

SISTEMAS EÓLICOS DE ENERGIA

MAIS LEVES QUE O AR.

1. Introdução

Os produtores associados às energias eólicas tem nos últimos anos procurado novas formas de produção de energia elétrica mais eficientes e menos dispendiosas que as tecnologias atuais. As soluções atuais apresentam ainda elevados custos de instalação e manutenção para além de terem associadas a si o traço intermitente e irregular do seu recurso natural – o vento. Entre muitas alternativas em estudo, as tecnologias (LTA - *Lighter than Air*) tem merecido particular interesse devido aos anos de experiência e saber acumulado na área e muito em parte devido às potencialidades económicas que estas deixam em aberto. A prova chega-nos por mão da *Altaeros Energies*, start-up fundada no MIT que já tem em fase de testes o seu primeiro protótipo BAT - *Buoyant Airborne Turbine* (Turbina aerogeradora flutuante).

Este artigo ambiciona apresentar esta tecnologia e os seus princípios de funcionamento destas tecnologias, utilizando como exemplo o protótipo da *Altaeros* que será alvo de um estudo ao nível das suas características aerodinâmicas, bem como ao nível da sua viabilidade económica.

2. Tecnologia mais leve que o ar

Tecnologias mais leves que o ar (TLA) refere-se a todos os sistemas que ao concentrarem num determinado espaço volúmico gases flutuantes, tais como o hélio e o hidrogénio, adquirem força suficiente para se elevarem verticalmente e manterem uma posição fixa no ar.

As primeiras experiências desenvolvidas são remetidas para o século XVIII, quando Bartolomeu de Gusmão apresentou um pequeno balão de ar quente à corte portuguesa. Desde então, têm sido inúmeros os desenvolvimentos desta tecnologia, sendo os exemplos mais comuns os dirigíveis

(rígidos, semirrígidos e não rígidos), balões de ar quente, meteorológicos e aeróstatos (fixos e não fixos). Os aeróstatos, quando fixos, são capazes de permanecer no ar durante grandes períodos de tempo sem necessitarem de voltar ao chão (no caso de aplicações meteorológicas, podendo até manter-se durante meses a elevadas altitudes).

Em 1929, *Alpin Dunn* estabelece a primeira patente para “uma nova forma de dirigível que inclui longitudinalmente um tubo de ar entre as extremidades, de forma a que um motor movido pelo forte fluxo do vento produza energia elétrica” [1], associando assim as TLA à produção de energia eólica.

O desenvolvimento das LTA têm ganho importante destaque na comunidade que se dedica ao desenvolvimento e produção de dispositivos produtores de energia renovável, realçando-se principalmente por dois fatores:

- O mercado das energias renováveis tem crescido substancialmente nos últimos anos, pelo que a procura por métodos mais eficientes é grande;
- Estes sistemas operam a grandes altitudes onde o vento é mais forte e constante. (Figura 1).



Figura 1. Da esquerda para a direita – Magenn Power, Altaeros Energies

3. Elevação da Estrutura

A elevação destes sistemas é conseguida através da conjugação das elevações aerodinâmica e aerostática. A elevação aerostática é obtida através da confinção de um gás mais leve que o ar a um certo volume. A força da elevação é diretamente proporcional à diferença das densidades relativas do ar envolvente, que varia com a altura, com a densidade do gás fechado. Sendo V o volume do gás fechado, ρ_{ar} a densidade do ar envolvente e $\rho_{gás}$ a densidade do gás fechado, a força resultante da elevação F_e é-nos dada pela seguinte fórmula:

$$F_e = V(\rho_{ar} - \rho_{gás}) \quad (1)$$

O cálculo do volume do gás elevador é feito de forma a permitir que a força de elevação seja suficiente para elevar e suportar todo sistema de produção no ar, sendo tipicamente acrescentada uma força de 10% a 20% de excesso (F_{exce}).

Desta forma, o sistema que é preso por amarras ao chão, adquire mais estabilidade quando sujeito a forças de arrasto (F_a) provocadas por ventos mais intensos, típicos de grandes altitudes. As forças de arrasto, como geralmente são mais fortes que a força de elevação, fazem com que o sistema se afaste da posição vertical inicial com o ângulo determinado pela relação das forças de elevação e arrasto (F_e e F_a). A figura 2 é ilustrativa deste fenómeno.

