

Parque Eólico

Neste trabalho vamos analisar um empreendimento eólico (disperso) é composto por um conjunto de aerogeradores em funcionamento. Cada aerogerador é caracterizado pelos dados da instalação (data de instalação, localidade, altitude, latitude, longitude) e os detalhes sobre a turbina eólica, incluindo altura do eixo até ao solo.

1 - Vento como forma de energia

Para estimar a energia produzida em cada uma destas turbinas de eixo horizontal temos três fatores que influenciam a geração de energia:

- velocidade do vento
- densidade do ar no local
- a área do rotor (área ocupada pelas pás e a respetiva geometria - simplificaremos para considerar apenas a área).

Ar mais denso significa maior transferência de energia para o rotor. Maior velocidade do vento, em princípio, significa também mais energia. A área das pás tem usualmente uma correlação positiva com a energia captada. Quanto maior a altitude, menor a densidade do ar. Para relacionar a densidade do ar com a altitude e temperatura use a seguinte formulação [https://pt.wikipedia.org/wiki/Densidade_do_ar].

A densidade, $\rho [Kg/m^3]$ pode ser calculada de acordo com a equação molar da lei do gás ideal:

$$\rho = \frac{pM}{RT}$$

onde:

A pressão a uma altitude h em metros é obtida por:

$$p = p_0 \left(1 - \frac{Lh}{T_0} \right)^{\frac{gM}{RL}}$$

e a temperatura na altitude h em metros acima do nível do mar é aproximada por (somente válida dentro da troposfera):

$$T = T_0 - Lh$$

e :

$p_0 = 101,325 \times 10^3 Pa$ - pressão atmosférica padrão ao nível do mar.

$T_0 = 288,15 K$ - temperatura atmosférica padrão ao nível do mar.

$g = 9,80665 m/s^2$ - aceleração da gravidade ao nível do solo.

$L = 0,0065 K/m$ - taxa de gradiente adiabático.

$R = 8,31447 J/(mol \cdot Km)$ - constante do gás ideal.

$M = 0,0289644 Kg/mol$ - massa molar do ar seco.

Q1. Defina uma classe *Atmosfera* com um conjunto de métodos para calcular a densidade do ar, numa determinada altitude.

2- Aerogerador

No âmbito deste trabalho, consideramos que todas as turbinas têm algumas características comuns, como por exemplo incluírem um rotor (composto de pás, com determinado tamanho) e um gerador. As diferenças entre as turbinas são ao nível da envergadura das pás (ou o raio ou diâmetro da zona de captação de vento), e do tipo de gerador, que poderá ser G1 ou G2, e ainda a altura do eixo de rotação até ao solo no local de instalação.

Com pás de raio inferior a 8 metros e um gerador do tipo G1, temos um Coeficiente de Potência “cenário A”. Para pás de maior envergadura, ou todas as soluções com gerador G2, temos Coeficiente de Potência “cenário B”.

O Coeficiente de Potência é um indicador sobre a eficiência do processo de transferência de energia do vento para a turbina, e que varia com a velocidade do vento (ver tabelas em anexo).

$CP = P_t / P_v$

Para outros valores de velocidade do vento, deve usar [interpolação linear](#).

A potência do vento, P_v , corresponde à energia captada do vento, e é medida em W.

$$P_v = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

D= diâmetro do rotor em metros

v= velocidade do vento, em m/s

A= área circular da zona das pás $A = \pi \cdot r^2$

A energia elétrica efetivamente gerada pela turbina não é diretamente proporcional à velocidade do vento. Há um conjunto de perdas de energia num aerogerador, por exemplo perdas térmicas ou perdas nos sistemas de conversão.

Manutenção: Em operações de manutenção de uma turbina, deve ser possível trocar o rotor, ou o gerador, ou ambos. É importante que a troca do rotor seja compatível com a altura do eixo ao solo, para que as pás não atinjam o chão, e tenham ainda uma margem de 4 metros até ao solo.

Q2. Defina classes para representar os conceitos mencionados, desde o empreendimento eólico aos componentes de cada turbina. Inclua métodos que respondam a operações sugeridas no enunciado, ou que entenda úteis para operações implícitas ou subtarefas.

Q3. Defina ainda, como achar mais apropriado, os tipos em Java que representam:

- Coeficiente de Potência, de forma abstrata, com o conceito e métodos abstratos/sem implementação
- Cada um dos tipos concretos de Coeficiente de Potência, em cenários A e B, onde existam métodos para retornar o valor deste indicador, para determinada velocidade do vento, e de acordo com os critérios das tabelas e interpolação.

Para cada turbina eólica, devemos poder calcular a potência de energia (Pt) gerada para uma determinada velocidade do vento, considerando as regras apresentadas acima.

3 - Parque Eólico

Para todo o empreendimento eólico, deve ser possível estimar a potência obtida pelo conjunto das turbinas (acumulado de P_t) se todas receberem a mesma intensidade de vento, mas considerando a eventual diferença da densidade do ar junto de cada turbina.

Também para o empreendimento, se tivermos informação da velocidade do vento num conjunto de pontos (latitude, longitude), devemos estimar a potência global produzida, com a melhor aproximação à velocidade do vento junto de cada aerogerador.

Q4. O seu projeto deverá permitir ainda as seguintes operações:

- num empreendimento, saber quantos aerogeradores existem
- num empreendimento, saber quantos aerogeradores existem cuja turbina está instalada acima de determinada altura ao solo
- adicionar um aerogerador a um empreendimento
- remover um aerogerador de um empreendimento
- trocar componentes de uma turbina (ver descrição - manutenção)
- para um aerogerador, calcular energia produzida num instante, considerando a velocidade do vento e todos os fatores que influenciam essa energia
- para um aerogerador, dada uma coleção com os dados relevantes para vários instantes/dias, gerar uma coleção com os respetivos valores de energia produzida
- para um empreendimento, calcular, para um instante, o valor total de energia produzida, considerando especificidades de cada aerogerador.

Entrega

O trabalho pode ser realizado em grupos de dois alunos. A **entrega** faz-se no Moodle, submetendo os **ficheiros** com código-fonte e ainda um **relatório** (até 3 páginas) onde deve constar a identificação dos autores do trabalho, a explicação das opções tomadas, e um balanço crítico sobre o trabalho realizado.

Anexos

Tabelas para CP para cenário A

Velocidade do Vento	CP
0	0
2	0
4	0,02
6	0,30
8	0,40

10	0,44
12	0,41
14	0,35
16	0,26
18*	0,18

Tabelas para CP para cenário B

Velocidade do Vento	CP
0	0
2	0
4	0,04
6	0,18
8	0,26
10	0,36
12	0,48
14	0,52
16	0,40
18*	0,28

- * para velocidade superior, considerar o último valor de CP constante