

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



**Desenvolvimento de Aplicação suportada em
Ferramentas de Previsão que Apoie a Decisão dos
Agentes Económicos associados à Cadeia de Valor
do Milho**

Ricardo Manuel Oliveira Coimbra

Dissertação realizada no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia
Electrotécnica e de Computadores Major Energia

Orientador: Professor Doutor António Carlos Sepúlveda Machado e Moura
Co-orientador: Engenheiro António Ferreira Dias

09 de Julho de 2018

Resumo

A prevenção é a melhor filosofia para se adotar no setor primário. Nas várias fases da cadeia de valor do milho, há o risco de criação e proliferação de micotoxinas. Para que isso seja evitado, é importante haver algum tipo de ferramenta que avalie as condições em que o milho se encontra e dê avisos acerca da probabilidade de ocorrência de micotoxinas.

O objetivo da presente dissertação é criar uma aplicação *web* que sirva de ferramenta de ajuda aos agricultores e às organizações de produtores na prevenção de micotoxinas nas plantações e armazenamento do milho, respetivamente. Esta aplicação tem por base os resultados das previsões de micotoxinas, gerados por redes neuronais que são treinadas para o efeito.

Os dados necessários para a entrada das redes neuronais estão armazenados numa base de dados, que também guarda os dados de saída das previsões para cada parcela e para cada silo e armazém. Além destes, esta base de dados guarda, também, os dados de registo dos utilizadores que se inscrevem na aplicação, os das parcelas que os agricultores querem que sejam monitorizadas e os dos silos e armazéns que vão ser monitorizados.

A aplicação e a base de dados foram divididas em duas partes: uma para os agricultores e outra para a organização de produtores Agromais. A parte da base de dados dos agricultores guarda todos os dados da estação meteorológica mais perto das parcelas de cada agricultor, bem como os dados do próprio agricultor e das suas parcelas. A parte da base de dados da organização guarda todos os dados de monitorização dos silos e armazém onde se encontra guardado o milho, assim como os dados dos registos dos trabalhadores da organização de produtores.

Palavras-chave: Micotoxinas, Milho, Base de Dados, Aplicação Web, Prevenção.

Abstract

Prevention is the best philosophy to adopt in the primary sector. In the various phases of maize's value chain there is the risk of the appearance and proliferation of mycotoxins. To avoid that, it's important to have some kind of tool that can evaluate the conditions of the maize and can warn the user concerning the probability of the occurrence of mycotoxins.

The objective of this dissertation is to create a web application to be used as a supporting tool to farmers and producers' organizations in the prevention of mycotoxins in maize's crops and storage, respectively. This application is based on the results of mycotoxin predictions, generated by neural networks, trained to this effect.

The necessary data to the neural network's input are stored in a database, which also contains the output data of the predictions for each plot and for each silo. In addition to those, this database also stores the registry data of the application users, the plots that the farmers want to keep track of and the silos that will be tracked.

The application and data base were divided in two parts: one for the farmers and the other to the producers' organization Agromais. The farmers' database part stores all data of the closest meteorological station to each farmer's plot, as well as the data concerning the farmer and their plots. The organization's part of the database stores all the data concerning the silos where the maize is stored, as well as the data of the organization's workers.

Key-words: Mycotoxins, Maize, Database, Web application, Prevention.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, quero agradecer aos meus pais e irmãos por todo o apoio e incentivo que me deram ao longo do meu percurso, por serem compreensivos quando não estava nos melhores momentos e, em particular aos meus pais, por me terem proporcionado esta oportunidade académica.

Aos meus amigos da FEUP pelos bons momentos partilhados, pela amizade e pelos conhecimentos transmitidos ao longo desta longa viagem. Aos meus amigos mais antigos e aos meus primos pelo apoio e pelos momentos de descontração proporcionados.

Agradeço ao meu orientador Professor Doutor António Machado e Moura pela disponibilidade, amizade, apoio, pelas críticas construtivas e pelo conhecimento transmitido ao longo de todo o curso.

Agradeço ao meu co-orientador Engenheiro António Ferreira Dias por todo o conhecimento que me transmitiu, pelas críticas construtivas, paciência e apoio prestado, que me ajudaram muito à realização deste trabalho.

Por fim, aos engenheiros e funcionários do ISQ pela ajuda prestada, pela integração na empresa e por me fazerem sentir em casa.

Ricardo Coimbra

Índice

Capítulo 1	1
Introdução.....	1
1.1 - Contextualização	1
1.2 - Motivação e Objetivos	1
1.3 - Estrutura da dissertação.....	2
Capítulo 2	5
Desafios Tecnológicos no Setor Primário	5
2.1 - Evolução da Agricultura ao Longo dos Tempos	5
2.2 - Agricultura em Portugal	6
2.3 - Desafios da Agricultura	7
2.4 - Eficiência no uso de Recursos	9
2.5 - Principais Tecnologias de Suporte	11
Capítulo 3	15
Integração e Tratamento de Dados	15
3.1 - Bases de Dados	15
3.2 - Modelos de Representação dos Dados	18
3.3 - Linguagem <i>SQL</i>	21
3.4 - Redes Neurais.....	22
Capítulo 4	25
Ferramentas de Apoio à Decisão	25
4.1 - Ferramentas	25
4.2 - Front-End.....	27
4.3 - Indicadores de Eficiência energética.....	28
Capítulo 5	31
Realidade Atual na Agricultura	31
5.1 - Enquadramento Geral - Caso de Estudo	31
5.2 - Cadeia de Valor do Milho	33
5.3 - Principais Constrangimentos.....	34
5.4 - Equipamento de Monitorização.....	37
5.5 - Desenvolvimento dos Modelos de Previsão do Milho.....	41
Capítulo 6	43
Desenvolvimento da Ferramenta de Apoio à Decisão - Caso de Estudo	43
6.1 - Desenvolvimento da Base de Dados	43
6.2 - Conjuntos de Dados Para a Base de Dados	50
6.3 - Breve Introdução às Redes Neurais como Método de Previsão	51

Capítulo 7	53
Desenvolvimento da Plataforma	53
7.1 - Construção da Aplicação	53
7.2 - Conclusões Acerca das Principais Funcionalidades	74
Capítulo 8	75
Conclusões e Trabalho Futuro	75
8.1 - Conclusões	75
8.2 - Perspetivas de Trabalhos Futuros	76
Referências	77
Anexos	83
Anexo A: Níveis legais de micotoxinas	83
Anexo B: Modelo da Base de Dados em Tabelas Verticais	87
Anexo C: Código de Programação da Aplicação	93

Lista de figuras

Figura 2.1 - Planta de milho afetada por uma praga de lagartas [15].....	8
Figura 2.2 - Dispersão de substâncias aglutinadoras nas nuvens através de: (1) gerador de solo, (2) avião [19]	11
Figura 2.3 - Câmara de crescimento da tecnologia <i>indoor vertical farming</i> [24]	13
Figura 3.1 - Processo de modelação e implementação de uma base de dados [26]	18
Figura 4.1 - Ligação de uma base de dados à <i>Web</i> [38].....	25
Figura 4.2 - Página de controlo da rega de uma plantação da aplicação da <i>Wisecrop</i> [23]	27
Figura 5.1 - Fluxograma geral	32
Figura 5.2 - Diagrama da cadeia de valor do milho.....	33
Figura 5.3 - Fungo <i>Fusarium</i> , produtor de micotoxinas [49]	35
Figura 5.4 - Espigas de milho sãs, à esquerda, e espigas infetadas com micotoxinas, à direita [52]	36
Figura 5.5 - Estação Meteorológica <i>iMetos</i> [54]	38
Figura 5.6 - <i>Duos hygrotemp wireless transmitter 868 MHZ</i> [55]	39
Figura 5.7 - <i>Duos wireless gateway 868 MHZ</i> [55]	39
Figura 5.8 - Sensor de dióxido de carbono [56]	40
Figura 7.1 - Página inicial da aplicação.....	54
Figura 7.2 - Página com formulário de login	55
Figura 7.3 - Página com a escolha do tipo de registo	55
Figura 7.4 - Página com o formulário de registo para agricultor.....	56
Figura 7.5 - Página de registo de agricultor com o formulário visível para uma parcela	57
Figura 7.6 - Página de registo de agricultor com o formulário visível para uma parcela e com o campo da escolha da estação meteorológica visível	58

Figura 7.7 - Página com o formulário de registo para membro da organização de produtores.....	58
Figura 7.8 - Página com informações sobre a aplicação	59
Figura 7.9 - <i>Pop-up</i> de aviso para preencher todos os campos de registo.....	60
Figura 7.10- Página com o <i>dashboard</i> de um agricultor	61
Figura 7.11 - Página do histórico de resultados de previsão de micotoxinas nas parcelas	62
Figura 7.12 - Página de registo de nova parcela	62
Figura 7.13 - Página com os dados pessoais do agricultor.....	63
Figura 7.14 - Página de suporte de ajuda ao agricultor	63
Figura 7.15 - Opções de escolha no suporte de ajuda ao agricultor.....	63
Figura 7.16 - Página com o formulário de alteração da palavra-passe.....	64
Figura 7.17 - Página com o <i>dashboard</i> da Organização de Produtores Agromais.....	65
Figura 7.18 - Página com as previsões para as parcelas do dia em questão	66
Figura 7.19 - Página com os dados de consumo de energia e indicador energético	67
Figura 7.20 - Página com os dados recolhidos na receção dos carregamentos do milho.....	67
Figura 7.21 - Página de acesso aos dados dos silos e do armazém da Agromais.....	68
Figura 7.22 - Página com os dados da Humidade para o silo 1	68
Figura 7.23 - Página com os dados de temperatura para o silo 1	69
Figura 7.24 - Página com os dados de dióxido de carbono para o silo 1	69
Figura 7.25 - Página com a lista de empresas inscritas na aplicação.....	70
Figura 7.26 - Página com os dados do agricultor “Tiago”	70
Figura 7.27 - Página com os dados da empresa do agricultor “Tiago”	71
Figura 7.28 - Página com a lista de parcelas do agricultor “Tiago”	71
Figura 7.29 - Página com os resultados de previsão para uma das parcelas do agricultor Tiago	72
Figura 7.30 - Página com a lista das estações meteorológicas registadas na plataforma	72
Figura 7.31 - Página com os dados da estação de Alpiarça	73
Figura 7.32 - Página com formulário de suporte	73
Figura 7.33 - Opções de escolha no suporte de ajuda ao membro da Agromais.....	73
Figura 7.34 - Página com o formulário de alteração da palavra-passe.....	74

Lista de tabelas

Tabela 5.1 - Sensores e características das estações de monitorização <i>iMetos</i> [54]	38
Tabela 5.2 - Características das variáveis medidas pelo <i>duos hygrotemp wireless transmitter</i> [55]	40
Tabela 5.3 - Características do sensor <i>Telaire T6713-6H</i> [56]	40

Abreviaturas E Símbolos

ANPROMIS	Associação Nacional de Produtores de Milho e Sorgo
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
CSS	<i>Cascading Style Sheets</i>
CSV	<i>Comma-separated Values</i>
DBMS	<i>Database Management System</i>
DDL	<i>Data Definition Language</i>
DML	<i>Data Manipulation Language</i>
DQL	<i>Data Query Language</i>
EFTA	Associação Europeia de Comércio Livre
FK	<i>Foreign Key</i>
HTML	<i>Hyper Text Markup Language</i>
ISO	<i>Internacional Organization for Standardization</i>
ISQ	Instituto de Soldadura e Qualidade
IVF	<i>Indoor Vertical Farming</i>
MIEEC	Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
OGM	Organismo Geneticamente Modificado
PK	<i>Primary Key</i>
PHP	<i>Hypertext Preprocessor</i>
ppm	Partes por milhão
SQL	<i>Structured Query Language</i>

Capítulo 1

Introdução

Neste capítulo faz-se uma introdução à dissertação: “Desenvolvimento de aplicação suportada em ferramentas de previsão que apoie a decisão dos agentes económicos associados à cadeia de valor do milho”. Efetua-se uma abordagem geral à contextualização do tema e apresenta-se a motivação, os objetivos e a estrutura.

1.1 - Contextualização

Com o avançar dos tempos, há uma maior preocupação com a saúde e, conseqüentemente, com a qualidade dos alimentos, pois a vida humana e animal depende dos alimentos para a sua sobrevivência. Devido a este facto, os processos agrícolas e a agricultura em geral têm sido cada vez mais controlados e otimizados.

Os agricultores têm um papel fundamental na qualidade dos alimentos que produzem. Em todo o mundo, os produtos agrícolas são muito suscetíveis de serem contaminados por micotoxinas, que podem afetar a saúde, tanto dos humanos como dos animais. Estas podem causar várias doenças e, conseqüentemente, levar à morte de qualquer ser vivo que ingira alimentos contaminados.

A saúde é uma fator indispensável e indiscutível para a qualidade de vida. No que toca aos animais, todos estes também devem ser saudáveis, incluindo os que são criados para consumo humano, para não serem uma via de transmissão de doenças. A exposição às micotoxinas pode ocorrer diretamente através da ingestão de alimentos vegetais, ou de forma indireta, devido aos alimentos de origem animal quando os animais consomem ração contaminada [1].

1.2 - Motivação e Objetivos

Os grãos, principalmente os de milho, que são objeto de estudo nesta dissertação, são propícios a serem colonizados por fungos criadores de micotoxinas, que provocam doenças nos humanos e nos animais. Estes animais contaminados podem afetar os seres humanos

2 Introdução

quando são consumidos. Assim, é importante que os agricultores possuam ferramentas para avaliar o estado dos grãos que produzem, isto é, se são seguros de serem consumidos por humanos e animais.

É objetivo da presente dissertação desenvolver uma ferramenta de apoio à decisão, baseada num algoritmo de previsão, que será utilizada pelos agricultores, para estarem a par do estado do milho que estão a cultivar, e pela organização de produtores Agromais, para monitorização dos seus silos. Esta ferramenta é uma necessidade, pois as micotoxinas causam várias doenças no ser humano [1, 2].

O desenvolvimento desta aplicação integra uma ligação entre a agricultura e a engenharia computacional, através da criação da aplicação, que terá resultados de previsão da ocorrência de micotoxinas no milho dados por redes neuronais.

Por outro lado, esta aplicação conduz a uma poupança económica na medida em que o milho que está contaminado não será misturado com o saudável. Assim, o milho saudável estará seguro, conduzindo a uma redução de perdas económicas.

1.3 - Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em oito capítulos.

No primeiro capítulo introduz-se o tema e apresentam-se a motivação, os objetivos e a estrutura.

No segundo capítulo, realiza-se o levantamento bibliográfico sobre os desafios tecnológicos do setor primário. Fala-se sobre a evolução da agricultura um pouco por todo o mundo e em Portugal. Explicam-se alguns desafios da agricultura e aborda-se o tema da eficiência no uso de recursos relacionados com a prática agrícola. Por fim, dão-se exemplos de algumas tecnologias de suporte para o setor primário e dão-se exemplos, também, de algumas empresas tecnológicas neste setor.

No terceiro capítulo descreve-se a construção de bases de dados. Abordam-se um pouco a história das bases de dados e quais os modelos que devem ser utilizados aquando da sua construção. Ainda neste capítulo aborda-se o conceito de redes neuronais.

O quarto capítulo contém o levantamento bibliográfico acerca da construção de ferramentas de previsão, incluído a construção de uma aplicação. Seguidamente, aborda-se a temática dos índices energéticos, realçando-se a importância que os têm hoje em dia.

No quinto capítulo descreve-se o caso de estudo e a cadeia de valor do milho, explicando-se todas as fases e os processos inerentes a cada fase. Explicam-se alguns constrangimentos da prática agrícola, incluindo os fungos e as micotoxinas produzidas por estes, realçando-se a importância da prevenção e da segurança alimentar. Enumera-se todos os aparelhos utilizados na monitorização dos dados e as características de cada um deles.

No sexto capítulo descreve-se a construção da base de dados, apresentando-se os modelos que se utilizaram na sua construção. Faz-se, ainda, uma referência às redes neuronais como método de previsão.

No sétimo capítulo demonstra-se o funcionamento e a construção da aplicação, realçando-se todas as funcionalidades desta e as vantagens que trás aos utilizadores.

Por fim, no oitavo capítulo, encontram-se as conclusões, as limitações dos dados e as perspectivas de trabalhos futuros.

4 Introdução

Capítulo 2

Desafios Tecnológicos no Setor Primário

Neste capítulo faz-se uma descrição acerca do tema da agricultura. Começa-se por descrever um pouco da sua história. Definem-se alguns desafios e fatores que condicionam a prática agrícola e de que forma contribuem para o aparecimento de fungos nos alimentos. Referem-se alguns recursos utilizados na agricultura e quais as medidas que se podem tomar para que sejam utilizados eficientemente. Por fim, listam-se alguns cuidados a ter com a segurança alimentar e a forma como a engenharia e a agricultura estão interligadas.

2.1 - Evolução da Agricultura ao Longo dos Tempos

A agricultura é uma atividade económica do setor primário que teve início no norte de África e no oeste asiático, há sensivelmente 10000 anos, quando os povos indígenas abandonaram gradualmente a caça e começaram a cultivar os seus próprios grãos. Evoluiu de formas diferentes nos diversos lugares do mundo, devido aos diferentes climas e solos. A prática desta atividade só chegou à Europa 1500 anos depois, e era realizada através do método da derrobada-queimada¹. Naturalmente, este método evoluiu, mais tarde, com o aparecimento do arado e com recurso à tração animal [3, 4].

Durante as últimas décadas, ocorreram três revoluções agrícolas, uma ao nível das formas como a agricultura era praticada e duas ao nível dos instrumentos e produtos utilizados.