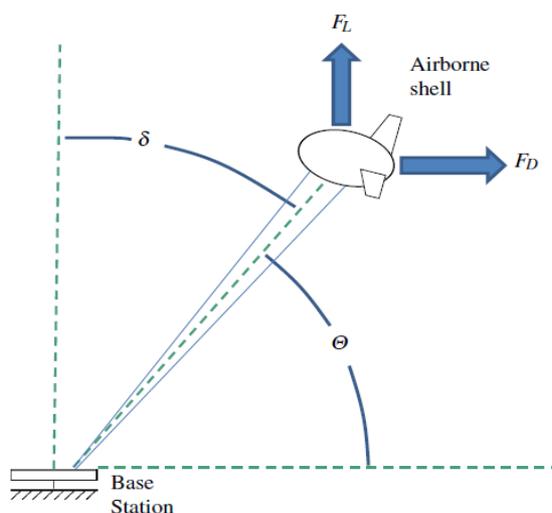


Figura 2. Ilustração do ângulo de arrasto δ e ângulo de elevação θ

O ângulo de arrasto δ é definido pelo arco tangente da razão entre a força de arrasto F_a e força de elevação F_e sendo o cálculo feito através da fórmula:

$$\delta = \tan^{-1} \frac{F_a}{F_e} = \frac{\frac{1}{2} \rho_{ar} V_{vento}^2 C_{af} A_{ref}}{F_{extra} + \frac{1}{2} \rho_{ar} V_{vento}^2 C_e A_{ref}} \quad (2)$$

Onde F_a representa a força de arrasto, F_e a força total de elevação (incluindo a força aerostática, de excesso e aerodinâmica F_{exce}), $\frac{1}{2} \rho_{ar} V_{vento}^2 C_e A_{ref}$ a pressão dinâmica, C_a , C_e coeficientes de arrasto e elevação e A_{ref} a área sobre a qual o vento exerce a sua força.

Uma vez que o ângulo de arrasto aumenta significativamente com o aumento da intensidade do vento, os sistemas mais leves que o ar devem incorporar elevação aerodinâmica de forma a atenuar a instabilidade associada a ventos rápidos. A elevação aerodinâmica é conseguida através do uso de um perfil alar de geometria assimétrica (ex: asa de um avião).

A título de exemplo, a estrutura anelar insuflável da turbina aerogeradora (ver Fig. 1) apresenta uma geometria que permite que as correntes de ar produzam elevação da mesma forma que uma asa de avião.

Outro exemplo de utilização da elevação aerodinâmica pode ser encontrado no modelo *Magenn Mars*, que tira partido do efeito *Magnus* para se manter em elevação. Neste sistema, um cilindro gira em torno de um eixo transversal à direção do vento, sendo que as diferenças de velocidade nas secções superiores e inferiores (do cilindro) provocam uma força de elevação.

4. Conversão de Energia

A conversão de energia nestes sistemas pode ser feita através de vários métodos. O protótipo da *Altaeros* utiliza uma turbina semelhante às tradicionais usadas nas torres eólicas. Neste ponto, o principal desafio encontra-se na utilização de materiais mais leves (que passam pelo chassi/estrutura mais leves) e por rotores de baixo torque.

O transporte da energia, desde o gerador até à base fixa no chão (no caso da *Altaeros*, um camião de carga) é feito pelos mesmos cabos que seguram a estrutura. Outros métodos de conversão são encontrados no sistema implementado no *Magenn Mars*. Nesta configuração, a conversão é feita através da rotação do eixo transversal horizontal, que por sua vez alimenta os geradores do sistema.

5. Gestão da pressão e escolha do gás flutuante

Uma das grandes vantagens das LTA está relacionado com o facto de estas trabalharem a grandes altitudes. Desta forma, a produção de energia é substancialmente mais eficiente que o das convencionais torres eólicas, uma vez que a grandes altitudes os ventos são mais fortes e constantes. Torna-se portanto imperativo que estes sistemas possuam mecanismos que permitam gerir a pressão do gás dentro de parâmetros aceitáveis, como a pressão do ar envolvente, a temperatura e a radiação solar a altas altitudes. A gestão da pressão pode ser passiva ou ativa. A gestão passiva passa pelo uso de materiais elásticos que se adaptam com o aumento ou a diminuição da pressão do gás. A gestão ativa é feita através de um conjunto de válvulas que deslocam ar para dentro e fora da estrutura.

