

| Trabalho nº 2 | |
|--|---|
| Disciplina | Modelação de Dados em Engenharia |
| Ano Lectivo | 2024/2025 |
| Objectivo | Modelar e implementar uma rede agrícola sustentável |
| Aulas | 5 aulas x 3 horas + 6 horas extra |
| Data de Entrega | 2025/05/26 |
| <p>Objetivos:</p> <ol style="list-style-type: none"> Modelação de factos <ol style="list-style-type: none"> Representar o problema utilizando uma estrutura de factos adequada na base de conhecimento. Definição de regras de inferência <ol style="list-style-type: none"> Efetuar <i>queries</i> sobre factos definidos na base de conhecimento Inferir conhecimento com base nos factos e regras definidos. Utilização de ferramentas de modelação <ol style="list-style-type: none"> Utilizar o software Swi-Prolog para desenvolver e testar a base de conhecimento. Permitir a interactividade entre utilizador/base-de-conhecimento utilizando o Swi-Prolog. Integração da base-de-conhecimento com outro software <ol style="list-style-type: none"> Recolher dados em tempo real para a base de conhecimento usando o protocolo MQTT. Estabelecer comunicação entre SWI-Prolog e uma aplicação Java utilizando o formato JSON. Permitir a interactividade entre utilizador/base-de-conhecimento através de uma aplicação em Java. Documentação e avaliação <ol style="list-style-type: none"> Responder à ficha de trabalho no Moodle, documentando as decisões e resultados. | |

Objetivos

Este trabalho destina-se a proporcionar aos alunos um contacto com os conceitos de modelação de conhecimento.

Descrição geral do problema

A crescente exigência de uma agricultura mais eficiente e sustentável impulsiona o desenvolvimento de sistemas inteligentes de gestão agrícola, que integram tecnologias de monitorização, redes de comunicação e mecanismos de apoio à decisão. Neste contexto, pretende-se modelar uma **Rede Agrícola**, composta por **produtores**, **quintas agrícolas**, **distribuidores** e **transportadoras**, com vista à otimização de processos de monitorização e distribuição de produtos agrícolas.

Cada **produtor** pode possuir uma ou mais **quintas**, especializadas em diferentes tipos de cultivo (e.g., vinha, milho, hortícolas), e equipadas com **sensores ambientais** (temperatura, humidade, radiação solar, etc.) que permitem acompanhar em tempo real o estado das culturas (Figura 1). Estes dados são recolhidos periodicamente, podendo ser integrados num sistema que apoie a tomada de decisão — por exemplo, detetando condições adversas, ou ativando processos de irrigação, tratamento ou colheita, bem como monitorizando os consumos hídricos, promovendo uma gestão mais sustentável da água.

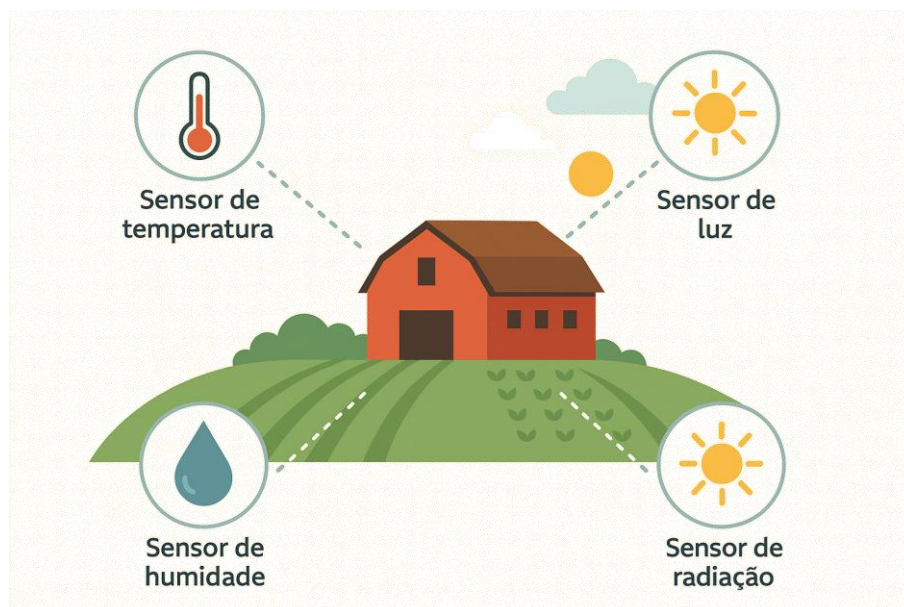


Figura 1 – Exemplo de sensores ambientais instalados numa quinta.

