



Monitorização de precisão do milho com BME680

FLIGHT RESOURCE CENTER

DSU RCSOO “Kiro Burnaz”



Este projeto foi financiado com o apoio da Comissão Europeia. Esta comunicação reflete apenas as opiniões do autor, não podendo a Comissão ser responsabilizada por qualquer utilização que possa ser feita das informações nela contidas.



**Co-funded by
the European Union**

Índice

Table of Contents

1. SHORT DESCRIPTION

(UP 3000 CHARACTERS)

2. TARGET

3. SUBJECT AREA

4. TYPE

5. DRONE USED

6. DURATION

7. LEARNING OBJECTIVES

8. KEY COMPETENCES DEVELOPED

1. Communication and Languages
2. Mathematical, Scientific, Technical and Professional Skills
3. Digital Competences
4. Personal, Social and Professional Competences
5. Safety, Quality and Sustainability
6. Citizenship and Cultural Competence
7. Creativity, Problem-Solving and Entrepreneurship
8. Work-Based Learning and Workplace Integration

9. Prior Knowledge / Prerequisites

10. Lesson/Project Outline

Phase 1 – Introduction (Engage & Contextualize)

Phase 2 – Exploration (Investigate & Compare)

Phase 3 – Application (Hands-On Practice)

Phase 4 – Reflection & Consolidation (Present & Connect)

11. Assessment Criteria

12. Teaching Materials

13. External Resources

14. References

Este projeto foi financiado com o apoio da Comissão Europeia. Esta comunicação reflete apenas as opiniões do autor, não podendo a Comissão ser responsabilizada por qualquer utilização que possa ser feita das informações nela contidas.



**Co-funded by
the European Union**

1. BREVE DESCRIÇÃO

Este projeto explora a utilização do drone **personalizado FLIGHT Kit, equipado** com um sensor **BME680, para monitorizar** o microclima dos campos de milho (Zea mays). Os alunos irão além da inspeção visual para analisar a Temperatura, a **Humidade, a Pressão e os Compostos Orgânicos Voláteis (VOCs)**. **O objetivo é detetar** fatores de stress "silenciosos", como limiares de humidade propícios ao desenvolvimento de fungos e sinais de VOC induzidos por pragas (Compostos Voláteis de Folhas Verdes), que são invisíveis a olho nu.

2. PÚBLICO-ALVO

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

3. ÁREA DISCIPLINAR

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

Este projeto foi financiado com o apoio da Comissão Europeia. Esta comunicação reflete apenas as opiniões do autor, não podendo a Comissão ser responsabilizada por qualquer utilização que possa ser feita das informações nela contidas.



**Co-funded by
the European Union**

4. TIPO

- ✓ Plano de aula
- ☐ Projeto
- ☐ Atividade

5. DRONE UTILIZADO

- ✓ Drone personalizado
- ☐ Drone comercial (DJI)

6. DURAÇÃO

1 x aula de 45 minutos - Portugal

1 x aula de 60 minutos

1 x bloco de 90 minutos

2 x aulas de 45 minutos

2 x aulas de 60 minutos

Sessão dupla (2 × 60 minutos) e trabalho de casa opcional baseado em projeto.

7. OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

Identificar a correlação entre os parâmetros ambientais do BME680 e as fases de desenvolvimento do milho.

Integrar e calibrar o sensor BME680 com o controlador de voo do FLIGHT Kit ou o MCU secundário.

Analisar a resistência bruta do gás (VOCs) para identificar potenciais sinais de stress bioquímico na cultura.

Este projeto foi financiado com o apoio da Comissão Europeia. Esta comunicação reflete apenas as opiniões do autor, não podendo a Comissão ser responsabilizada por qualquer utilização que possa ser feita das informações nela contidas.



**Co-funded by
the European Union**

Produzir um «mapa de calor» do microclima de um campo de milho utilizando dados de GPS e de sensores registados.

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)
Competência numérica aplicada às tarefas profissionais
Interpretação de informação técnica (manuais, diagramas, normas)
Competências profissionais/técnicas
Execução de tarefas práticas

3. Competências Digitais

Competência digital (literacia digital geral)
Utilização de ferramentas digitais em contexto de trabalho

4. Competências Pessoais, Sociais e Profissionais

Competência pessoal, social e de aprender a aprender
Trabalho em equipa e colaboração
Autonomia e responsabilidade
Ética profissional e comportamento profissional
Adaptabilidade e flexibilidade
Cooperação com supervisores e colegas

5. Segurança, Qualidade e Sustentabilidade

Aplicação das normas 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

Este projeto foi financiado com o apoio da Comissão Europeia. Esta comunicação reflete apenas as opiniões do autor, não podendo a Comissão ser responsabilizada por qualquer utilização que possa ser feita das informações nela contidas.



