



Análise do nível da água da barragem de água potável e da segurança da albufeira

CENTRODE RECURSOS FLIGHT

Administração de Água e Saneamento de Gaziantep - TURQUIA



Co-funded by
the European Union

Índice

1. INTRODUZIONE.....	2
2. DESTINATARI.....	2
3. SETTORE DI APPLICAZIONE.....	2
4. TIPO.....	2
5. DRONE UTILIZZATO.....	2
6. DURATA.....	3
7. OBIETTIVI DI APPRENDIMENTO.....	3
8. COMPETENZE CHIAVE SVILUPPATE.....	3
1. Comunicazione e lingue.....	3
2. Competenze matematiche, scientifiche, tecniche e professionali.....	3
3. Competenze digitali.....	3
4. Competenze personali, sociali e professionali.....	3
5. Sicurezza, qualità e sostenibilità.....	4
6. Cittadinanza e competenza culturale.....	4
7. Creatività, capacità di risoluzione dei problemi e spirito imprenditoriale.....	4
8. Apprendimento basato sul lavoro e integrazione nel mondo del lavoro.....	4
9. PREREQUISITI.....	4
10. SCHEMA DELLA LEZIONE.....	5
Fase 1 – Introduzione (Coinvolgimento e Contestualizzazione).....	5
Fase 2 – Esplorazione (Indagine e Confronto).....	6
Fase 3 – Applicazione (Esercitazioni pratiche).....	7
Fase 4 – Riflessione e Consolidamento (Presentazione).....	8
11. CRITERI DI VALUTAZIONE (Focus sulla protezione del bacino e sulla sicurezza delle dighe).....	10
12. MATERIALI DIDATTICI.....	11



1. BREVE DESCRIÇÃO

Os alunos realizarão missões periódicas de "inspeção visual e atmosférica" em barragens de água potável e albufeiras de proteção, utilizando drones para monitorizar as alterações dos níveis da água e detetar estruturas ilegais ou atividades agrícolas.

2. PÚBLICO-ALVO

- ☐ 15
- ☐ 16
- ☒ 17
- ☐ 18
- ☐ Mais de 18 anos

3. ÁREA DISCIPLINAR

- ☐ Agricultura
- ☒ Resposta a emergências
- ☐ Construção
- ☐ Gestão da água
- ☐ Proteção ambiental
- ☐ Outro

4. TIPO

- ☐ Plano de aula
- ☒ Projeto
- ☐ Atividade

5. DRONE UTILIZADO

- ☒ Drone personalizado
- ☐ Drone comercial (DJI)



6.DURAÇÃO

- ☐ 1 aula de 45 minutos
- ☐ 1 aula de 60 minutos
- ☐ 1 bloco de 90 minutos
- ☐ 2 aulas de 45 minutos
- ✓ 2 aulas de 60 minutos
- ☐ Sessão dupla (2 × 60 minutos) com trabalhos de casa facultativos baseados em projetos.

7.OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

Os alunos monitorizarão a distância entre a superfície da água e o coroamento da barragem (freeboard) e realizarão a "monitorização do nível da água" através da câmara do drone. Os alunos analisarão os dados microclimáticos (humidade, taxa de evaporação) fornecidos pelo sensor BME680 sobre a albufera da barragem. Os alunos detetarão atividades agrícolas não autorizadas ou fontes de poluição nas zonas de proteção da albufera (1º e 2º grau) através de reconhecimento aéreo.

8.COMPETÊNCIAS-CHAVE DESENVOLVIDAS

1. Comunicação e línguas

- ✓ Competência de literacia (compreensão e produção de textos escritos/orais)
- ✓ Comunicação em contextos profissionais
- ☐ Competência multilíngue

2. Competências matemáticas, científicas, técnicas e profissionais

- ✓ Competência matemática
- ☐ Competência científica, tecnológica e de engenharia (STEM)
- ☐ Competências numéricas aplicadas às tarefas profissionais
- ☐ Interpretação de informações técnicas (manuais, diagramas, normas)
- ☐ Competências profissionais/técnicas
- ☐ Execução de tarefas práticas

3. Competências digitais

- ✓ Competência digital (literacia digital geral)
- ☐ Utilização de ferramentas digitais em contexto profissional

