

**montanha
viva**

Intelligent Predictive System for Decision Support in Sustainability



E.2.4. Construção e montagem de uma rede de sensores

Abril de 2024

Conteúdo

Conteúdo	2
Sumário.....	3
1. Introdução.....	4
2. Objetivos.....	4
3. Rede de sensores	5
4. Conclusão.....	9

Sumário

O Projeto Montanha Viva tem como objetivo desenvolver um sistema de apoio à decisão, inteligente e com funcionamento em tempo real, na exploração económica de plantas de montanha, especialmente em locais remotos (sem ligação à internet), para estimular o aproveitamento económico das plantas existentes, aumentar a produção, reduzir o consumo de recursos naturais, contribuindo para a promoção da biodiversidade e preservação da sustentabilidade ambiental, em particular das plantas silvestres de montanha.

Os seus objetivos são:

- Recolher informação básica e produzir dados de identificação e caracterização de plantas de montanha com propriedades de aplicação na saúde e bem-estar e com características potenciadoras de mitigação natural de pragas e doenças em culturas agrícolas na região montanhosa da Serra da Gardunha, promovendo a sustentabilidade das explorações agroflorestais existentes e o desenvolvimento de novos produtos e novos negócios a partir da utilização da flora silvestre.
- Avaliar e caracterizar as propriedades biológicas das espécies selecionadas com base na recolha de informação proveniente de levantamentos etnobotânicos.
- Adaptação de soluções tecnológicas existentes e a potencial necessidade de desenvolvimento de soluções específicas para a monitorização local em zonas remotas (sem acesso a fontes de energia elétrica nem a comunicações) e inóspitas (com gradientes termo-higrométricos muito elevados)
- Analisar o potencial da deteção remota de alta resolução para a classificação das espécies e deteção do seu estado fenológico.
- Desenvolver um sistema inteligente de previsão do vigor das plantas de montanha, informação e apoio à decisão em sustentabilidade ambiental, de forma a otimizar o cultivo/exploração de plantas silvestres na região de montanha.
- Promover a sensibilização sustentável, através da instalação de mesas interpretativas e informação digital com identificação e divulgação do valor ambiental, paisagístico e patrimonial da flora que visam a sensibilização e planeamento da visitação às zonas de montanha.
- Dinamizar os percursos turísticos para a promoção da sustentabilidade da montanha através da sensibilização para a biodiversidade local.
- Comunicar, divulgar, transferir dados e tecnologia e disseminar os resultados do projeto.

Este documento tem como objetivo explicar desenvolvimento da ilha de sensores e o que cada uma destas contém, para recolha de dados e módulos de comunicação para a transmissão dos mesmos, para o projeto Montanha Viva.

Palavras-Chave: Ilha de sensores, Comunicação, Integração de sensores, Monitorização local e remota, Redes de sensores sem fios.

1. Introdução

Nos últimos anos, o fosso entre a agricultura e a tecnologia diminuiu com o desenvolvimento da Agricultura 4.0, que utiliza ferramentas como a Internet das Coisas, a robótica e a inteligência artificial para otimizar vários processos agrícolas.

A atividade descrita neste relatório incluído nas atividades do Projeto Montanha Viva, consiste na descrição da construção e montagem da rede de sensores, inicialmente para testes em ambiente laboratorial e posteriormente para testes de campo.

O sistema de sensores é composto por ilhas de sensorização do solo, da planta e do clima. Após análise aos requisitos e especificações técnicas dos sistemas, e ainda por experiência prática em outros contextos, o consórcio decidiu desenvolver uma estação de monitorização, modular, que permita a inclusão de todos componentes de sensorização que forem necessários. Outro motivo que conduziu ao desenvolvimento das estações de monitorização ao invés de as adquirir conforme proposto em candidatura, decorre das dificuldades de interoperabilidade entre soluções tecnológicas desenvolvidas por distintos fabricantes/fornecedores. Este é também um aspeto relevante quando se pretende o desenvolvimento de uma ferramenta computacional que agregue toda a informação recolhida pelos sensores e a disponibilize de uma forma simples e expedita aos utilizadores, quer seja para fins agrícolas, paisagísticos ou turísticos. Assim, fica disponível uma solução tecnológica mais versátil e resiliente pela modularidade que fornece. Para além disso, assumindo que a localização desta solução tecnológica constituída por redes de sensores se destina a ser instalada em zonas remotas sem acesso a fontes de energia, a inclusão de sistemas de captação de energia por fontes de energia renovável, como por exemplo, a energia solar e integração de uma bateria que permita uma longa autonomia dos dispositivos, é essencial.