**Co-funded by
the European Union**

Competência de sensibilidade e expressão culturais

7. Criatividade, Resolução de Problemas e Empreendedorismo

- 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 Local de Trabalho

- ☐ Integração nas rotinas do local de trabalho
- ☐ Cumprimento de instruções e procedimentos profissionais
- ☐ Utilização de ferramentas, equipamentos e tecnologia

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

Os alunos devem ter experiência básica em segurança **de voo com drones**, **programação em Python ou Arduino** e conhecimentos fundamentais sobre o ciclo de **crescimento do milho** (GDD - graus-dia de crescimento).

10. Estrutura da aula/projeto

Fase 1 – Introdução (Envolver e contextualizar)

Descrição:

Debater as limitações da inspeção visual convencional. Como sabemos se uma planta está sob stress antes *de* ficar castanha? Introduzir o conceito de VOCs como a «linguagem silenciosa» do milho.

Fotografia/Diagrama:

Este projeto foi financiado com o apoio da Comissão Europeia. Esta comunicação reflete apenas as opiniões do autor, não podendo a Comissão ser responsabilizada por qualquer utilização que possa ser feita das informações nela contidas.



Co-funded by
the European Union



Questões orientadoras / Debate em turma:

«Pode um drone “cheirar” uma infestação de pragas?» «Porque é que a humidade é mais importante ao nível do dossel do que a 10 metros de altura?».

Fase 2 – Exploração (Investigar e comparar)

Descrição:

Descrição técnica detalhada do sensor **de gás MOX (óxido metálico)** BME680. Comparar os dados meteorológicos convencionais com os dados ao nível do dossel captados pelo drone.

Este projeto foi financiado com o apoio da Comissão Europeia. Esta comunicação reflete apenas as opiniões do autor, não podendo a Comissão ser responsabilizada por qualquer utilização que possa ser feita das informações nela contidas.



**Co-funded by
the European Union**

Fotografia/Diagrama:

Cultivo do milho: normas meteorológicas e correlação de sensores			
Métrica	Norma científica / Valor de referência	Impacto agrícola	Interpretação dos dados do BME680
Temperatura	Base: 10°C (50°F) Ótimo: 24°C –30°C Stress: >35°C (95°F)	Determina os GDD (graus-dia de crescimento). O calor intenso durante a polinização (formação do pendão) causa a esterilização do pólen e a perda de rendimento.	Monitoriza «bolsas de calor» localizadas. Temperaturas mais elevadas ao nível do dossel, em comparação com o ar ambiente, indicam falta de arrefecimento através da transpiração.
Humidade	Ideal: 60%–70% Risco de agentes patogénicos: >90% durante 12+ horas	A humidade elevada favorece agentes patogénicos fúngicos, como a mancha-cinzenta-das-folhas. A humidade baixa aumenta as necessidades hídricas da planta.	Identifica «bolsas de vapor» entre as linhas. As leituras de humidade elevada ajudam a mapear zonas de risco de doença sem inspeção física no terreno.
Pressão	Padrão: ~1013.25 hPa (nível do mar)	Importante para a precisão do voo vertical e para prever a aproximação de frentes de tempestade (quedas da pressão barométrica).	Utilizado para calibrar a altitude para um «voo rasante sobre o dossel» de precisão. Essencial para a compensação da precisão do sensor de gás.
VOCs	Linha de base: resistência elevada (kΩ) Stress: resistência baixa (kΩ)	O milho liberta GLVs (compostos voláteis de folhas verdes) quando as paredes celulares são danificadas por pragas como a lagarta-do-cartucho.	Resistência bruta do gás: uma queda acentuada em Ohms indica um sinal químico de «SOS» emitido pela planta, permitindo detetar pragas antes de ocorrerem danos visuais.

Fase 3 – Aplicação (Prática)

Atividade prática:

Montagem do **BME680** no **FLIGHT Kit**. Os alunos realizam uma missão de voo em grelha (3 metros acima dos pendões) para registar dados ambientais sincronizados com coordenadas GPS.

Vídeo:

<https://www.youtube.com/shorts/86Z4c-hu7bo>

Este projeto foi financiado com o apoio da Comissão Europeia. Esta comunicação reflete apenas as opiniões do autor, não podendo a Comissão ser responsabilizada por qualquer utilização que possa ser feita das informações nela contidas.



