

Projecto Integrador

Enunciado

lapr3-2023-24 - versão 1.2

11 de novembro de 2023

Resumo

Este documento consiste no enunciado do trabalho prático a desenvolver no contexto do Projecto Integrador das Disciplinas ARQCP, BDDAD, ESINF, FSIAP e LAPR3. O trabalho consiste no desenvolvimento de uma solução informática que apoie a gestão de uma empresa responsável pela gestão de uma instalação agrícola em modo biológico. Neste documento são apresentados de forma breve: as especificidades da Agricultura Biológica; uma instalação agrícola e seus componentes; os documentos fundamentais na condução da instalação agrícola, o Caderno de Campo e o Plano de Regas e Fertilizações; por fim são apresentados os requisitos funcionais e não funcionais da solução a desenvolver, bem como modo de funcionamento e detalhes técnicos do Projecto Integrador.

Tabela 1: Histórico de Versões

Versão	Descrição
1.0	Versão inicial
1.1	Adição de USs de ARQCP, BDDAD, FSIAP e LAPR3 do sprint 2; Explicitação de conceitos: sectores de rega, estados fenológicos e operações agrícolas
1.2	Adição de USs de ESINF Adição de USs de LAPR3 e BDDAD relativas a documentos gerais Explicitação de USs de ARQCP

Conteúdo

1	Projecto Integrador	2
2	Descrição do Problema	3
2.1	Agricultura Biológica	3
2.2	Instalação Agrícola	4
2.3	Sistema de Rega	6
2.4	Estação Meteorológica para Agricultura	8
2.5	Caderno de Campo	9
2.6	Comercialização e Distribuição de Produtos Agrícolas	9
2.7	Utilizadores do Sistema	9
3	Produto Viável Mínimo	10
3.1	Arquitectura de Computadores (ARQCP)	11
3.1.1	Sprint 2	12
3.1.2	Sprint 3	13
3.2	Bases de Dados (BDDAD)	13
3.2.1	Sprint 1	14
3.2.2	Sprint 2	15
3.2.3	Sprint 3	16
3.3	Estruturas de Informação (ESINF)	16
3.3.1	Sprint 2	16
3.3.2	Sprint 3	17
3.4	Física Aplicada (FSIAP)	17
3.4.1	Sprint 2	18
3.4.2	Sprint 3	19
3.5	Laboratório Projecto 3 (LAPR3)	20
3.5.1	Sprint 1	20
3.5.2	Sprint 2	21
3.5.3	Sprint 3	21
3.6	Requisitos não funcionais	21

1 Projecto Integrador

Neste projecto, os alunos deverão ser capazes de fazer a análise, design e implementação de uma solução informática que apoie a gestão de uma empresa responsável pela gestão de uma instalação agrícola em modo de produção biológico (MPB). Este projecto funciona como prova-de-conceito e abarca um conjunto de aspectos críticos na gestão de uma exploração agrícola em MPB, designadamente: a gestão de parcelas (campos), culturas, regas, comercialização de produtos agrícolas em rede, gestão de informação recolhida de sensores de solo e meteorológicos, e dimensionamento e utilização de armazéns agrícolas com necessidade de temperaturas controladas. De acordo com as boas práticas apreendidas no curso e em particular nas disciplinas de Arquitectura de Computadores (ARQCP), Bases de Dados (BDDAD), Estruturas de Informação (ESINF), Física Aplicada (FSIAP) e Laboratório de Projecto III (LAPR3), será utilizado um processo de desenvolvimento iterativo e incremental. Pelo que deverá ser utilizada uma

metodologia ágil baseada em SCRUM para gestão do trabalho de equipa em cada sprint com quatro semanas de duração.

A solução a desenvolver deverá ser composta por conjunto aplicações desenvolvidas em, PL/SQL, Java e C/Assembly, em função dos requisitos. Com o objectivo de aumentar a manutenibilidade da solução e respeitar as boas práticas de desenvolvimento de Software, a implementação deverá seguir uma abordagem TDD (Test-Driven Development).

2 Descrição do Problema

Nesta secção é descrito o problema a resolver, o desenvolvimento de uma solução informática que resolva alguns dos aspectos críticos no funcionamento de uma exploração agrícola em modo biológico. Desta forma é apresentada a agricultura biológica e as suas especificidades, caracterização de uma exploração agrícola e seus componentes incluindo sistemas rega e estações meteorológicas para agricultura. Também são apresentados os modelos de comercialização mais comuns nesta forma de agricultura.

2.1 Agricultura Biológica

A Agricultura Biológica, também designada por Orgânica, é uma forma de produzir alimentos que se baseia na sustentabilidade e responsabilidade agro-ecológica e social. Este modelo é preconizado pelas Nações Unidas como capaz de gerar alimento para a humanidade de forma sustentável e justa.



Figura 1: Agricultura Biológica (<http://www.draplvt.mamaot.pt/DRAPLVT/>)

A Agricultura Biológica permite reverter a massificação agrícola, tendo o solo como suporte de toda a cadeia alimentar, permite aos agricultores promoverem a saúde do ecossistema agrícola, uma vez que este modo de produção fomenta a biodiversidade, os ciclos biológicos e a actividade biológicas dos solos. A prática de rotação das culturas, a utilização de adubos orgânicos, o cultivo de variedades autóctones e a sua consorciação, bem como a utilização da luta biológica contra as pragas, fomenta uma interação entre o solo, as culturas, os animais e as pessoas, que formam assim, um ecossistema onde todos se influenciam, garantindo a sustentabilidade, bem como a preservação do solo e do meio ambiente. Como resultado das consequências adversas que o modelo agro-industrial produziu no meio ambiente e no tecido social (em particular nos países menos

desenvolvidos), nas décadas mais recentes surgiram múltiplos projectos e/ou empresas que têm por objectivo trabalhar em agricultura biológica .