A escolha do tipo de gás a ser utilizado deve também ser tomada em consideração. Atualmente, a maioria dos aeróstatos e dirigíveis usam o hélio para se elevarem, justificando-se esta preferência com o facto de o hélio ser um gás inerte, seguro e de fácil utilização. O único ponto negativo da utilização do hélio é o facto de ele ser um recurso natural presente em reservas de gás natural. Estudos de mercado indicam um aumento de 100% do seu preço nos próximos 20 anos. Com este aumento, espera-se que o hidrogénio venha a desempenhar um papel importante nestes sistemas. A força de elevação deste gás é 8% maior por unidade de volume que a do hélio, a sua produção é muito mais barata e pode ser feita no local da sua utilização. Porém, o hidrogénio é extremamente reativo, sendo por isso de vital importância que este esteja isolado de qualquer fonte de ignição.

6. Escolha de Materiais

A escolha do material que envolve o gás de elevação é uma das etapas mais importantes no desenvolvimento de uma tecnologia que ambiciona produzir energia a alturas superiores a 150 metros. Estes devem ser capazes de suportar os desgastes provocados pela pressão interna do gás, pelos anos de exposição a radiação ultravioleta, bem como por outros agentes ambientais que podem provocar o desgaste do material. Ao longo dos anos, os materiais usados em aplicações como balões de meteorológicos foram sendo aprimorados de forma a preencher estes requisitos. Como tal, o principal desafio da aplicação destes materiais a sistemas produtores de energia passa pela redução dos custos de produção, mantendo um nível adequado de fiabilidade e durabilidade.

De forma a satisfazer os requisitos necessários para a construção desta tecnologia, a *Altaeros* optou por desenvolver um material tripartido, ou seja, constituído por uma seleção de materiais, de forma a contemplar todos os requisitos de segurança.

A turbina flutuante da *Altaeros* apresenta uma estrutura insuflável desenvolvida com o principal objetivo de elevar de forma segura todo o sistema a altas altitudes. Para além deste, esta estrutura foi também desenvolvida de modo a respeitar duas características chave que serão de seguida apresentadas.

7. Perfil aerodinâmico orientado para o aumento de potência

O perfil aerodinâmico da BAT inspira-se nos difusores já presentes em turbinas eólicas, tais como os da *FloDesign*. A aplicação desta técnica tem sido extensivamente estudada por várias empresas do sector, no sentido de aumentarem a eficiência na produção de energia nas convencionais turbinas eólicas. Como consequência da diminuição da área de incidência do vento no gerador, a energia cinética do mesmo aumenta significativamente quando comparada com a energia cinética do fluxo do vento em redor da turbina.

Desta forma, a energia entregue às pás da turbina aumenta significativamente, fazendo com que o coeficiente de potência exceda o limite imposto pela lei de *Betz* (mais do que 59% da energia cinética convertida em potência elétrica).

8. Transição de ventos fortes para ventos fracos

A turbina aerogeradora da *Altaeros* foi concebida para trabalhar a grandes altitudes, onde o vento assume um carácter mais forte e estável. Desta forma, o sistema é sujeito a variações bruscas de velocidades do vento (que variam com a altitude) que não só podem comprometer a estabilidade do sistema, mas também como a integridade física da estrutura. Desta forma, o sistema deve ser concebido para que mantenha sempre um ângulo de ataque positivo em relação ao eixo horizontal, quer esteja sujeito a ventos fortes ou fracos. Caso o ângulo de ataque do sistema seja negativo ou próximo de zero, uma rajada de vento mais forte pode comprometer a estabilidade do sistema (Fig.3).

