcionamento
Europa Continental	47,5 Hz – 48,5 Hz	30 minutos
	48,5 Hz – 49,0 Hz	Tempo ilimitado
	49,0 Hz – 51,0 Hz	Tempo ilimitado
	51,0 Hz – 51,5 Hz	30 minutos

As instalações de produção têm de ser capazes de se manter ligadas à rede e de funcionar a taxas de variação de frequência até um valor de frequência igual ou inferior a 2 Hz/s, medido num intervalo de tempo móvel de 500 ms



## Modo limitadamente sensível à frequência (sobrefrequências)

As instalações de produção dos tipos A, B, C e D têm de ser capazes de ativar uma resposta da potência ativa à frequência com o atraso inicial mais curto possível ( $2s <$ )



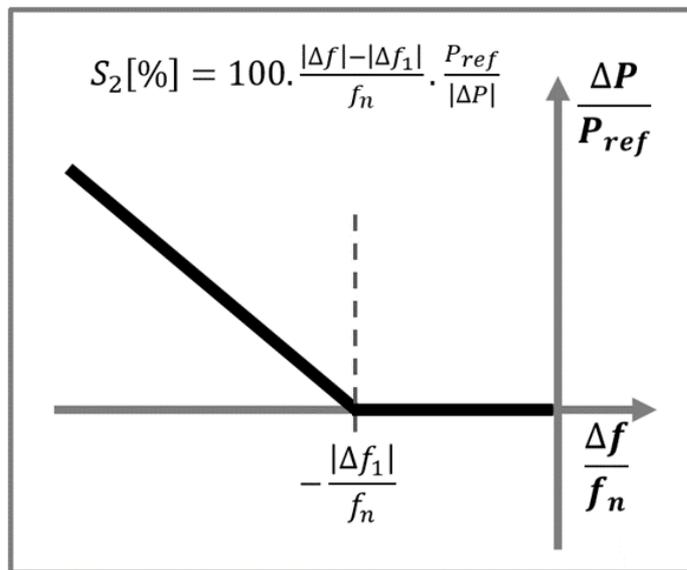
Estatismo entre 4% e 6%



## Modo limitadamente sensível à frequência (subfrequências)

As instalações de produção dos tipos C e D têm de ser capazes de ativar uma resposta da potência ativa à frequência de acordo com o princípio ilustrado a seguir considerando que:

- O limiar de frequência é de 49,5 Hz;
- A regulação de estatismo tem de situar-se no intervalo de 4 % a 6 %.



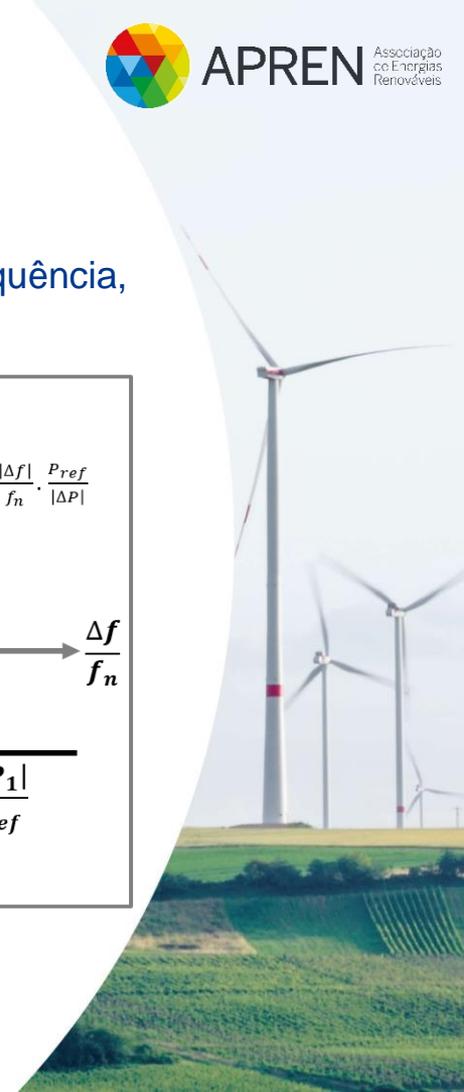
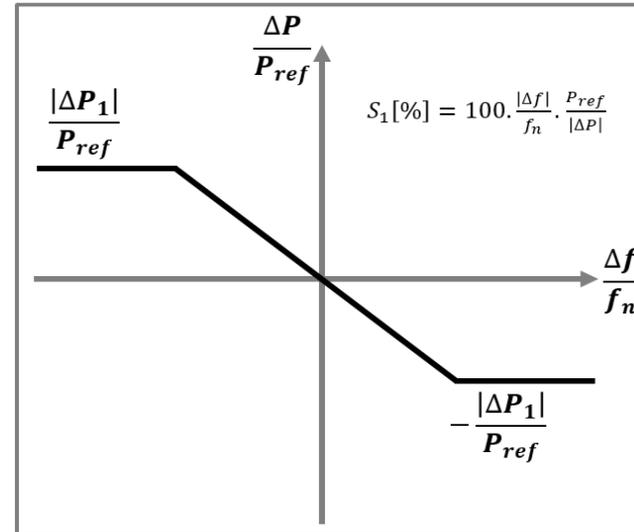
A ativação deste modo de operação está sujeita à disponibilidade do recurso energético primário