A rede agrícola inclui ainda diversos **distribuidores**, que representam pontos de receção e/ou armazenamento de produtos, e que estão associados a diferentes **níveis de procura** para os produtos cultivados nas várias quintas. Esta procura deve ser tida em conta no processo de distribuição, dando **prioridade aos distribuidores com maior volume de pedidos** compatíveis com a produção local.

O transporte dos produtos das quintas para os distribuidores é assegurado por **transportadoras com diferentes características**, nomeadamente:

- **Capacidade de carga**
- **Tipo de combustível** (fóssil, elétrico, híbrido, etc.)
- **Área de cobertura geográfica**
- **Impacto ambiental estimado por km**

Neste sentido, o sistema deve incluir **critérios de sustentabilidade** no processo de seleção de rotas e meios de transporte, privilegiando **opções com menor impacto ambiental**, sempre que possível. Devem ainda ser consideradas outras variáveis relevantes, como a distância, o tempo estimado de entrega e a compatibilidade entre o tipo de veículo e a carga a transportar.

A rede agrícola será representada por uma estrutura **ad-hoc** (Figura 2), composta por **nós interligados** (quintas e distribuidores), e **ligações com atributos** (distância, tempo de percurso, tipo de via, custo, etc.). A modelação deverá permitir, por exemplo, o cálculo de **rotas otimizadas entre quintas e distribuidores**, de acordo com critérios como:

- Menor distância
- Menor tempo de entrega
- Menor impacto ambiental
- Maior prioridade de entrega com base na procura
- Otimização com passagem por distribuidor intermédio, sempre que tal seja vantajoso em termos de sustentabilidade, isto é, quando a capacidade do transporte o permita e o planeamento da entrega a vários destinos contribua para a redução do número total de viagens e emissões associadas.

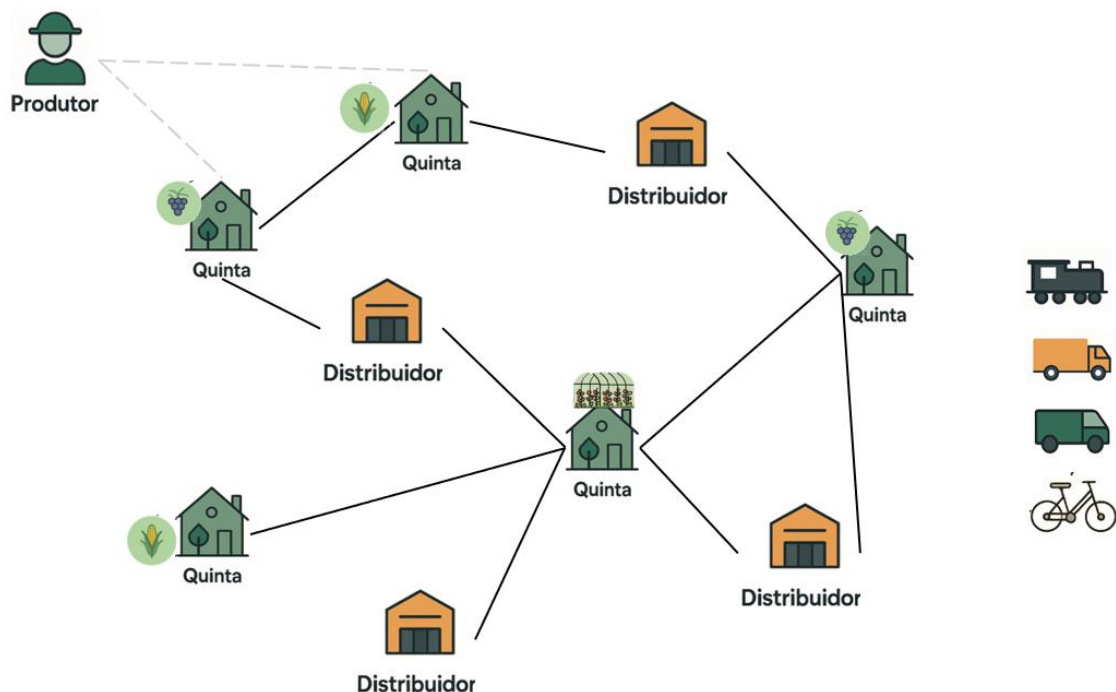


Figura 2 – Exemplo ilustrativo da rede agrícola.