Ao nível da forma como era praticada, a revolução deu-se no século XVIII e aproximou as atividades agrícolas e pecuárias, porque antes deste século estas ocorriam separadamente. Assim, os agricultores passaram a cultivar pastagens para o gado nos mesmos campos onde se cultivavam as outras culturas de forma alternada, ou seja, havia a implementação de um sistema de rotação de culturas. O cultivo destas pastagens era vantajoso não só para a pecuária, mas também para a agricultura, pois tornava os campos mais férteis. Além disso, com a rotação entre a plantação de pastagens e outras culturas, abandonou-se o pousio dos

¹ derrobada-queimada é o ato de limpar matos e queimar os restos para estes se tornarem terrenos próprios para a prática da agricultura

terrenos, que consistia no repouso do terreno para a recuperação dos nutrientes. O pousio já não se justificava devido ao facto dos terrenos recuperarem os nutrientes aquando da plantação das pastagens. A maior consequência desta revolução foi o massivo aumento da produção de alimentos na Europa [3].

Ao nível dos instrumentos e dos produtos utilizados, no decorrer da segunda metade do século XX, houve uma revolução nos países desenvolvidos e em alguns países em desenvolvimento, durante a qual houve várias mudanças significativas. A primeira foi a integração das máquinas motorizadas, com a introdução dos motores de explosão, o que levou ao abandono de algumas ferramentas manuais. A segunda foi a integração dos fertilizantes e outros produtos químicos para tratamento das plantas, que substituíram os adubos orgânicos. A terceira foi a seleção das variedades de plantas com maior potencial de rendimento. Estas mudanças ocorreram devido ao avanço da indústria que ocorreu com a revolução industrial [3, 4, 5].

Um pouco depois da revolução referida no parágrafo anterior, houve uma terceira revolução que ocorreu, somente, nos países em desenvolvimento. A grande diferença desta para a primeira é que nesta não houve a introdução de máquinas motorizadas. Em alguns países, o governo decretou políticas de incentivo para os agricultores atualizarem-se, na forma de empréstimos com baixos juros e de investimentos em sistemas de irrigação e drenagem [4, 5].

Mesmo assim, apesar da terceira revolução, muitos países da África, da Ásia e da América Latina nunca tiveram acesso às máquinas motorizadas para a prática da agricultura, nem a muitos fertilizantes devido aos preços elevados. Consequentemente, hoje em dia, a maior parte dos agricultores continuam a trabalhar com ferramentas manuais, sem a utilização de fertilizantes e com variedades de plantas que não foram pesquisadas nem selecionadas. Isto demonstra a desigualdade que há, na forma como a agricultura é praticada nos diversos lugares do mundo [4].

2.2 - Agricultura em Portugal

A área territorial de Portugal é de aproximadamente 9 milhões de hectares. Destes, 3,2 milhões de hectares correspondem a área florestal, ou seja, cerca de 35,4% do território, sendo uma das maiores proporções de áreas florestadas na Europa. De área agrícola, o país está servido de 2,9 milhões de hectares, cerca de 32% da área territorial. Sendo assim, aproximadamente um terço do território nacional é utilizado para atividades agrícolas [6].

Portugal sempre foi um país de muitos agricultores até à década de 60. No final da década referida, ocorreu o êxodo rural, não só em Portugal, mas também noutros países europeus, sendo que muitas explorações foram deixadas para trás e abandonadas no interior do país. Mas, até à revolução de 25 de abril de 1974, o sustento de muitas famílias ainda era a atividade agrícola. Sem esta, muitas não tinham alimentos para se manterem. Ainda na década de 70, houve uma internacionalização da economia portuguesa, resultado da adesão à EFTA, Associação Europeia de Comércio Livre, que deu origem a uma grande industrialização do país. Para esta industrialização recorreu-se à mão de obra jovem, muita de origem rural. Foi nesta altura que se também se deu a deslocação das pessoas do interior do país, para o

litoral. Isto, aliado à guerra nos territórios do ex-ultramar, levou a um visível abandono de várias áreas do território, principalmente as que tinham pequenas explorações [7].

Mais tarde, quando os portugueses voltaram da guerra nos territórios do ex-ultramar, o abandono deixou de ser tão visível, já que muitos voltaram à atividade agrícola por não terem outras oportunidades de trabalho. Assim, até ao final dos anos 80, a ocupação das áreas rurais manteve-se constante e alguns jovens ingressaram na agricultura, devido a incentivos dados pelo governo. Porém, o elevado grau de envelhecimento dos agricultores que tinham permanecido nas suas explorações, levou a abandonos pontuais de parcelas e explorações mais afastadas das aldeias.

Sendo assim, nos anos 90, o envelhecimento era cada vez maior e os jovens que se tinham dedicado à atividade na década anterior abandonaram-na devido a vários fatores, como a inexistência de apoio técnico eficaz ou o aliciamento para o setor terciário com salários atrativos [7].

Por causa do sucedido, o peso do setor primário na riqueza gerada em Portugal diminuiu, de 10% do valor acrescentado em 1986, para 2% em 2008 [8].

Mais tarde, em 2014, foi implementado o programa de desenvolvimento rural, que dá incentivos aos jovens agricultores que cumpram as condições - ter entre 18 e 45 anos e ser a primeira exploração agrícola que vão abrir. Este programa ajuda monetariamente no investimento inicial para a abertura de uma exploração agrícola. Esta ajuda é importante para que as novas explorações sejam dotadas de ferramentas tecnológicas, que permitam o aumento da rentabilidade das culturas e uma maior autonomia da cultura perante o agricultor [9]. Foi então, desde a implementação deste programa, que a prática da agricultura no nosso país teve um aumento considerável, principalmente, por parte da população mais jovem.

2.3 - Desafios da Agricultura

Tal como quaisquer outras atividades económicas, a agricultura tem que superar vários desafios para que seja praticada de forma correta e para que seja justificável a sua prática.

Desde a terceira revolução agrícola, a produção de alimentos triplicou, não só devido às tecnologias implementadas na agricultura que aumentaram a produtividade, mas também para fazer face ao aumento da população. Com isto, expandiu-se não só o uso da terra, da água e de outros recursos naturais, mas também o uso de inseticidas e fertilizantes químicos [10]. Mas este modelo agrícola é insustentável a longo prazo, pois provoca ameaças significativas para o meio ambiente através de emissões de gases de efeito estufa, poluição por fertilizantes e pesticidas e a perda de biodiversidade devido à conversão de vastas quantidades de ecossistemas naturais em terras agrícolas e pastagens. Além disso, ao desflorestar para se criarem novas áreas de cultivo, surge outro problema, a degradação dos solos. Estes tornam-se mais secos, ficando sujeitos a inundações na época das chuvas [11, 12].

A fertilização dos solos é um dos fatores mais importantes para o normal desenvolvimento das culturas. Esta pode ser feita com fertilizantes orgânicos ou outros adubos que não poluam o ambiente. O crescimento de uma planta é o resultado de um processo pelo qual esta

sintetiza energia solar, dióxido de carbono, água e nutrientes do solo. Os nutrientes primários, necessários para o crescimento da planta são o nitrogênio, o fósforo e o potássio. Quando ficam em falta, estes limitam o seu normal desenvolvimento. Mas nem todos os solos são iguais, ou seja, nem todos têm a mesma composição e, em muitos casos, existe uma grande dificuldade de absorção dos fertilizantes por parte destes, ficando inférteis. Assim, é necessário ter muita atenção à composição do solo para que se aplique um adubo que seja facilmente absorvido. Por outro lado, também é importante estudar bem a quantidade de adubo necessária para cada tipo de solo, pois um solo demasiado adubado resulta num desperdício, o que fica caro para os agricultores [13].

Além dos desafios já falados, as alterações climáticas são um fator que causam várias perdas de alimentos na fase do cultivo, pois levam à degradação do solo e à seca dos reservatórios de água subterrânea. Portanto, é importante que se criem medidas de agricultura sustentável, padrão produtivo capaz de garantir a conservação dos recursos naturais, ao mesmo tempo que se produzem alimentos de qualidade e que sejam suficientes para alimentar a população do mundo inteiro. Este padrão é extremamente importante na medida em que protege os recursos naturais para que não se esgotem e perdem para as gerações futuras e para que se evite a falta de alimento [11, 14].

As doenças e pragas que as plantas podem sofrer são encaradas, também, como um desafio da agricultura. Na figura 2.1 encontra-se uma planta de um campo de milho invadido por uma praga de lagartas. Os insetos podem causar grandes perdas nas plantações e, até, arruinar um campo inteiro, causando perdas não só económicas para o produtor, mas também escassez de alimento para a população. Isto pode levar a outro problema, a inflação de preços destes alimentos devido a haver pouco disponível [11].



Figura 2.1 - Planta de milho afetada por uma praga de lagartas [15]

Por outro lado, as pragas de insetos podem levar a problemas de infeções fúngicas e de outros microorganismos, que podem causar doenças perigosas para o ser humano quandoingere estes alimentos infetados [1, 11].

Outro grande desafio da agricultura é a introdução de OGM, organismos geneticamente modificados. O progresso da ciência e da tecnologia conseguiu pôr em prática vários estudos sobre biologia molecular na indústria agrícola. A engenharia genética permitiu a transferência

de genes de um organismo para outro, coisa que era impossível através do cruzamento convencional. Então, surgem os organismos geneticamente modificados, que também são conhecidos por organismos transgênicos [16, 17].

Uma das vantagens desta tecnologia para a atividade agrícola é o aumento da produção de alimentos com mais nutrientes. Outra é a possibilidade da criação de plantas mais resistentes e mais tolerantes a pragas e doenças, sendo de maior qualidade e maior rendimento [16].

As primeiras plantas OGM para fins comerciais foram criadas na década de 80, sendo que, na década a seguir, já teriam sido testadas 56 espécies diferentes em campo. Em 1996, a área global de plantações OGM era de quase 2 milhões de hectares passando, em 2005, para 90 milhões de hectares [16].

Porém, com a introdução em massa desta tecnologia, levantaram-se várias questões relacionadas com a segurança destes produtos, havendo dúvidas se têm malefícios para o humano. Hoje em dia, há estudos de avaliação do risco do uso destas biotecnologias para a saúde humana e para o ambiente, mas ainda são controversos e ainda estão numa fase inicial. Concluindo, ainda não há provas concretas que este tipo de alimentos tenha risco ou não para a saúde humana [17].

Um facto não menos importante, que importe referir, é o de a população estar a aumentar e prever-se que, em 2050, a quantidade necessária de alimento para a população mundial seja 50% maior do que a necessária atualmente [12]. Com o objetivo de atender à necessidade de alimentos para fazer face ao crescimento populacional, o uso de adubos sintéticos e outros fertilizantes é cada vez maior. O problema é que estes produtos causam um desequilíbrio ecológico na medida em que os agentes decompositores não conseguem reciclá-los na mesma proporção em que são adicionados no solo, ou seja, fica um excesso de nutrientes no solo. Este excesso pode contaminar a água e produzir efeitos negativos noutras faunas e floras da região [18].

2.4 - Eficiência no uso de Recursos

A prática da atividade agrícola está muito dependente de vários recursos naturais para que seja bem sucedida. O problema é esses recursos estão a escassear-se, tornando o panorama negro para o futuro desta atividade.

O recurso essencial à vida, não só animal mas também vegetal, a água, está a ficar cada vez mais escasso, devido principalmente às alterações climáticas. Portugal ficará cada vez mais quente e a água potável será cada vez mais escassa. Então, não só é importante arranjar medidas e mecanismos que reduzam o desperdício da água, mas também a criação de tecnologias de produção de água sem se estar dependente da chuva.

Relativamente às medidas de poupança de água, nem todos os sistemas de rega são eficientes. Os sistemas de rega mais utilizados são os sistemas tradicionais por alargamento, por aspersão e os sistemas gota-a-gota, mais recentes. Os sistemas tradicionais aplicam grandes quantidades de água e em vastas áreas e, apesar de serem rápidos e amplos, são pouco eficientes, pois apenas uma parte da água é absorvida pelas raízes da planta [19].

Os sistemas gota-a-gota permitem a saída de água junto do caule das plantas, pois a água é transportada por tubos que têm pequenos orifícios juntos às raízes das plantas. Normalmente, os tubos são instalados à superfície, perto dos caules das plantas, mas também podem ser enterrados. A única desvantagem é o elevado custo de instalação. Mas este tipo de sistemas possui elevada eficiência, cerca de 90% de aproveitamento, havendo conservação da água, pois não humedece toda a superfície de terreno. Assim, há uma grande redução ou até eliminação das perdas de água por evaporação e escoamento. Outra vantagem importante é o facto de haver menor incidência de fungos produtores de micotoxinas, pois a folhagem não se molha e a humidade do solo é controlada. Com isto, a maior parte da água é absorvida pelas plantas, ao contrário dos sistemas tradicionais, que espalham a água por toda a área de plantação [19].

Em relação às tecnologias de criação de água potável, existem duas muito interessantes: a dessalinização e a modificação do clima com a criação de chuva artificial, em inglês *Cloud Seeding*.

A dessalinização é uma alternativa à utilização de água doce, sendo uma forma de tratamento de água, na maior parte dos casos piloto, imprópria para consumo e para a rega. Consiste num processo físico-químico de tratamento de água que retira o excesso de sais minerais, microorganismos e outras partículas sólidas presentes na água do mar. Este método encontra-se em expansão, tendo um futuro promissor. Os dois processos mais utilizados para tornar a água do mar potável, por dessalinização, são a destilação e a osmose inversa. Apesar de ser uma tecnologia relativamente cara, é cada vez mais avançada e mais eficaz, sendo que é bom para o preço do metro cúbico de água tratada [21].

Em Portugal existem duas grandes aplicações de centrais de dessalinização. A mais antiga, inaugurada em 1979, na ilha de Porto Santo, na Madeira, abastece a maioria dos seus habitantes. A mais recente, no Algarve, mais propriamente no Alvor, fornece água a quatro hotéis locais. A central da ilha de Porto Santo é uma das três primeiras centrais de dessalinização do Mundo a adotar a tecnologia de osmose inversa, em que a purificação da água é realizada através de uma membrana [20]. A central do Alvor recorre ao processo por osmose inversa.

A criação de chuva artificial é a forma mais comum de modificação do clima para aumentar a quantidade de chuva ou de neve, normalmente com o objetivo de aumentar a disponibilidade e os reservatórios de água de uma região. Em casos não tão comuns, o objetivo pode ser evitar a ocorrências de condições climáticas adversas, como os furacões ou os tornados, ou evitar o granizo e a névoa junto dos aeroportos [19].

Hoje em dia, esta tecnologia já não é considerada uma ciência marginal, mas sim uma ferramenta importantíssima para melhorar a precipitação, principalmente nos países mais secos, onde a precipitação natural é escassa. A chuva artificial só funciona quando existe vapor de água no ar. Alguns críticos afirmam que os sucessos já alcançados por alguns países ocorreram em condições que levariam a chuva natural. Esta técnica consiste no lançamento de substâncias aglutinadoras para dentro das nuvens, que ajudam a formar gotas de chuva. A substância aglutinadora mais comum é bem conhecida, o cloreto de sódio, mas também existem outras como o iodeto de prata e o dióxido de carbono sólido (gelo seco). As substâncias aglutinadoras podem ser dispersas nas nuvens com recurso a aviões próprios para

o efeito ou através de dispositivos de dispersão localizados no solo, os geradores de solo, figura 2.2. No último caso, as partículas são levadas pelas correntes de ar até às nuvens [19].

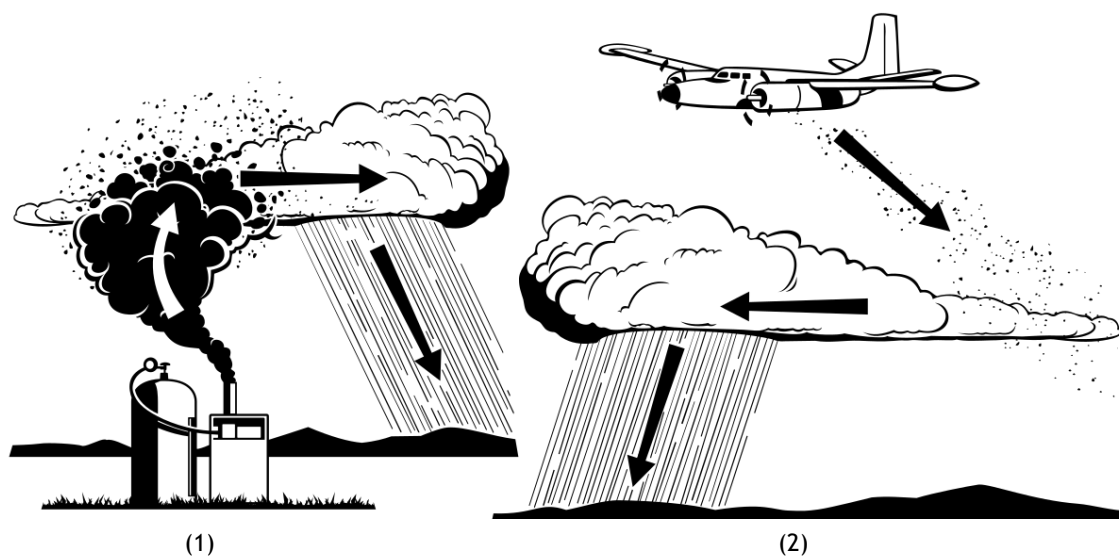


Figura 2.2 - Dispersão de substâncias aglutinadoras nas nuvens através de: (1) gerador de solo, (2) avião [19]

Alguns países já conseguiram produzir várias toneladas de chuva desta forma, como a China, os Estados Unidos e a Índia. Mas a eficácia deste processo é ainda uma questão de debate um pouco por todo o mundo [19].

Todas as medidas e tecnologias descritas anteriormente têm ou virão a ter um forte impacto na prática agrícola, pois sem água doce ou sem tecnologias que permitam gerá-la, a prática fica em risco, podendo levar a consequências desastrosas, como o aumento do preço dos alimentos e, conseqüentemente, a fome.