Esta relatório apresenta as especificações da rede de sensores da solução tecnológica de monitorização local e remota em ambiente de teste e experimental. O plano de testes da solução tecnológica em ambiente experimental consiste na distribuição de 5 sistemas de monitorização por localizações distintas para avaliar a comunicação de dados sem fios distribuída. Novamente, dada a modularidade conseguida com a solução tecnológica proposta, o número de estações de monitorização foi reduzido, porém, todos as estações de monitorização incluem todos os sistemas de sensorização.

2. Objetivos

A tarefa consiste na construção e montagem da rede de sensores, inicialmente para testes em ambiente laboratorial e posteriormente para testes de campo.

As estações de monitorização, equipadas com uma variedade de sensores capazes de captar dados meteorológicos e avaliar a fenologia das plantas, incluindo a deteção de flores, facilita a avaliação abrangente das espécies de plantas predominantes na área, particularmente aquelas com propriedades medicinais e aromáticas.

Este relatório foca-se na explicação destes passos necessários para a construção e montagem da rede de sensores. Num processo inicial do projeto, duas ilhas de sensores foram colocadas no terreno, uma do lado sul e outra do lado norte da Serra da Gardunha.

3. Rede de sensores

Esta atividade visa a adaptação de soluções tecnológicas existentes e a potencial necessidade de desenvolvimento de soluções específicas para a monitorização local em zonas remotas (sem acesso a fontes de energia elétrica nem a comunicações) e inóspitas (com gradientes termohigrométricos muito elevados).

Este documento apresenta uma exploração aprofundada da rede de sensores, uma contribuição inovadora para o Montanha Viva e na monitorização da biodiversidade.

Para monitorização, são utilizados dois tipos de sensorização: remota e local. A sensorização remota é realizada por satélites de observação terrestre através de imagens geoespaciais de alta-resolução multiespectrais e hiperespectrais, porém, verificou-se que quando as plantas com características de saúde e/ou bem estar se encontram sob a copa de árvores, o que ficou patente nas imagens adquiridas até ao momento, esta observação é muito limitada para o custo que implica. Considerando que se pretende desenvolver uma solução tecnológica a fornecer à sociedade, o custo associado a esta monitorização, tendo em consideração o retorno de informação que providencia, é muito elevado. Deste modo, o consórcio focou-se fundamentalmente na sensorização local, por via do desenvolvimento das estações de monitorização modulares com autonomia energética. A sensorização local é realizada utilizando tecnologia inovadora de comunicações IoT que engloba sensores.

Para a sensorização local são utilizadas:

- Estações de monitorização: Componente que integra um conjunto de sensores utilizado para recolha de dados e módulos de comunicação para a transmissão dos mesmos;
- Estações Terrestres / Gateways: Componente conectado à internet que enviam os dados recolhidos servidores na cloud;
- Servidores na Cloud: Servidores de armazenamento de dados, que têm conexão aberta aos utilizadores através da internet.

Inicialmente, para a monitorização local, encontravam-se propostas ilhas de sensores do clima, do solo e das plantas. As ilhas de sensores do clima seriam compostas por sensores meteorológicos tais como: sensores de temperatura, humidade, direção e velocidade do ar e sensor de precipitação. As ilhas de sensores do solo seriam compostas por sondas capacitivas para medição humidade do solo em diferentes profundidades. As ilhas de sensores das plantas seriam compostas por câmaras para monitorização do estado fenológico da planta. À exceção das últimas, perspetivava-se adquirir essas ilhas de sensores, a diferentes fabricantes/fornecedores, e a posteriori integrar todos os dados num único *dashboard*. Todavia, após consulta e análise às especificações

técnicas e restrições dos equipamentos, verificou-se que existem dificuldades de interoperabilidade entre soluções tecnológicas desenvolvidas por distintos fabricantes/fornecedores. No âmbito do projeto, é essencial que todos dados adquiridos possam ser concentrados numa única base de dados e disponibilizados numa *dashboard*, de uma forma simples e expedita aos utilizadores, quer seja para fins agrícolas, paisagísticos ou turísticos. Assim, o consórcio decidiu desenvolver as suas próprias estações de monitorização, modulares, com capacidade de integração de todos os sensores necessários, e que permite a congregação de todos os dados numa única *dashboard*.