Neste contexto, pretende-se que desenvolva um sistema de gestão que auxilie o operador ou administrador da rede agrícola a consultar e configurar algumas propriedades da rede. O

sistema deverá permitir, por exemplo, a realização de *queries* personalizadas, a visualização de resultados organizados (em listas ou tabelas), a atualização da base de conhecimento com novos dados e a exportação de resultados (como rotas ou alertas) em formato JSON ou semelhante. Para tal, o sistema integrará um **motor de inferência**, responsável por determinar rotas otimizadas e apoiar a tomada de decisão com base nos critérios definidos pelo operador. A solução será desenvolvida através da modelação de uma base de conhecimento e de regras de inferência, utilizando a linguagem de programação lógica – **Prolog**.

A base de conhecimento e o respetivo programa a desenvolver deverá disponibilizar uma interface na qual o operador poderá visualizar alguns dos requisitos do trabalho que se encontram mais abaixo, por exemplo, quais as quintas da rede, quais os sensores que cada quinta tem, quais os cultivos com maiores valores de humidade, quais os consumos hídricos por cultura, etc., assim como as rotas otimizadas entre quintas e distribuidores.

O sistema deverá ser dividido em duas fases:

Fase1 – Gestão da base de conhecimento

Para a gestão da base de conhecimento, pretende-se a criação de um programa em *Prolog* que permita editar (inserir, remover e alterar) a base de conhecimento, definindo produtores, quintas, sensores, etc. Esta fase constitui a base da representação de conhecimento do sistema, permitindo construir todos os dados necessários para suportar a lógica de inferência na fase seguinte. Nesta primeira fase o sistema deverá ser capaz de:

✓ **Adicionar/remover/editar:**

- Quintas e sensores associados
- Produtores, distribuidores e transportadoras
- Ligações entre nós da rede
- Leituras dos sensores
- Registos de consumo de água por cultura ou por quinta
- Atributos das transportadoras (capacidade, tipo de combustível, impacto ambiental, área de cobertura).

✓ **Consultas simples:**

- Listar quintas de um produtor
- Listar sensores de uma quinta
- Ver últimas leituras dos sensores
- Listar produtores por zona, ou distribuidores ativos
- Listar transportadoras disponíveis numa determinada rota ou região
- Consultar os consumos hídricos por cultura ou por quinta

Fase 2 – Inferência

Na segunda fase do desenvolvimento, pretende-se explorar o potencial do sistema enquanto motor de inferência lógica, capaz de responder a questões complexas sobre o funcionamento da rede, o estado das culturas e a distribuição sustentável dos produtos. Alguns exemplos:

✓ **Consultas e inferências sobre os sensores e estado das quintas:**

- Identificar sensores que ultrapassam limiares críticos (e.g., humidade < 30% ou temperatura > 35°C);
- Apresentar a evolução temporal dos valores de um sensor numa determinada quinta.

- Analisar padrões de consumo de água e identificar culturas com uso excessivo ou ineficiente.
- ✓ **Consultas e inferências simples e cruzadas multicritério sobre rotas e distribuição:**
 - Determinar a rota mais curta entre uma quinta e um distribuidor;
 - Determinar a rota com menor tempo estimado de entrega;
 - Determinar a rota com menor impacto ambiental, considerando o tipo de transportadora e o percurso;
 - Determinar a rota ideal com passagem por um distribuidor intermédio, se isso permitir reduzir o número de viagens e emissões, respeitando os limites de carga da transportadora;
 - Listar distribuidores com maior procura para os produtos de uma determinada quinta.
 - Listar a melhor transportadora para uma determinada rota, tendo em conta simultaneamente: a capacidade de carga, o tipo de combustível, a área de cobertura geográfica, e o impacto ambiental da viagem.

Nota: Estes são apenas alguns exemplos do que o sistema pode oferecer. O aluno terá de implementar apenas o que é pedido na secção seguinte relativa aos requisitos funcionais.

Requisitos Funcionais

O estudo e a implementação do problema proposto neste trabalho permitirão explorar os principais conceitos da programação lógica, nomeadamente: **átomos, predicados, factos, regras, inferência, bases de conhecimento** e a linguagem **Prolog**. Um dos objetivos centrais é compreender a diferença entre abordagens convencionais, baseadas em linguagens imperativas, e os paradigmas lógicos, mais orientados para a representação de conhecimento e raciocínio automático. Neste contexto, a construção de um sistema lógico será uma oportunidade para aplicar estes conceitos a um problema real e multidimensional: a gestão sustentável de uma rede agrícola inteligente.