A Agricultura Biológica caracteriza-se por:

- Seguir uma lógica policultural (múltiplas culturas na mesma instalação agrícola) e em menor escala, em múltiplos ciclos ao longo do ano agrícola com o objectivo de manter o sistema em equilíbrio e diminuir o número e dimensão das pragas que podem afectar as culturas;
- Incluir os animais no ciclo de produção pois são elementos que para além de produzirem bens de grande valor económico e alimentar (e.g., ovos, carne e mel) têm um papel fundamental no controlo de infestantes e pragas, polinização e fertilização das culturas;
- Combinar técnicas ancestrais agrícolas (como empalhamento do solo, adubação verde ou rotação cultural) com as mais recentes tecnologias que permitem: monitorizar a saúde das plantas, solos e condições climatéricas; produzir de energia (e.g., eléctrica de fontes solares ou eólicas, térmica de fontes solares ou composteiras); regar de forma eficiente; reduzir a quantidade de insumos a fornecer ao solo e por consequência reduzir o impacto ambiental da actividade agrícola;
- Privilegiar cadeias curtas de consumo (isto significa que existem poucos ou nenhuns intermediários entre produtor e consumidor final);
- Favorecer a cooperação através de redes de comercialização que agreguem múltiplos operadores de pequena dimensão;
- Proteger os recursos comuns, como a água, a atmosfera e os solos.

2.2 Instalação Agrícola

Uma instalação agrícola, ou exploração, é tipicamente uma quinta composta por um conjunto de parcelas e edifícios. Os edifícios que podem ser: estábulos para animais; garagens para máquinas e alfaia; sistemas de rega incluindo tanques agrícola; e armazéns para colheitas, para factores de produção (e.g., fertilizantes) e para rações animais.

- Parcela Agrícola – uma parcela, também designada por campo, é caracterizada por uma designação, área (ha) e culturas (macieira, pereira, trigo, feijão), que podem variar ao longo do tempo. É possível ter simultaneamente mais do que uma cultura numa mesma parcela.
- Cultura – uma cultura é uma espécie vegetal cultivada na agricultura com o objectivo de produzir produtos agrícolas para consumo humano/animal (e.g., flores, frutos, cereais, hortícolas, forragens, fibras) ou para produzir adubação verde. Uma cultura pode ser do tipo permanente (e.g., frutícolas como pereiras ou macieiras) ou temporária (e.g., hortícolas ou forragem).

Uma parcela pode ter várias culturas, por exemplo, é possível ter milho, feijão e abóboras porque criam "sinergias", chamadas consorciações (os feijões fixam o azoto no solo, o azoto é fundamental para o milho, as canas do milho protegem



Figura 2: Vista aérea de um conjunto de parcelas e edifícios agrícolas

as aboboras do sol, e também servem como estacas para o feijão, para além disso as raízes das aboboreiras são muito fortes e profundas, e como tal arejam o solo). Este é um clássico mas existem muitos exemplos destes, seja para repelir pragas, para evitar o aparecimento de infestantes.

Por outro, uma cultura pode estar instalada em múltiplas parcelas, dependendo das necessidades de produção.

- Factor de Produção – os factores de produção são todos os produtos que são aplicados no solo ou nas plantas, por forma a melhorar e nutrir o solo e as plantas, prevenir doenças, corrigir desequilíbrios, e combater pragas e doenças. Podem ser classificados como fertilizantes, adubos, correctivos ou produtos fitofármacos. Um determinado produto é caracterizado pelo nome comercial, formulação (líquido, granulado, pó) e ficha técnica (que inclui entre outros uma lista de elementos e substâncias existentes no produto e respectivas quantidades);
- Operação Agrícola - é toda a acção que é desenvolvida no contexto da actividade agrícola, designadamente: semear, plantar, podar, mondar, desfolhar, tutorar, regar, fertilizar, colher. As operações são usualmente realizadas por operadores frequentemente auxiliados por máquinas e instrumentos agrícolas (como tractores ou tesouras de poda). Podem implicar a utilização de factores de produção. As operações agrícolas são realizadas ao longo do ano, normalmente em função do estado fenológico da cultura e de acordo com uma sequência lógica. De notar que existem operações que são realizadas sobre parcelas nas quais podem não estar instaladas culturas (por exemplo preparação de solo antes de uma sementeira);
- Estado Fenológico - são etapas de desenvolvimento da cultura/planta que podem ser identificáveis por alterações da morfologia externa da mesma, ao nível dos ramos, folhas, flores ou frutos. A evolução e o momento em que acontecem os estados é determinado pelas condições meteorológicas (luz e temperatura), variedades e manejo cultural. Os estados fenológicos são determinantes para a realização das operações agrícolas.

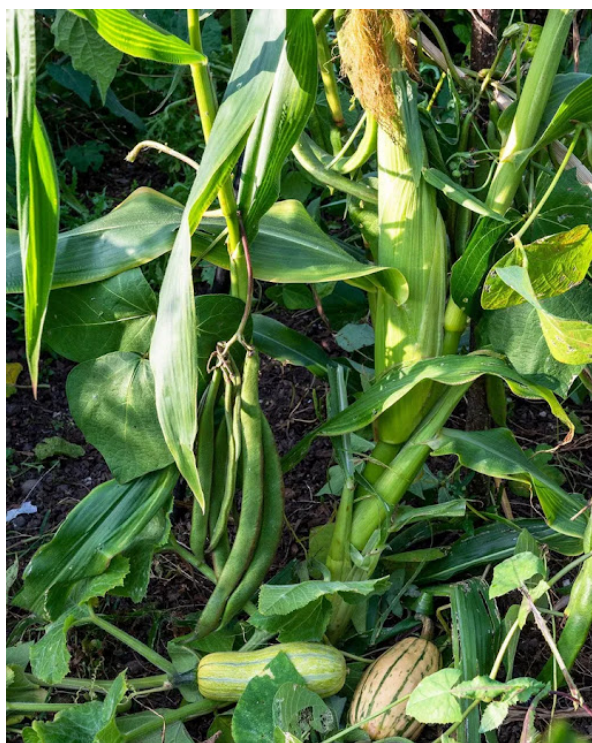


Figura 3: Consorciação de culturas

Na figura 4 são apresentados a título de exemplo os estados fenológicos da cultura do mirtilo, 1. Gema invernal dormente 2. Gema inchada, 3. Brácteas separadas, 4 pré-floração, 5. Início da floração, 6. Plena floração, 7. Fim de floração, 8. Formação do fruto, 9. Troca de cor do fruto e 10. Frutos maduros para a colheita.

