

Energia Eólica em Ambiente Urbano

Aspectos Gerais

Proposta de metodologia para avaliação do recurso eólico em ambiente urbano



LNEG
Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I. P.

Teresa Simões, Ana Estanqueiro

”A dimensão das Energias Renováveis no Planeamento Urbano”

Auditório do Alto dos Moínhos

17 de Março de 2010



Situação actual da energia eólica em Portugal



Situação actual da energia eolica em Portugal

Dados Gerais (Dez. 2009)

~3600 MW instalados

Parques Eólicos em fase de projecto:
~280 MW

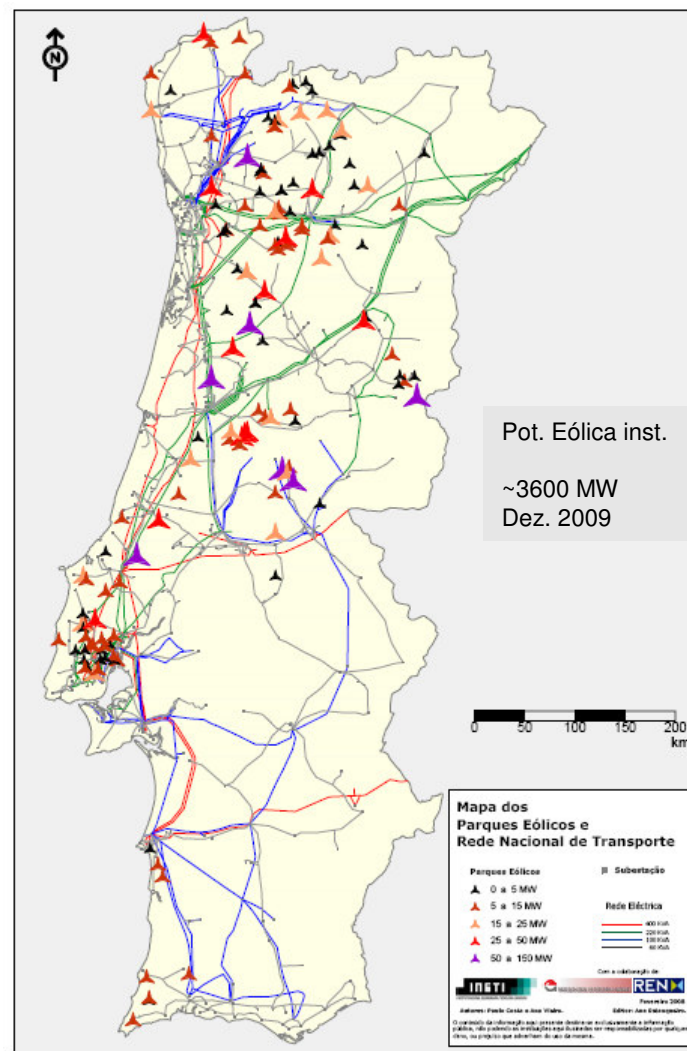
Estimativa Potencial Eólico Sustentável em Portugal:

Continente: ~6500 MW.

Madeira e Açores: 150 a 200 MW

Offshore: >3500 MW

Parques Eólicos Existentes
Dezembro 2009



Situação actual da energia eolica em Portugal

▪ **MAS...**

- **Locais para instalar PE em terra – quase esgotados/ocupados/reservados;**

▪ **Donde...**

- **A exploração de energia eólica oferece outras possibilidades:**
 - ***Offshore* e instalação de micro-turbinas (SWT) para uso doméstico em zonas urbanas ou construídas.**
- **MICROGERAÇÃO!!**

Microgeração



Microgeração

Objectivo

Aproveitamento máximo do potencial eólico e renovável em Portugal mantendo a qualidade de operação do sistema electroprodutor, a segurança da sua gestão e os custos da produção de energia dentro de limites economicamente exequíveis.

