

TP4: Energia hídrica

Energias Renováveis

ENTREGAS: Trabalhos realizados a pares. Os relatórios (Word ou PDF) e notebook (.ipynb) devem ser submetidos através do Moodle e o nome dos ficheiros deve ser “TP4 — (nº aluno 1), (nº aluno 2)”. **Caso só seja submetido um dos elementos (o notebook ou o relatório), a nota atribuída será 0.**

RELATÓRIOS: O relatório deve estar organizado com o número e resposta a cada questão. Não é necessário introdução, conclusão, etc. — discutir os resultados dentro das próprias perguntas. **É necessário apresentar todos os passos no relatório — pressupostos, fórmulas (identificando cada elemento), metodologias, resultados, gráficos e análise de resultados (comentários).** Não é necessário incluir tabelas. **A apresentação/organização do relatório corresponde a 1 valor da nota do trabalho.**

NÃO ESQUECER: Apresentar unidades dos resultados. Incluir títulos dos eixos dos gráficos, e legenda quando necessário.

EXERCÍCIOS

Parte A

Considera uma central mini-hídrica equipada com um grupo turbina-gerador com potência nominal de 800 kW, num rio cuja curva de duração de caudais pode ser expressa através da função:

$$Q(t) = 16t^{-0.75} \quad (1)$$

em m³/s, sendo t o número de dias com caudal igual ou superior a Q .

A altura útil de queda é de 100 m. Estima-se que a central esteja parada durante 15 dias por insuficiência de queda devido a caudal elevado. A turbina é do tipo Francis, com os seguintes limites de exploração: $\alpha_1 = 0.35$, $\alpha_2 = 1.15$. O rendimento total do sistema é de 70%.

1. Determina o caudal para o funcionamento da central à potência nominal. Indica o tempo de duração de caudal respetivo, e explica o seu significado.
2. Determina o caudal máximo, mínimo e de cheia. Para cada um desses, indica a duração de caudal respetiva.
 - a) Apresenta um gráfico da curva de duração de caudais e marca os caudais mínimo, nominal, máximo e de cheia.

3. Calcula a energia anualmente produzida.
 - a) Apresenta um gráfico da curva teórica de potência disponível. Assinala as potências correspondentes aos 4 caudais. Apresenta também a energia aproveitada, através de sombreamento. Explica o que observas no gráfico.
 - b) Ao longo de quantos dias do ano é que a mini-hídrica gera energia?
4. Calcula o fator de capacidade da central.
5. Repete as questões anteriores para a mesma central mini-hídrica, equipada desta vez com:
 - a) um grupo turbina-gerador de 400 kW.
 - b) dois grupos turbina-gerador de 400 kW cada.
6. Compara e comenta os resultados obtidos para os 3 cenários:
 - a) Compara os caudais mínimo, nominal e máximo dos 3 cenários.
 - b) Compara os gráficos que ilustram a energia produzida para os 3 cenários. Que relação observas entre os caudais mínimo e máximo, o número de dias de funcionamento, e a energia total produzida?
 - c) Compara os fatores de capacidade dos 3 cenários.
 - d) Qual te parece ser a melhor opção, e porquê?

Parte B

A central de fio de água de Dalles localiza-se em Oregon, nos EUA. Tem uma altura de queda de 25 m, com uma **potência máxima** de cerca de 2160 MW (14 turbinas Kaplan de 94.4 MW e 8 turbinas de 104 MW).

O ficheiro 'dados.csv' contém dados de caudal médio diário nesta central entre 2015 e 2024.

1. Observa os dados de caudal médio diário ao longo do ano para os vários anos disponíveis.
 - a) Em que altura do ano tendem a ocorrer os caudais mais elevados nesta central, e porquê? (Dica: pesquisa sobre o clima no estado de Oregon.) Como se compara isto com a realidade portuguesa?
2. Determina a potência nominal e potência mínima da central. Determina os caudais mínimo, nominal e máximo. Considera que os limites de exploração de uma turbina Kaplan são de $\alpha_1 = 0.2$ e $\alpha_2 = 1.15$, e que o rendimento total do sistema é de cerca de 70%.
3. Considera que, entre os dias 10 de abril e 31 de agosto, existe um caudal ecológico de 40%, isto é, pelo menos 40% do caudal que chega à central deve ser passado pelo vertedouro sem ser turbinado. Para o ano de 2024, determina o caudal disponível para ser turbinado.

- a) Qual o volume de água que é caudal ecológico num ano? Que fração representa do volume total de água que afluí à central ao longo do ano?
4. Obtém a curva de duração de caudais para o ano de 2024, considerando o caudal disponível após o caudal ecológico.
- a) Compara os caudais mínimo e máximo da central com a curva de duração de caudais. O que observas? Quantos dias por ano funcionará a central?
5. Calcula a energia produzida em todo o ano, em GWh.
6. Determina o fator de capacidade.
7. Repete os cálculos anteriores (desde a questão 3), mas para o ano de 2018. Qual é o novo fator de capacidade?
- a) O que podes concluir sobre a fiabilidade de usar dados de apenas um ano para avaliar o potencial hidroelétrico de um projeto?
8. Se a central raramente atinge a sua capacidade máxima, por que motivo não terá sido dimensionada com uma capacidade menor? Qual poderá ser a vantagem de uma central aparentemente sobredimensionada? Para responder, considera o seguinte:
- (i) Centrais de fio de água de grande dimensão, como a de Dalles, têm por vezes alguma capacidade de armazenamento limitada (geralmente horas/dias, muito inferior à capacidade de uma barragem).
- (ii) O consumo de energia na rede elétrica varia ao longo do dia, com horas de consumo mais elevado (ex: manhãs e fins de tarde).

BÓNUS

Para até dois valores extra, constrói um gráfico diferente dos anteriores que mostre algo interessante relacionado com energia hídrica, e explica o que ele demonstra. Utiliza os valores calculados nas questões anteriores, ou faz os teus próprios cálculos — não uses valores arbitrários.