## Modo sensível à frequência – resposta da potência ativa

As instalações de produção dos tipos C e D, quando em modo sensível à frequência, devem ser capazes de:

Parâmetros	Intervalos ou valores	
Intervalo de potência ativa comparativamente à capacidade máxima, $\frac{ \Delta P_1 }{P_{max}}$	5%	
Insensibilidade de resposta à frequência	$ \Delta f_i $	10 mHz
	$\frac{ \Delta f_i }{f_n}$	0,02 %
Banda morta de resposta às frequências	0 mHz	
Estatismo, $S_1$ (regulável)	4 – 6%	

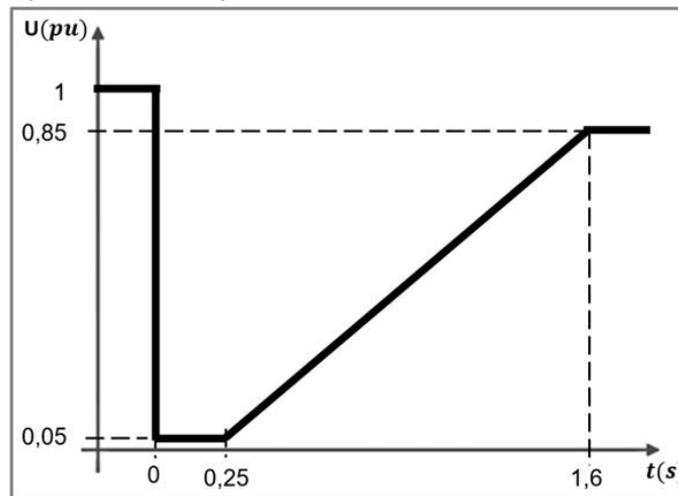


# Requisitos de Robustez – Capacidade de Sobrevivência a Cavas de Tensão

As instalações do tipo A de  $P > 15$  kW deverão apresentar capacidade de sobrevivência a cavas de tensão.

As instalações de produção dos tipos B e C devem satisfazer os seguintes requisitos referentes à capacidade de suportarem cavas de tensão:

- a) As instalações de produção devem ser capazes de permanecer ligados à rede e de continuar a funcionar de forma estável na sequência de cavas de tensão decorrentes de defeitos trifásicos e assimétricos (envolvendo ou não a terra), sempre que a tensão no ponto de ligação à rede seja mantida acima da curva definida a seguir
- b) Este requisito deve ser verificado a menos que a configuração de proteção de defeitos internos exija a saída de serviço da instalação de produção. As configurações e regulações das proteções contra defeitos internos não podem prejudicar a capacidade de suportar cavas de tensão.