Valor

Para o País:

aumentar o share de renováveis e auxiliar, o cumprimento das metas acordadas em 2007 (20 20 20 até 2020), contribuir para diminuição emissões (Kyoto e pós-Kyoto), reduzir a dependência energética externa.

Para a Gestão do Sistema:

aumentar a quota das fontes renováveis, diminuir fluxo de energia na transmissão e perdas, diminuir custos operacionais do sistema.

Para os Produtores/Consumidores

contribuir para um futuro sustentável, desenvolver um nicho industrial e de mercado na área da microgeração e da geração distribuída.



O que se pode obter?

- **Edifícios e áreas urbanas energeticamente sustentáveis;**
- Contribuição para a **diminuição da carga e das perdas eléctricas** nas redes de transmissão e distribuição;
 - i.e. dos custos operacionais do sistema
- **Desenvolvimento da indústria nacional** num “nicho tecnológico”
 - “*a big business for small turbines*” ?
 - painéis solares?
 - DSO's - gestão da distribuição (e “Smart Grids”)
- **Diminuição da factura energética dos edifícios.**

Microgeração - Legislação

Novembro de 2007:

Dec.- Lei 363/2007

- **Específico para microgeração de origem renovável.**

É necessário:

A. Mapeamento do potencial eólico (atlas) nas áreas construídas

- Tecnicamente “*challenging*”, mas possível em articulação com CM’s e Agências Regionais de Energia
- Já está a ser feito em alguns concelhos e zonas do país.

B. Turbinas eólicas devem ser concebidas para instalação em ambiente urbano ou construído

- situação tipicamente mais adaptada a VAWT ou soluções HAWT inovadoras;



Microgeração – Dados estatísticos

Microgeração – Dec.Lei 363/2007 de 2 de Novembro Programa “Renováveis na hora”

Dados estatísticos de microprodução até 2009-12-09

Regime Bonificado

Registos Efectuados		Registos Pagos		Registos Certificados	
Qtd	Potência (kW)	Qtd	Potência (kW)	Qtd	Potência (kW)
13054	45622.7	7489	26401.1	4790	16886.9

Regime Geral

Registos Efectuados		Registos Pagos		Registos Certificados	
Qtd	Potência (kW)	Qtd	Potência (kW)	Qtd	Potência (kW)
214	762.1	7	32.53	2	9.35

Fonte: www.renovaveisnahaora.pt, consulta 2010-03-16



Recurso energetico do vento em ambiente urbano



Recurso Energético do Vento

É preciso caracterizar o recurso eólico...mas

1. **Escoamento sobre áreas urbanas é de difícil caracterização:**
 - A. **Fortes efeitos 3D e de separação no topo e em redor dos edifícios;**
 - B. **Redução da velocidade do vento (> 20%);**
 - C. **Turbulência elevada – Formação de vórtices**
 - D. **etc...**

2. **Modelos padrão de microscala não têm capacidade de resolver estas questões, apesar de descreverem de forma simples o escoamento em torno de obstáculos.**

Recurso Energético do Vento

3.A avaliação do potencial eólico (urbano) economicamente inviável - custo de um estudo e/ou campanha de medição, supera, em muitos casos, o preço da micro-turbina

- Assume-se o risco associado à não caracterização energética do recurso eólico, ou;
- **A ideia é abandonada.**

4. Existem mapeamentos nacionais e regionais do potencial eólico

- Ex. Atlas do Potencial Eólico de Portugal Continental (LNEG/INETI)
- **Mas não estão adequados à malha urbana.**

Recurso Energético do Vento - modelos

Modelos adequados à caracterização do recurso energético do vento em ambiente urbano

▪ **CFD – modelação 3D**

- **FLUENT (Ansys)** – Permite a programação de equações adequadas a diversos tipos de problemas: conforto térmico, escoamentos em torno e no topo de obstáculos, entre outros.
- **UrbaWind (Meteodyn)** – Adequado a problemas relacionados com energia eólica urbana: Resolve as equações de Navier-stokes e utiliza modelo de turbulência.