4. Competências pessoais, sociais e profissionais

- ✓ Competência pessoal, social e de aprendizagem
- ☐ Trabalho em equipa e colaboração
- ☐ Autonomia e responsabilidade



- ☐ Ética de trabalho e comportamento profissional
- ☐ Adaptabilidade e flexibilidade
- ✓ Colaboração com supervisores e colegas

5. **Segurança, qualidade e sustentabilidade**

- ☐ Aplicação das normas em matéria de saúde e segurança (OHS/SST)
- ☐ Procedimentos de qualidade e normas no local de trabalho
- ✓ Consciência ambiental e de sustentabilidade

6. **Cidadania e competência cultural**

- ✓ Competência de cidadania
- ☐ Consciência cultural e competência de expressão

7. **Criatividade, resolução de problemas e espírito empreendedor**

- ✓ Resolução de problemas e pensamento crítico
- ☐ Competência de empreendedorismo
- ☐ Iniciativa e criatividade
- ☐ Tomada de decisões em situações reais de trabalho

8. **Aprendizagem em contexto de trabalho e integração no mundo laboral**

- ☐ Integração nas rotinas de trabalho
- ☐ Cumprimento das instruções e dos procedimentos profissionais
- ✓ Utilização de ferramentas, equipamentos e tecnologias

Esta lista de verificação combina as Competências Essenciais da EU para a Aprendizagem ao Longo da Vida com as competências fundamentais esperadas no Ensino e Formação Profissional europeu (VET).

9. CONHECIMENTOS PRÉVIOS / PRÉ-REQUISITOS

Espera-se que os alunos adquiram conhecimentos básicos de Arduino/MicroPython e das normas fundamentais em matéria de saúde e segurança no trabalho.

No que diz respeito à utilização da tecnologia, os alunos devem estar familiarizados com os princípios fundamentais da segurança de voo dos drones, incluindo as verificações pré-voo, os procedimentos seguros de descolagem e aterragem, a gestão da bateria e a manutenção da linha de visão. Competências digitais básicas, como a utilização de um dispositivo móvel ou de um tablet para o controlo do voo e a revisão das imagens captadas, favorecerão uma participação eficaz na aula.



10. ESTRUTURA DA AULA/PROJETO

Fase 1 – Introdução (Envolver e contextualizar)

Fase 1: Importância da proteção da albufeira e da monitorização ambiental

Parte 1: Zonas de proteção legal e riscos ambientais

Esta secção centra-se nos impactos ambientais invisíveis nas zonas de proteção absoluta, de curto, médio e longo alcance das albufeiras das barragens de água potável e nos seus efeitos nas infraestruturas e na segurança hídrica:

- **Zonas de proteção e restrições legais:** uma sessão técnica sobre as restrições legais nas áreas de proteção das bacias (absoluta, de curto, médio e longo alcance) e sobre o impacto das atividades humanas na qualidade da água nestas regiões.
- **Fatores físicos nas infraestruturas da bacia:** análise da forma como as variações extremas de calor e pressão atmosférica conduzem à deformação física, à expansão e à cedência das estruturas da bacia.
- **Humidade e integridade estrutural:** uma avaliação técnica do impacto da humidade elevada nos equipamentos de proteção da bacia e nos isoladores, bem como das consequentes perdas de energia (como a formação de arcos elétricos).

Parte 2: Lógica operacional do BME680 para a monitorização da bacia

Uma discussão técnica sobre a forma como o sensor BME680 torna "visíveis" as ameaças ambientais nas zonas de proteção da bacia:

- **Lógica de medição multiparamétrica:** explicação de como o sensor converte os dados de humidade, temperatura e pressão provenientes do ambiente em sinais elétricos através da sua camada de óxido metálico. Valores-limite para a segurança da bacia:
- **TWA (média ponderada no tempo):** limites para a exposição ambiental a longo prazo no ambiente da bacia.
- **Limiares críticos:** níveis críticos de temperatura e humidade a partir dos quais se inicia a deformação da infraestrutura ou a perda de energia.
- **Sensibilidade cruzada nos dados de campo:** análise da forma como os fatores ambientais se influenciam mutuamente e dos efeitos da sensibilidade cruzada na exatidão global dos dados.