2.5 - Principais Tecnologias de Suporte

A engenharia e a agricultura já cooperam entre si há vários anos, desde que ocorreram as revoluções agrícolas. Tem-se o exemplo dos tratores e outras ferramentas que foram criadas pela engenharia e que são utilizadas na agricultura. Mas foi nos últimos 20 anos, depois de já estarem criadas as máquinas com mecanismos de assistência no comando e no controle, que se criou *software* e *hardware* para que a agricultura se tornasse mais controlada e automatizada.

O conceito de agricultura de precisão surge como uma forma mais sustentável de se realizar a prática agrícola. Este está associado à utilização de equipamento de alta tecnologia para avaliar e monitorizar as condições numa determinada parcela de um terreno [22].

Desenvolveram-se vários instrumentos computacionais, a robótica e vários sensores que permitem a monitorização ambiental. Com isto, é possível reduzir o impacto ambiental, resultante da atividade agrícola, e aumentar o rendimento dos agricultores, na medida em que, numa plantação monitorizada, consegue-se ter informações sobre o estado do solo, através dos sensores, e aplicar apenas os produtos necessários para o desenvolvimento das

plantas e regar, através de sistemas automáticos que agem de acordo com as informações dadas pelos sensores, o que permite que haja uma ação imediata sobre qualquer fator que afete o normal desenvolvimento da planta. Assim, em relação a uma plantação não monitorizada, em que se aplicam os produtos para o desenvolvimento das plantas, mesmo quando não se sabe se é mesmo necessário, e se rega, sem saber se a planta necessita de água ou sem saber a quantidade que precisa, a engenharia trouxe grandes vantagens com a monitorização da agricultura. A redução do impacto ambiental está relacionada com o rigor da aplicação dos factores de produção, sobretudo dos produtos químicos, que deverá ser feita estritamente na quantidade necessária para combater as necessidades da plantas. O aumento do rendimento dos agricultores pode ocorrer de duas formas complementares, que são a redução dos custos de produção e o aumento da produtividade e, por vezes, da qualidade [22].

É importante referir que existem algumas desvantagens relativamente à aplicação deste tipo de tecnologia na agricultura. A tecnologia associada à agricultura de precisão é complexa e cara, por isso, não se encontra, hoje em dia, mais divulgada, principalmente em Portugal. Só faz sentido recorrer à agricultura de precisão quando os benefícios económicos forem superiores ao investimento necessário à sua adoção. Por outro lado, quando os investimentos são rentáveis, é necessário que existam agricultores ou técnicos que tenham conhecimentos suficientes para ajustar e utilizar estas tecnologias. O futuro apresenta-se favorável, pois estes equipamentos tecnológicos têm tendência a diminuir o seu preço, sendo que, ao mesmo tempo, o nível educacional dos agricultores tem vindo a aumentar, pois existem cada vez mais estruturas de apoio técnico na agricultura. Por outro lado, existem empresas de aluguer de equipamentos agrícolas que tornam viável a aplicação destas tecnologias nas pequenas explorações [22].

Neste momento, existem várias empresas em todo o Mundo que estão a apostar na ligação da agricultura com a tecnologia computacional. Em Portugal tem-se o exemplo da *Wisecrop*, que criou uma plataforma de monitorização de culturas com várias funções, entre elas a indicação de quando as plantas necessitam de algum adubo, fertilizante ou de serem regadas [23].

Uma tecnologia que está a ser desenvolvida é denominada de *indoor vertical farming*. Em Portugal, está a ser desenvolvida por várias empresas, nomeadamente a *Grow to green* e a *Coolfarm*. Consiste numa plantação em espaço fechado, geralmente numa câmara de crescimento, completamente controlado, e monitorizado, por sensores, figura 2.3.



Figura 2.3 - Câmara de crescimento da tecnologia *indoor vertical farming* [24]

A tecnologia *indoor vertical farming* permite o crescimento de, praticamente, qualquer planta dentro da câmara. As plantas são cultivadas num ambiente interno de múltiplas camadas, onde vários fatores como a temperatura e a humidade são monitorizados e cuidadosamente controlados. As principais vantagens desta tecnologia são a inexistência de pragas, doenças e riscos climáticos que afetem o normal desenvolvimento das plantas, o facto de não serem necessários pesticidas e de se poder cultivar, com confiança, em qualquer local [24, 25].

Capítulo 3

Integração e Tratamento de Dados

Neste capítulo faz-se uma descrição acerca da construção de bases de dados. Fala-se sobre as inúmeras aplicações destas bem como do seu desenvolvimento. Explicam-se quais os modelos de representação de dados mais utilizados e a sua utilidade aquando da construção de uma base de dados. De seguida, apresenta-se o conceito de rede neuronal e qual a sua importância no mundo atual.

3.1 - Bases de Dados

As bases de dados são essenciais para todos os negócios hoje em dia. Servem, por exemplo, para manter os registos internos dos funcionários de uma empresa, para registar todos os clientes ou até para dar informações de *stock* de produtos, no caso de empresas de produtos. Também são utilizadas para registar os dados de muitas investigações científicas [26].

O poder que as bases de dados têm na atualidade é fruto de muito conhecimento e tecnologia desenvolvida ao longo de várias décadas e incorporada em *software* especializado, chamado *DBMS*, do inglês *database management system*, que significa sistema de gestão de bases de dados [26, 27].

Os *DBMS* fornecem várias capacidades aos utilizadores, tais como [26]:

- Armazenamento permanente. Assim como um sistema de arquivos tradicionais, um *DBMS* permite que se armazenem grandes quantidades de dados, com a vantagem que de ter maior flexibilidade, pois permitem estruturas de dados que suportam o acesso a uma grande quantidade de dados.
- Interface de programação, na medida em que permite ao utilizador ou a um programa aplicativo ativar ou modificar os dados, através de uma linguagem de consulta.
- Gestão de transações, ou seja, suporta o acesso simultâneo por muitos processos distintos, que são chamados de transações. Para evitar consequências indesejáveis do acesso simultâneo, os *DBMS* têm duas características importantes, que são o isolamento e a atomicidade. O isolamento é a capacidade das

transações não poderem ser executadas em simultâneo, ou seja, só podem ser executadas uma de cada vez, o que evita conflitos. A atomicidade é a exigência de que as transações sejam executadas completamente ou então não serem, de todo, executadas.

3.1.1 - História das Bases de Dados

O primeiro *DBMS* foi projetado no início dos anos 60, por Charles Bachman, e era chamado de armazenamento integrado de dados. Ele formou a base para o modelo de dados em rede e influenciou fortemente os sistemas de bases de dados ao longo da década de 60.

No final dos anos 60, a empresa IBM desenvolveu o sistema de gestão de informação, que ainda hoje é utilizado em muitas empresas. Este sistema deu origem a uma base para uma estrutura de representação de dados alternativa, denominada de modelo de dados hierárquico. Como exemplo tem-se o sistema SABRE, que foi desenvolvido na mesma altura. Este sistema servia para fazer reservas de passagens aéreas através de uma rede de computadores e permitia que várias pessoas tivessem acesso aos mesmos dados através da rede. Este sistema ainda hoje é utilizado por alguns serviços de viagens baseados na *Web* [27].

No início da década seguinte, em 1970, Edgar Codd, da empresa IBM, propôs uma nova estrutura de representação de dados denominado de modelo de dados relacional. Esta nova representação apresenta, ao utilizador, uma visão dos dados organizados em tabelas, chamadas de relações. Esta estrutura levou a um grande e rápido desenvolvimento de vários *DBMS* baseados no modelo relacional e a bons resultados teóricos que fundamentaram esta teoria dos modelos relacionais [26, 27].

Rapidamente, a popularidade dos *DBMS* relacionais mudou o cenário comercial, pois os benefícios deste tipo de modelos foram reconhecidos e estes *DBMS* tornaram-se prática comum na gestão de dados corporativos. Ao contrário dos utilizadores de sistemas de bases de dados anteriores, o utilizador de um sistema relacional não está preocupado com a estrutura de armazenamento. As consultas podem ser expressas em linguagem de alto nível o que aumenta muito a eficiência dos programadores de bases de dados [26, 27].

Mais tarde, na década de 80, o modelo relacional dominou os *DBMS* e os sistemas de bases de dados começaram a ser utilizados mais amplamente. Para se proceder à consulta das bases de dados, tinha que haver alguma forma. Foi então que se criou a linguagem de consulta *SQL*, do inglês *Structured Query Language*, mais uma vez por parte da empresa IBM. No final desta década, a *SQL* foi padronizada pelo *American National Standards Institute*, ANSI, e pela *Internacional Organization for Standardization*, ISO. A forma mais utilizada de programação é a execução simultânea de programas de bases de dados, chamados de transações, já mencionados anteriormente [27].

Ao longo dos anos seguintes, fizeram-se avanços e várias pesquisas de linguagens de consulta mais poderosas e modelos de dados mais avançados. Vários fornecedores de *DBMS*, criaram sistemas capazes de armazenar vários tipos de dados, como imagens e texto.

Passados alguns anos, os *DBMS* entraram na era da *internet*, criando-se uma nova geração de *Websites* que utilizam um *DBMS* para armazenar dados através de um navegador *Web*, ao contrário da primeira geração, que armazenava os seus dados em arquivos de sistemas

operacionais. As consultas são realizadas através de formulários acessíveis pela *Web* e as respostas são formatadas com recurso a uma linguagem de marcação, como por exemplo a linguagem *HTML*, do inglês *HyperText Markup Language*, para serem exibidas num navegador [27].

Hoje em dia, as bases de dados são largamente e globalmente utilizadas pela maior parte das empresas. A gestão de bases de dados tem muita importância e cada vez mais dados são colocados *online* e acessíveis através das redes de computadores. Os sistemas de gestão de bases de dados representam um grande segmento do mercado [27].

3.1.2 - O que são as Bases de Dados?

Com o passar dos anos e a evolução dos computadores, tornou-se possível o armazenamento de dados em formato digital. Antes de se definir o que são as bases de dados, é importante explicitar bem a diferença entre dados e informações. Os dados são factos brutos, que podem não fazer sentido nenhum quando estão isolados. As informações são um agrupamento de dados organizados, que fazem sempre sentido e geram conhecimento [28].

Define-se base de dados como uma ferramenta de recolha e organização de dados ou informações. Em linguagem comum, o termo base de dados refere-se a uma coleção de dados que é gerida por um *DBMS*. As primeiras bases de dados não eram relacionais, sendo que não se conseguia relacionar uns dados com os outros. Depois surgiram as relacionais, que são bases de dados que armazenam informações que se relacionam de forma a que façam sentido, ou seja, são estruturas bem organizadas de dados que permitem que se façam pesquisas e se retirem informações quando é necessário. A informação é organizada em tabelas, que, por norma, têm ligações entre si. Com isto, percebe-se que uma base de dados é uma ferramenta muito importante e essencial para empresas, tornando-se a principal peça dos sistemas de informação [26].

Para que as bases de dados funcionem, é necessário recorrer a um *DBMS*, que são sistemas que usam uma linguagem para criar as bases de dados. Existem vários que cumprem as mesmas funções, o que pode dificultar a escolha de um. Um dos fatores que pode influenciar a sua escolha é o facto de ser pago ou não [27].

Um *DBMS* deve permitir que os utilizadores criem novas bases de dados e especifiquem os seus esquemas. O esquema da base de dados representa a estrutura lógica dos dados. Este pode ser feito como uma representação visual ou como um conjunto de fórmulas conhecidas, como restrições de integridade que regem uma base de dados. Estas fórmulas são expressas através de uma linguagem de consulta, como a *SQL*. Outra característica importante dos *DBMS* é a capacidade de suportar o armazenamento de grandes quantidades de dados por um longo período de tempo, de os proteger contra o uso não autorizado e de permitir o acesso eficiente aos dados para consulta e modificação. Os *DBMS* devem oferecer, ao utilizador, a capacidade de consultar e modificar os dados, com recurso, mais uma vez, a uma linguagem de consulta. Por fim, deve garantir o controlo de acesso aos dados de muitos utilizadores de uma só vez, sem permitir que os acessos simultâneos corrompam os dados acidentalmente e sem deixar que as ações de um utilizador afetem os outros [26, 27].

Como referido no subcapítulo anterior, os primeiros *DBMS* surgiram na década de 60. Estes são fruto da evolução dos sistemas de arquivos que existiam na altura. Os sistemas de arquivos armazenam dados por um longo período de tempo e permitem o armazenamento de grandes quantidades de dados. Mas têm as grandes desvantagens, como o facto de não garantirem que os dados não possam ser perdidos e o facto de não suportarem o acesso eficiente a itens de dados cuja localização num dado arquivo não seja conhecida. Além disso, os sistemas de arquivos não suportam, diretamente, linguagens de consulta. Por fim, quando há acessos simultâneos a arquivos, o sistema de arquivos não impede que dois utilizadores mudem o mesmo arquivo aproximadamente ao mesmo tempo, levando à situação em que as alterações feitas por um dos dois utilizadores não apareçam no arquivo, situação que não ocorre num *DBMS*. Sendo assim, os *DBMS* têm grandes vantagens e superam os sistemas de arquivos, sendo largamente utilizados pela maioria das empresas em todo o mundo [26, 27].

Em suma, uma base de dados é um local onde são armazenados dados, que podem ser consultados, alterados e apagados, ou seja, geridos, por um *DBMS* [29].

3.2 - Modelos de Representação dos Dados

O processo de criar uma base de dados começa com a análise da informação que esta deve guardar e quais as relações necessárias entre os componentes dessas informações. Frequentemente, os projetistas de bases de dados começam por desenvolver um esquema com recurso ao modelo entidade-associação e, de seguida, traduzem o esquema para o modelo relacional. Só depois destes dois modelos criados, é que passam à implementação [26], figura 3.1.

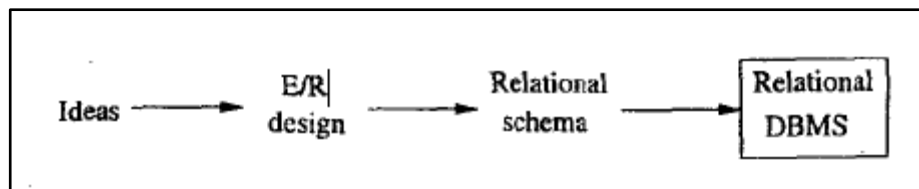


Figura 3.1 - Processo de modelação e implementação de uma base de dados [26]

3.2.1 - Modelo Entidade-Associação

O modelo entidade-associação, também conhecido como modelo ER, é um modelo abstrato e conceptual representativo dos dados. É o modelo mais utilizado para a representação abstrata da estrutura das bases de dados. Ele representa a visão da base de dados do ponto de vista do programador, ou seja, permite que se descreva os dados de uma empresa do mundo real em termos de objetos e das suas relações. O objetivo de criar este modelo é que ele fornece informações úteis que permitem avançar de uma descrição informal do que os utilizadores esperam das suas bases de dados para uma descrição mais precisa, que pode ser implementada num *DBMS* [26].

Para a representação deste modelo existem três tipos de elementos principais: as entidades, os atributos e as associações [26].

Os atributos são as propriedades que caracterizam uma entidade. Por exemplo, uma pessoa tem nome, morada e peso, que são os atributos da entidade pessoa. Quanto à sua constituição, estes podem ser simples ou atômicos, quando não são divisíveis, ou compostos, no caso de poderem ser divisíveis em atributos simples com significados independentes.

Quanto ao seu valor, os atributos podem ser de valor único, quando há apenas um valor por entidade ou multi-valor, quando cada entidade pode ter mais do que um valor. Em alguns casos, os atributos podem ser derivados de outros atributos, denominando-se de atributos derivados. Estes devem aparecer no modelo Entidade-Associação para ficar salvaguardado que o atributo é possível de calcular, mas não necessitam de figurar na base de dados, a não ser por questões de performance. Ainda sobre os atributos, estes podem permitir valores nulos [30].

Uma entidade é um objeto ou conceito do mundo real com uma existência independente. Pode ter existência física, como um carro ou um aluno, ou existência conceptual, como uma turma ou uma profissão. É descrita através de um conjunto de atributos, cuja escolha reflete o nível de detalhe no qual se deseja representar informações acerca das entidades. Para cada atributo associado a um conjunto de entidades deve-se identificar o domínio dos valores previstos. Além disso, para cada conjunto de entidades escolhe-se uma chave, que é um conjunto mínimo de atributos cujos valores identificam exclusivamente uma entidade no conjunto. Pode existir mais do que uma chave candidata, sendo que se escolhe uma delas como chave primária. O atributo chave identifica univocamente uma entidade, não podendo existir duas entidades do mesmo tipo com o mesmo valor para os seus atributos chave [26].

Uma associação relaciona uma ou mais entidades e deve ser utilizada sempre que se sente necessidade de criar um atributo que contenha atributos-chave de outra entidade. Quanto ao grau ou aridade, uma associação pode ser unária ou reflexiva, quando associa apenas uma entidade, binária, no caso de associar duas entidades, ou até ternária, quando a associação contempla três entidades. No caso das últimas, estas podem sempre ser transformadas em associações binárias [26, 27].

Uma associação também pode ter atributos descritivos, que são utilizados para registar informações sobre a associação e não sobre as entidades participantes na associação. Porém, uma associação deve ser identificada exclusivamente pelas entidades participantes, sem ser necessário haver referência aos atributos descritivos [26, 27].

O modelo entidade-associação tem algumas restrições que devem ser cumpridas para que se garanta a funcionalidade deste quando se implementar a base de dados. As restrições permitem restringir as combinações possíveis entre as entidades participantes numa associação. Existem dois tipos de restrições, a cardinalidade das associações e a participação das entidades nas associações [30].