O objetivo de uma cultura é obter uma colheita, nem que seja para adubação verde. Para facilitar a gestão da instalação agrícola, pretende-se gerir a informação em termos de ciclo de cultura, i.e. uma plantação/preparação e uma ou mais colheitas. Isto é evidente nas plantações temporárias. Nas plantações permanentes considera-se o ciclo vegetativo. Findo este ciclo considera-se que a plantação se pode manter com as mesmas características da plantação anterior ou sofrer alterações (e.g. alterações no número de plantas, etc.), note-se em que qualquer dos casos a idade (calculada das árvores aumenta). A cada plantação está sempre associada uma ou mais colheitas previstas (semana e quantidade). A análise das diferenças entre as previsões e os resultados reais é uma tarefa importante do gestor agrícola.

2.3 Sistema de Rega

Um sistema de rega/fertirrega é um conjunto de equipamentos capaz de fazer chegar às culturas água ou soluções aquosas contendo factores de produção (e.g., fertilizantes). A dimensão e complexidade destes sistemas pode variar muito em função de múltiplos factores, designadamente, da dimensão da exploração, do número de culturas e parcelas, da quantidade e qualidade da água utilizada, variedade de factores de produção utilizados. A rega pode ser realizada por gravidade (quando exista um desnível entre



Figura 4: Estados Fenológicos no mirtilo

a fonte e as culturas) ou bombeada (através de bombas hidráulicas). A distribuição propriamente dita pode ser feita por aspersão, gotejamento ou pulverização, em funções das necessidades das diferentes culturas. A água é transportada ao longo da exploração através de um sistema de tubagens (primário) e posteriormente distribuída nas parcelas por tubagens de menor dimensão (secundário). O sistema também inclui diferentes filtros necessários para manter as tubagens, aspersores, gotejadores e/ou pulverizadores livres de micro-algas e sedimentos que a água pode transportar.

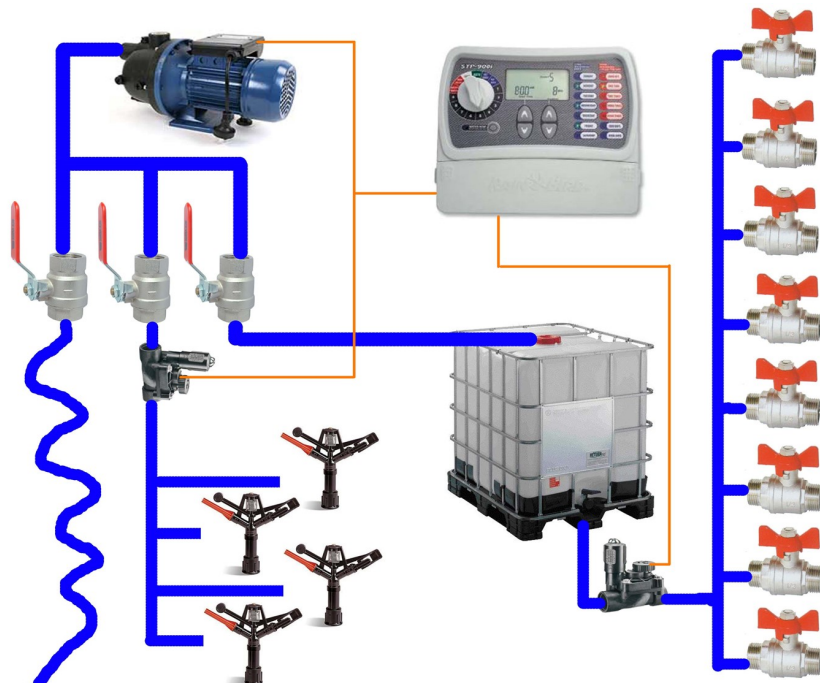


Figura 5: Sistema Rega
 fonte <https://forumdacasa.com/>

O controlador é um elemento fundamental do sistema de rega pois permite, através de um conjunto de electro-válvulas, dispensar a água ou as soluções aquosas de acordo

com um plano de rega. Neste plano está definida uma ordem com os sectores a regar, os tempos de rega (convertível em quantidade de rega) e a periodicidade com que é realizada a rega em cada sector.

As zonas a irrigar na quinta são agrupadas em sectores de rega. Estes sectores são estruturados de acordo com alguns factores, designadamente:

- Débito máximo permitido pelo sistema (componente de bombagem, tubagens), sendo que um sector de rega não pode exceder a capacidade máxima do sistema;
- Culturas as irrigar, culturas diferentes têm usualmente necessidades de rega e factores de produção (aplicados na fertirrega) diferentes pelo que têm de estar em sectores de rega distintos;
- A forma como é dispensada a água (aspersão, gotejamento, micro-pulverização). Um sector, usualmente só compreende uma das formas.

Em termos práticos, um sector de rega pode servir múltiplas parcelas, por exemplo quando estas tenham uma dimensão limitada e a mesma cultura. Por outro, quando uma parcela tenha grandes dimensões, tenha culturas distintas e formas de dispensar a água, pode ser servida por diferentes sectores de rega.

Em função das culturas instaladas é definido um plano (tipicamente anual) das necessidades de rega, correcções minerais e fertilizações a realizar ao longo da época agrícola. Estas aplicações podem ser realizadas por via foliar (pulverização das culturas), através do sistema de rega ou aplicação directa ao solo. As aplicações a realizar discriminam as parcelas, culturas, datas previstas, factores de produção e respectivas quantidades.

2.4 Estação Meteorológica para Agricultura

Uma estação meteorológica para agricultura (EMA) é constituída por um conjunto de sensores que permitem medir grandezas atmosféricas como o vento, temperatura, humidade, radiação e pressão. Estas estações são actualmente um elemento muito importante para a condução de uma exploração sustentável. Uma previsão adequada das condições climáticas, designadamente, vento, humidade e temperatura permite adequar as quantidades de água necessária na rega bem como evitar a aplicação de factores de produção que poderiam ser lixiviados em caso de ocorrer chuva após a sua aplicação. Esta adequação pode implicar poupanças muito significativas em termos de água, energia e factores de produção.