Atualmente, para a monitorização local, as estações de monitorização estão equipadas com: sensores de temperatura, humidade, direção e velocidade do ar; sensor de pressão atmosférica; sensor de precipitação; sondas capacitivas para medição humidade do solo em diferentes profundidades; câmaras para monitorização do estado fenológico da planta.

Em candidatura encontrava-se indicada a monitorização em 5 locais diferentes, porém, estas ilhas de sensores não contariam com toda a panóplia de sensores indicados acima. Neste momento, o consórcio julga mais adequado, face às especificações técnicas das estações de monitorização que desenvolveu, instalá-las com todos os sistemas de monitorização nos diferentes locais. Deste modo será possível a recolha de dados mais consistentes em cada um dos locais de instalação. Porém, a instalação das novas estações de monitorização em todos os locais previstos em candidatura, 5 diferentes locais, duas estações no lado sul da serra da Gardunha, duas do lado norte, e uma localização neutra, dependerá dos custos associados. É necessário salientar que esta potencial alteração não coloca em causa os resultados obtidos, apenas os reforça, pois em cada um dos locais em que forem instaladas as estações de monitorização, será realização a aquisição de todos os parâmetros meteorológicos, do solo e da fenologia das plantas, situação que não ocorria anteriormente, pois iria-se recorrer às ilhas de sensores disponibilizadas por distintos fabricantes.

Atualmente, encontram-se em fase de testes, já instaladas, duas estações de monitorização, uma do lado norte da Serra da Gardunha, perto do Miradouro Pedra D'Hera, e outra do lado sul, próxima do posto de vigia.

A estação de monitorização oferece uma recolha de dados em tempo real sobre vários parâmetros ambientais. Este sistema, caracterizado pelo seu design modular em forma de poste, é autossuficiente, aproveitando a energia solar para um funcionamento contínuo. Pode ser equipado com uma gama diversificada de sensores para captar dados ambientais e agrícolas.

A Figura 1 mostra a estação de monitorização desenvolvida para o projeto Montanha Viva. Na Figura 1 a) à esquerda a estação de monitorização instalada na zona norte, e à direita instalada na zona sul. Para além disto, é apresentado o interior da caixa que contém a bateria e o controlador de carga solar.



Figura 1: Estações de monitorização instaladas para o projeto Montanha Viva. Zona norte (esquerda) e zona sul (direita).

A conceção e a implementação da estação foram concebidas para responder às necessidades de recolha, tratamento e visualização em tempo real de dados ambientais. Assim, desenvolvida para ser precisa, eficiente e escalável, a arquitetura deste sistema está à altura das complexas exigências da monitorização ambiental. A metodologia de recolha de dados utiliza um microcontrolador ESP32, ligado a um amplo conjunto de sensores ambientais. Estes sensores encontram-se calibrados para medir parâmetros essenciais, como a pressão atmosférica, a humidade, a temperatura, a velocidade, a direção do vento, a precipitação e a humidade em diferentes profundidades.

Na Figura 2 são apresentadas duas vistas diferentes da parte superior da estação de monitorização, vista de frente para o painel solar fotovoltaico e a vista de trás. Em cada uma destas vistas, são apresentados os componentes relacionados com a monitorização atmosférica. A estação contém um anemômetro, um pluviômetro, um sensor de direção do vento, um termômetro, um barômetro e um higrômetro. Novamente, ao ser modular, qualquer um destes sensores poderá ser incorporado ou retirado. Esta situação apresenta também benefícios ao nível da manutenção.