Seja o seguinte esquema, a representação de uma associação-tipo: Associação(Entidade A, Entidade B). A cardinalidade é do tipo N:1 quando, a cada registo da entidade B, estão associados vários registos da entidade A. Pode ser 1:1 quando, a cada registo da entidade A está associado um e só um registo da tabela B. Este tipo de associações não são vulgares e podem ser resultado de divisões de uma tabela. Por fim, pode ainda ser N:N no caso de elementos de ambas as entidades poderem estar associados sem qualquer restrição, ou seja, a vários registos da entidade A correspondem vários da entidade B [26, 29].

A participação pode ser total ou parcial. É parcial quando as entidades podem ou não participar na associação. No caso de a participação ser total, há dependência existencial, ou seja, é de esperar que todas as entidades deste tipo participem na associação. Só se deve utilizar participação total quando é mesmo necessário garantir que todas as entidades participem na associação [26, 29].

3.2.2 - Modelo Relacional

Como já referido no subcapítulo 3.1.1, o modelo relacional foi criado por Edgar Codd, em 1970. Na altura, a maior parte dos sistemas de bases de dados eram baseados num de dois modelos de dados antigos - o modelo hierárquico e o modelo em rede. O modelo relacional revolucionou a forma como eram criadas as bases de dados e suplantou os modelos anteriores. É muito útil, simples e elegante, do qual, hoje em dia, dependem a maior parte dos *DBMS* comerciais. É o modelo de dados dominante e a base para os principais *DBMS*, tais como *Oracle*, *Microsoft Access* e *SQLServer* [26, 27].

Como já referido anteriormente, uma base de dados é uma coleção de uma ou mais relações, sendo que cada relação corresponde a uma tabela. O modelo relacional pode ser expresso em tabelas verticais ou em tabelas de uma linha, sendo que, no segundo caso, a cada célula corresponde um atributo. Esta representação simples permite que, até os utilizadores iniciantes, percebam o conteúdo da base de dados e permite que se utilizem linguagens simples e de alto nível para consultar os dados. A principal vantagem do modelo relacional em relação aos modelos de dados mais antigos é a facilidade com que as consultas, até mesmo as mais complexas, podem ser expressas [26, 27].

Quanto aos tipos de elementos deste modelo, existem as relações, os atributos e os tuplos. Cada relação corresponde a uma tabela, que mais tarde irá ser construída na base de dados. Os atributos servem como nomes para as colunas da relação, ou seja, cada coluna corresponde a um atributo. Normalmente, estes descrevem o significado das entradas dessa mesma coluna. Os tuplos ou instâncias são os conteúdos das relações, ou seja, as linhas das tabelas, excluindo a linha de cabeçalho. Os componentes dos tuplos devem ser atômicos, ou seja, devem ser de algum tipo elementar, como *string* ou *integer*. Não é permitido que um componente seja, por exemplo, uma matriz, uma lista ou qualquer outro tipo que possa ter os seus valores divididos em componentes menores [27].

Quanto aos esquemas, no modelo relacional, o esquema de uma relação especifica o seu nome, o nome de cada atributo ou coluna e o tipo de cada atributo, como se pode ver pelo seguinte esquema-tipo: Nome da Relação(nome do atributo 1: tipo, nome do atributo 2: tipo, nome do atributo n: tipo) [27].

Tal como em todos os modelos, no modelo relacional existem restrições que devem ser cumpridas para que o modelo seja aplicável com sucesso [26, 27]. As restrições são relativas às relações e vão ser mencionadas nos parágrafos seguintes.

A chave primária é a restrição que identifica de forma única os tuplos da relação. Não pode conter valores nulos e apenas pode existir uma para cada relação. Esta pode abranger uma ou mais colunas da respetiva relação [26, 27].

A chave única pode conter valores nulos, mas não pode conter valores repetidos, pois como o próprio nome indica é única. É útil quando o atributo em questão é único, como por exemplo o NIF, que é um número diferente para cada pessoa [26, 27].

A chave estrangeira ou chave externa é um atributo, ou um conjunto de atributos de uma relação, que referencia um atributo ou um conjunto de atributos de outra relação. O conjunto de atributos referenciados tem que ser uma chave primária, ou seja, a chave estrangeira da relação referenciadora deve coincidir com a chave primária da relação referenciada. Se uma das relações for alterada, a outra deve ser verificada e, talvez, modificada também para que os dados mantenham-se consistentes. O número de colunas chave estrangeira na relação referenciadora deve ser o mesmo da chave primária na relação referenciada e os dados devem ser de tipos compatíveis, sendo que o nome das colunas pode ser diferente [26, 27, 29].

Por fim, faltam referir as restrições de domínio. Estas indicam o tipo de dados que definem os atributos. É importante que estes estejam indicados nos esquemas das relações para que seja intuitiva a construção da base de dados, que é o passo a realizar a seguir à construção do modelo relacional [27, 29].

3.3 - Linguagem SQL

A linguagem SQL foi desenvolvida como uma linguagem de consulta e tornou-se a mais popular para criar, manipular e consultar DBMS relacionais. Esta é uma linguagem que pode ser dividida em três campos principais que são a DDL, *data definition language*, a DML, *data manipulation language* e a DQL, *data query language* [26, 27].

A primeira, DDL, é utilizada quando se pretende criar uma base de dados. É com recurso a esta que se criam e apagam as tabelas nas bases de dados. É na criação das tabelas que se devem definir os tipos de dado de cada atributo. Alguns dos tipos de dados mais comuns são: *char(n)* - cadeia de caracteres de tamanho fixo n; *varchar(n)* - cadeia de caracteres com tamanho máximo n; *integer* - números inteiros; *datetime* - para atributos de data e hora [26].

Aquando da criação de uma nova tabela, deve-se estar atento às restrições de integridade que se quer que uma tabela ou uma coluna tenha. Algumas destas restrições já foram referidas, pois são comuns ao modelo relacional. As restrições do tipo *Check* permitem garantir que uma ou mais colunas sigam uma determinada regra que pode ser expressa como uma expressão matemática. As restrições do tipo *Not Null* garantem que uma coluna não terá valores nulos. As restrições do tipo Chave Primária definem-se por não poderem haver chaves primárias com valores nulos nem com valores repetidos, além de que só pode haver uma chave primária para cada tabela. Contudo, as chaves primárias podem ser compostas por mais do que um atributo, como já referido anteriormente nesta dissertação. As Chaves Candidatas definem-se usando restrições do tipo único, ou seja, chave única. As restrições destas são equivalentes às das chaves primárias, mas com a diferença que os seus valores podem ser nulos. Por fim, as restrições de Chaves Estrangeiras indicam que uma chave deste tipo deve sempre referenciar uma chave primária de outra tabela [26].

A DML é usada quando se pretende atualizar, inserir ou apagar dados nas tabelas.

Por fim, utiliza-se a *DQL* nos casos em que se pretende consultar dados nas tabelas, ou seja, fazer perguntas. Este é o campo da linguagem *SQL* largamente utilizado depois de uma base de dados já estar criada, pois, quando os dados já se encontram nela, o principal objetivo é fazer consultas e obter informações acerca destes dados [26].

3.4 - Redes Neurais

3.4.1 - História das Redes Neurais

As redes neurais são redes compostas por neurónios artificiais e são simuladas em computador. A inspiração para a criação das redes neurais artificiais teve por base o cérebro animal, principalmente no humano, que é constituído por 15 biliões de neurónios [31].

A origem destas redes começou no fim do século XIX. Nesta altura, consistia em tentar entender o funcionamento do cérebro e os mecanismos por trás deste. Os primeiros estudos estavam focados na aprendizagem, visão e condicionamento e não incluíam, ainda, representações matemáticas dos neurónios [32, 33].

Só na década de 40 é que foi demonstrado que uma rede neuronal poderia computar qualquer problema numérico ou função lógica. Nos anos 50 e 60, desenvolveram-se redes e formas de as treinar. Apesar disso, foi atingido o ponto em que as redes teorizadas tornaram-se demasiado complexas para a capacidade de processamento dos computadores da época e, devido a esse facto, o desenvolvimento nesta área parou durante algum tempo [32, 33].

Só a partir dos anos 80 é que as redes voltaram a ser objeto de estudo, pois foi uma época na qual houve grande proliferação de computadores e se introduziram novos conceitos que nelas foram integrados, nomeadamente a retropropagação. A partir desta década, este campo da computação tem vindo a ser muito desenvolvido para diversas aplicações na matemática e na engenharia [32, 33].

Hoje em dia, o funcionamento do cérebro humano ainda não é totalmente conhecido. Existem processos que ainda não foram reconhecidos, pelo que se poderá concluir que serão feitas novas descobertas pela ciência. Nessa evolução, é provável que se consiga construir novos tipos de redes digitais baseados nas redes neurais biológicas. As redes digitais, apesar de muito desenvolvidas e eficazes, ainda não atingiram a complexidade das biológicas [32, 34].

As redes neurais têm inúmeras aplicações em campos muito diversos. Devido à estrutura digital das redes neurais, estas, apesar de não terem a mesma capacidade de processamento das biológicas, conseguem, em várias situações, obter melhores resultados. Como exemplo disso, tem-se redes neurais capazes de reconhecer estilos de escrita, como o de Shakespeare para a identificação de trabalhos fidedignos [32]. Em Itália, já foram implementadas redes capazes de analisarem a qualidade do azeite [32, 35]. Na área da engenharia electrotécnica, as redes são utilizadas, por exemplo, para previsão de consumos de eletricidade, de preços de mercados de eletricidade e de produção de eletricidade. Os

campos de aplicação estão a aumentar em todas as áreas, não apenas na área da engenharia, sendo aplicadas na literatura, medicina, entre outras [32, 36].

3.4.2 - Composição das Redes Neurais

Uma rede neuronal, ou, rede neuronal artificial é uma metodologia computacional que se baseia em algoritmos matemáticos capazes de imitar o comportamento principal de um cérebro humano, ou seja, aprender com a experiência [32].

As redes neurais são ideais para problemas complexos que necessitem da análise de um número elevado de dados. Além disso, também o são para problemas que requerem o reconhecimento de padrões e podem ser utilizadas em sistemas de inteligência artificial, devido à sua grande capacidade de aprendizagem. As redes neurais são ideais para os dois tipos de problemas mencionados anteriormente, pois têm a capacidade de realizar muitos processos em paralelo, identificar padrões e, assim, prever futuros eventos prováveis [31].

As redes neurais são dotadas de uma característica importante, a redundância. É a capacidade de funcionar mesmo que uma parte do todo esteja danificado, ou seja, se alguns neurónios deixarem de funcionar por alguma razão, a rede consegue compensar, ainda que possa perder um pouco da sua eficiência. Contudo, tem eficiência suficiente para não perder as suas funções [32].

As redes neurais podem dividir-se em redes com ou sem regressão. Dentro das redes com regressão, esta dividem-se em redes com ou sem valores de entrada.

Nas redes sem regressão, todos os valores de entrada são fornecidos pelo utilizador. São redes lineares que conseguem fazer a previsão de valores com boa precisão, dependendo da qualidade dos dados de entrada. Contudo, podem não ser as melhores para efeitos de previsão, devido ao facto de não terem em conta os valores anteriores da saída da rede. Este tipo de redes será a melhor opção caso os dados de teste sejam independentes nas suas ocorrências [32].

No caso das redes com regressão, estas podem não ter valores de entrada, sendo puramente autoregressivas. Servem para reconhecer padrões em series de dados, porém as previsões obtidas por estas podem não ser as mais fiáveis se os valores forem afetados por fatores externos, que não são contabilizados [32].

Por fim, as redes com regressão e com valores de entrada inseridos pelo utilizador são, normalmente, as mais fiáveis em termos de previsão. Estas redes têm como entradas os valores dos fatores que afetam a saída e os valores de saída anteriores. Isto ajuda no reconhecimento de padrões, tendo em conta a influência dos dados de entrada nos dados de saída e, também, os comportamentos anteriores da rede. Isto leva a que este tipo de rede seja uma junção das referidas anteriormente, pois junta os aspetos positivos de ambas. Apenas tem um inconveniente, que é o pré-requisito de maior número de dados para treino e que esses dados façam parte de uma sequência lógica, para que exista um padrão que possa ser detetado pela rede [31, 37].

Capítulo 4

Ferramentas de Apoio à Decisão

Neste capítulo faz-se uma descrição acerca da construção de ferramentas de apoio à decisão. Fala-se sobre as tecnologias que podem ser utilizadas, as linguagens de programação para construção de Plataformas *Web* e de interação com as bases de dados. Por fim, aborda-se um pouco o assunto dos indicadores de eficiência energética.

4.1 - Ferramentas

4.1.1 - Bases de Dados e a *Web*

Hoje em dia, existem muitos *Websites* vinculados a bases de dados corporativos de empresas. Muitas empresas utilizam a *Web* para disponibilizar algumas informações das suas bases de dados internas, para clientes e parceiros de negócios. Por exemplo, quando um cliente quer pesquisar informações sobre preços de produtos numa base de dados de um retalhista, ele pode fazê-lo pela *internet*, caso o retalhista tenha um *Website* com as informações dos preços, e que, por sua vez, este esteja conectado à sua base de dados [38]. A figura 4.1 mostra o processo de ligação de uma base de dados à *Web*.

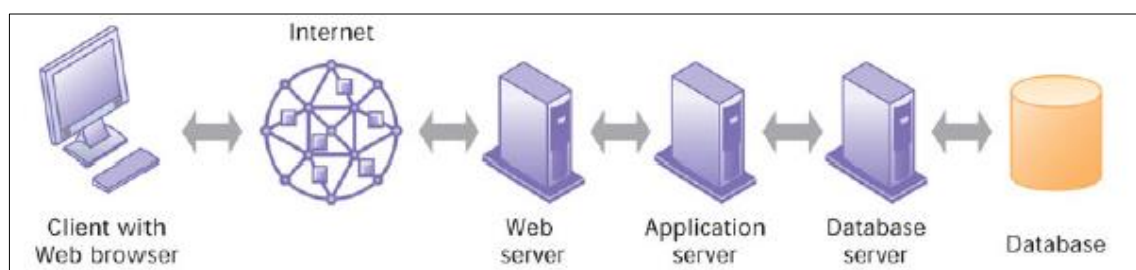


Figura 4.1 - Ligação de uma base de dados à *Web* [38]

O utilizador, através do seu computador, tem acesso ao *Website* do retalhista através da *internet*, por um *Web browser*, ou seja, por um navegador da *Web*. Por sua vez, o *software* do navegador da *Web* do utilizador solicita dados da base de dados da organização, através

de comandos *HTML*, para se comunicar com servidor da *Web*. Como a maior parte das bases de dados não consegue interpretar comandos escritos na linguagem *HTML*, o servidor *Web* passa essas solicitações de dados para um *software* que converte comandos de linguagem *HTML* em linguagem *SQL*. Assim, estes já podem ser processados pelo *DBMS* que contem a base de dados. Num ambiente cliente/servidor, o *DBMS* está instalado num computador dedicado, que se denomina de servidor de base de dados. O *DBMS* recebe as solicitações em linguagem *SQL* e fornece os dados necessários. As informações são transferidas da base de dados da organização para o servidor *Web*, para serem entregues ao utilizador na forma de página *Web* [38].

O servidor da aplicação também tem execução no seu próprio computador dedicado. O *software* deste servidor lida com o processamento de transações e o acesso a dados, entre computadores baseados em navegadores e bases de dados. Este servidor recebe solicitações do servidor da *Web*, processa as transações com base nessas solicitações e fornece conectividade às bases de dados da organização [38].

Existem várias vantagens em conectar uma base de dados de uma organização à *Web*. Em primeiro lugar, para se ter acesso à base de dados, o *software* de um navegador da *Web* é bastante mais simples de utilizar do que as ferramentas de consultas das bases de dados. Em segundo, a interface da *Web* requer poucas ou nenhuma alteração nas bases de dados. É menos trabalhoso adicionar uma interface da *Web* na frente de um sistema do que redesenhar e reconstruir o sistema para melhorar o acesso do utilizador [38].

4.1.2 - Exemplos de Ferramentas de Apoio à Decisão

O acesso a bases de dados através da *Web* está a criar novas oportunidades e modelos de negócio. Existem algumas empresas cujos modelos de negócio são baseados no acesso a grandes bases de dados através da *Web*. Um exemplo de uma dessas empresas é o *MYSpace*, que ajuda os utilizadores a conectarem-se e a conhecerem outros. Esta empresa apresenta perfis com informações de 122 milhões de utilizadores, sobre a sua idade, os seus interesses, entre outras. Esta mantém uma massiva base de dados para guardar e gerir todo esse conteúdo. O modelo de negócio do *Facebook* é idêntico, tendo, também, uma enorme base de dados ligada à *Web* [38].

No campo da agricultura, em Portugal, existe uma empresa que desenvolveu uma ferramenta de apoio, já mencionada no subcapítulo 2.5. A *Wisecrop* desenvolveu uma plataforma de monitorização de culturas, através da ligação de uma base de dados à *Web*. A aplicação é capaz de informar o utilizador dos adubos mais indicados para a sua cultura, permite controlar os sistemas de rega à distância e monitoriza as variáveis atmosféricas. Ao interpretar os dados atmosféricos, ela dá avisos preventivos ao agricultor sobre pragas e doenças que possam ocorrer na plantação [23]. Na figura 4.2, está uma das páginas da aplicação da empresa.