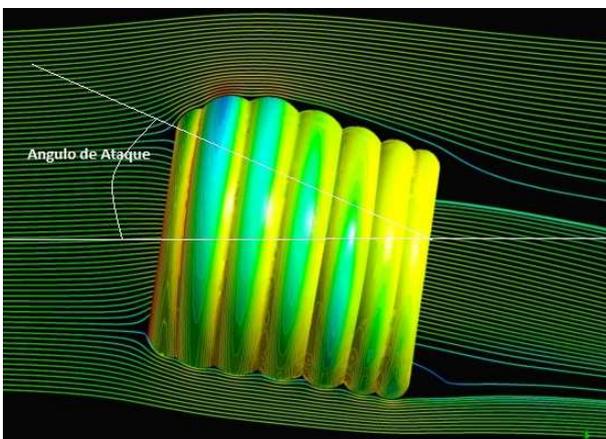


Figura 3. Ângulo de ataque

9. Viabilidade Económica e comparação com Tecnologias Atuais

A turbina da *Altaeros* será elevada a uma altitude compreendida entre os 150 e os 600 metros, onde a intensidade do vento é em média 5 vezes maior que a intensidade do vento alcançado pelas torres eólicas atuais.

O gerador terá uma potência instalada de 100 kW e irá oferecer três vantagens em relação às produtoras eólicas

convencionais. Devido ao perfil mais constante dos ventos a grandes altitudes, a *Altaeros* terá um fator de produção de 60% a 70% o que comparado com os 30% das convencionais torres eólicas representa uma melhoria significativa. Este facto aliado com o aumento do limite de *Betz* que a estrutura oferece faz com que a produção de energia aumente duas a três vezes mais do que a energia produzida nas torres eólicas.

Para além do aumento da eficiência de produção, também o custo de fabrico e instalação faz da turbina da *Altaeros* uma alternativa mais económica que as convencionais torres eólicas. Uma torre eólica tem, em média, um custo que ronda os 950 mil euros, de onde 60% a 70% são relativos ao transporte de toda a logística de construção e à sua instalação. Por seu lado, esta tecnologia requer apenas um camião por unidade para o transporte da estrutura levando a que o custo de instalação se situe nos 550 euros.[2]

[2] Rein, A. (2013). *Demonstration of Low Cost Airborne Wind Turbine for Remote Villages.*

O impacto ambiental deste sistema é também substancialmente reduzido. Como a turbina trabalha a altas altitudes o ruído que atinge o chão é quase nulo. A fauna aviária a grandes altitudes tem uma atividade reduzida pelo que o impacto na vida animal é também reduzida. Por fim, como este sistema é fácil de transportar e de instalar, dispensa que estradas tenham de ser feitas propositadamente.

10. Conclusão

Embora empresas e grupos de estudo ligadas a este conceito de LTA tenham feito avanços significativos, é necessário um esforço acrescido para melhorar a performance e viabilidade destes sistemas para que a curto e médio prazo poderem ser considerados viáveis a nível comercial. Atualmente procuram-se avanços tecnológicos que possibilitem a melhoria destes sistemas em duas áreas chaves, nomeadamente: a otimização da altitude para a produção de energia sujeita a restrições de segurança e peso dos equipamentos, e a obtenção de materiais de baixo custo e

alto desempenho para a construção da estrutura isolante dos gases flutuantes.

A primeira área chave é atribuída ao desenvolvimento de sistemas de controlo, onde o objetivo é controlar a altitude da estrutura nos intervalos em que se registam os valores nominais da velocidade do vento. Submeter a estrutura a valores superiores aos da velocidade nominal poderá resultar em danos na estrutura e, no pior dos casos, a perda do controlo e queda da estrutura.

A outra área chave refere-se á obtenção de materiais isoladores com custos de produção competitivos.

Os atuais materiais são tipicamente compostos por várias camadas e fortemente customizados ao tipo de utilização pretendida, sendo que por este facto, não são economicamente viáveis.

Colmatados estes factos, vemos nestas tecnologias um forte potencial para servirem de alternativa a geradores e outros meios de produção instalados em pequenos povoamentos ou em aplicações para áreas remotas e de difícil acesso.

Divulgação:

Título: Instalações Elétricas de Baixa Tensão
Autor: António Augusto Araújo Gomes
Editora: Publindústria
Data de Edição: 2015
ISBN: 9789897230752
Nº Páginas: 151
Encadernação: Capa mole