Co-funded by
the European Union

Fotografia/Diagrama:

Variável	Estação terrestre (2m de altura)	Simulação com drone (3m acima dos pendões)	Interpretação agrícola
Temperatura	28.5°C	31.2°C	Uma temperatura elevada da copa indica stress hídrico (a transpiração cessou).
Humidade	65%	88%	Uma elevada "humidade da copa" aumenta o risco de doenças fúngicas (mancha-cinza-da-folha).
VOCs	150 kΩ (Valor de referência)	45 kΩ (Pico)	Uma diminuição significativa dos VOC sugere um ataque de pragas nessa zona específica da grelha.
VPD	1.1 kPa (Ótimo)	0.4 kPa (Baixo)	O ar está demasiado saturado; o crescimento das plantas é inibido pela falta de transpiração.

Fase 4 – Reflexão e consolidação (Apresentar e relacionar)

Apresentações em grupo

Os grupos apresentarão um "**Relatório de diagnóstico da saúde do milho**" baseado nos dados do voo. Cada apresentação de 5 minutos deve incluir:

- **Visualização de dados:** um mapa de calor ou gráfico de séries temporais que mostre a correlação entre a **temperatura do ar** e a **resistência bruta do gás (VOC)** nas coordenadas do campo onde foram recolhidas amostras
- **Identificação do "stress silencioso":** uma análise de quaisquer "picos" de VOC detetados. Os alunos devem argumentar se estes picos representam uma potencial atividade de pragas ou se são ruído ambiental (por exemplo, maquinaria nas proximidades ou variações na humidade do solo).
-
- **Cálculo do VPD:** um diapositivo que apresente o défice de **pressão de vapor (VPD) calculado** para zonas específicas de alto risco, utilizando os dados do BME680.

Discussão em turma:

O formador conduzirá uma sessão de reflexão centrada nas implicações técnicas e ecológicas da missão:

Este projeto foi financiado com o apoio da Comissão Europeia. Esta comunicação reflete apenas as opiniões do autor, não podendo a Comissão ser responsabilizada por qualquer utilização que possa ser feita das informações nela contidas.



Co-funded by
the European Union

- **Interferência do fluxo de ar das hélices:** "De que forma o fluxo de ar do próprio drone afetou as nossas leituras do BME680? O ar que amostramos provinha realmente da copa ou estava misturado com ar de uma camada mais elevada da atmosfera?"
- **Impacto económico:** "Se conseguirmos detetar uma infestação de pragas 48 horas antes do aparecimento de danos físicos, qual é a potencial poupança de custos em termos de aplicação de pesticidas?"
- **A ética da precisão:** "Os dados de campo de alta resolução ajudam os pequenos agricultores ou beneficiam principalmente as grandes explorações industriais?"

Atividade de reflexão:

Os alunos preencherão um "Registo **de integração do sensor**", no qual refletirão sobre o processo de montagem do hardware:

- **Resolução de problemas técnicos:** **descrever** uma situação em que o BME680 não conseguiu registar dados e a forma como a equipa resolveu o problema (por exemplo, cablagem, conflito de endereço I2C ou formatação do cartão SD).
- **Inovação futura:** **propor** uma modificação à estrutura do **Kit FLIGHT** ou ao suporte do sensor que proporcione ar "respirável" mais limpo ao sensor de VOC em voos futuros

11. **Critérios de avaliação**

Questionários com perguntas fechadas ou abertas:

Estas perguntas centram-se nos conhecimentos objetivos relativos ao **sensor BME680** e às suas métricas **específicas: temperatura, humidade, pressão e VOC**.

- **Identificação:** **identificar** a métrica que sinaliza diretamente o "SOS" bioquímico de uma planta (VOC).
- **Unidades de medida:** associar as métricas às respetivas unidades técnicas, como Ohms para a resistência do gás ou hPa para a pressão atmosférica.
- **Segurança e limiares:** **selecionar** os limiares corretos de humidade ou temperatura que desencadeiam o risco de doenças fúngicas nas culturas de milho.
- **Interpretação de dados:** explicar como uma diminuição simultânea da resistência do gás e um aumento da temperatura indicam um tipo específico de stress da cultura.
- **Desafios de engenharia:** **descrever** como mitigar a interferência do "fluxo de ar das hélices" quando as hélices do drone perturbam o ar que está a ser amostrado pelo BME680.
- **Ética da agricultura de precisão:** discutir o impacto ambiental e económico da utilização de dados de sensores de alta resolução para reduzir o uso de pesticidas no cultivo do milho.

Instrumentos de autoavaliação para reflexão individual;

Os alunos realizam uma autoavaliação com base nas seguintes normas profissionais:

Este projeto foi financiado com o apoio da Comissão Europeia. Esta comunicação reflete apenas as opiniões do autor, não podendo a Comissão ser responsabilizada por qualquer utilização que possa ser feita das informações nela contidas.