Recurso Energético do Vento - modelos

- **WindSim (WindSim)** – Adequado a problemas relacionados com energia eólica no geral:
Avaliação do potencial eólico em terrenos complexos e muito complexos.
- **WindPro (EMD)** – recorre a modelo de microscala
WASP e CFD WindSim

Recurso Energético do Vento - modelos

▪ **Desvantagens CFD**

- **Elevado custo computacional;**
- **Construção da geometria do problema normalmente complicada e de difícil concepção;**
- **Dificuldade na convergência do modelo gera frequentemente erros nos resultados.**

Recurso Energético do Vento - modelos

▪ Modelos Físicos – Túnel de vento

- Perfeitamente adequados a este tipo de problemas
- Produzem muito poucos erros nos resultados

▪ MAS...

- Túnel de vento...nem sempre há acesso a um;
- Maquetes 3D dispendiosas
- Utilização de túneis de vento com possibilidade de simular estratificação da atmosfera é dispendiosa;

Recurso Energético do Vento

- Em casos pontuais a utilização de modelos deste tipo não é um problema, mas para aplicação em áreas extensas à escala da cidade, sim.
- Desejável seria a existência de um Atlas do potencial eólico urbano nacional ou regional.
- É necessário definir metodologias de avaliação do recurso energético do vento urbano e de determinação do potencial eólico sustentável ao nível das cidades e/ou regiões no curto-médio prazo.

Metodologia



Recurso Energético do Vento - metodologia

Metodologia para a determinação de áreas urbanas adequadas à instalação de micro-turbinas eólicas

- Ferramentas:

- Software: ArcGIS, WAsP/WindPro/(WindSim) e FLUENT/UrbaWind para validação.

- Definição de dados de entrada:

- Dados de vento (medidas, bases de dados, mapeamentos existentes); Atlas do Potencial Eólico de Portugal Continental;

- Cartografia (altimetria, planeamento urbano – geometria e cotas dos edifícios).

Recurso Energético do Vento - metodologia

- Construção de uma superfície de cotas envolvendo uma área urbana de forma a que os edifícios possam ser tratados como se fossem um terreno de orografia muito complexa.
- A superfície pode ser gerada com base na geometria dos edifícios na forma de mapa CAD, desde que exista informação sobre as cotas.
- É aplicado um método de interpolação para gerar a superfície (e.g. método de Kriging ou outro).

Recurso Energético do Vento - metodologia

- Este método permite poupar algum tempo no que respeita à geração da malha da cidade para CFD, e pode ser utilizado como **input em qualquer tipo de modelo (CFD, túnel, microscala).**

Mapeamento do recurso eólico:

- **Utilização de dados de vento urbanos**
 - **Medidos (quase sempre inexistentes);**
 - **Alternativa: Atlas de vento do potencial eólico de Portugal continental;**
- **Utilização de modelos convencionais – WAsP/WindPro, ou (WindSim)**

Recurso Energético do Vento - metodologia

Validação (em curso):

- **Dados medidos em pontos da cidade ou área a estudar**
- **CFD em pontos típicos da zona urbana (tipologias distintas dos edifícios ou pequenas áreas de edifícios).**

Seleção de áreas para a instalação de micro-WT

- **Recurso a *software* de informação geográfica, com inclusão de todas as condições necessárias consoante a informação disponível.**



Um caso de estudo



Recurso Energético do Vento – caso de estudo

Caso de estudo a decorrer numa zona da cidade de Torres Vedras – centro histórico

- **Com história nas energias renováveis**
 - **Parques eólicos em redor da cidade;**
 - **Dinamismo académico e em I&DT**
- **Com cartografia urbana em diversas escalas - 1:200; 1:20000**
- **Com informação 3D numa zona relativamente extensa da cidade – Centro Histórico de Torres Vedras;**
- **Ortofotomapas (passíveis de georeferenciação)**