Parte 3: Introdução à calibração dos sensores

Verificação dos sensores antes da implementação em toda a bacia, para garantir uma recolha de dados fiável:

- **Calibração de zero:** definição dos valores de referência de temperatura e pressão num ambiente controlado.
- **Calibração da amplitude:** verificação da exatidão da medição através da utilização de valores de referência ambientais conhecidos.
- **Envenenamento do sensor ambiental:** explicação dos riscos de perda de sensibilidade do sensor devido a poluição extrema ou exposição química nas áreas da bacia.



Questões orientadoras / Discussão em sala de aula:

- Por que razão a "deformação física" causada pelo calor e pela humidade extremos nas estruturas situadas nas zonas de proteção das bacias representa um risco crítico para a continuidade do abastecimento de água e energia?
- De que forma o processo de calibração do sensor realizado num ambiente controlado garante a fiabilidade dos dados recolhidos durante as inspeções da bacia?
- Por que razão é obrigatório o drone manter voo estacionário sobre uma coordenada fixa durante 30 segundos, para garantir o registo exato de parâmetros variáveis como a humidade e o calor.

Fase 2 – Exploração (Investigar e comparar)

Fase 2: Monitorização do nível da água assistida por drone e descrição da interação com o BME680: Nesta fase, os alunos estudam como utilizar a altitude do drone e os dados da câmara para realizar uma análise em tempo real da distância entre a crista da barragem e a superfície da água (freeboard). Concentram-se no papel dos dados de pressão e temperatura do BME680 na correção da altitude e abordam as “três grandes ameaças”: desvio dos dados, análise imprecisa da distância e restrições de acesso.

Parte 1: Processo de calibração e verificação técnica

Ajuste pré-voo dos sensores e dos sistemas de análise visual com base nos fatores ambientais na superfície da barragem.

- **Calibração da linha de base zero:** definição da crista da barragem como altitude de referência e reposição a zero dos valores de base do sensor ao nível do ar limpo.
- **Ajuste da distância e da altitude: verificação** de que as informações sobre a distância obtidas a partir dos dados de altitude dos drones e das imagens das câmaras correspondem a referências físicas conhecidas.
- **Análise do desvio dos sensores e das imagens:** análise do impacto da humidade extrema sobre a albufeira ou de alterações súbitas da pressão na precisão do voo estacionário do drone e nas leituras dos sensores.

Parte 2: Caracterização vertical e observação dos dados

Análise da borda livre (folga) durante a aproximação vertical do drone à superfície da água:

Simulação da análise da borda livre:

- **Nível da crista: monitorização** dos dados de referência relativos à altitude e à densidade do ar no ponto mais elevado da barragem.
- **Nível intermédio (zona de borda livre):** observação das alterações de altitude e das variações da densidade do ar durante a descida em direção à superfície da água.
- **Nível da superfície da água:** o ponto mais crítico em que é medida a distância líquida à água (freeboard), utilizando os dados visuais da câmara.
- **Correção da densidade do ar e da altitude:** cálculo da densidade do ar utilizando dados de pressão e temperatura para corrigir erros nas medições barométricas da altitude.
- **Tempo de resposta (90):** medição do tempo necessário para o sensor atingir leituras



estáveis no ambiente húmido próximo da superfície da água.

Parte3: *Riscos de uma calibração inadequada na monitorização do nível da água*

- **Perigo de leituras imprecisas da borda livre:** análise do risco de calcular incorretamente a taxa de ocupação da barragem devido a leituras erradas da altitude ou da pressão, que poderão ocultar potenciais riscos de inundação.
- **Falsos alarmes e segurança das barragens:** discussão sobre como uma calibração deficiente pode levar a "falsos alarmes de ocupação", resultando em decisões erradas nos protocolos operacionais das barragens.

Questões orientadoras / Discussão em sala de aula:

- Mesmo que os dados na crista da barragem pareçam normais, por que motivo poderá ocorrer uma deriva dos dados causada pela humidade a níveis próximos da superfície da água (o limite do bordo livre)?
- De que modo a capacidade do BME680' para medir a pressão atmosférica melhora a fiabilidade da análise do "bordo livre" realizada utilizando os dados barométricos de altitude?
- Que nível (crista, intermédio ou superfície da água) representa o maior desafio para a estabilidade do drone e para a nitidez das imagens das câmaras?