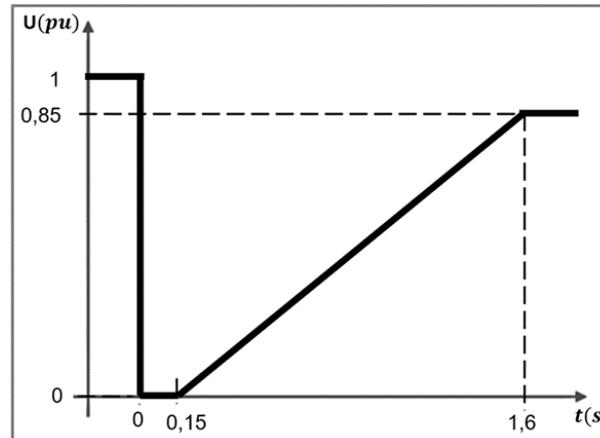


# Requisitos de Robustez – Capacidade de Sobrevivência a Cavas de Tensão – Tipo D

As instalações de produção do tipo D devem satisfazer os seguintes requisitos referentes à capacidade de suportarem cavas de tensão:

As instalações de produção devem ser capazes de permanecer ligados à rede e de continuar a funcionar de forma estável na sequência de cavas de tensão decorrentes de defeitos trifásicos e assimétricos (envolvendo ou não a terra), de acordo com:

- Para o caso de instalações de geração do tipo D ligadas a níveis de tensão inferiores a 110kV, a capacidade para suportar cavas de tensão será igual à definida para as instalações de produção dos tipos B e C, sendo exigido que as instalações de produção permaneçam ligados à rede sempre que a tensão no ponto de ligação à rede seja mantida acima da curva definida na Figura anterior;
- Para o caso de instalações de produção do tipo D ligadas a níveis de tensão iguais ou superiores a 110kV, é exigido que estas permaneçam ligados à rede sempre que a tensão no ponto de ligação à rede seja mantida acima da curva definida na figura a seguir.



## Recuperação de potência ativa após cavas de tensão

- As instalações de produção dos tipos B, C e D têm de ser capazes de, após a eliminação do defeito e início da recuperação da tensão, assegurar a recuperação de 95% da potência ativa verificada antes do defeito num tempo inferior a 1 segundo.
- O tempo de estabelecimento para alcançar a potência ativa verificada antes do defeito deverá ser inferior a 2 segundos adicionais, estando sujeito à disponibilidade do recurso primário.

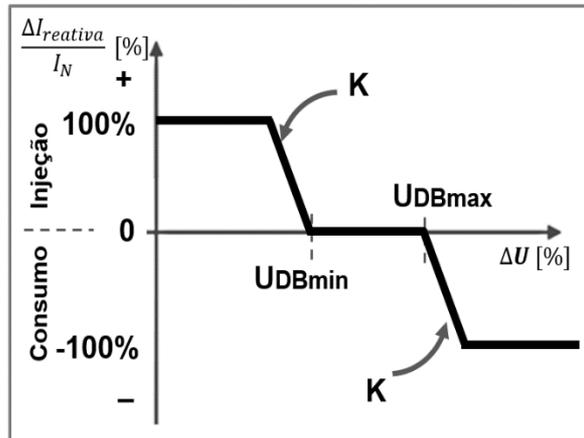


## Capacidade de controlo dinâmico de corrente reativa

As instalações de produção dos tipos B, C e D deverão ser capazes de consumir corrente reativa durante sobretensões e de fornecer corrente reativa durante o modo de sobrevivência a cavas de tensão no ponto de ligação da instalação à rede.

As instalações de produção devem ter a capacidade de ativar este modo de funcionamento sempre que uma das duas condições seguintes estabelecidas neste requisito se verifique:

- Quando a tensão medida no ponto de ligação da instalação de produção se encontre fora dos limites estáticos definidos;
- Quando ocorrer uma variação brusca de tensão.

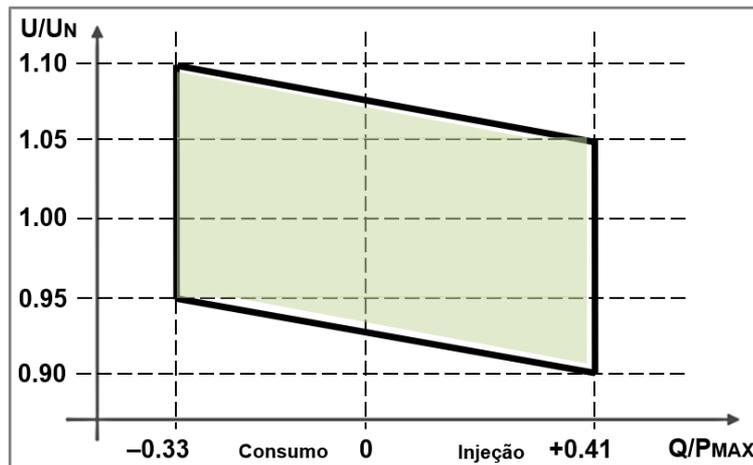


Perfil de capacidade de injeção/consumo de corrente reativa para instalações de produção dos Tipos B, C e D.