Recurso Energético do Vento – caso de estudo



Fonte: GoogleEarth (fotos 2006)

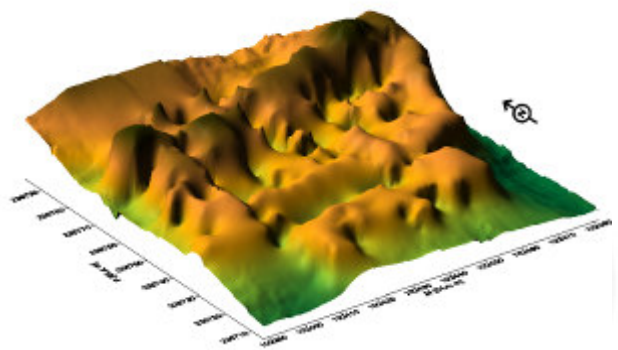


Polígonos representativos dos edifícios na área em estudo



Superfície gerada com base na geometria e cotas dos edifícios

Recurso Energético do Vento – caso de estudo

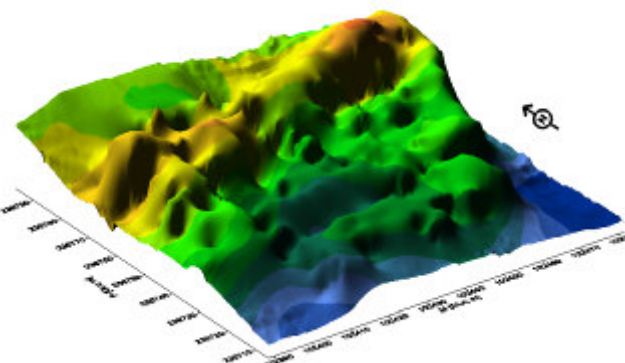


Maquete 3D da malha urbana.

+

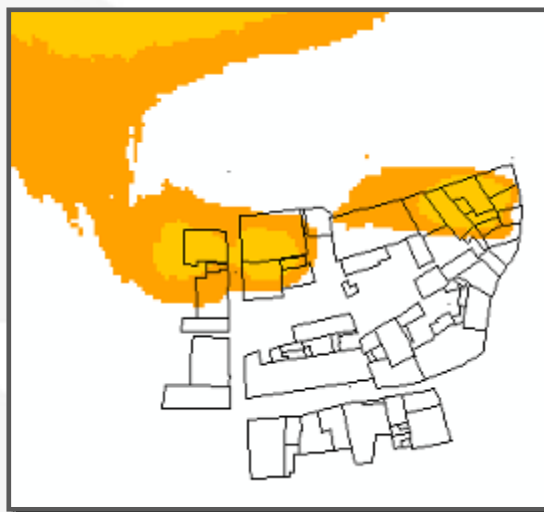
Dados Vento
e modelo
convencional

=>



Maquete 3D com distribuição dos valores de velocidade do vento.

SIG =>



Áreas com valores acima de uma determinada velocidade do vento.

Recurso Energético do Vento – validação

-Validação

- **Em curso...**
- **Instalada torre anemométrica num edifício camarário da cidade de Torres Vedras (em 28.11.2009);**
- **Recurso a modelo CFD (UrbaWind já em simulação; FLUENT na fase de construção da geometria).**