Para além dos sensores meteorológicos existentes na EMA, numa instalação agrícola existem sensores que estão instalados no solo. Assim, na estação meteorológica não terá em princípio mais do que um sensor de um determinado tipo mas podem existir múltiplos sensores do mesmo tipo no solo (por exemplo de humidade) na instalação e/ou na parcela. Sendo que Uma estação meteorológica pode ser um equipamento dispendioso, tipicamente servirá toda a instalação, tanto mais que as grandezas meteorológicas não variam significativamente em áreas pequenas. Por outro lado, os sensores de solo podem existir vários por parcela, depende da dimensão da parcela e da precisão desejada dos valores medidos.

Os principais sensores instalados numa estação meteorológica para agricultura medem grandezas como: pluviosidade, velocidade e intensidade do vento, temperatura, humidade do ar e pressão atmosférica. Enquanto que os sensores de solo medem grandezas como: a humidade, temperatura, pH e salinidade.

2.5 Caderno de Campo

O Caderno de Campo é um documento formal (obrigatório) que permite registar todas as operações agrícolas relevantes ocorridas na exploração, em particular:

- Fertilizações (ou aplicação de um qualquer Factor de Produção permitido) realizados por: via foliar, fertirrega ou aplicação directa ao solo com discriminação dos factores e quantidades aplicadas, data da realização, parcela. Este registo as entradas do Plano de Rega e Fertilizações efectivamente realizados bem como acções extra (não planeados);
- Resumo dos dados recolhidos dos sensores meteorológicos e solo;
- Registo colheitas incluído produto, quantidade colhida, data e parcelas;
- Regas executadas, quantidades, data da realização, parcela;
- Operações agrícolas e acções culturais realizadas.

2.6 Comercialização e Distribuição de Produtos Agrícolas

No contexto da Agricultura Biológica são privilegiadas as cadeias de consumo curtas e locais, idealmente sem intermediários entre o agricultor e o consumidor. As razões que suportam esta posição são essencialmente, redução dos custos ambientais associados ao transporte de alimentos ao longo de grandes distâncias (designado de turismo alimentar), preservação da qualidade dos alimentos, criação de vínculo entre consumidores e produtores, e garantia de um retorno económico mais justo para o agricultor.

São múltiplas as formas de comercializar e distribuir os alimentos produzidos nesta forma de agricultura. Para além da mais simples venda directa ao consumidor, na quinta ou em mercados locais. Existem por exemplo, Grupos de Consumo, Associação de Manutenção da Agricultura de Proximidade¹ ou Community Supported Agriculture² e também distribuição em rede muitas vezes com base em Portais e soluções informáticas (e.g., Prove³ ou Good Food Hub⁴) que têm a capacidade de agregar múltiplos consumidores e produtores.

2.7 Utilizadores do Sistema

Este sistema pode ser potencialmente utilizado por múltiplos utilizadores, designadamente:

¹AMAP - <https://amap.movingcause.org/>

²CSA - <https://communitysupportedagriculture.org.uk/>

³<http://www.prove.com.pt/www/>

⁴<https://goodfoodhubs.pt/>



Figura 6: Mercados Locais
<https://grandeconsumo.com/tag/biologicos/>

- Gestor Agrícola – pessoa que gere culturas nas parcelas, realiza as diferentes acções culturais e as regista no Caderno de Campo
- Cliente – pessoa que encomenda e consume os produtos agrícolas, distribuídos sob a forma de cabazes
- Condutor – pessoa que recolhe os cabazes na exploração agrícola e os deposita nos Hubs de distribuição
- Gestor de Distribuição – pessoa que gere processo de recolha e transporte dos produtos agrícolas entre explorações, Hubs e posterior recolha pelos clientes

3 Produto Viável Mínimo

O projecto a desenvolver deverá ter em consideração a arquitectura apresentada no diagrama de componentes da 7.

O objectivo deste projecto é desenvolver um Produto Viável Mínimo de forma iterativa e incremental, desta forma, o trabalho será dividido em três Sprints:

- Sprint 1 – semanas 3 a 6 – de 2/Outubro a 29/Outubro
- Sprint 2 – semanas 7 a 10 – de 30/Outubro a 26/Novembro
- Sprint 2 – semanas 11 a 14 – de 27/Novembro a 3 de Janeiro

Uma descrição do PVM é fornecida para cada sprint. As equipas devem seguir as USs fornecidas e ter em conta o seu encadeamento e respectivas dependências e no final de cada sprint cada equipa deve conseguir satisfazer os requisitos especificados. As equipas devem ser capazes de adicionar as USs ao backlog, dimensioná-las adequadamente e distribuí-las pelos membros da equipa. Por simplicidade de leitura as US estão separadas por Unidade Curricular.