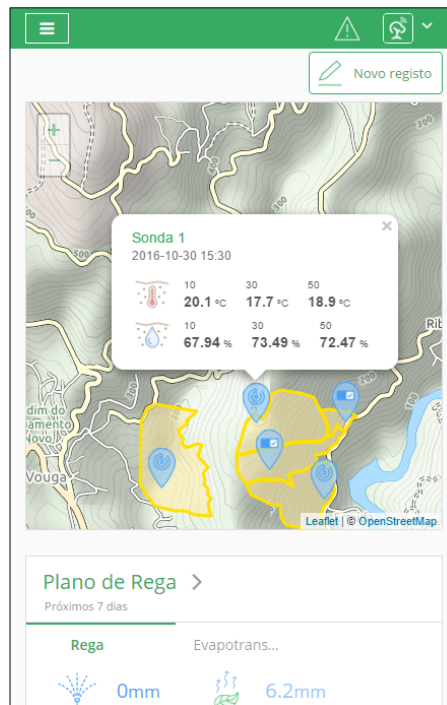


Figura 4.2 - Página de controlo da rega de uma plantação da aplicação da *Wisecrop* [23]

4.2 - Front-End

Um bom *front-end* é aquele que é fácil de perceber e que chama a atenção ao utilizador. Mas antes, é importante explicar o que é um *website*. Um *website* não é nada mais nada menos que um conjunto de páginas de informação. As páginas têm que ser guardadas no formato *HTML* para conseguirem ser lidas pelos navegadores da *Web*, como, por exemplo, o *Internet Explorer* e o *Firefox*. O único tipo de informação que os navegadores de *Web* garantem que conseguem ler são os ficheiros *HTML* [39].

Existem várias formas de criar e manter uma aplicação *Web*, mas a que fornece mais experiência, poder e flexibilidade ao programador é criar a aplicação ele mesmo. Para isso, ele deve começar por criar algumas páginas *HTML* e, posteriormente, introduzir técnicas de bases de dados através da linguagem *PHP* e *SQL*. Através deste método, o programador pode fazer a aplicação como quiser. Este é o método utilizado pelos programadores de *Web* profissionais [39].

Quando se entra na área da programação básica da *web*, ocorrem três linguagens essenciais - *HTML*, *CSS* e *JavaScript*. De uma forma geral, linguagem *HTML* serve para construir páginas *Web* e para definir o seu conteúdo, *CSS* para tornar a sua parte gráfica mais apelativa e *JavaScript* para as programar [40].

Para programação *Web* mais dinâmica, ocorrem ainda outras como *SQL* e *PHP*. De uma forma geral, a linguagem *SQL* serve de acesso a uma base de dados e a *PHP* é uma linguagem de programação de servidor da *Web*, que permite a escrita de consultas para serem lidas e executadas pela base de dados [40].

4.3 - Indicadores de Eficiência energética

De um modo geral, a eficiência energética é a otimização da transformação e da utilização da energia. Segundo Hordeski, o termo eficiência descreve a capacidade de equipamentos que operam em ciclos ou processos, produzirem os resultados esperados. Numa visão física, este conceito está limitado aos processos em que há conversão de energia e em que as formas inicial e final são visíveis ou perceptíveis, como a energia elétrica, cinética e potencial [41, 42].

A utilização racional de energia constitui um fator muito importante para a preservação do ambiente, através da redução de emissões de gases com efeito de estufa, poupança de recursos naturais energéticos não renováveis. Este fator deve ser tido em conta para proporcionar o bem-estar às gerações vindouras [41].

Uma auditoria energética consiste num exame detalhado a todos os aspectos relacionados com o consumo de energia numa instalação. Os principais objetivos são a quantificação de consumos de energia, a caracterização de equipamentos e sistemas de energia, determinar consumos específicos de energia ou outros indicadores de eficiência energética, identificar medidas com viabilidade técnico-económica passíveis de implementar que contribuam para a redução do consumo energético [41].

Quando da implementação de um processo de eficiência energética, é necessário conhecer os consumos de energia da instalação à qual vai ser implementado. No entanto, é importante haver dados que possam ser comparáveis e replicáveis noutras instalações do mesmo género. Para isso, existem os indicadores energéticos, que são criados para situarem a instalação num determinado momento e para servirem de comparação para avaliar o seu desempenho perante outras instalações [41].

Os indicadores de energia são uma ferramenta importante para analisar interações entre a atividade económica e humana, consumo de energia e emissões de dióxido de carbono. Estes indicadores mostram ao decisor/gestor final onde a economia de energia pode ser implementada. Além de fornecerem informações sobre tendências no consumo de energia no passado, os indicadores energéticos também podem ser utilizados para ajudar a modelar e a prever a exigência futura de energia [43].

Os indicadores energéticos podem ser definidos como macro-indicadores, quando caracterizam a eficiência energética de um país, e micro-indicadores, quando caracterizam a eficiência energética de uma entidade. Esses indicadores podem ser descritivos, quando caracterizam a situação de eficiência energética sem procurar justificações para as causas ou desvios, ou podem ser explicativos, quando explicam as razões pelas quais se deram variações ou desvios nos indicadores descritivos [44].

Como descrito, existem muitos indicadores energéticos que avaliam diferentes realidades. De seguida, enunciam-se alguns exemplos de indicadores utilizados no setor em análise nesta tese - cadeia de valor do milho, representados nas equações 4.1, 4.2 e 4.3.

O CMF, Índice de Consumo Médio Mensal por Funcionários, é caracterizado pela razão entre o consumo médio mensal pelo número de funcionários de uma entidade, equação 4.1.

$$CMF = \frac{\text{Energia_média_mensal}(kWh)}{\text{Número_de_funcionários}} \quad (4.1)$$

O CMM, Índice de Consumo Médio Mensal por Quantidade de Produto Seco, é expresso pela razão entre o consumo médio anual pela quantidade de produto seco, em toneladas, equação 4.2. Este pode ser aplicado em empresas de armazenamento de cereais, quando têm valores de teor de humidade acima dos valores pretendidos.

$$CMM = \frac{Energia_média_mensal(kWh)}{Quantidade_produto_seco(ton)} \quad (4.2)$$

O CMQ, Índice de Consumo Médio Anual por Quantidade de Produto Vendida, é caracterizado pela razão entre o consumo médio anual pela quantidade de produto vendida de uma empresa, equação 4.3.

$$CMQ = \frac{Energia_consumida(kWh)}{Quantidade_produto_vendida(ton)} \quad (4.3)$$

Racionalizar o uso da energia é um fator extremamente importante nos dias de hoje, uma vez que, ao não ser utilizada da forma mais eficiente, há, simplesmente, um desperdício de potencial que podia estar a beneficiar outros processos produtivos ou habitações [44]. Assim, num *front-end* de uma aplicação de apoio ao utilizador, é vantajoso ter acesso a indicadores energéticos, que ajudem a racionalizar a energia dentro de uma entidade, evitando-se, assim, o desperdício e os gastos desnecessários.

Capítulo 5

Realidade Atual na Agricultura

Neste capítulo faz-se uma descrição acerca do caso de estudo que deu origem a esta dissertação. De seguida, referem-se todas as fases da cadeia de valor do milho e os processos inerentes a cada fase. Explicam-se quais as principais dificuldades da agricultura que estão associadas à presença de fungos e micotoxinas, sendo apresentado o conceito de fungo e como este produz as temidas micotoxinas. Definem-se quais os equipamentos de monitorização utilizados quer nas plantações, quer no armazenamento do milho. Por fim, fala-se acerca dos modelos de previsão que poderão ser desenvolvidos.

5.1 - Enquadramento Geral - Caso de Estudo

A presente dissertação de âmbito empresarial foi realizada na empresa ISQ, Instituto de Soldadura e Qualidade. Está integrada no projeto Qualimilho, que tem como objetivo principal a criação de novas estratégias de integração sustentáveis que garantem a qualidade e segurança na fileira do milho nacional, através da modernização do setor primário e da ligação deste às novas tecnologias.

O projeto Qualimilho está a ser promovido pela ANPROMIS e desenvolvido pelo ISQ, pela organização de produtores Agromais e por alguns agricultores associados à Agromais [45]. A sua importância não é questionada quando se está perante um valor de 25% da produção mundial de grãos, especialmente o milho, contaminado com micotoxinas [46]. Indo de encontro ao objetivo principal referido anteriormente, propõe-se a criação de uma plataforma de apoio aos agricultores e à organização de produtores que estão envolvidos neste projeto. A plataforma será capaz de alertar o utilizador para uma possível ocorrência de micotoxinas nas suas parcelas, no caso de o utilizador ser um agricultor, ou nos silos e armazéns, no caso de o utilizador ser a organização de produtores.

O ISQ é uma entidade privada e independente com mais de cinquenta anos de atividade, que tem como estratégia de crescimento a presença cada vez mais importante e sustentada no mundo, com delegações, escritórios e empresas associadas em mais de quinze países. Além disso, desenvolve atividade em toda a Europa e em mais vinte países de outros continentes. Presta serviços de inspeção, ensaio, formação e consultoria técnica. Por fim,

desenvolve novas soluções para as necessidades dos seus clientes e do mercado, sendo que o projeto Qualimilho se enquadra neste âmbito [47].

A Agromais é a maior organização de produtores de cereais e hortícolas do país, que iniciou a sua atividade em meados dos anos 80. As suas instalações são compostas por estruturas de secagem e de armazenamento coletivo, oito silos e um armazém. É nas suas estruturas de armazenamento que há uma grande necessidade de monitorização das variáveis que influenciam o aparecimento de micotoxinas, para que o milho seja seguro para consumo humano [48].

Durante o período de desenvolvimento desta dissertação ocorreram três visitas às instalações da Agromais. Estas foram muito importantes para observar-se como ocorria o processo de armazenamento do milho e como estavam construídas as suas instalações quanto aos silos e ao armazém. Numa das visitas procedeu-se à instalação das sondas de humidade e de temperatura, no topo e na base dos silos e do armazém, para se verificar se as condições atmosféricas no interior destes eram as mesmas na base e no topo.

O trabalho realizado consiste no desenvolvimento de uma plataforma de apoio ao agricultor e à organização de produtores Agromais. Esta é suportada por uma base de dados que foi desenvolvida juntamente com a plataforma. A base de dados estará preparada para fornecer dados às redes neuronais, que prevêem a ocorrência de micotoxinas, quer nas parcelas em estudo, quer nos silos e armazém da Agromais, e para receber os valores das previsões gerados pelas redes. Na figura 5.1, está representado um fluxograma com as ligações gerais entre as redes neuronais, a base de dados e a aplicação.

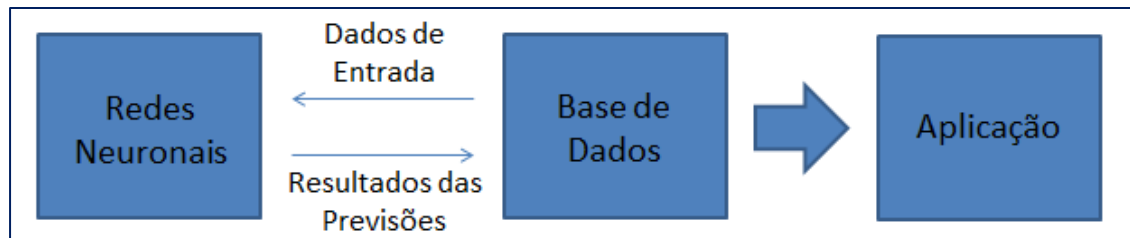


Figura 5.1 - Fluxograma geral

Os dados utilizados na primeira fase - fase de campo, foram os meteorológicos e de humidade do solo, obtidos através de estações meteorológicas implantadas próximas das parcelas em estudo. São cinco as parcelas e são denominadas de Brito, Caetano, Cholda, Labruja e Luz.

Na segunda fase - fase de receção e processamento, foram só consideradas algumas variáveis que são medidas quando os carregamentos de milho chegam à Agromais. Logo à entrada, são medidos o teor de humidade e o índice de fratura dos grãos.

Os dados utilizados na terceira fase - fase de armazenamento, foram os de humidade, temperatura e dióxido de carbono da atmosfera dos silos e do armazém. Obteve-se amostras dos dados de armazenamento por parte do ISQ, para efeitos de teste da plataforma.

As redes neuronais serão desenvolvidas, no futuro, pelo ISQ, pelo que o trabalho desta dissertação foca-se na construção da base de dados e da aplicação de apoio à decisão dos agentes económicos associados à cadeia de valor do milho. Ainda assim, a base de dados e a aplicação foram testadas através de ficheiros com amostras de valores de previsões.

5.2 - Cadeia de Valor do Milho

Para melhor compreensão do caso de estudo, é importante que se entenda como se processa a cadeia de valor do milho, figura 5.2. Esta está dividida em três fases, que serão alvo de uma pequena descrição neste subcapítulo:

- Fase da exploração agrícola;
- Fase de receção e processamento;
- Fase de armazenamento.



Figura 5.2 - Diagrama da cadeia de valor do milho

5.2.1 - Fase da Exploração Agrícola

A fase de exploração agrícola, que é a primeira, envolve vários processos: preparação e tratamento do campo antes da sementeira, sementeira, adubagem, rega, colheita e transporte para a organização de produtores. Esta é a fase que tem o maior número de variáveis que podem provocar o desenvolvimento de fungos, e é a mais difícil de controlar e monitorizar, pois o milho encontra-se ao ar livre, sempre sujeito a influências externas que podem contribuir para o desenvolvimento dos fungos, durante longos períodos de tempo. Os processos desta fase podem diferir bastante entre culturas, dependendo do agricultor. Por exemplo, o tipo de adubo utilizado pode ser diferente ou o tipo de colheita pode ser manual ou mecânico e estas diferenças podem contribuir para o desenvolvimento dos fungos produtores de micotoxinas.

5.2.2 - Fase da Receção e Processamento

Esta é a fase que engloba todos os processos desde que o milho é recebido pela organização de produtores até ao armazenamento nos silos e armazéns. Logo à chegada, a condição do milho é avaliada e o seu destino é traçado. O milho é comprado para consumo humano, o que trás maior lucro tanto à organização de produtores como aos agricultores que o vendem, ou para ração animal, trazendo um menor lucro para ambas as partes. Outra característica que é avaliada é o teor de humidade do grão. Se este for 14% ou menos, o milho não tem que ser seco e o agricultor recebe um maior valor pela venda. Se o teor de humidade for maior que 14%, o grão tem que ser seco até atingir o valor máximo de 14% e, só depois, é que é armazenado. Se este for o caso, quanto maior o valor de teor de humidade acima de 14%, menor é o valor que o agricultor recebe, pois a organização de produtores tem gastos energéticos acrescidos durante a secagem e despande mais tempo a tratar deste grão.

5.2.3 - Fase de Armazenamento

A terceira e última fase, a do armazenamento, envolve o tempo que o milho passa dentro do silo ou do armazém, desde que é colocado depois da sua compra ou depois da sua secagem.

Durante o armazenamento, são controladas três variáveis que podem influenciar bastante o desenvolvimento dos fungos, que são a humidade, a temperatura e a quantidade de dióxido de carbono presente na atmosfera do interior do local de armazenamento. Nos silos, a regulação das três variáveis é feita através da abertura e fecho de grelhas ventiladoras que se encontram na base destes. Também são tomadas precauções acerca do aparecimento de pragas e feitas análises à quantidade de micotoxinas presentes nos grãos.

5.3 - Principais Constrangimentos

Em todas as atividades existem dificuldades que devem ser ultrapassadas para que essas se realizem com sucesso. A atividade agrícola não é exceção e tem várias dificuldades inerentes à sua prática que vêm de encontro ao tema desta dissertação.

5.3.1 - Fungos e Micotoxinas

Os fungos são microorganismos eucarióticos, multicelulares e filamentosos que podem ser encontrados em qualquer sítio do mundo, seja na água, no ar ou no solo. São capazes de produzir, em condições naturais, metabolitos secundários tóxicos que são excretados através de um conjunto de vias metabólicas, mas que não essenciais para o crescimento nem para a sobrevivência dos fungos. Estes metabolitos são denominados de micotoxinas, que apresentam efeitos tóxicos para o organismo humano e para outros animais [1, 2, 49].

Responsáveis por alterações de sabor e da qualidade de alguns alimentos, a presença destes seres eucarióticos nos alimentos não é, necessariamente, um indicador da existência de micotoxinas. Aliás, os fungos são desejáveis no fabrico de alguns alimentos, como os queijos, e de algumas bebidas, como a cerveja e o vinho. Por outro lado, a ausência destes não implica que os alimentos estejam livres de micotoxinas.

Em muitos outros casos, os fungos são causadores de sabores e odores desagradáveis, havendo deterioração dos alimentos que, se ingeridos, podem ter riscos para a saúde humana e animal devido às micotoxinas que podem produzir.

Existem milhares de espécies de fungos, sendo que alguns apenas sobrevivem em produtos agrícolas. Entre estes, os mais responsáveis pelas micotoxinas nos alimentos são o *Aspergillus*, o *Penicillium* e o *Fusarium*. [1, 2, 49]. Na figura 5.3, está representado o fungo *Fusarium*, um dos piores em termos de infeção da cultura do milho com micotoxinas.



Figura 5.3 - Fungo *Fusarium*, produtor de micotoxinas [49]

As micotoxinas levam, ainda, a uma grande perda económica, devido à redução da qualidade dos alimentos. Quando estes estão contaminados, não devem ser colocados no mercado.

No que toca aos efeitos das micotoxinas no ser humano, estes podem ser muito prejudiciais devido à toxicidade destes metabólitos secundários dos fungos. Os efeitos podem ser mutagénicos, carcinogénicos, nefrotóxicos, imunossupressores e hepatotóxicos [1, 2].

De elevada importância são os valores máximos de micotoxinas admissíveis, que constam nas regulações impostas pela comissão europeia, para todos os produtos que possam ser contaminados, anexo A. Estes valores devem ser cumpridos à risca, havendo penalizações para os produtores que não os cumpram [50].

5.3.2 - Segurança Alimentar e Qualidade dos Produtos Agrícolas

Durante a segunda metade do século XX, como referido no subcapítulo 2.1, ocorreu uma evolução agrícola ao nível das ferramentas utilizadas na prática agrícola, nos países desenvolvidos. Esta revolução deu origem a um modelo de produção alimentar que teve impacto um pouco por todo o mundo, na medida em que permitiu o aumento da quantidade de produtos produzidos. Mas há um grande aspeto negativo inerente a este modelo, pois o foco é a produção em quantidade, esquecendo a qualidade dos alimentos [9].