## Gama de injeção e consumo de potência reativa para as instalações do tipo B e C – operação à capacidade máxima

Para instalações de produção com ponto de ligação a tensão inferior a 110 kV o perfil U-Q/P<sub>máx</sub> corresponde ao contorno

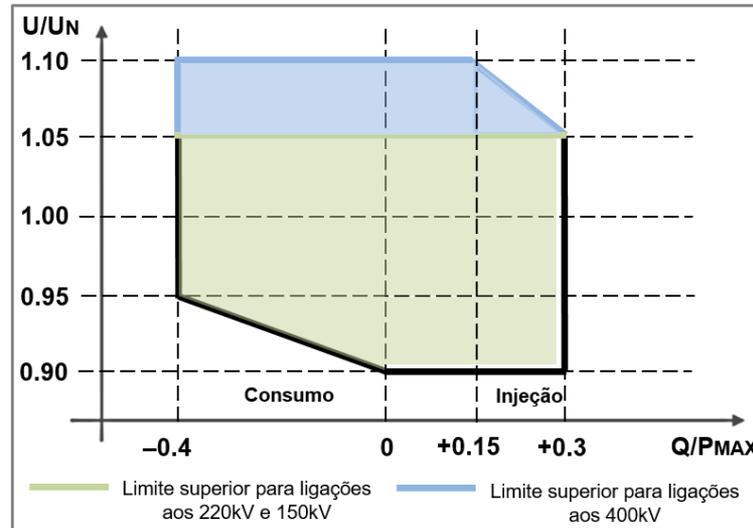


Para instalações de produção do tipo D com ponto de ligação a tensão inferior a 110 kV o perfil U-Q/P<sub>máx</sub> corresponde ao contorno acima identificado.



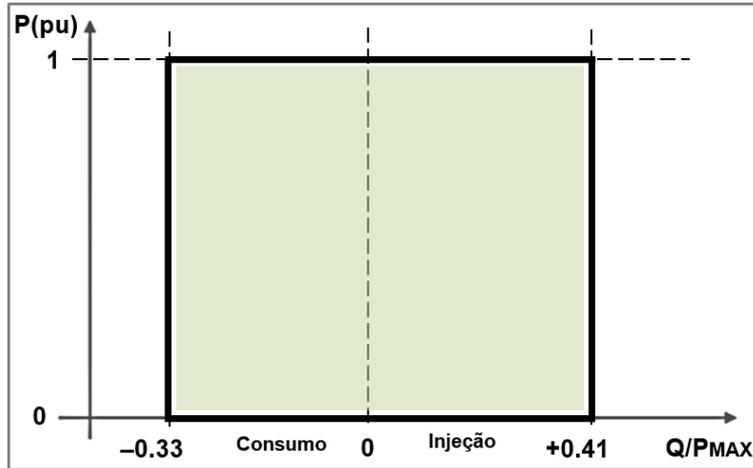
# Gama de injeção e consumo de potência reativa para as instalações do tipo D – operação à capacidade máxima

Perfil de capacidade de fornecimento de potência reativa para instalações de produção do tipo D com tensões nominais de 150 kV, 220 kV ou 400 kV, o perfil U-Q/P<sub>máx</sub> corresponde ao contorno representado a seguir para cada uma das situações identificadas.