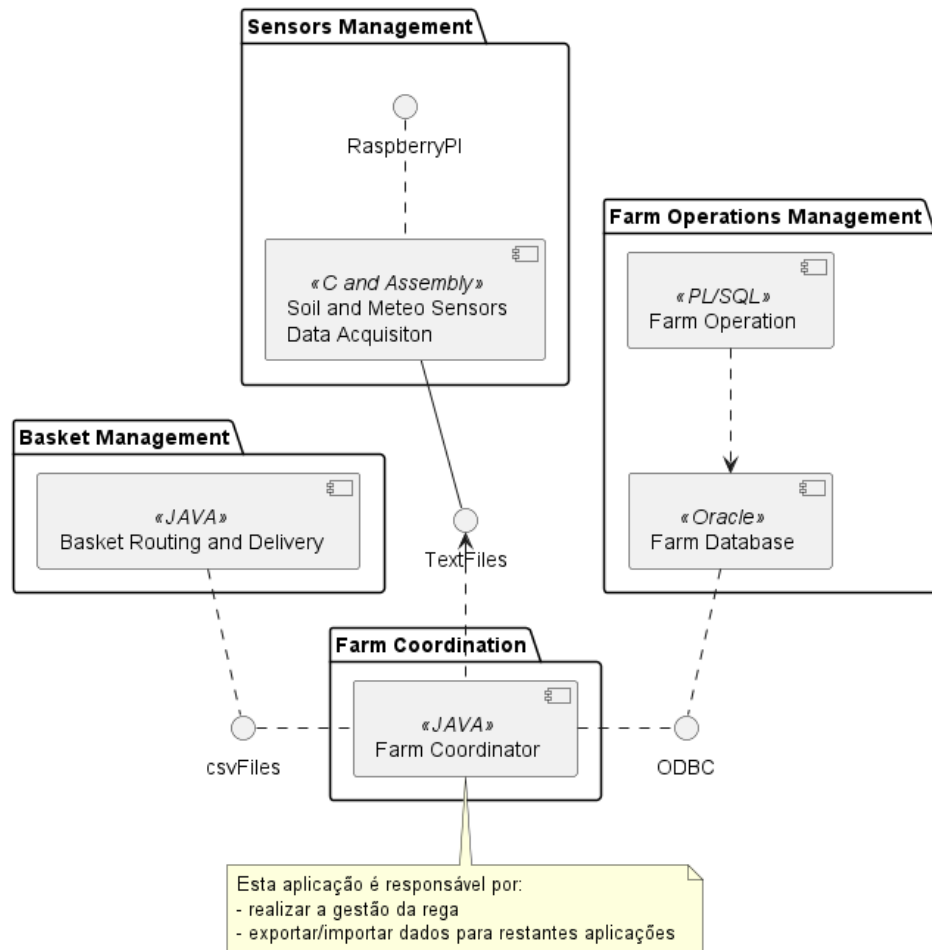


Figura 7: Arquitectura sugerida para solução a desenvolver

3.1 Arquitectura de Computadores (ARQCP)

ARQCP é responsável por implementar o componente Sensors Management (ver figura 7). Este componente deve seguir a arquitectura lógica apresentada na Figura 8.

O componente ColetorDeDados é responsável por periodicamente obter dados dos sensores.



Figura 8: Arquitectura lógica do componente Sensors Management

O componente ProcessadorDeDados recebe os dados do componente ColetorDeDados, processa-os e disponibiliza-os ao componente de SaidaDeDados.

O componente SaidaDeDados periodicamente gera um ficheiro com a informação recebida do componente ProcessadorDeDados.

Em termos físicos o componente ColetorDeDados é composto por um Microcontrolador Raspberry Pi Pico W que tem um conjunto de sensores acoplados e periodicamente obtém os dados dos sensores.

Cada sensor é caracterizado por um identificador e pelo tipo (ao qual está associado a unidade de medida). Existem sensores de vários tipos: temperatura, velocidade do vento, direção do vento, humidade atmosférica, humidade do solo e pluviosidade.

Para cada sensor o componente ColetorDeDados envia a seguinte informação e no seguinte formato:

```
\sensor_id:" + id + \#type:" + type + "#value:" + value + "#unit:" + unit + "#time:" + time  
sensor_id:8#type:atmospheric_temperature#value:21.60#unit:celsius#time:2470030
```

onde id é um valor numérico que identifica o sensor, type é uma string que identifica o tipo de sensor, value é um valor número com a medida lida do sensor (com duas casas decimais), unit é uma string com a indicação da unidade de medida e time é o timestamp da leitura (valor em milissegundos).

sensor_id, type, value, unit e time serão designados como tokens.

O componente ProcessadorDeDados é responsável por efetuar o processamento da informação dos sensores, como por exemplo calcular dados estatísticos de cada sensor, aplicar a técnica de filtragem MovingMedian⁵.

Determinar o que é um outlier e etc. Alertar o sistema quando está um determinado período sem receber dados de um determinado sensor. A componente tem uma restrição que é: não suporta números reais, só inteiros. Contudo, os valores das medições são números reais com duas casas decimais.

O componente SaidaDeDados sempre que recebe dados do componente ProcessadorDeDados cria um ficheiro de texto com esses dados. O nome para os ficheiros segue um padrão (a definir) assim como o formato de representação da informação. Este componente ao contrário do ProcessadorDeDados suporta números reais e terá de transformar os valores das medições (value) em números reais com duas casas decimais.

A implementação da componente de ARQCP terá de seguir uma estrutura de acordo com a arquitetura lógica apresentada. Portanto, terá de existir uma pasta por cada componente cujo nome deve ser igual: ColetorDeDados; ProcessadorDeDados e SaidaDeDados.

3.1.1 Sprint 2

Neste sprint pretende-se implementar as seguintes US relacionadas com a componente ProcessadorDeDados. As componentes de ProcessadorDeDados e SaidaDeDados devem ser implementadas na máquina virtual usada em ARQCP.

- USAC01 Desenvolva uma função em assembly que dada uma string (input) com a informação gerada pelo ColetorDeDados e um token extraia a informação (campo value da string) referente a esse token (output).

```
void extract_token(char* input, char* token, int* output);
```

É preciso ter em atenção que o campo value da string é um número real. Este componente tem uma limitação que é só suporta números inteiros.

⁵<https://reference.wolfram.com/language/ref/MovingMedian.html>

- USAC02 Desenvolva uma função em assembly que insira um valor (int value) num array (int * array). Este array deve ser implementado de acordo com as regras de um buffer circular.

```
void enqueue_value(int* array, int length,
    int* read, int* write, int value);
```

Um buffer circular é um array de tamanho fixo (definido por length) cuja política de inserções e remoções dos elementos do array permite a criar a circularidade, isto é, faz com que o fim do array pareça estar ligado ao início (int * read, int *write). Se o array estiver cheio o elemento mais antigo no array deve ser descartado.

- USAC03 Desenvolva uma função em assembly que remova n valores (int num) de um array (buffer circular) e os copie para outro array (int * vec)

```
int move_num_vec(int* array, int length, int *read,
    int *write, int num, int* vec);
```

No caso de não existirem os n elementos no array, a função não deve copiar os elementos e retornar 0, caso contrário deve retornar 1.