Leitura breve / Infografia:

Análise e segurança do bordo livre: um guia visual que explica por que motivo a distância entre a crista da barragem e a superfície da água é crítica e como os dados de altitude apoiados pelo BME680 verificam esta distância com precisão milimétrica.

Atividade de trabalho em grupo:

Pequenos grupos analisam os registos de voo verticais e as imagens das câmaras para identificar a altitude à qual a distância do bordo livre desce abaixo do limite crítico de segurança e preparam um relatório técnico sobre o estado atual de ocupação da barragem.

Fase 3 – Aplicação (Prática)

Fase 3: Voo de vigilância para a deteção de poluição (aplicação no terreno e protocolos de vigilância)

Descrição: Esta fase aborda os protocolos operacionais para realizar voos de deteção sobre a albufeira da barragem utilizando os sistemas de sensores BME680 e de câmaras instalados. Os alunos analisarão a segurança da albufeira, identificando as atividades que representam um risco para a qualidade da água, como a construção ilegal, a utilização de fertilizantes químicos e a descarga de resíduos, e classificarão as zonas de risco daí resultantes.

Parte1: *Preparação pré-voo e protocolos de segurança*

- **Planeamento da missão para a vigilância da albufeira:** cartografia dos pontos nas áreas de proteção da albufeira (zonas absolutas e de curto alcance) onde são mais expectáveis atividades ilegais e poluição química.



- **Avaliação ambiental e jurídica:** avaliação do impacto da velocidade do vento e da potência do sinal GPS, bem como das proibições de voo e das restrições legais sobre a albufeira, na segurança do voo.
- **Preparação dos sensores e das imagens:** verificação da instalação do sensor calibrado e do sistema de câmaras de alta resolução; garantia de que o equipamento ótico necessário para a deteção de poluição está pronto.

Parte 2: Execução operacional e recolha de dados

- **Regra de permanência de 30 segundos (cartografia da poluição):** manutenção de uma posição estável em cada coordenada durante 30 segundos nos locais suspeitos de poluição ou nas áreas de construção ilegal, para estabilizar os dados sobre a qualidade do ar (COV, humidade e resistência aos gases) e recolher provas visuais.
- **Gestão da altitude para a deteção:** voar a diferentes altitudes com base na topografia da albufeira para observar a evaporação química proveniente das atividades agrícolas ou as emissões de poeiras ao longo de todo o perfil vertical.
- **Registo sincronizado de dados:** registo simultâneo dos dados dos sensores e das imagens das câmaras com coordenadas GPS para preservar a integridade espacial da fonte de poluição.

Parte 3: Classificação do risco e classificação da gestão dos riscos de poluição:

- **Risco baixo/moderado:** identificação de atividades em conformidade com a regulamentação ou de áreas agrícolas de baixa intensidade.
- **Risco elevado:** classificação das "zonas vermelhas" onde são detetadas estruturas ilegais em áreas de proteção absoluta, utilização de fertilizantes químicos perto de fontes de água ou descarga de resíduos.
- **Protocolos de navegação e de emergência:** garantir a segurança do voo em torno dos obstáculos e das encostas íngremes da albufeira; implementar protocolos de "regresso ao ponto de partida" (RTH) em caso de avaria técnica.



Fase 4 – Reflexão e consolidação (Apresentar e relacionar)

Fase 4: Comunicação sobre a segurança e o ambiente das barragens (cartografia da integridade da albufeira)

Descrição: Esta fase prevê o processamento de dados brutos de campo num ambiente digital, combinando provas visuais com dados do sensor BME680 (como tendências de humidade e evaporação). O objetivo é criar um "Mapa completo da integridade da albufeira" para documentar o estado técnico e a segurança da albufeira da barragem.