O conceito de segurança alimentar foi criado em 1974 numa Conferência Mundial de alimentação. Este conceito surge num âmbito de orientação de políticas públicas. Em 1996 surge uma definição mais ambiciosa para este conceito, na qual se incluía que devia ser assegurado, a toda a gente e a todo o momento, o acesso aos alimentos, tanto em quantidade como em qualidade. Portanto, ficou patente que a agricultura tenha como objetivo a produção de alimentos com adequada qualidade biológica [8].

Porém, hoje em dia, a falta de segurança alimentar é, ainda, uma causa de mortalidade presente no mundo, sendo afetado por muitos fatores, entre eles as regulações de limites máximos de pesticidas, inseticidas e antibióticos mal aplicadas, o uso de água contaminada e os armazéns inadequados à recolha dos alimentos. O uso excessivo de antibióticos, não só na agricultura, mas também na pecuária, servem para proteger a saúde humana e animal de microorganismos, tais como bactérias, vírus e fungos. Mas, a longo prazo, o efeito é

contrário, pois os microorganismos vão desenvolvendo resistência aos antibióticos e, quando há contaminação, o tratamento é cada vez mais difícil [11].

Cada tipo de microorganismo atua de forma diferente, o que implica uma diferente forma de tratamento, devendo-se ter atenção ao tipo de produto utilizado para tratar, e mais importante, à quantidade utilizada. Contudo, o melhor tratamento é a prevenção, evitando-se o aumento da resistência dos microorganismos [11].

5.3.3 - Segurança Alimentar na Cadeia de Valor do Milho

Como já referido no subcapítulo 5.2, a cadeia de valor do milho é composta por três fases. Em qualquer uma delas, o milho pode ser afetado por micotoxinas, quer pelos fatores que os podem causar, e que fazem parte dos objetivos do projeto Qualmilho descobrir quais são, quer por contaminações devido à falta de limpeza dos espaços, na fase de receção e processamento e na fase de armazenamento.

Aproximadamente 8% da alimentação dos humanos e 13% da alimentação dos animais é baseada no cereal do milho. Qualquer problema que surja nesta cultura poderá ter enormes consequências económicas e de saúde. Os produtos derivados do milho contaminados com micotoxinas causam centenas de mortes por ano [51], um número que podia ser nulo se houvesse controlo rigoroso nas quantidades de micotoxinas presente no milho que tem como objetivo o consumo humano.

Os efeitos das micotoxinas podem ou não ser visíveis nas espigas do milho, figura 5.4. Mesmo quando uma espiga está com bom aspeto, esta pode conter fungos produtores de micotoxinas que podem alastrar-se no armazenamento e contaminar todo o milho que esteja nas suas imediações.



Figura 5.4 - Espigas de milho sãs, à esquerda, e espigas infetadas com micotoxinas, à direita [52]

Em todas as fases da cadeia de valor do milho devem ser considerados vários aspetos para ser considerada segura em relação ao problema das micotoxinas. Na fase de exploração agrícola, devem-se fazer tratamentos e análises ao solo e às espigas para se provar que não há produção de micotoxinas. Na fase de transporte, deve-se ter em atenção a qualidade e a higiene com que o milho é transportado e, ainda, garantir que o meio de transporte foi totalmente desinfetado para se evitarem eventuais contaminações de cargas anteriores. Na

fase de armazenamento é importante, tal como na de transporte, a qualidade e higiene dos silos e armazéns que vão servir de local de acolhimento para o milho. O equipamento utilizado e os armazéns e silos devem ser totalmente desinfetados e secos antes de receberem novo milho [53].

Os fungos principais produtores de micotoxinas estão bem adaptados a condições quentes e secas. Portugal, com a seca e o aumento da temperatura registados nos últimos anos, tem um clima propício para o desenvolvimento destes fungos, o que indica que há maior probabilidade de ocorrerem casos de contaminação, do que anteriormente, por todo o país [51].

A produção de milho pode tornar-se inviável economicamente pois, se o milho estiver contaminado com valores acima dos regulamentados, este não pode ser utilizado para alimentação, que é o setor que dá mais lucro. Este tem que ser aplicado noutros setores menos económicos, como o biocombustível [43].

Assim, surge a necessidade de desenvolver uma ferramenta que apoie os agricultores e as organizações de produtores no controlo das contaminações. Esta ferramenta desenvolvida nesta dissertação é baseada em modelos de previsão que informam os agricultores sobre futuras ocorrências de micotoxinas nas suas respetivas parcelas e a organização de produtores, nos seus silos e armazém.

5.4 - Equipamento de Monitorização

Nas várias fases da cadeia de valor do milho, mencionadas no subcapítulo anterior, existem vários equipamentos de monitorização das várias variáveis que podem influenciar o aparecimento e desenvolvimento dos fungos.

Na fase de exploração agrícola, mais propriamente no campo, é utilizado um aparelho - as estações meteorológicas. As estações meteorológicas têm a capacidade de ler várias variáveis da atmosfera próxima da plantação e a humidade do solo, o que torna as leituras mais fidedignas relativamente à área avaliada, pois são retiradas todas do mesmo local, já que a estação meteorológica mede todas as variáveis a partir do local onde está implantada. Mas há um aspeto negativo, que é o facto de poder ocorrer pequenos erros de medição relativamente aos dados reais dos campos. As estações estão posicionadas por zonas e não por parcelas, podendo uma parcela um pouco mais afastada da estação, mas que ainda pertença à zona em questão, ter valores ligeiramente diferentes. Contudo, os erros não são muito significativos, pois as distâncias entre parcelas e estação não são muito elevadas.

Na fase de receção e processamento não será utilizado qualquer tipo de aparelho, excluindo o que a organização de produtores utiliza para a medição de valores de teor de humidade quando recebe os carregamentos de milho e dá a sua entrada para processamento.

Na fase de armazenamento, utilizam-se dois aparelhos - um composto por duas sondas, que medem a humidade e a temperatura da atmosfera do local onde são colocados e outro composto por uma sonda de dióxido de carbono, que regista a quantidade deste elemento presente na atmosfera do local onde é implantado.

5.5.1 - Estação Meteorológica

As estações meteorológicas, que são estações de monitorização dos dados meteorológicos, são da marca *iMetos*. Têm vários instrumentos incorporados que medem as variáveis relacionadas com a agricultura, como a humidade e temperatura do solo e do ar, a intensidade da radiação e do vento, o crescimento da planta e a humidade da folha [54]. Pode-se ver o aspeto destas estações na figura 5.5.



Figura 5.5 - Estação Meteorológica *iMetos* [54]

Estas estações têm ligação à *internet*, tendo a capacidade e a vantagem de comunicar as leituras dos dados em tempo real, além de conseguirem comunicar situações através de mensagens de texto. As leituras têm frequência de uma hora, sendo possível detetar pequenas variações em qualquer variável [54].

Relativamente aos vários sensores que fazem parte da estação, as suas características estão apresentadas na tabela 5.1:

Tabela 5.1 - Sensores e características das estações de monitorização *iMetos* [54]

Sensor	Característica	Valor
Temperatura	Resolução	0.1°C
	Incerteza	± 0.5°C
Humidade Relativa	Resolução	1%
	Incerteza	3% de 25% a 90%
Precipitação	Resolução	0.2mm
	Máximo medida para reportar	12mm
	Incerteza	± 0.5%
Sensor de Humidade da Folha	Princípio de funcionamento	resistência em filtro de papel
Radiação	Resolução	1W/m ²
	Incerteza	5%
Velocidade do Vento	Máximo vento suportado	60m/s
	Intervalo de funcionamento	0 a 40m/s

Nos dados recolhidos destas estações, é ainda de referir que estas têm certos períodos de manutenção, o que leva a uma falha na recolha de dados durante esse período, não sendo normalmente significativas.

Outro problema que pode ocorrer é a avaria de algum dos sensores, o que aconteceu na estação de Ervidel, entre 1 de janeiro de 2013 e abril de 2015, nos sensores de humidade.

5.5.2 - Sondas de Humidade e de Temperatura de Armazenamento

Para monitorizar a humidade e a temperatura da atmosfera no armazenamento, recorre-se ao *duos hygrotemp wireless transmitter 868 MHz*, que é composto pelas sondas de humidade e temperatura [55]. Este aparelho é fabricado pela empresa Bresimar e é de marca portuguesa TEKON, propriedade da empresa referida, figura 5.6.



Figura 5.6 - *Duos hygrotemp wireless transmitter 868 MHz* [55]

As sondas são colocadas nos silos e armazéns, junto do milho, possibilitando a medição das variáveis atmosféricas de cada silo e do armazém. Este aparelho comunica com um recetor, denominado *duos wireless gateway 868 MHz*, figura 5.7, através de *wireless*.



Figura 5.7 - *Duos wireless gateway 868 MHz* [55]

Estes dois aparelhos, o medidor e o recetor, podem estar distanciados até 4 quilómetros, sendo uma distância muito boa para as situações em que vão ser utilizados. Ambos são resistentes à água, tendo o índice de proteção IP67, e são indicados para a indústria de produtos alimentares, caso em que estão a ser aplicados [55]. Por sua vez, o recetor é ligado a um *raspberry PI*, que guarda todas as medições realizadas por todas as sondas.

As características relacionadas com o medidor estão apresentadas na tabela 5.2:

Tabela 5.2 - Características das variáveis medidas pelo *duos hygrotemp wireless transmitter* [55]

Variável	Característica	Valor
Temperatura	Intervalo de Medição	-40°C a 80°C
	Incerteza	± 0,01°C
Aparelho	Intervalo de Funcionamento	Temperatura: -40°C a 80°C
		Humidade Relativa: 0% a 95% (sem condensação)
Humidade Relativa	Intervalo de Medição	0% a 100%
	Incerteza	± 0,01%

5.5.3 - Sensor de Dióxido de Carbono

Para monitorizar a quantidade de dióxido de carbono presente na atmosfera dos silos e armazém, recorre-se ao sensor *Telaire T6713-6H*, da marca *Amphenol Advanced Sensors* [56], figura 5.8. Este também comunica com o *raspberry PI*, que guardará todas as suas leituras.



Figura 5.8 - Sensor de dióxido de carbono [56]

As características relacionadas com o sensor estão apresentadas na tabela 5.3:

Tabela 5.3 - Características do sensor *Telaire T6713-6H* [56]

Característica	Valor
Condições de operação	Temperatura: -10°C a 60°C
	Humidade Relativa: 0% a 95%
Intervalo de medição	0 a 5000 ppm
Incerteza	400-5000 ppm: ± 30 ppm
	400-2000 ppm: ± 25 ppm

5.5.4 - Cadernos de Campo

Os cadernos de campo são os livros onde estão registadas todas as características e todas as ações efectuadas sobre as plantações, como o tipo de rega, os fertilizantes aplicados, o tipo de colheita e os dados de ocorrência de micotoxinas. Estes dados estão associados a uma parcela e, conseqüentemente, a uma estação meteorológica *iMetos*. Estes cadernos foram fornecidos pela organização de produtores.

5.5 - Desenvolvimento dos Modelos de Previsão do Milho

Os modelos de previsão que dão apoio à plataforma desenvolvida serão desenvolvidos pelo ISQ. Estes serão baseados em redes neuronais que serão treinadas para preverem a ocorrência de micotoxinas nas plantações de milho. O treino será efetuado com base nos dados medidos pelas estações meteorológicas, para a fase de exploração agrícola, e com base nos dados monitorizados nos silos e no armazém, para a fase de armazenamento. Como os interessados nestas previsões são os agricultores e a organização de produtores, os dados utilizados para o treino das redes neuronais apenas dizem respeito aos aparelhos utilizados na primeira e na terceira fase da cadeia de valor do milho.

Contudo, a plataforma foi construída e preparada para fornecer estes dados às redes neuronais e, por sua vez, receber e armazenar os resultados. As redes serão corridas no *software Matlab* uma vez por dia, de modo aos resultados de previsão serem os adequados às condições atmosféricas daquele dia.

Na base de dados existem duas tabelas, preparadas para receberem os resultados das previsões. Uma é para os resultados das parcelas, que receberá os valores de cada rede e de cada parcela. Cada rede estará associada a um número de identificação de uma parcela, para ficarem associados apenas à parcela que estão a prever. A outra tabela é para os resultados dos silos e do armazém, que receberá os valores de previsão de cada rede de cada local de armazenamento. Tal como para as parcelas, a cada rede estará associado um número de identificação de um silo ou do armazém, para os resultados estarem associados apenas ao silo a que pertencem. Deste modo, é relativamente fácil de fazer uma pesquisa do histórico de resultados, para todos os dias, nestas tabelas, seleccionando-se a pesquisa através do número de identificação do silo ou da parcela. Assim, o resultado da pesquisa será apenas as previsões associadas à parcela ou silo pesquisado.

Capítulo 6

Desenvolvimento da Ferramenta de Apoio à Decisão - Caso de Estudo

Neste capítulo descreve-se o desenvolvimento da base de dados. Explica-se como foi construída e qual o *DBMS* utilizado. Apresentam-se os modelos entidade-associação e relacional para as duas partes da base de dados. Por fim, faz-se uma pequena introdução acerca das redes neuronais como método de previsão que alimenta a plataforma.

6.1 - Desenvolvimento da Base de Dados

A base de dados foi desenvolvida através do *DBMS Microsoft SQL Server Management Studio*. Este *DBMS* tinha todas as valências necessárias para o desenvolvimento da base de dados utilizada nesta dissertação, tendo sido disponível por parte da empresa ISQ.

A base de dados construída é denominada de QualimilhoDB. É composta por 31 tabelas, 16 da parte do agricultor e que se relacionam entre si, e 15 da parte da organização de produtores, que também se relacionam entre si. Podia-se ter optado por fazer duas bases de dados, uma para cada parte. Todavia, construíram-se os dois modelos de dados na mesma base de dados, mas sem terem relações entre si, não interferindo um no funcionamento do outro. Optou-se por se construírem na mesma base de dados para o trabalho da aplicação e interface entre esta e a base de dados ser mais simples, já que, mesmo na parte da organização de produtores, fazem-se consultas acerca das parcelas em estudo, dos agricultores inscritos na plataforma e dos resultados de previsão de micotoxinas obtidos para cada parcela, como se poderá ver mais adiante nesta dissertação.

Nos próximos quatro subcapítulos apresentam-se os modelos entidade-associação e relacional para ambas as partes da base de dados. Mas antes, descreve-se a notação utilizada dos modelos.

No modelo entidade-associação, em termos de notação das entidades, escreve-se o nome da entidade seguido de todos os seus atributos entre parêntesis e separados por vírgulas. O atributo chave, ou seja, a chave primária, é o primeiro a ser escrito e aparece sempre

sublinhado. Os atributos compostos aparecem com o nome e lista de sub-atributos entre parênteses e os atributos multi-valor definem-se entre chavetas [26].

Em termos de notação das associações, escreve-se o nome da associação, seguido do nome das entidades que estão a ser relacionadas entre parêntesis e separados por vírgulas. Depois, escrevem-se as restrições de cardinalidade e de participação. Tal como descrito no subcapítulo 3.2.1, no caso de associações binárias, a cardinalidade pode ser do tipo N:1, 1:N, 1:1 ou N:N. A participação é representada pelas letras p - parcial e t - total, ou seja, pode haver participação total ou parcial das entidades na associação [26].

É prática comum utilizar um verbo como nome das associações, tentando-se que este faça sentido. No caso de uma associação de duas entidades, para o verbo fazer sentido, deve-se ler a associação começando pelo nome da primeira entidade, de seguida ler o verbo, ou seja, o nome da associação e, por fim, o nome da segunda entidade [26].

Quanto ao modelo relacional, a notação é expressa em tabelas de uma linha, sendo que a cada célula corresponde um atributo. O nome da relação escreve-se fora da tabela. A chave primária aparece na primeira célula da tabela e é separada por uma pequena célula vazia para ser distinguida dos outros atributos. De seguida, escrevem-se todos os outros atributos. Por fim, referenciam-se as chaves estrangeiras com o nome do atributo antecedido por um cardinal. Este é seguido de uma seta que aponta para o nome da tabela que contém a chave primária que está a ser referenciada [26].

Ainda quanto ao modelo relacional, é comum aparecerem algumas restrições, como a restrição *Not Null* para os atributos. A notação é NN e aparece dentro da célula com o nome do atributo correspondente, a seguir ao seu nome. Esta impede que esse atributo tenha linhas vazias dentro da relação. No entanto, o modelo de base de dados desta dissertação não tem este tipo de restrições, visto que a aplicação tem ela própria, no seu código, verificações que impedem de ficarem nulos os atributos que não podem ficar nulos, como o nome dos agricultores, *e-mail*, palavra-passe, entre outros. Estas verificações serão mencionadas no próximo capítulo, na demonstração do funcionamento da aplicação.

No anexo B, está representado o modelo da base de dados organizado em tabelas verticais.

6.1.1 - Modelo Entidade-Associação Para Agricultor

Para a parte de agricultor, apresenta-se, de seguida, o modelo entidade-associação que foi construído.