Recurso Energético do Vento – síntese

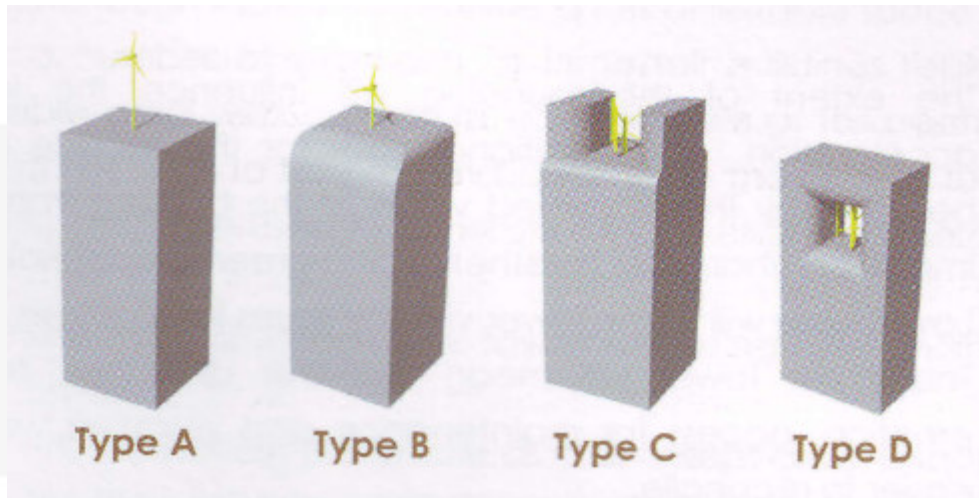
-Síntese

- **O recurso eólico em ambiente urbano é de difícil caracterização e é normalmente estimado com base em modelos 3D do escoamento atmosférico;**
- **Está em desenvolvimento uma metodologia que recorre à geração de uma superfície sobre uma área de edifícios construída com base na sua geometria e informação sobre cotas, normalmente disponível nos municípios;, e recorrendo a ferramentas tradicionais de estimativa do potencial eólico;**
- **O potencial eólico disponível numa área urbana pode ser determinado com base no mapeamento do recurso energético do vento e recorrendo a um sistema de informação geográfica para selecção de áreas de interesse;**
- **Os resultados obtidos podem ser úteis quer para apoio ao desenvolvimento da energia eólica urbana, quer para planeamento urbanístico.**

Exemplos de turbinas eólicas em ambiente urbano



Turbinas eólicas em ambiente urbano – integradas em edifícios



- Tipo A: Topo de edifícios

- Torres altas para evitar turbulência

- Tipo B: Topo de edifícios arredondados:

- Aceleração do escoamento;
- torre pode ser mais baixa e implica redução flicker e emissão de ruído;

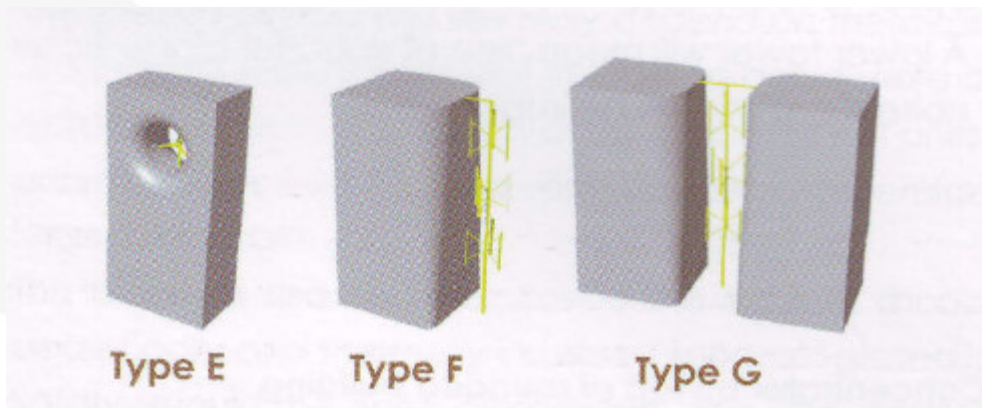
- Tipo C: concentrador

- Para vento bidireccional há aumento na aceleração do vento (~20%)
- envolvente do concentrador pode ser aproveitada se houver disponibilidade de buffers acusticos para redução de ruído