- USAC04 Desenvolva uma função em assembly que ordene um dado array.

```
void sort_array(int* vec, int num);
```

- USAC05 Desenvolva uma função em assembly que dado um array retorne a sua mediana, no caso de num ser um número par, deve retorna o elemento que está na posição num /2.

```
int mediana(int* vec, int num);
```

3.1.2 Sprint 3

(a definir)

3.2 Bases de Dados (BDDAD)

Neste componente deve ser concebida uma Base de Dados que modele uma exploração agrícola que permita suportar as seguintes USs:

3.2.1 Sprint 1

- USBD01 - Como Product Owner, pretendo que seja elaborado dicionário de dados/glossário.
- USBD02 - Como Product Owner, pretendo que seja elaborado o modelo relacional (nível lógico).

Critérios de aceitação:

- O modelo de dados deve cobrir a atividade da instalação agrícola, ficando excluída a comercialização e distribuição de produtos e a gestão da rega. Apesar do sistema de rega fazer parte da instalação agrícola, não é necessária manter na base de dados a topologia detalhada. Pode-se considerar cada sistema de rega como uma "caixa preta", associando cada sistema às parcelas que rega.
- Esperado: modelo "básico" partilhado no Visual Paradigm ou docs no git (e.g., PlantUML).
- Acima do esperado: modelo completo no Visual Paradigm, que inclua todas as restrições e que permita a geração automática de script de modelo físico.
- USBD03 - Como Product Owner pretendo que seja instanciado o modelo relacional (nível físico).
 - Será demonstrado no Oracle LiveSQL.
 - Esperado: criação manual do script
 - Acima do esperado: geração automática a partir do Visual Paradigm (gestão centralizada de alterações)
- USBD04 - Como Product Owner pretendo que sejam importados os dados de um sistema legacy, fornecidos numa folha de cálculo.
 - Esperado: construção manual dos scripts de inserção dos dados
 - Acima do esperado: geração automática do código SQL de inserção de dados a partir da folha de cálculo (e.g. fórmulas Excel, scripts noutra linguagem qualquer, etc.)
- USBD05 - Como Gestor Agrícola, pretendo saber a quantidade de produtos colhidos numa dada parcela, para cada produto, num dado intervalo de tempo.
- USBD06 - Como Gestor Agrícola, pretendo saber o número de fatores de produção aplicados numa dada parcela, para cada tipo de fator, num dado intervalo de tempo.
- USBD07 - Como Gestor Agrícola, pretendo saber o número de operações realizadas numa dada parcela, para cada tipo de operação, num dado intervalo de tempo.
- USBD08 - Como Gestor Agrícola, pretendo saber o fator de produção com mais aplicações na instalação agrícola num dado intervalo de tempo.

- USBD09 - Como Gestor Agrícola, pretendo saber o número de aplicações de cada tipo de fator de produção aplicados na instalação agrícola num dado intervalo de tempo.
- USBD10 - Como Gestor Agrícola, pretendo saber qual a parcela com mais operações de rega num dado intervalo de tempo.

Critério de aceitação das USBD05 a BD10:

- Critério mínimo de aceitação: só serão avaliadas as US em que haja dados que permitam avaliar o seu funcionamento.
- Esperado: demonstrado com dados criados pelo grupo
- Acima do esperado: demonstrado com dados importados do sistema legacy

3.2.2 Sprint 2

- USBD11 - Como Gestor Agrícola, quero registar uma operação de sementeira
- USBD12 - Como Gestor Agrícola, quero registar uma operação de monda
- USBD13 - Como Gestor Agrícola, quero registar uma operação de colheita
- USBD14 - Como Gestor Agrícola, quero registar uma operação de aplicação de fator de produção
- USBD15 - Como Gestor Agrícola, quero registar uma operação de poda
- USBD16 - Como Gestor Agrícola, pretendo obter a lista dos produtos colhidos numa dada parcela, para cada espécie, num dado intervalo de tempo
- USBD17 - Como Gestor Agrícola, pretendo obter a lista dos fatores de produção aplicados numa dada parcela, e respetivas quantidades, para cada tipo de substância componente, num dado intervalo de tempo
- USBD18 - Como Gestor Agrícola, pretendo obter a lista de operações realizadas numa dada parcela, para cada tipo de operação, num dado intervalo de tempo.
- USBD19 - Como Gestor Agrícola, pretendo obter a lista de aplicações de fator de produção aplicados na instalação agrícola, incluindo a parcela e cultura (se aplicável), por tipo de fator de produção, num dado intervalo de tempo.
- USBD20 - Como Gestor Agrícola, pretendo obter os totais de rega mensal de cada parcela, num dado intervalo de tempo.
- USBD21 - Como Product Owner, pretendo que seja atualizado o modelo relacional (nível lógico e físico) à luz dos novos requisitos e user stories.
- USBD22 - Como Product Owner, pretendo que sejam importados os dados atualizados, fornecidos numa folha de cálculo.
- USBD23 - Como Product Owner, pretendo que seja actualizado o dicionário de dados/glossário.

3.2.3 Sprint 3

(a definir)

3.3 Estruturas de Informação (ESINF)

A empresa GFH é um operador logístico que faz a distribuição de cabazes com produtos agrícolas em rede. Neste sistema, os produtores, são as entidades que produzem produtos agrícolas e os vendem em cabazes, isto significa que podem existir produtores mais focados em frutas ou hortícolas, os derivados da produção animal (ovos, carne, leite). Um cabaz é conjunto de produtos de um produtor. Os clientes, são as entidades que encomendam cabazes de diferentes produtores. Na prática, um cabaz é corresponde a um encomenda (que pode ser regular) que consiste numa lista de produtos (de um produtor específico) e respectivas quantidades. Os hubs são as instituições/empresas nas quais são entregues cabazes, posteriormente levantados pelos clientes. Os hubs podem ser universidades, hospitais, ginásios e empresas, e têm um período de funcionamento para entrega e levantamento de cabazes (em princípio não coincide com o horário de funcionamento da instituição).

A procura agregada é resultado de todas as encomendas colocadas e de forma similar a oferta agregada é o conjunto de cabazes disponibilizados pelos produtores. A GFH é empresa responsável pela distribuição, não é um comercializador de produtos agrícolas, é um distribuidor de cabazes, não fazendo a composição de cabazes.

3.3.1 Sprint 2

Com recurso às classes que implementam a interface Graph no presente projeto pretende-se a criação de um conjunto de classes e testes que permitam gerir uma rede de distribuição de cabazes de produtos agrícolas.