As entidades são as seguintes:

- Agricultor (IDAgricultor, E-mail, NomeAgricultor, Apelido, MoradaAgricultor, ContactoAgricultor, NomeEmpresa, MoradaEmpresa, NIFEmpresa, ContactoEmpresa)
- Parcela (IDParcela, NomeParcela, Local, CodigoPostal, CoordenadasGPS, CulturaPV, CulturaOI, EstacaoPropria, EstacaoMaisProxima, NomeEstacao, Estado)
- ResultadosMocotoxinasParcelas (ID, Data, Resultado)
- EstacaoMeteorologica (IDEstacao, Nome, Local, Estado)

- LeiturasEstacoes (IDImportacao, DataHora, Radiacao, Precipitacao, VelocidadeVentoMedia, VelocidadeVentoMaxima, Humectacao, TemperaturaMedia, TemperaturaMinima, TemperaturaMaxima, HumidadeRelativa)
- UtilizadorAgricultorProblemas (ID, E-mail, Problema)
- UtilizadoresAgricultor (IDUtilizador, NomeAgricultor, Apelido, MoradaAgricultor, E-mail, Palavra-Passe, ContactoAgricultor, NomeEmpresa, MoradaEmpresa, NIFEmpresa, ContactoEmpresa, NumeroParcelas, NomeParcela1, Localizacao1, CodigoPostal1, CoordenadasGPS1, CulturaPV1, CulturaOI1, EstacaoPropria1, EstacaoMaisProxima1, NomeParcela2, Localizacao2, CodigoPostal2, CoordenadasGPS2, CulturaPV2, CulturaOI2, EstacaoPropria2, EstacaoMaisProxima2, NomeParcela3, Localizacao3, CodigoPostal3, CoordenadasGPS3, CulturaPV3, CulturaOI3, EstacaoPropria3, EstacaoMaisProxima3, NomeParcela4, Localizacao4, CodigoPostal4, CoordenadasGPS4, CulturaPV4, CulturaOI4, EstacaoPropria4, EstacaoMaisProxima4)
- SoloCadernoCampo (IDRegistoCaderno, DataHora, TexturaSolo, DataFertilizacao, QuantidadeNPK)
- SoloHumidade (IDSoloHumidade, DataHora, Humidade)
- SoloFungos (IDAnalise, DataHora, PresencaFungos, NomeFungos, PresencaMicotoxinas, NomeMicotoxinas)
- CadernoCampo (IDCadernoCampo, IDParcela)
- SensorHumidadeSolo (IDSensor, Marca, Local, Estado)
- LabSolo (IDLab, Nome, Local, Estado)
- ManeioCadernoCampo (IDRegistoCaderno, DataHora, Produtividade, OGM, Ciclo, TipoRega, DataSementeira, MetodoSementeira, DataTratamentoFitossanitário, ProdutoTratamentoFitossanitario, DoseProdutoAplicada, DoencaPragaTratada, DataColheita, MicotoxinasCulturaAnterior)
- ManeioFungos (IDAnalise, DataHora, PresencaFungos, NomeFungos, PresencaMicotoxinas, NomeMicotoxinas)
- LabManeio (IDLab, Nome, Local, Estado)

As associações são as seguintes:

- Problema(UtilizadorAgricultorProblemas, Agricultor) N:N p/p
- Utilizador(UtilizadorAgricultorProblemas, UtilizadoresAgricultor) N:N p/p
- Pertence(Parcela, Agricultor) N:1 t/p
- Associa(Parcela, EstacaoMeteorologica) N:1 t/p
- LeituraDe(LeiturasEstacoes, EstacaoMeteorologica) N:1 t/p
- ResultadoDa(ResultadosMicotoxinasParcelas, Parcela) N:1 t/p
- DonaDe(Parcela, CadernoCampo) 1:1 p/p
- Pertence2(SoloCadernoCampo, Parcela) N:1 t/p
- Pertence3(SensorHumidadeSolo, Parcela) N:1 t/p
- Pertence4(SoloHumidade, Parcela) N:1 t/p

- Pertence5(SoloHumidade, SensorHumidadeSolo) N:1 t/p
- Pertence6(SoloFungos, Parcela) N:1 t/p
- Pertence7(LabSolo, Parcela) N:N p/p
- Pertence8(ManeioCadernoCampo, Parcela) N:1 t/p
- Pertence9(ManeioFungos, Parcela) N:1 t/p
- Pertence10(LabManeio, Parcela) N:N p/p

6.1.2 - Modelo Relacional Para Agricultor

Para a parte de agricultor, apresenta-se, de seguida, o modelo relacional que foi construído.

- Agricultor

IDAgricultor		E-mail	NomeAgricultor	Apelido	MoradaAgricultor
ContactoAgricultor		NomeEmpresa	MoradaEmpresa	NIFEmpresa	ContactoEmpresa

- Parcela

IDParcela		NomeParcela	Local	CodigoPostal	CoordenadasGPS
CulturaPV	CulturaOI	EstacaoPropria	EstacaoMaisProxima	NomeEstacao	
Estado	#IDAgricultor -> Agricultor		#IDEstacao -> EstacaoMeteorologica		

- ResultadosMicotoxinasParcelas

ID		Data	Resultado	#IDParcel -> Parcela
----	--	------	-----------	----------------------

- EstacaoMeteorologica

IDEstacao		Nome	Local	Estado
-----------	--	------	-------	--------

- LeiturasEstacoes

IDImportacao		DataHora	Radiacao	Precipitacao	VelocidadeVentoMedia
VelocidadeVentoMaxima	Humectacao	TemperaturaMedia	TemperaturaMinima		
TemperaturaMaxima	HumidadeRelativa	#IDEstacao -> EstacaoMeteorologica			

- UtilizadorAgricultorProblemas

ID		E-mail	Problema	#IDAgricultor -> Agricultor
#IDUtilizador -> UtilizadoresAgricultor				

- UtilizadoresAgricultor

IDUtilizador		NomeAgricultor	Apelido	MoradaAgricultor	E-mail
CulturaPV	CulturaOI	EstacaoPropria	EstacaoMaisProxima	NomeEstacao	
Palavra-Passe	ContactoAgricultor	NomeEmpresa	MoradaEmpresa		

NIFEmpresa	ContactoEmpresa	NumeroParcelas	NomeParcela1
Localizacao1	CodigoPostal1	CoordenadasGPS1	CulturaPV1
CulturaOI1	EstacaoPropria1	EstacaoMaisProxima1	NomeParcela2
Localizacao2	CodigoPostal2	CoordenadasGPS2	CulturaPV2
CulturaOI2	EstacaoPropria2	EstacaoMaisProxima2	NomeParcela3
Localizacao3	CodigoPostal3	CoordenadasGPS3	CulturaPV3
CulturaOI3	EstacaoPropria3	EstacaoMaisProxima3	NomeParcela4
Localizacao4	CodigoPostal4	CoordenadasGPS4	CulturaPV4
CulturaOI4	EstacaoPropria4	EstacaoMaisProxima4	

- SoloCadernoCampo

IDRegistoCaderno	DataHora	TexturaSolo	DataFertilizacao	#IDParcela -> Parcela
------------------	----------	-------------	------------------	-----------------------

- SoloHumidade

IDSoloHumidade	DataHora	Humidade	#IDParcela -> Parcela
#IDSensor -> SensorHumidadeSolo			

- SoloFungos

IDAnalise	DataHora	PresencaFungos	NomeFungos	PresencaMicotoxinas
NomeMicotoxinas	#IDParcela -> Parcela			

- CadernoCampo

IDCaderno	#IDParcela -> Parcela
-----------	-----------------------

- SensorHumidadeSolo

IDSensor	Marca	Local	Estado	#IDParcela -> Parcela
----------	-------	-------	--------	-----------------------

- LabSolo

IDLab	Nome	Local	Estado	#IDParcela -> Parcela
-------	------	-------	--------	-----------------------

- ManeioCadernoCampo

IDRegistoCaderno	DataHora	Produtividade	OGM	Ciclo
TipoRega	DataSementeira	MetodoSementeira	DataTratamentoFitossanitario	
ProdutoTratamentoFitossanitario	DoseProdutoAplicada	DoencaPragaTratada		
DataColheita	MicotoxinasCulturaAnterior	#IDParcela -> Parcela		

- ManeioFungos

IDAnalise	DataHora	PresencaFungos	NomeFungos	PresencaMicotoxinas
NomeMicotoxinas	#IDParcela -> Parcela			

- LabManeio

IDLab	Nome	Local	Estado	#IDParcela -> Parcela
-------	------	-------	--------	-----------------------

6.1.3 - Modelo Entidade-Associação Para Organização de Produtores

Para a parte da organização de produtores, apresenta-se, de seguida, o modelo entidade-associação que foi construído.

As entidades são as seguintes:

- Ops (IDOrganizacao, Nome, NIF, Morada, NomeResponsavel, Contacto, E-mail, TipoCultura, Estado)
- Armazenamento (IDArmazem, Nome, Local, Capacidade, Estado)
- ResultadosMicotoxinasSilos (ID, Data, Resultado)
- Energia (Id, Ano, EnergiaConsumida, QuantidadeGraoSeco, TempoSecagem, EnergiaPorTonelada)
- UtilizadorOrganizacaoProblemas (ID, E-mail, Problema)
- UtilizadoresOrganizacao (IDUtilizador, Palavra-Passe, NomeOrganizacao, NomeResponsavel, Morada, E-mail, Contacto, NIF, TipoCultura)
- Rececao (IDRececao, DataHora, Secagem, TempoSecagem, TemperaturaSecagem, DataColheita, IndiceFraturaGrao, TeorHumidadeGrao, PresencaFungos, PresencaMicotoxinas)
- ArmazenamentoCO2 (IDArmazenamentoCO2, DataHora, CO2)
- ArmazenamentoHumidade (IDArmazenamentoHumidade, DataHora, Humidade)
- ArmazenamentoFungos (IDAnalise, DataHora, PresencaFungos, NomeFungos, PresencaMicotoxinas, NomeMicotoxinas)
- ArmazenamentoTemperatura (IDArmazenamentoTemperatura, DataHora, Temperatura)
- SensorCO2Armazenamento (IDSensor, Marca, Local, Estado)
- SensorHumidadeArmazenamento (IDSensor, Marca, Local, Estado)
- LabArmazenamento (IDLab, Nome, Local, Estado)
- SensorTemperaturaArmazenamento (IDSensor, Marca, Local, Estado)

As associações são as seguintes:

- Problema(UtilizadorOrganizacaoProblemas, OPs) N:N p/p
- Utilizador(UtilizadorOrganizacaoProblemas, UtilizadoresOrganizacao) N:N p/p
- Recebe(Rececao, OPs) N:1 t/p
- EnergiaDe(Energia, OPs) N:1 t/p
- ArmazenaDe(Armazenamento, OPs) N:1 t/p
- ResultadoDo(ResultadosMicotoxinasSilos, Armazenamento) N:1 t/p
- Pertence(ArmazenamentoCO2, Armazenamento) N:1 t/p
- Pertence2(ArmazenamentoCO2, SensorCO2Armazenamento) N:1 t/p
- Pertence3(SensorCO2Armazenamento, Armazenamento) N:1 t/p
- Pertence4(ArmazenamentoHumidade, Armazenamento) N:1 t/p
- Pertence5(ArmazenamentoHumidade, SensorHumidadeArmazenamento) N:1 t/p

- Pertence6(SensorHumidadeArmazenamento, Armazenamento) N:1 t/p
- Pertence7(ArmazenamentoFungos, Armazenamento) N:1 t/p
- Pertence8(LabArmazenamento, Armazenamento) N:N p/p
- Pertence9(ArmazenamentoTemperatura, Armazenamento) N:1 t/p
- Pertence10(ArmazenamentoTemperatura, SensorTemperaturaArmazenamento) N:1 t/p
- Pertence11(SensorTemperaturaArmazenamento, Armazenamento) N:1 t/p

6.1.4 - Modelo Relacional Para Organização de Produtores

Para a parte da organização de produtores, apresenta-se o modelo relacional que foi construído.

- OPs

IDOrganizacao		Nome	NIF	Morada	NomeResponsavel
Contacto	E-mail	TipoCultura	Estado		

- Armazenamento

IDArmazem	Nome	Local	Capacidade	Estado	#IDOrganizacao -> OPs
-----------	------	-------	------------	--------	-----------------------

- ResultadosMicotoxinasSilos

ID	Data	Resultado	#IDArmazem -> Armazenamento
----	------	-----------	-----------------------------

- Energia

Id	Ano	EnergiaConsumida	QuantidadeGraoSeco	TempoSecagem
EnergiaPorTonelada	#IDOrganizacao -> OPs			

- UtilizadorOrganizacaoProblemas

ID	E-mail	Problema	#IDOrganizacao -> OPs
#IDUtilizador -> UtilizadoresOrganizacao			

- UtilizadoresOrganizacao

IDUtilizador	Palavra-Passe	NomeOrganizacao	NomeResponsavel	Morada
E-mail	Contacto	NIF	TipoCultura	

- Rececao

IDRececao	DataHora	Secagem	TempoSecagem	TemperaturaSecagem
DataColheita	IndiceFraturaGrao	TeorHumidadeGrao	PresencaFungos	
PresencaMicotoxinas	#IDOrganizacao -> OPs			

- ArmazenamentoCO2

IDArmazenamentoCO2		DataHora	CO2	#IDArmazem -> Armazenamento
#IDSensor -> SensorCO2Armazenamento				

- ArmazenamentoHumidade

IDArmazenamentoHumidade		DataHora	Humidade	#IDArmazem -> Armazenamento
#IDSensor -> SensorHumidadeArmazenamento				

- ArmazenamentoFungos

IDAnalise		DataHora	PresencaFungos	NomeFungos	PresencaMicotoxinas
NomeMicotoxinas		#IDArmazem -> Armazenamento			

- ArmazenamentoTemperatura

IDArmazenamentoTemperatura		DataHora	Temperatura
#IDArmazem -> Armazenamento	#IDSensor -> SensorTemperaturaArmazenamento		

- SensorCO2Armazenamento

IDSensor		Marca	Local	Estado	#IDArmazem -> Armazenamento
----------	--	-------	-------	--------	-----------------------------

- SensorHumidadeArmazenamento

IDSensor		Marca	Local	Estado	#IDArmazem -> Armazenamento
----------	--	-------	-------	--------	-----------------------------

- LabArmazenamento

IDLab		Nome	Local	Estado	#IDArmazem -> Armazenamento
-------	--	------	-------	--------	-----------------------------

- SensorTemperaturaArmazenamento

IDSensor		Marca	Local	Estado	#IDArmazem -> Armazenamento
----------	--	-------	-------	--------	-----------------------------

6.2 - Conjuntos de Dados Para a Base de Dados

Alguns conjuntos de dados não foram utilizados nesta dissertação, devido a políticas de privacidade e proteção de dados em vigor. Os únicos dados reais são os das estações meteorológicas. Foi carregado um ficheiro CSV para a tabela denominada “EstacaoMeteorologica”, com resultados até ao dia 2 de abril de 2018.

Quanto aos dados de monitorização do armazenamento, foram fornecidos ficheiros CSV pela empresa ISQ, que tinha como efeito o teste da plataforma. Estes foram importados para as tabelas “ArmazenamentoHumidade”, “ArmazenamentoCO2” e “ArmazenamentoTemperatura”.

Por fim, os dados dos resultados das redes neuronais também foram fornecidos pela empresa ISQ. Os ficheiros CSV, um com dados de resultados para as parcelas e outro para os silo e o armazém, foram importados para a base de dados, para a tabela

“ResultadosMicotoxinasParcelas”, no caso dos resultados das parcelas, e outro para a tabela “ResultadosMicotoxinasSilos”, no caso dos resultados dos silos e do armazém.

6.3 - Breve Introdução às Redes Neurais como Método de Previsão

A previsão com recurso a redes neuronais baseia-se na categoria de redes neuronais para análise de séries temporais. Esta categoria de redes neuronais tem a capacidade de analisar séries de dados e detetar padrões nestas, melhor do que as redes lineares tradicionais. Assim, a rede é treinada até conseguir prever os dados de saída mais prováveis, através de novos dados de entrada, tendo em conta o padrão analisado nos outros dados de treino [57, 58].

A previsão tem uma fiabilidade elevada desde que sejam conhecidos os fatores que afetam o valor que interessa prever [32, 59].

Quanto a esta dissertação, as redes necessárias devem prever a ocorrência de micotoxinas, logo têm que ter a capacidade de analisar padrões. Estarão disponíveis grandes quantidades de dados para análise, o que não é impedimento de utilizar redes neuronais, pois estas têm capacidade de executar funções em paralelo, sendo que estas têm capacidade de análise de dados com grandes dimensões [60].

No caso das parcelas em estudo, considera-se que as amostras recolhidas nas mesmas, não são independentes entre si. Desta forma, a rede neuronal que se irá utilizar será uma rede autoregressiva, que tem em conta os comportamentos anteriores das saídas da rede. Assim, ela reconhece padrões, não apenas nos dados de entrada, mas também nos dados de saída, tornando a rede ainda mais fiável [60].

Capítulo 7

Desenvolvimento da Plataforma

Neste capítulo descreve-se como funciona a aplicação e explicam-se quais as suas funcionalidades. Demonstra-se a construção da aplicação, dividindo-se por partes. Por fim, retiram-se algumas conclusões das principais funcionalidades da aplicação.

7.1 - Construção da Aplicação

Depois de construída a base de dados, avançou-se para a realização do *front-end* da aplicação.

O editor de texto utilizado é o *Notepad++*. O servidor de aplicação é o *apache* que, por sua vez, é controlado pelo *xampp*. O *xampp* é um pacote com os principais servidores de código aberto do mercado e está disponível para vários sistemas operativos, incluindo o *Windows*, que foi o utilizado.

O acesso à aplicação é realizado através do *link* <http://localhost/MICOTOX/>. Este *link* só é acessível através de um computador que tenha um pacote de servidores instalados e um *DBMS* com a base de dados QualimilhoDB. Em português, *localhost* significa “este Computador”. O *localhost* é muito útil para finalidades de testes de *softwares* durante o seu desenvolvimento, já que permite comunicar com a máquina atual como se estivesse a comunicar com uma máquina remota. No caso desta aplicação, todos os testes foram realizados através do *localhost*.

Na construção da aplicação utilizaram-se várias linguagens de programação - *HTML*, *CSS*, *JavaScript*, *PHP* e *SQL*. O *template* utilizado para dar forma à aplicação é de linguagem *HTML*. Em algumas páginas, optou-se por utilizar partes de código *CSS*, para embelezar a parte gráfica da aplicação, como nas páginas de *dashboard*, e de formulários de registo, *login* e alteração da palavra-passe.