**Co-funded by
the European Union**

Área de reflexão	Objetivo da autoavaliação
Autonomia técnica	Avalie a sua capacidade para seguir diagramas técnicos para a integração de sensores sem supervisão constante.
Integridade dos dados	Avalie o seu rigor no registo de dados de temperatura, humidade e VOC com carimbos de data e hora GPS corretos.
Impacto colaborativo	Refleta sobre a forma como a sua análise individual dos sinais de «SOS» de VOC contribuiu para o mapa final do estado sanitário elaborado pelo grupo.

Protocolos de revisão por pares para avaliação colaborativa:

Este protocolo é utilizado durante a **Fase 4** para avaliar os «Relatórios de diagnóstico do estado sanitário do milho» elaborados por cada grupo.

1. Critérios de revisão

Os alunos utilizam uma rubrica normalizada para avaliar o trabalho dos seus pares com base nos seguintes critérios:

- **Integridade dos dados:** A equipa interpretou corretamente a resistência do gás do **BME680** para identificar sinais de VOC provenientes do milho?
- **Rigor científico:** O cálculo do **défice de pressão de vapor (VPD)** está matematicamente correto com base na temperatura e na humidade registadas?
- **Conceção de engenharia:** O suporte do sensor da equipa protege eficazmente o BME680 contra a interferência do fluxo de ar das hélices?

2. O ciclo de feedback (modelo de amigos críticos)

Cada grupo é emparelhado com outro grupo para realizar uma avaliação cruzada:

- **O feedback positivo:** Identificação de um ponto forte específico na visualização de dados ou na eficiência da trajetória de voo.
- **O desafio «construtivo»:** Colocação de uma questão crítica sobre as conclusões (por exemplo, «Como sabem que o pico de VOC não foi causado pelo calor do motor do drone?»)

Portefólios com trabalhos selecionados ou documentação do processo de aprendizagem:

O portefólio deve conter as seguintes evidências do processo de aprendizagem:

- **Diário de voo profissional:** Um registo em formato regulamentar que documenta a data, as coordenadas GPS de descolagem/aterragem, a duração do voo e os dados do piloto-comandante.
- **Esquema da carga útil de sensores:** Um diagrama técnico de cablagem (protocolo I2C) que mostra a ligação do BME680 ao controlador de voo do kit FLIGHT ou ao MCU secundário.

Este projeto foi financiado com o apoio da Comissão Europeia. Esta comunicação reflete apenas as opiniões do autor, não podendo a Comissão ser responsabilizada por qualquer utilização que possa ser feita das informações nela contidas.



**Co-funded by
the European Union**

- **Documentação de segurança e pré-voo:** Listas de verificação preenchidas para a operação no terreno, incluindo parâmetros meteorológicos de «Go/No-Go» específicos para voos sobre a canópia do milho.
- **Repositório de dados em bruto (CSV):** Uma exportação dos dados em bruto da missão de voo, contendo carimbos de data e hora sincronizados, dados GPS e as quatro métricas do BME680.
- **Relatório de diagnóstico do estado sanitário** do milho: O resultado analítico final, incluindo:
 - **Cálculos de VPD:** Dedução matemática, passo a passo, do déficit de pressão de vapor.
 - **Mapa térmico de stresse:** Um mapa visual 2D do campo que destaca «pontos críticos» de VOC ou zonas de elevada humidade.
- **Evidências da resolução de problemas:** Um «Registo de manutenção» ou uma «Nota de engenharia» que descreva a forma como o aluno resolveu interferências no hardware (por exemplo, EMI do motor ou proteção contra o fluxo de ar das hélices).
- **Sínteses reflexivas: Versões finais** do registo de autoavaliação e da auditoria da avaliação pelos pares recebida de outras equipas.

12. **Materiais didáticos**

- **Kit FLIGHT (componentes de drone personalizado).**
- **BME680 – Temperatura, humidade, pressão, VOCs.**
- **Cartão MicroSD e módulo de registo de dados.**

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

- ✓ BME680 – Temperatura, humidade, pressão, COV
- ☐ Sensor laser PM2.5 – Matéria particulada
- ☐ Sensor de gás MQ7 – Detecção de CO
- ☐ GUVA-S12SD – Intensidade UV

Este projeto foi financiado com o apoio da Comissão Europeia. Esta comunicação reflete apenas as opiniões do autor, não podendo a Comissão ser responsabilizada por qualquer utilização que possa ser feita das informações nela contidas.



**Co-funded by
the European Union**