Esta rede é constituída por vários vértices representativos de localidades onde poderão existir hubs de distribuição.

Os cabazes de produtos são transportados em veículos elétricos, explorados pela GFH, com autonomia limitada, ficando disponíveis nos hubs para posterior recolha pelos interessados. A distribuição dos produtos é condicionada ao horário de funcionamento do hub.

Para maior simplicidade assuma que as viaturas têm uma autonomia máxima de A km, deslocando-se a uma velocidade média de V km/h, os carregamentos dos veículos só podem ser feitos nas localidades, nunca no percurso entre localidades, e cada carregamento de bateria dos veículos demora T_c min. Considere ainda que o tempo médio de descarga dos cabazes de produtos nos hubs é de cerca de T_d min.

1. USEI01 – Construir a rede de distribuição de cabazes a partir dos ficheiros (distancias_XXX.csv e locais_XXX.csv) com o formato disponibilizado. O grafo deve ser implementado usando a representação mais adequada para realizar de forma eficiente as funcionalidades pretendidas.
2. USEI02 – Determinar os vértices ideais para a localização de N hubs de modo a otimizar a rede de distribuição segundo diferentes critérios:
 - influência: vértices com maior grau

Localidade	Horário
CT1 ... CT105	9h:00 – 14h:00
CT106 ... CT215	11h:00 – 16h:00
CT216 ... CT323	12h:00 – 17h:00

- proximidade: vértices mais próximos dos restantes vértices
- centralidade: vértices com maior número de caminhos mínimos que passam por eles

Para cada hub o número de colaboradores do hub é igual ao número do identificador da localidade em que o hub reside. Por exemplo um hub na localidade CT149 terá 149 colaboradores. O horário de funcionamento dos hubs deve ser definido de acordo com a tabela:

Critério de Aceitação: Devolver todas as localidades e respetivos critérios ordenado por ordem decrescente de centralidade e influência.

3. USEI03 – Dado um veículo, a sua autonomia e atendendo a que os carregamentos só podem ser feitos nas localidades, determinar o percurso mínimo possível entre os dois locais mais afastados da rede de distribuição, indicando o número de paragens necessárias para carregamentos do veículo.

Critério de Aceitação: Devolver o percurso entre os dois locais mais afastados da rede de distribuição: local de origem, os locais de passagem (indicando os locais onde foi feito carregamento da viatura), distância entre os locais do percurso, local destino, distância total do percurso e o número total de carregamentos.

4. USEI04 – Determinar a rede que liga todas as localidades com uma distância total mínima.

Critério de Aceitação: Devolver a rede de ligação mínima: locais, distância entre os locais e distância total da rede.

5. USEI05 – Considerando a rede de ligação mínima de distribuição de cabazes e dada uma lista de N hubs, dividir a rede em N clusters conexos e o mais coesos/separados possível.

Critério de Aceitação: Devolver a rede de cada cluster e o respetivo coeficiente de coesão/separação (coeficiente de silhouette⁶).

3.3.2 Sprint 3

(a definir)

3.4 Física Aplicada (FSIAP)

Para esta tarefa, temos como ponto de partida, uma estrutura já existente, com todas as paredes feitas em granito, e um telhado de duas águas (dupla inclinação) em telha de barro vermelho, com as seguintes dimensões: 6 metros de largura, 8 metros de

⁶[https://en.wikipedia.org/wiki/Silhouette_\(clustering\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Silhouette_(clustering))

comprimento e 2.5 metros de altura, na zona mais baixa da parede. Tem uma porta de acesso pequena e uma janela, mas que devem ser alteradas para estarem de acordo com as atuais necessidades. Assim, pretende-se ampliar este espaço, ou estrutura, recorrendo a outros materiais. A estrutura final deve ter as seguintes dimensões, 150m² e telhado com inclinação dupla. A zona nova deverá ter 4 metros de altura, na zona mais baixa da parede. O espaço interior, considerando as duas estruturas, deve ser dividido em 5 zonas (no total das duas estruturas consideradas), e podem/devem suportar diferentes temperaturas. As zonas têm áreas a definir (assim, cada grupo define os espaços e áreas que vai considerar). Considerem-se as seguintes zonas:

- Zona A - zona que contém a porta de acesso, a receção terá um maior contacto direto com o exterior, dado que é a zona preferencial de receção e distribuição para os restantes espaços. E deve permitir ter uma temperatura de 5 °C abaixo da temperatura ambiente considerada (como ponto de partida pode ser de 20 °C, mas no final do projeto devemos ser capazes de considerar este valor dinâmico), com um mínimo 20m².
- Zona B - deve poder manter o seu interior a -5 °C, com um mínimo 20m² e máximo 35m².
- Zona C - a temperatura interior será de 0 °C, com um mínimo 15m².
- Zona D - a temperatura interior deve ser mantida a 7 °C, com um mínimo 15m² e máximo 35m².
- Zona E - sem ligação interior às restantes, só com ligação direta ao exterior. Deve permitir manter-se a uma temperatura de 5 °C abaixo da temperatura exterior que for considerada (esta zona poderá estar associada ao armazenamento de produtos e/ou de excedentes de produção) com um mínimo 40m² e máximo 65m².

3.4.1 Sprint 2

Pretende-se elaborar uma estrutura composta por diferentes materiais, com as características que permitam manter as temperaturas indicadas anteriormente. Cada parede, das novas a construir, deve conter três materiais a separar as temperaturas interiores das exteriores. As paredes de granito e o telhado existentes poderão ser complementadas, ou não, com os novos materiais a usar no edificado restante. Situação que vai depender da localização dos espaços, que cada grupo considerará. Este telhado deve ter dupla inclinação mínima, mas que permita o bom escoamento das águas, com o cume ao longo de todo o comprimento.

- USFA01 - Apresente um croqui de uma estrutura, que considere a estrutura inicial e a sua expansão, e as divisões internas:
 - Esta estrutura terá uma porta grande, que possa subir, de dimensões a definir, mas que permita o acesso a um veículo de transporte de mercadorias, tipo furgão de grandes dimensões, e que dará acesso à zona de receção, zona A.