Tabela 1. Requisitos funcionais no desenvolvimento da base de conhecimento

| Requisitos Funcionais | Descrição |
|-----------------------|---|
| RF 1 | Adicionar/alterar/remover uma quinta na rede. |
| RF 2 | Adicionar/alterar/remover sensores ambientais associados a uma quinta. |
| RF 3 | Adicionar/alterar/remover produtores, distribuidores ou transportadoras. |
| RF 4 | Adicionar/alterar/remover ligações entre nós da rede. |
| RF 5 | Registar e atualizar leituras dos sensores (temperatura, humidade, etc.) e consumos hídricos por quinta ou cultura. |
| RF 6 | Listar sensores associados a uma quinta específica identificando o produtor. |

| | |
|-------|--|
| RF 7 | Listar transportadoras disponíveis para uma determinada zona ou região. |
| RF 8 | Consultar leituras mais recentes dos sensores. |
| RF 9 | Consultar os consumos hídricos por cultura ou por quinta |
| RF 10 | Listar sensores que ultrapassam limiares críticos (e.g., humidade < 30% ou temperatura > 35°C) |
| RF 11 | Determinar a rota mais curta entre uma quinta e um distribuidor. |
| RF 12 | Determinar a rota com menor impacto ambiental, tendo em conta tipo de transporte. |
| RF 13 | Determinar a rota com passagem por distribuidor intermédio, se for mais sustentável. |
| RF 14 | Listar a transportadora ideal para uma rota com base em múltiplos critérios (capacidade de carga, tipo de combustível, área de cobertura geográfica, impacto ambiental da viagem, etc.). |
| RF 15 | Definir e implementar uma funcionalidade adicional proposta pelos alunos. |
| RF 16 | Criação do servidor em SWI-Prolog disponibilizando as funcionalidades anteriores e criação de uma aplicação em Java. |

Fases de Desenvolvimento

Os alunos deverão utilizar os ambientes de desenvolvimento **SWI-Prolog** e **VS Code** (ou outro IDE Java à escolha) para o desenvolvimento da solução proposta. O trabalho deverá ser estruturado com base nas seguintes etapas:

1. Utilização de Ferramentas de Modelação

- Usar o software **SWI-Prolog** para criar e testar a base de conhecimento.
- Permitir a interação com o utilizador para realizar consultas, atualizações e simulações sobre a base de conhecimento.

2. Modelação de Factos

- Representar produtores, quintas, sensores, distribuidores, transportadoras e ligações na rede.
- Associar produtores e sensores às quintas e registar leituras periódicas.
- Representar pedidos de produtos por parte dos distribuidores.
- Registar consumos hídricos por cultura ou por quinta.

3. Definição de Regras de Inferência

- Definir todas as regras de inferência que cumpram com os requisitos funcionais da Tabela 1.

4. Integração com Outros Sistemas

- Recolher dados de sensores via protocolo **MQTT** em tempo real (simulado ou real).

- Integrar a base de conhecimento com uma aplicação em **Java**, trocando dados via **JSON**.
- Disponibilizar uma interface que permita a visualização dos elementos da rede, das leituras dos sensores, e da sugestão de rotas.

5. Documentação e Avaliação

- Submeter projeto e responder a uma ficha de trabalho no Moodle, justificando decisões e apresentando os resultados.
- Consultar a Tabela 2 para conhecer os critérios de avaliação aplicados ao trabalho.

Elementos de Reflexão

Esta parte consiste em considerações mais reflexivas que poderiam servir como “inspiração” para a escrita dum relatório (no entanto, não é necessária entrega de relatório para este trabalho). No final do trabalho, as seguintes questões poderiam ser respondidas:

- O que se entende por modelação e noção de modelo.
- Conceito de abstração (ilustrando com pormenores específicos do problema apresentado)
- A utilidade da modelação no contexto da Engenharia.
- O carácter ambíguo, redundante e incompleto da linguagem natural como formalismo de modelação.
- As características que um formalismo de modelação (ou linguagem) deve possuir para que possa representar modelos de forma adequada.
- Representação do conhecimento e o que se entende por Base de Conhecimento.
- Noção de Inferência/raciocínio.
- Linguagens lógicas.

Plano de Trabalho

1ª aula: (16.04.2025, 22.04.2025 e 02.05.2025):

Introdução à linguagem Prolog.