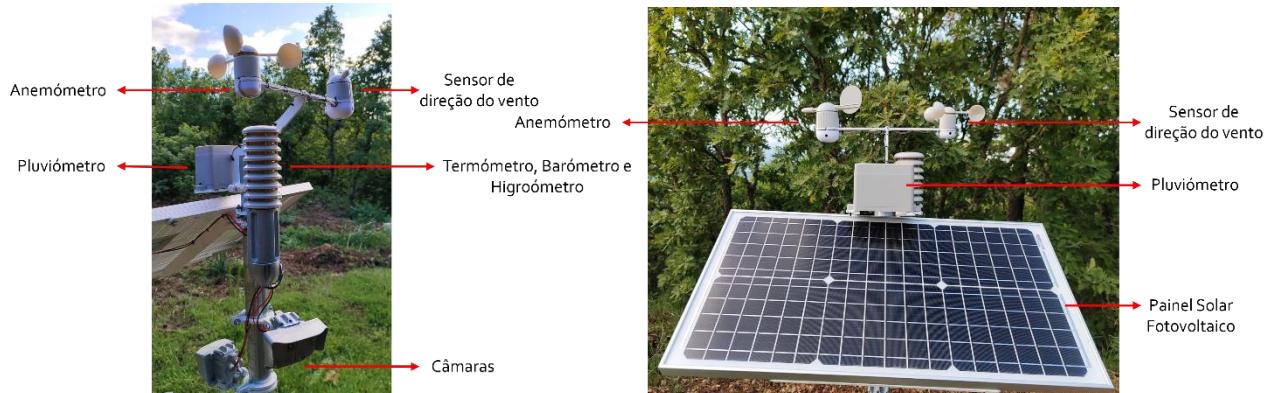


Figura 2: Representação da parte superior da estação cuja monitorização está relacionada com as condições meteorológicas. Representação da vista traseira da estação (esquerda) e vista frontal para o painel solar.

Na Figura 3 é ilustrado o sensor de humidade de solo a diferentes profundidades enterrado junto à estação de monitorização. Na zona sul, o sensor foi enterrado a uma distância do solo de 160 mm, e do lado norte colocado a 180 mm de profundidade.

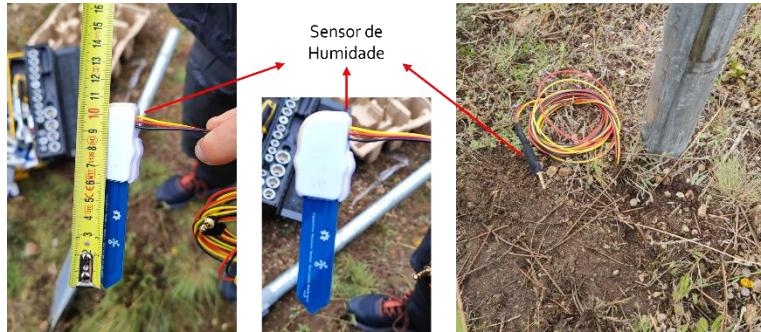


Figura 3: Sensor de humidade do solo a diferentes profundidades.

Após a aquisição de dados, os valores dos sensores são processados por um Raspberry Pi 5, onde são submetidos a um processamento estatístico para melhorar a qualidade e a utilidade dos mesmos, envolvendo cálculos como médias, variâncias e desvios padrão. Os dados refinados são subsequentemente armazenados numa base de dados MySQL, servindo como um repositório estruturado e seguro que garante a disponibilidade dos dados para posterior análise e visualização.

Em paralelo com a recolha de dados dos sensores, a estação utiliza um Raspberry Pi Zero, equipado com um módulo de câmara, para captar imagens de alta resolução para identificação de espécies e monitorização do estado fenológico. Para responder aos requisitos de processamento de imagem, o sistema delineia dois caminhos possíveis distintos. Por um lado, a computação periférica facilita o processamento local de imagens utilizando algoritmos de inteligência artificial (IA) num Raspberry Pi 5. Os dados de imagem processados são então armazenados num sistema NAS (*Network Attached Storage*), selecionado pela sua capacidade de gerir eficientemente grandes volumes de dados de imagem.

Na Figura 4 estão representadas as câmaras instaladas na estação para monitorização da flora, das suas condições e do seu estado fenológico. Cada estação contém duas câmaras, na zona sul, as espécies monitorizadas são *Cytisus multiflorus* e *Glandora prostrata*. Na zona norte, a espécie a ser monitorizada é a *Asphodelus bento-rainhae*. Estas partes da estação encontram-se de baixo da parte de monitorização meteorológica.