- A estrutura deve ter ainda uma outra porta de duas folhas, com dimensões a definir, que servirá exclusivamente para acesso à zona de armazenamento de produtos e/ou excedentes, zona E.
 - A estrutura deve ter um mínimo de duas janelas, ambas com dimensões a definir. Uma posicionada na zona de receção, zona A, e a outra na zona de armazenamento, zona E.
 - O interior será dividido em cinco espaços ou zonas, separados fisicamente por paredes e uma porta de acesso ao seu interior. Com exceção da zona de armazenamento, que só terá acesso pelo exterior.
 - A sua disposição, dimensões individuais e portas de acesso são definidas pelos grupos.
- USFA02 - Pretende-se saber qual o conjunto de potenciais materiais a usar nas paredes da estrutura de expansão e paredes interiores, assim como do respetivo telhado.
 - Quais as características térmicas e materiais, a usar na constituição das paredes exteriores.
 - Quais as características térmicas e materiais, a usar no telhado.
 - Quais as características térmicas e materiais, a usar na constituição das portas e janelas.
 - USFA03 - Pretende-se saber quais os materiais a usar nas paredes divisórias (interiores) por forma a definir os espaços indicados e para funcionarem às temperaturas indicadas. A disposição dos espaços fica ao critério dos grupos.
 - Quais as características térmicas e materiais, a usar na constituição das paredes interiores.
 - Quais as características térmicas e materiais, a usar na constituição das portas de acesso.
 - USFA04 - Com base no kit de hardware fornecido, de LAPR3, realizar leituras nos diferentes meios, com um termopar fornecido.
- Como resultado das USs (FSIAP01 a 03) apresentar num documento resumo, a escolha de materiais considerados para as diferentes paredes consideradas, portas, janelas e telhado, e as respetivas características térmicas. Um documento, em formato pdf, com as escolhas consideradas para cada tipo de parede e telhado, assim como para as janelas e portas consideradas.

3.4.2 Sprint 3

(a definir)

3.5 Laboratório Projecto 3 (LAPR3)

3.5.1 Sprint 1

- USLP01 Como Product Owner, pretendo que seja elaborado o modelo de domínio (nível conceptual). Este modelo será um elemento fundamental de comunicação entre todos os interessados na solução a desenvolver. O diagrama do modelo de domínio é um documento “vivo” e deverá reflectir em cada momento o entendimento partilhado sobre o domínio pelos interessados.

Critérios de aceitação:

- - O modelo de dados deve cobrir a atividade da instalação agrícola, ficando excluída a comercialização e distribuição de produtos e a gestão da rega. Apesar do sistema de rega fazer parte da instalação agrícola, não é necessária manter na base de dados a topologia detalhada.
- - Esperado: modelo “básico” partilhado no Visual Paradigm ou docs no git (e.g., PlantUML).
- USLP02 – Como Product Owner, pretendo que seja definida uma funcionalidade que consiste em simular um controlador do sistema de rega.

Para tal deve ser consumido um ficheiro de texto com um conjunto de instruções e gerado um plano de rega para 30 dias. O ficheiro de texto deverá ter a seguinte informação e formato:

¡Horas de rega¡ Nesta linha são definidos as horas que se inicia um ciclo de rega, por exemplo: 8:30 e 17:00, significa que existem dois ciclos de rega diários que se iniciam respectivamente às 8:30 e 17:00.

¡Sector, Duração, Regularidade¡ Existe uma linha para cada sector a regar. Sector (uma ou mais parcelas) identifica a zona a ser regada (controlado por uma electroválvula); Duração, o tempo em minutos que o sector deve receber rega; e a Regularidade, a fórmula de recorrência que define os dias que o sector deve ser regado T, todos; I, ímpares, P, pares, 3, a cada 3 dias

Exemplo:

8:30, 17:00

A,14,T

B,8,T

C,25,P

D,25,I

E,7,T

F,10,3

Note-se que por questões capacidade, os sectores são regados de forma sequencial. A necessidade de regar em dias pares ou ímpares resulta da necessidade de balancear as necessidades de rega de todos sectores em função da capacidade máxima do sistema.

O controlador de rega, contem um plano de rega para 30 dias a partir da data de criação e em qualquer momento (data/hora) sabe responder se está a regar ou não, e em caso afirmativo qual o sector que está a regar e quantos minutos faltam para terminar.

3.5.2 Sprint 2

- USLP03 - Como Product Owner, pretendo que seja desenvolvida uma funcionalidade que, de forma automática, consuma o plano de rega gerado pelo simulador do controlador desenvolvido na USLP02 e que de forma escalonada após a conclusão da rega em cada sector registre essa operação no caderno de campo. Nota: No desenvolvimento desta US serão intencionalmente ignorados aspectos estudados em Sistemas Distribuídos (como por exemplo tolerância a falhas).
- USLP04 a USLP08 - Como Product Owner, pretendo que seja desenvolvidas funcionalidades que permitam a evocação das USBD11 a USBD15. Não é pretendido o desenvolvimento de uma interface gráfico para a aplicação "Farm Coordinator", esta interface pode ser em modo texto.
- USLP09 Como Product Owner, pretendo que seja actualizado o modelo de domínio (nível conceptual).

3.5.3 Sprint 3

(a definir)

3.6 Requisitos não funcionais

Esta secção descreve alguns dos requisitos não funcionais que devem ser considerados na implementação do projecto.

- A validação das regras de negócio que devem ser respeitadas aquando do registo e actualização de dados.
- A Base de Dados será o repositório principal de informação do sistema e deverá reflectir a necessária integridade de dados. A informação deverá ser persistida num SGBD remoto.
- Por forma a potenciar a interoperabilidade entre sistemas existentes ou a desenvolver, a aplicação principal será desenvolvida em Java. No entanto alguns componentes deverão ser desenvolvidos noutras linguagens, a criação e gestão da Base de dados utilizará PL/SQL, e a interacção com estações meteorológicas será desenvolvida em C/Assembly. Uma parte significativa da integração será realizada através de ficheiros.
- A estrutura de classes deve ser concebida por forma a permitir a sua fácil manutenção e adição de novas funcionalidades, de acordo com as melhores práticas de OO.