Instalação do ambiente de desenvolvimento Swi-Prolog.

Exemplos com representação de factos e regras, queries, recursividade.

2ª aula: (23.04.2025, 29.04.2025 e 09.05.2025):

Apresentação do problema.

Modelação da base de conhecimento para o trabalho apresentado.

3ª aula: (06.05.2025 e 07.05.2025):

Desenvolvimento e implementação dos requisitos funcionais definidos no trabalho prático.

4ª aula: (13.05.2025 – 16.05.2025):

Desenvolvimento e implementação dos requisitos funcionais definidos no trabalho prático.

5ª aula: (20.05.2025 – 23.05.2025):

Finalização do trabalho.

Entrega (Moodle)

Os alunos devem submeter, através do Moodle, um **ficheiro zip/rar que deverá conter o código fonte** (incluindo factos/regras que modelam o problema), assim como um **vídeo de demonstração** do trabalho com cerca de **5 minutos**. Se desenvolverem mais algum projeto (interface externa por exemplo) devem também submeter o respetivo projeto.

Este trabalho requer o preenchimento obrigatório dum questionário no Moodle, de um vídeo, que se destina a substituir a apresentação do trabalho em discussão, e de um ponto de entrega para o projeto completo. Entregas feitas através de email não vão ser consideradas.

Avaliação do Trabalho

É sujeito a apresentação oral, onde têm de estar presentes **todos** os elementos do grupo (alunos ausentes ficam com 0 valores na avaliação da componente prática). Apesar do projeto ser feito em grupo, a nota desta componente será sempre individual. Para a avaliação contribuem o projeto propriamente dito, o desempenho na apresentação oral, o relatório, e uma avaliação individual.

A Tabela 2, apresenta a grelha com os critérios de avaliação do trabalho.

Tabela 2 – Critérios de Avaliação

| Itens | Descrição | Cotação / penalização |
|-----------------------|--|-----------------------|
| Requisitos Funcionais | RF 1 Adicionar/alterar/remover uma quinta na rede. | 0.5 |
| | RF 2 Adicionar/alterar/remover sensores ambientais associados a uma quinta. | 0.5 |
| | RF 3 Adicionar/alterar/remover produtores, distribuidores ou transportadoras. | 1.0 |
| | RF 4 Adicionar/alterar/remover ligações entre nós da rede. | 0.5 |
| | RF 5 Registar e atualizar leituras dos sensores (temperatura, humidade, etc.) e consumos hídricos por quinta ou cultura. | 1.0 |
| | RF 6 Listar sensores associados a uma quinta específica identificando o produtor. | 1.0 |
| | RF 7 Listar transportadoras disponíveis para uma determinada zona ou região. | 0.5 |
| | RF 8 Consultar leituras mais recentes dos sensores. | 0.5 |
| | RF 9 Consultar os consumos hídricos por cultura ou por quinta | 0.5 |
| | RF 10 Listar sensores que ultrapassam limiares críticos (e.g., humidade < 30% ou temperatura > 35°C) | 1.0 |

| | | | |
|----------------------------------|--|--|-------|
| | RF 11 | Determinar a rota mais curta entre uma quinta e um distribuidor. | 1.0 |
| | RF 12 | Determinar a rota com menor impacto ambiental, tendo em conta tipo de transporte. | 1.0 |
| | RF 13 | Determinar a rota com passagem por distribuidor intermédio, se for mais sustentável. | 2.0 |
| | RF 14 | Listar a transportadora ideal para uma rota com base em múltiplos critérios (capacidade de carga, tipo de combustível, área de cobertura geográfica, impacto ambiental da viagem, etc.). | 2.0 |
| | RF 15 | Definir e implementar uma funcionalidade adicional proposta pelos alunos. | 2.0 |
| | RF 16 | Criação do servidor em SWI-Prolog disponibilizando as funcionalidades anteriores e criação de uma aplicação em Java. | 2.0 |
| Vídeo | Visualização das funcionalidades desenvolvidas | | 1.0 |
| Discussão | Prestação do grupo (projeto, desempenho discussão oral, relatório) | | 2.0 |
| Total | | | 20.0 |
| Falha na entrega de um dos itens | | | -20.0 |

Docentes Teórico-prática:

Ana Inês Oliveira, aio@fct.unl.pt

João Rosas, jrosas@uninova.pt

Docentes Prática:

André Rocha, ad.rocha@fct.unl.pt

Filipa Ferrada, fam@fct.unl.pt