- Tipo D: concentrador integrado quadrado

- Aproveita ventos de maior qualidade a altitudes elevadas
- Favorece aceleração do vento;
- Favorece edifícios estritos;
- melhor adaptadas as VAWT

Turbinas eólicas em ambiente urbano – integradas em edifícios



-Tipo G: Entre edifícios

- Formato e orientação dos edifícios são peças chave na concepção dos sistemas;
- Semelhante a tipo F

- Tipo E: concentrador integrado circular

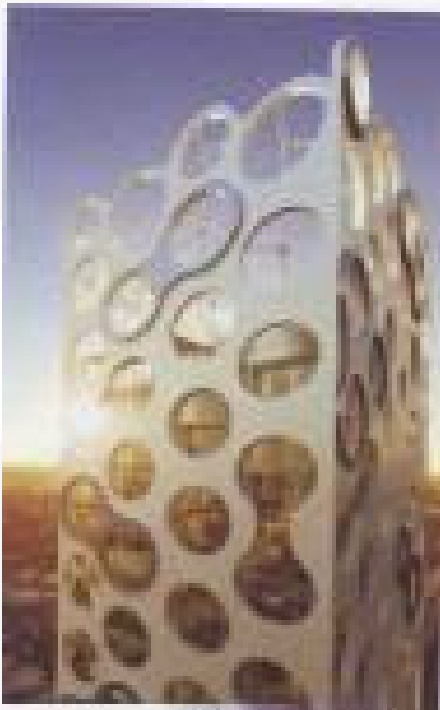
- Semelhante a tipo D;
- Melhor adaptadas as HAWT

-Tipo F: Ao lado de edifícios altos:

- aproveita ventos de qualidade a altitudes elevadas;
- Edifício deve ter formato adequado;
- Exige mitigação do ruído;
- exige medidas de segurança apertada na área da instalação e acesso a manutenção.

Turbinas eólicas em ambiente urbano – Integradas em edifícios

Proposta torre
COR (Miami)



Torre
residencial
Castle House
(Londres)



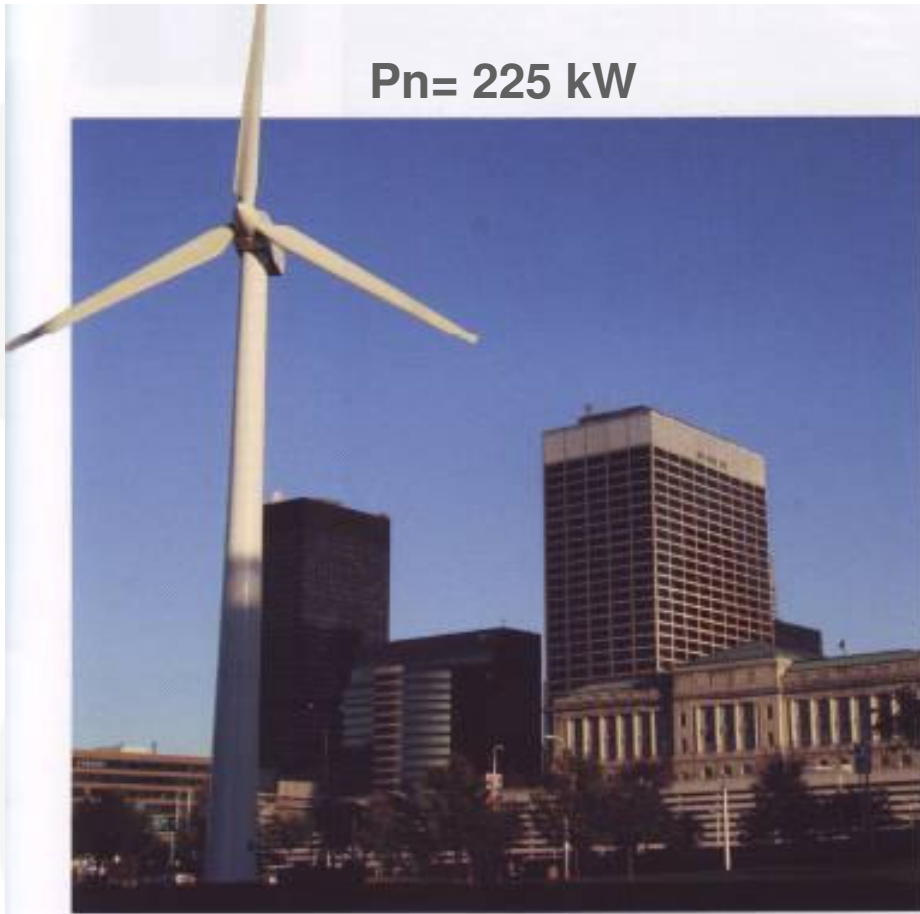
Proposta SkyZED
energia zero
(Londres)