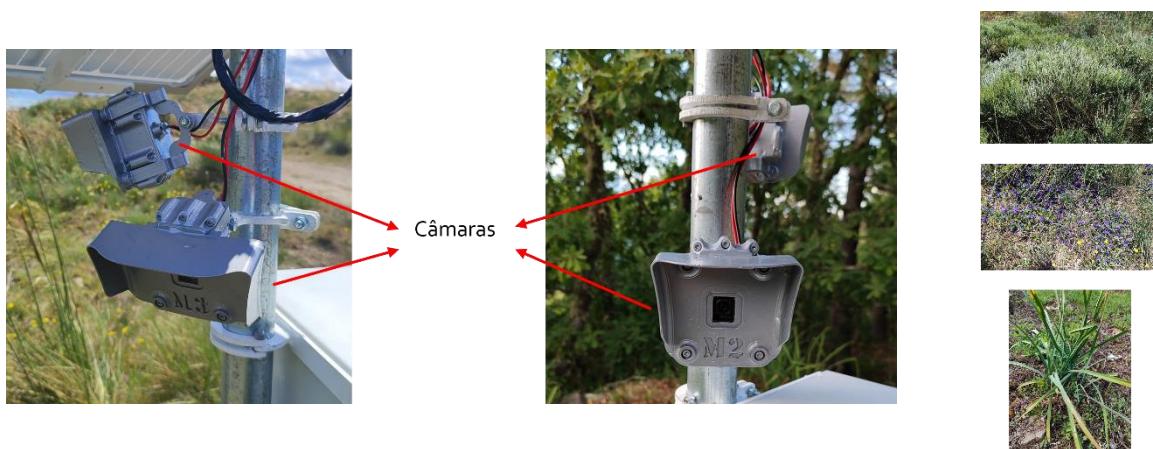


Figura 4: Câmaras instaladas na estação de monitorização para análise da flora e do estado fenológico. As espécies a serem monitorizadas encontram-se à direita na imagem, e respetivamente, de cima para baixo, *Cytisus multiflorus*, *Glandora prostrata* e a *Asphodelus benthainhae*.

Em alternativa, a computação em nuvem oferece um caminho onde as imagens são carregadas para um servidor de Aprendizagem Máquina (*Machine Learning* - ML) baseado na nuvem para processamento. Isto utiliza os vastos recursos computacionais da nuvem para tarefas de análise mais detalhadas. À semelhança da via de computação periférica, os dados de imagem processados são armazenados no sistema NAS, garantindo uma gestão centralizada e eficiente dos conhecimentos relacionados com a imagem.

A integração de dados da base de dados e do sistema NAS é gerida pela infraestrutura de *backend* do sistema, utilizando a FastAPI. Esta configuração emprega algoritmos avançados para extrair informações acionáveis dos dados recolhidos, facilitando um processo de monitorização ambiental abrangente que apoia a tomada de decisões informadas.

4. Conclusão

No panorama evolutivo da biodiversidade e da conservação ambiental, o sistema Montanha Viva surge como uma solução transformadora, integrando tecnologia avançada de sensores com soluções de energia sustentável para aumentar a resiliência e a monitorização da biodiversidade. Adaptado para responder às necessidades de gestão e conservação dos ecossistemas, este sistema incorpora uma fusão entre a conservação ambiental e o avanço tecnológico.

A estação, equipada com uma variedade de sensores capazes de captar dados meteorológicos e avaliar a fenologia das plantas, facilita a avaliação abrangente das espécies de plantas predominantes na área, particularmente aquelas com propriedades medicinais e aromáticas.

A possibilidade de integrar ou extrair sensores em função das necessidades específicas fornece uma versatilidade muito elevada, para além da resiliência da solução, pois caso algum sensor avarie, poderá ser facilmente substituído. Para além destas vantagens, a eliminação das questões de

falta de interoperabilidade dos sistemas é extremamente relevante aos objetivos do projeto, pois é agora possível, num único *dashboard* reunir todos os dados recolhidos no campo/montanha, e apresentá-los de forma expedita e simples aos utilizadores.

O sistema contribui significativamente para a proteção e valorização das zonas de montanha e da flora selvagem. Ao identificar, caraterizar e monitorizar as espécies vegetais, promove a conservação da natureza e da biodiversidade.

Numa era em que a consciência ecológica é fundamental, o sistema Montanha Viva exemplifica o potencial transformador da tecnologia no avanço das práticas sustentáveis. Ao fornecer informações baseadas em dados sobre as condições das plantas silvestres, permite que as partes interessadas tomem decisões informadas e ecologicamente responsáveis, preservando assim o delicado equilíbrio dos ecossistemas.