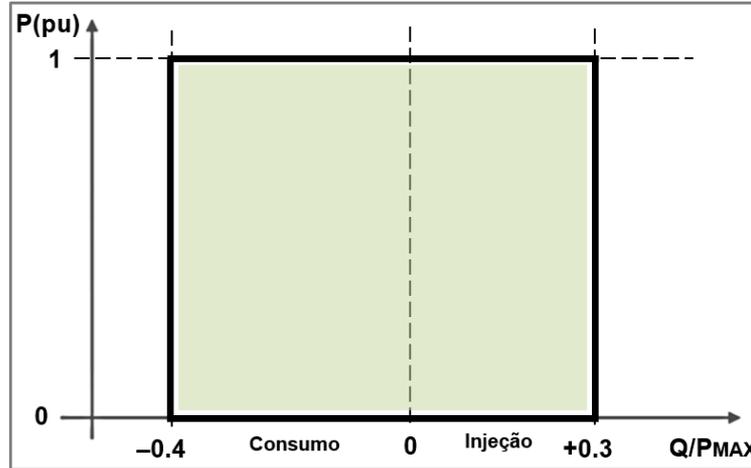


# Gama de injeção e consumo de potência reativa para as instalações de dos tipos B, C e D – operação abaixo da capacidade máxima

Perfil de capacidade de fornecimento de potência reativa para instalações de produção do tipo D com tensões nominais de 150 kV, 220 kV ou 400 kV, o perfil U-Q/P<sub>máx</sub> corresponde ao contorno representado a seguir para cada uma das situações:



Perfil de capacidade de fornecimento de potência reativa das instalações de produção do tipo B, C e D ( $U < 110$  kV).

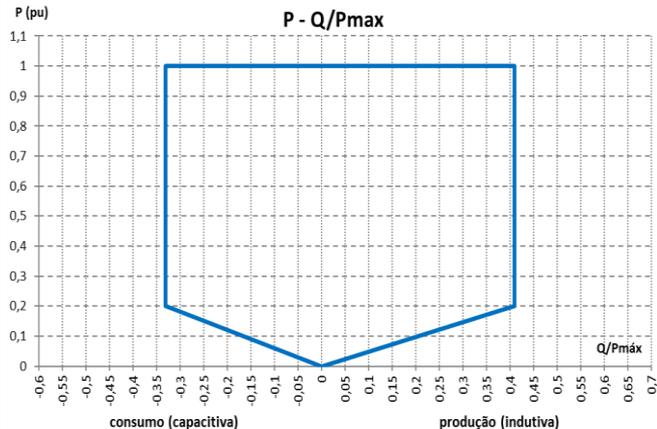


Perfil de capacidade de fornecimento de potência reativa das instalações de produção do tipo D ( $U \geq 110$  kV).

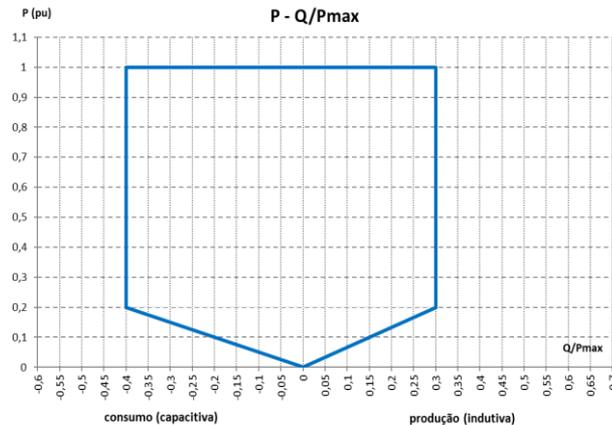


# Gama de injeção e consumo de potência reativa para as instalações de dos tipos B, C e D – operação abaixo da capacidade máxima – Variante II (situação transitória)

Perfil de capacidade de fornecimento de potência reativa para instalações de produção do tipo D com tensões nominais de 150 kV, 220 kV ou 400 kV, o perfil U-Q/P<sub>máx</sub> corresponde ao contorno representado a seguir para cada uma das situações:

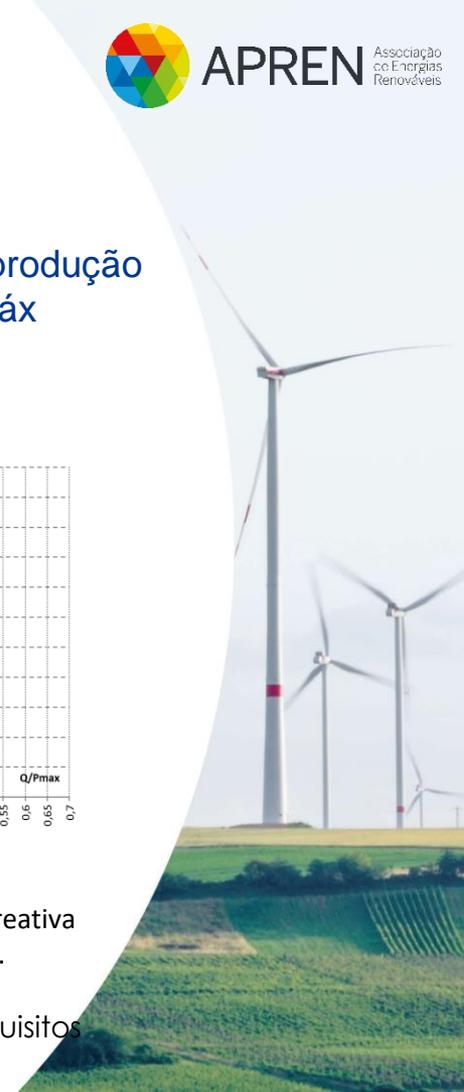


Perfil de capacidade de fornecimento de potência reativa das instalações de produção do tipo B, C e D ( $U < 110$  kV).



Perfil de capacidade de fornecimento de potência reativa das instalações de produção do tipo D ( $U \geq 110$  kV).

Variante 2 será reavaliada após um período mínimo de 3 anos subsequente à publicação destes requisitos



## Considerações adicionais

- Há ainda requisitos específicos para parques eólicos off-shore, em particular para as gamas de injeção e consumo de potência reativa

- Estudos a realizar:

1. O promotor do investimento deve apresentar um documento designado por “declaração do fabricante” assumindo que os equipamentos instalados cumprem os requisitos técnicos.

Os Operadores da Rede podem solicitar a realização de ensaios e estudos adicionais que considere necessários para a comprovação da adequação dos seus equipamentos aos requisitos estabelecidos.

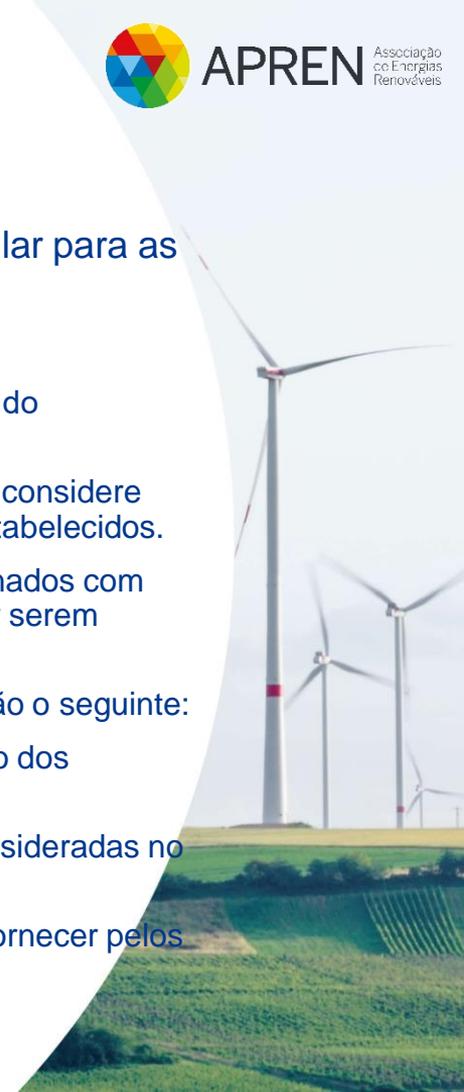
2. Adicionalmente o promotor deverá demonstrar através de estudos devidamente coordenados com o(s) operador(es) de rede a capacidade de os sistemas de conversão de energia a instalar serem capazes de assegurar que a instalação produtora cumpre os requisitos técnicos.

3. O desenvolvimento dos estudos referidos no número anterior deverá ter em consideração o seguinte:

- a) Os operadores de rede de rede deverão fornecer equivalentes de rede para a realização dos estudos.

- c) A rede interna da instalação e todas as unidades de geração existentes deverão ser consideradas no desenvolvimento do estudo;

- d) Os estudos deverão ser realizados com base em modelos de simulação específicos a fornecer pelos fabricantes dos sistemas de conversão de energia a instalar.





> Obrigado!