World Trade Centre,
3x225kW
(Bahrain – 2008)

Turbinas eólicas em ambiente urbano

$P_n = 225 \text{ kW}$



Great Lakes Sciences Center, Cleveland, USA

$P_n = 100 \text{ kW}$



Escola Leonardo Da Vinci
Calais, França

$P_n = 1800 \text{ kW}$



Ford Estate
Londres

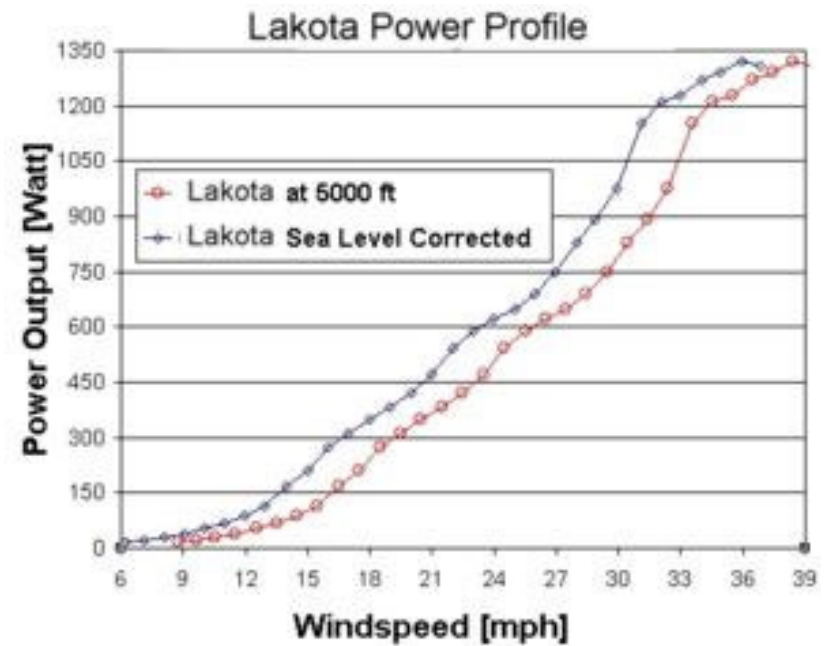
Turbinas eólicas em ambiente urbano



Proven 6kW, BP em Londres

**Turbina
“na
sombra”!
!**

Turbinas eólicas em ambiente urbano - HAWT



“Urbine”