Parte 1: Transferência e integração dos dados

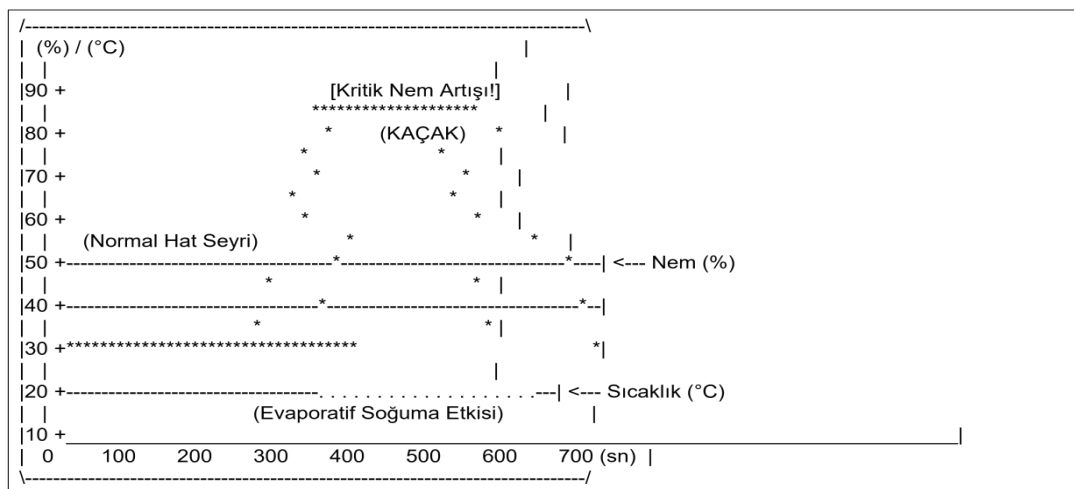
- **Descarregamento de dados:** transferência dos dados do sensor .csv com carimbo temporal (humidade, pressão, COV) e das imagens de alta resolução da memória do drone para um computador.
- **Limpeza dos dados:** filtragem dos dados com ruído provenientes das fases de descolagem e aterragem para se concentrar exclusivamente nas janelas de "voo estacionário" de 30 segundos nas coordenadas de medição.
- **Sincronização espacial: garantir que** as tendências de evaporação e de humidade são associadas com exatidão a provas visuais (por exemplo, estruturas ilegais ou locais de poluição), utilizando as coordenadas GPS.

Parte 2: Análise das tendências de evaporação e da segurança

- **Definição dos limiares ambientais: integração** de normas de segurança das barragens para estabelecer níveis "seguros", "de alerta" e "críticos" de humidade e evaporação.
- **Identificação dos pontos de risco:** utilização da análise matemática para identificar áreas com elevada perda de água (evaporação) ou anomalias ambientais que ameaçam a qualidade da água.
- **Análise estatística (média vs. pico):** cálculo dos valores médios para filtrar as flutuações temporárias, identificando simultaneamente os "valores de pico" para localizar com precisão as fontes de poluição ou as descargas ilegais.

Parte 3: Visualização e cartografia da integridade

- **Criação de um "Mapa da integridade da albufeira":** sobreposição de provas visuais e dados dos sensores BME680 (tendências de humidade/evaporação) para gerar um mapa temático que apresente o estado geral da albufeira.
- **Elaboração do Relatório de Segurança:** preparação de um documento formal que descreva as infrações legais e os riscos ambientais nas zonas de proteção, para apoiar as intervenções administrativas.
- **Resultados do apoio à tomada de decisões:** finalização dos relatórios que identificam as "zonas vermelhas" que exigem uma inspeção imediata ou um acesso limitado por parte das autoridades responsáveis pela gestão das barragens.



Atividade de reflexão/Perguntas orientadoras:

- **Proteção da bacia e avaliação do risco ambiental:** o que aprendeste sobre o processo técnico de utilização da tecnologia dos drones para inspecionar as zonas de proteção "de raio absoluto, curto, médio e longo" e identificar infrações legais (construção ilegal, utilização de substâncias químicas, etc.) no interior destas áreas?
- **Processo de tomada de decisões operacionais:** de que forma pilotar um drone com uma carga útil equipada com um sensor BME680 para monitorizar a humidade, as tendências de evaporação e os valores de COV sobre a barragem e a respetiva bacia influenciou a tua abordagem à segurança do voo e à deteção da poluição?
- **A regra dos 30 segundos:** porque é que a regra do "voo estacionário" de 30 segundos é fundamental para a precisão dos dados de evaporação e humidade recolhidos sobre a superfície da água ou em locais suspeitos e de que forma influencia a fiabilidade do "Mapa de Integridade da Bacia"?
- **Papel da precisão e da calibração dos dados:** qual é o papel fundamental de um planeamento meticuloso e da calibração dos sensores na deteção bem-sucedida de "perigos invisíveis" (fugas de produtos químicos ou anomalias de gases) que possam ter impacto na qualidade da água da bacia?
- **Gestão da bacia baseada em dados:** com base no "Mapa de Integridade da Bacia" e na análise dos dados que prepararam, de que forma os protocolos baseados em dados melhoram as decisões relativas à segurança das barragens e as estratégias de proteção da bacia?

11. CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO (Foco na proteção da bacia e na segurança das barragens)

- **Questionário sobre as zonas de proteção das bacias e a tecnologia dos sensores:** são aplicados questionários breves para avaliar os conhecimentos técnicos dos alunos sobre as restrições legais no interior das zonas de proteção absoluta, de curto, médio e longo raio e sobre a segurança das barragens de água potável. As perguntas fechadas avaliam a forma como o sensor BME680 analisa a saúde ambiental utilizando as tendências da humidade e da evaporação, enquanto as perguntas abertas exploram a importância crítica dos voos de vigilância com drones para a deteção da poluição.
- **Identificação das anomalias da bacia e das atividades de alto risco:** os alunos são avaliados com base na sua capacidade de identificar construções ilegais, utilização de fertilizantes químicos e alterações na distância livre da superfície da água (desobstrução). A avaliação inclui a análise das imagens de reconhecimento das bacias e a marcação rigorosa dos pontos "de alto risco" (áreas que representam uma ameaça para a qualidade da água) nos conjuntos de dados Excel.
- **Autoavaliação da inspeção das barragens e da elaboração de relatórios**



ambientais: os alunos preenchem listas de verificação de autoavaliação para avaliar a sua competência na monitorização do nível da água assistida por drones, na análise da distância entre a crista da barragem e a superfície da água e na interpretação dos dados dos sensores. O processo de reflexão centra-se nas estratégias de proteção da bacia e na utilização responsável da tecnologia dos drones para a segurança das barragens.

- **Protocolos operacionais e revisão por pares:** durante as atividades de grupo, os alunos avaliam a segurança do plano de voo de vigilância sobre a bacia, a precisão dos dados da análise da distância livre e a coordenação técnica no seio da equipa através de protocolos de revisão por pares.
- **Portefólio "Integridade e segurança da bacia":** cada grupo apresenta um portefólio que contém notas de medição da bacia, tabelas de dados do perfil vertical (Excel/Google Sheets), "Mapas de integridade da bacia" combinados com provas visuais e relatórios ambientais oficiais.
- **Recolha de dados e documentação das imagens no terreno:** a avaliação incide sobre o cumprimento, pelo drone, da regra do voo estacionário de 30 segundos nos pontos de suspeita de poluição ou ao nível da crista, o alinhamento das coordenadas de medição selecionadas com as áreas de alto risco e a capacidade dos dados visuais adquiridos para apoiar as decisões administrativas.

12. MATERIAIS DIDÁTICOS

1-

Recursos	Ligação
1. Manual_V4 do DJI Mini 4 Pro com telecomando DJI RC 2	https://docs.google.com/document/d/1fFIacOnKl3LNpETiJVGhhQkoenCvt5ct/edit?usp=drive_link&ouid=110204741178376447896&rt_pof=t_rue&sd=true
2.2.1.Introdução ao NodeMCU	https://docs.google.com/document/d/1kQgIg533Jtssm3LG2PeQFb5hlb1OKwSLQl-dx8GvcHM/edit?usp=drive_link
2.2.2.Módulos de deteção ambiental	https://docs.google.com/document/d/1TaEKu4fmXjR0nPVU_rB5BKxXWu_I-oj9cHaotPzbTBc/edit?usp=drive_link
2.2.3 Aquisição e registo de dados e operações de campo	https://docs.google.com/document/d/19S4BqSk_Rdi75qzwWkpkeVnbtte9otIEB-O9kfYv9Ww/edit?usp=drive_link

2- Kit FLIGHT utilizado (componentes do drone personalizado):





- BME680– Temperatura, Humidade, Pressão,
- Sensor laser de PM2.5 para COV – Partículas em suspensão
- Sensor de gás MQ7 – Detecção deCO.
- GUVVA-S12SD – Intensidade UV