Turbinas eólicas em ambiente urbano - HAWT

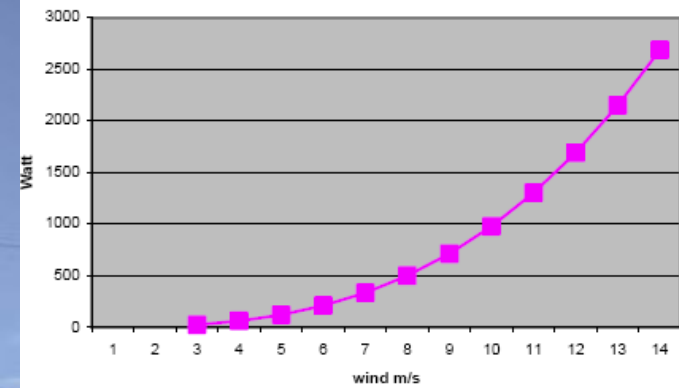
Turbina “tulipo” 2.5
kW



Turbina “Skystream 3.7”, 1.8 kW
Califórnia



Turbinas eólicas em ambiente urbano - VAWT



Turbinas eólicas em ambiente urbano - HAWT

Turbinas Swift .
1.5kW, D=2m
(UK)



1.0kW, D=1.9m
(Escócia-UK)



Turbinas eólicas em ambiente urbano - VAWT

Turbinas Turby
2.5kW



Turbina QR5 (“Quiet
Revolution”)
6kW, 3=2m, L=5m
(UK)



Turbinas eólicas em ambiente urbano - HAWT

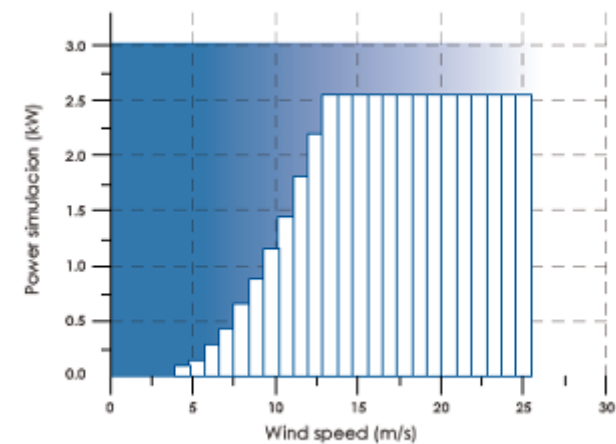
E claro....a turbina T.Urban HAWT



Dados Técnicos:

*3 pás,
Eixo horizontal,
Velocidade rotação variável,
Gerador PMG,
Rotor de elevado desempenho,
Potência nominal =2.5 kW,
Diâmetro =2.3 m,
Ligação monofásica (220/240 V).*

Power Output Characteristics



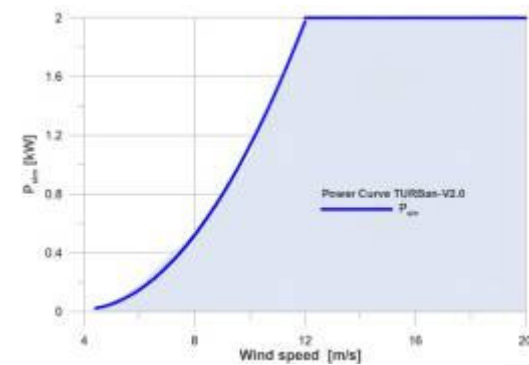
Turbinas eólicas em ambiente urbano - HAWT

Ea turbina T.Urban VAWT



Dados Técnicos:

*3 pás,
Eixo vertical,
Velocidade rotação variável,
Gerador PMG,
Potência nominal =2.5 kW,
Diâmetro =2.0 m,
Altura rotor =2.5 m
Altura total =3.65 m
Ligação monofásica (220/240 V).*



... o que falta fazer:

Recurso energético do vento em ambiente urbano

- Desenvolver atlas regionais do potencial eólico urbano
- Aperfeiçoar e validar metodologias expeditas para a avaliação do recurso a curto-médio prazo
- Colaboração entre entidades SCT e autarquias

Microgeração - tecnologia

- Continuar a desenvolver tecnologia adequada
- Equipamentos, sistemas de integração - com o máximo de integração nacional!...

...e os nossos contactos

ana.estanqueiro@ineti.pt & teresa.simoese@ineti.pt

Unidade de energia solar, eólica e dos oceanos



LNEG - Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P.

www.lneg.pt