Para dar ligação entre a aplicação e a base de dados, recorreu-se à linguagem *PHP*, que tem todos os requisitos para se fazerem verificações e se escrevem *querys* para a base de dados. Por sua vez, as *querys* foram escritas com recurso a *SQL*. Por fim, para efeitos de *pop-ups* de aviso, utilizou-se a linguagem *JavaScript*, dentro dos ficheiros *PHP*. A junção destas

cinco linguagens permitiu a construção de uma aplicação funcional, fácil de manusear e com um visual apelativo.

No anexo C, encontra-se o código de programação do template utilizado na para a construção da plataforma e uma tabela com uma listagem de todas as páginas da aplicação.

7.1.1 - Construção da Parte de Registo

Para um agricultor ou um membro da organização de produtores Agromais se inscrever na aplicação, deve-se dirigir a um dos mercados de aplicações e procurar por MICOTOXALERT. A aplicação ainda não está disponível nos mercados de momento e só se prevê que esteja em 2020. Ao clicar nesta, entra na página inicial, figura 7.1.

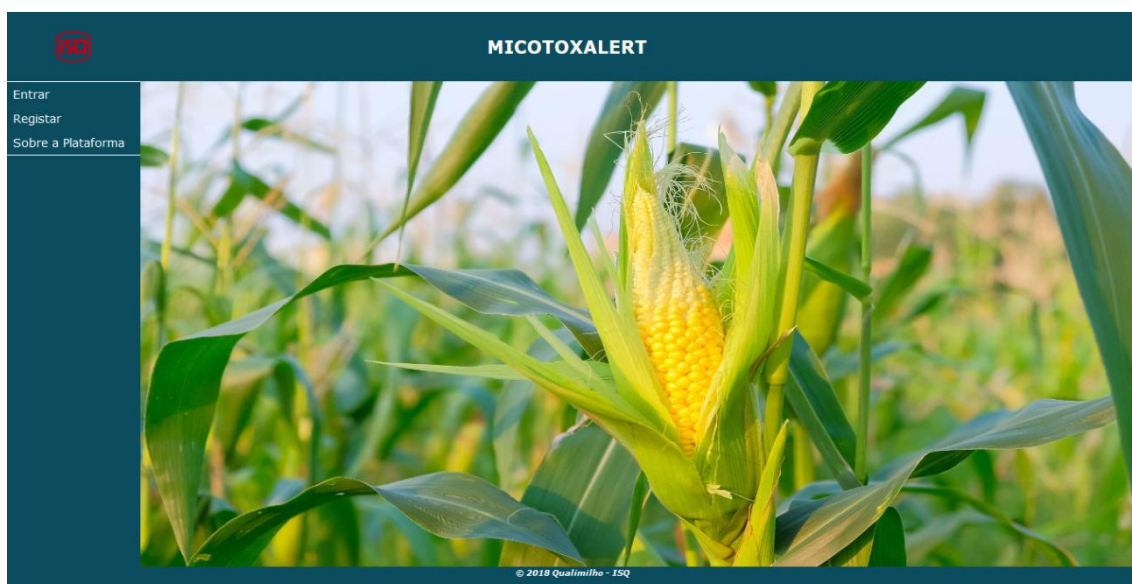
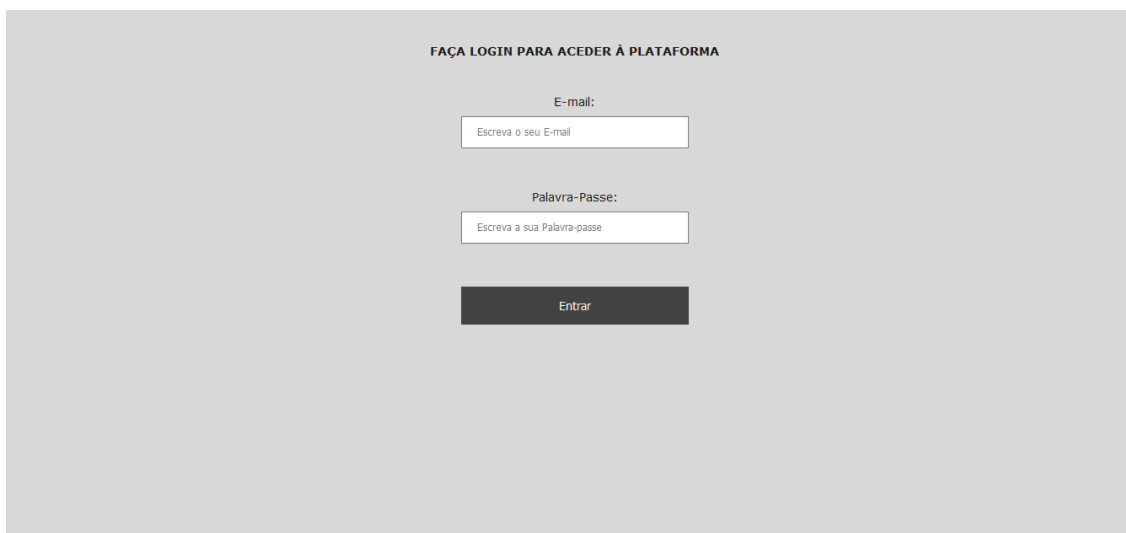


Figura 7.1 - Página inicial da aplicação

Nesta página, na barra lateral do lado esquerdo, o utilizador tem três opções disponíveis:

- Opção “Entrar”, onde pode efetuar o seu *login* de já estiver registado;
- Opção “Registar”, se quiser registar-se na aplicação;
- Opção “Sobre a Plataforma”, onde pode consultar qual os objetivos e principais funcionalidades desta aplicação.

Ao clicar na opção “Entrar”, tem acesso à página com o formulário de *login*, figura 7.2. Nesta página, o utilizador coloca o seu *e-mail* e a sua palavra-passe para ter acesso à aplicação, se já estiver registado.



FAÇA LOGIN PARA ACEDER À PLATAFORMA

E-mail:

Palavra-Passe:

Entrar

Figura 7.2 - Página com formulário de *login*

Se, por outro lado, o utilizador não estiver registado, pode clicar na opção “Registar”, que o reencaminhará para uma página onde é pedido para escolher qual o seu tipo de utilizador, figura 7.3. Esta página tem dois botões, e o utilizador deve clicar no “Agricultor”, se for um agricultor que queira monitorizar as suas parcelas, ou no “Organização de Produtores”, se for um membro da organização de produtores.



INDIQUE O SEU TIPO DE UTILIZADOR

Agricultor

Organização de Produtores

Figura 7.3 - Página com a escolha do tipo de registo

Ao seleccionar o botão “Agricultor”, o utilizador é encaminhado para uma página com um formulário de registo apenas para agricultores, figura 7.4. Ele deve preencher todos os campos, para que todos os dados fiquem guardados na base de dados.

The image shows a registration form for a farmer, organized into three main sections:

- PREENCHA OS SEUS DADOS PESSOAIS**: This section contains six text input fields, each with an asterisk indicating it is mandatory:
 - E-mail*
 - Palavra-Passe*
 - Nome*
 - Apelido*
 - Morada*
 - Contacto*
- PREENCHA OS DADOS DA SUA EMPRESA**: This section contains four text input fields, each with an asterisk:
 - Nome*
 - Morada*
 - NIF*
 - Contacto*
- QUANTAS PARCELAS PRETENDE MONITORIZAR?***: This section features a dropdown menu for selecting the number of parcels to be monitored.

At the bottom of the form is a dark grey button labeled "Registar".

Figura 7.4 - Página com o formulário de registo para agricultor

Ao preencher o campo “Quantas parcelas pretende monitorizar”, o utilizador vai poder escolher uma opção entre uma e quatro parcelas. Se escolher apenas uma, aparecerá abaixo deste campo um formulário para preencher os dados dessa parcela, figura 7.5. Se decidir que quer duas, aparecerão dois formulários, um para cada parcela, e assim sucessivamente. O agricultor deve preencher todos os campos, mas só os que têm um asterisco são obrigatórios

QUANTAS PARCELAS PRETENDE MONITORIZAR?*

1

Nome da Parcela 1*

Localização da Parcela 1

Código-Postal da Parcela 1

Coordenadas GPS da Parcela 1*

Cultura Primavera/Verão da Parcela 1

Cultura Outono/Inverno da Parcela 1

Possui Estação Meteorológica Propria na Parcela 1?*

Registrar

Figura 7.5 - Página de registo de agricultor com o formulário visível para uma parcela

Por fim, o agricultor deve indicar se possui alguma estação meteorológica associada à sua parcela. Se sim, o agricultor clica no botão “Registrar” e, se não houver erros, fica registado na aplicação. Assim, a empresa ISQ entrará em contacto para ter acesso aos dados meteorológicos. Se não, aparece visível outro campo com um *dropdown menu*, onde constam os nomes das estações que já têm os dados guardados com a base de dados. Ele deve seleccionar a estação que se encontra mais próxima da sua parcela e, de seguida, seleccionar o botão “Registrar”, figura 7.6. Assim, o administrador da base de dados já fica com a informação de que estação vai buscar os dados para as redes neuronais desta parcela.

Neste caso, ao clicar no botão “Registrar”, os dados são guardados e o utilizador é encaminhado para outra página.

Figura 7.6 - Página de registo de agricultor com o formulário visível para uma parcela e com o campo da escolha da estação meteorológica visível

Voltando à página com a escolha do tipo de registo, figura 7.3, se o utilizador for um membro da organização de produtores, ele deve seleccionar o botão “Organização de Produtores”. Ele é encaminhado para a página com o formulário de registo para a organização, figura 7.7. Neste caso, deve preencher todo o formulário, pois todos os dados são necessários para a eficácia de toda a plataforma construída. Quando acabar de preencher, deve clicar no botão “Registrar”, para que os dados fiquem guardados na base de dados e para que fique com um *login* de acesso.

Figura 7.7 - Página com o formulário de registo para membro da organização de produtores

Por fim, para todos os interessados em saber mais acerca desta plataforma e para decidirem se se devem inscrever ou não, existe uma página que explica, sucintamente, os objetivos desta ferramenta, e onde constam os contactos para pedirem informações, figura 7.8. O acesso a esta página é através da opção “Sobre a plataforma”, na página inicial, figura 7.1.



Figura 7.8 - Página com informações sobre a aplicação

Acerca do código *PHP*, é importante referir que existem várias verificações de segurança, quer no *login*, quer no registo de agricultor e de organização de produtores.

No *login* existe uma verificação, que garante que o *e-mail* e a palavra-passe introduzidos encontram-se na base de dados. Ao garantir isto, é certo que o utilizador que está a fazer *login* está registado na aplicação. Se não estiver registado ou enganar-se a escrever o *e-mail* ou a palavra-passe, aparece um *pop-up* com a frase “Nome de utilizador ou palavra-passe inválidos. Tente novamente”. Se entrar com sucesso, aparece com a informação “Foi autenticado com sucesso” e é encaminhado para o *dashboard* do agricultor ou da organização, dependendo de quem estiver a fazer *login* ser um agricultor ou um membro da organização de produtores.

No registo, quer de agricultor, quer da parte da organização, existem quatro verificações. Na primeira, fica assegurado que o formato do *e-mail* introduzido é o correto, sendo que o rectângulo do campo “E-mail” fica vermelho quando o formato não corresponde. A segunda consiste em garantir que todos os campos obrigatórios são preenchidos. Ao clicar no botão “Registrar”, se algum dos campos estiver por preencher, aparece no ecrã um *pop-up* com a informação “Todos os campos devem ser preenchidos”. Assim, o utilizador é encaminhado para a página com o formulário de registo e deve preencher todos os dados obrigatórios. A terceira verificação garante que não há nenhum utilizador registado com um *e-mail* igual ao introduzido. Se, porventura, o *e-mail* introduzido for igual, aparece um *pop-up* no ecrã com a frase “Esse e-mail já existe. Corrija o seu *e-mail*”. O utilizador é encaminhado novamente para a página com o formulário de registo. A quarta verificação consiste em garantir que a palavra-passe é segura, não deixando que tenha menos de dez caracteres. Se não cumprir este requisito, aparece um *pop-up* com a frase “Mínimo de dez caracteres para a palavra-passe”.

Na figura 7.9, está representada a página com um *pop-up*, para o exemplo de não preencher todos os campos obrigatórios. A formatação dos *pop-ups* é igual, quer para todos

os casos mencionados anteriormente, quer para os que ainda vão ser falados neste capítulo, mudando apenas a frase que neles está escrita.

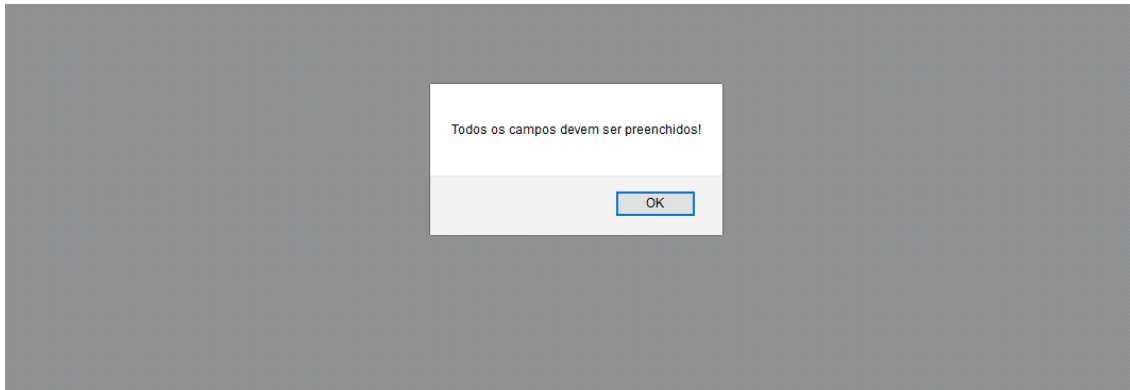


Figura 7.9 - *Pop-up* de aviso para preencher todos os campos de registo

7.1.2 - Construção da Parte do Agricultor

Depois de registado na plataforma e de fazer *login*, o agricultor deve esperar alguns dias até os dados para as suas parcelas serem apurados e até serem realizadas as redes neuronais.

Quando já estiver tudo a funcionar, ao entrar, o agricultor é encaminhado para a página com o seu *dashboard*, figura 7.10. Cada agricultor tem um *dashboard* diferente, ativado por variáveis de sessão, ou seja, quando faz *login*, a sessão do seu *e-mail* é iniciada e só aparecem os dados relativos às suas parcelas, e não os relativos às parcelas de todos os agricultores.

Os dados mais importantes estão na tabela que está apresentada ao centro, no *dashboard*. É aqui que estão as previsões de micotoxinas para o dia em questão. As redes neuronais vão carregar os seus dados de saída uma vez por dia para a base de dados, que é para os agricultores terem controlo preventivo diário das suas parcelas. Nesta tabela, só aparecem os últimos resultados, ou seja, os do dia em que o agricultor está a visitar a aplicação.

No caso da figura 7.10, o *dashboard* apresentado é o do agricultor “Tiago”, que tem duas parcelas do caso de estudo, Cholda e Luz. Os dados do último dia das previsões, que constam na base de dados, são do dia 1 de junho de 2018, daí aparecer essa data na coluna “Data” da tabela. Na última coluna está o risco de ocorrência de micotoxinas para cada parcela, sendo que é 12% na parcela Cholda e 25% na parcela Luz.

As duas parcelas estão com uma cor de fundo verde, visto que o risco é baixo. Se o risco fosse intermédio apareceriam a amarelo, e se fosse elevado estariam a vermelho.

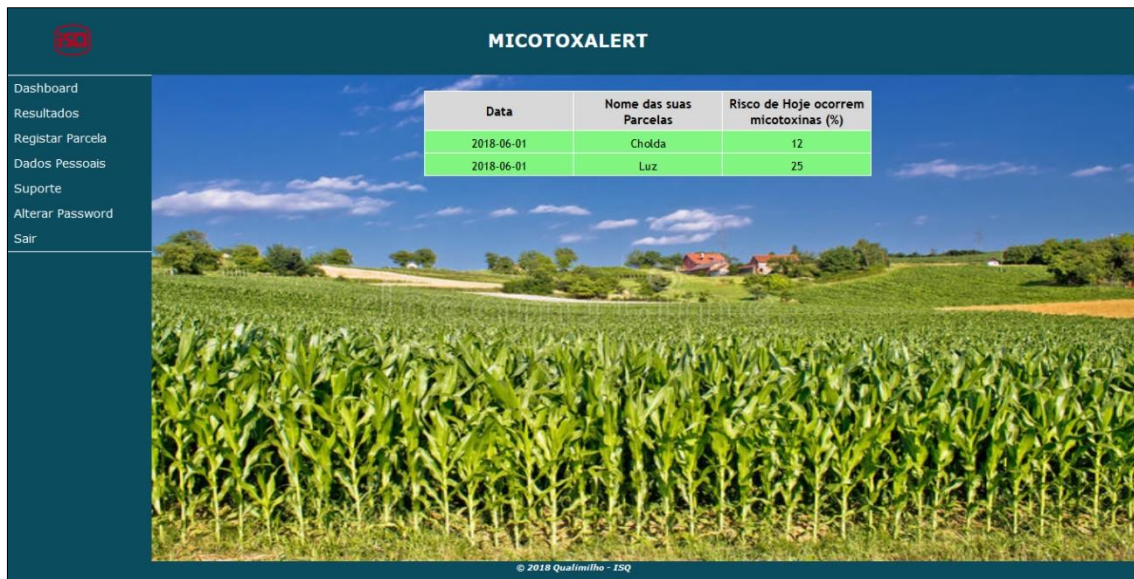
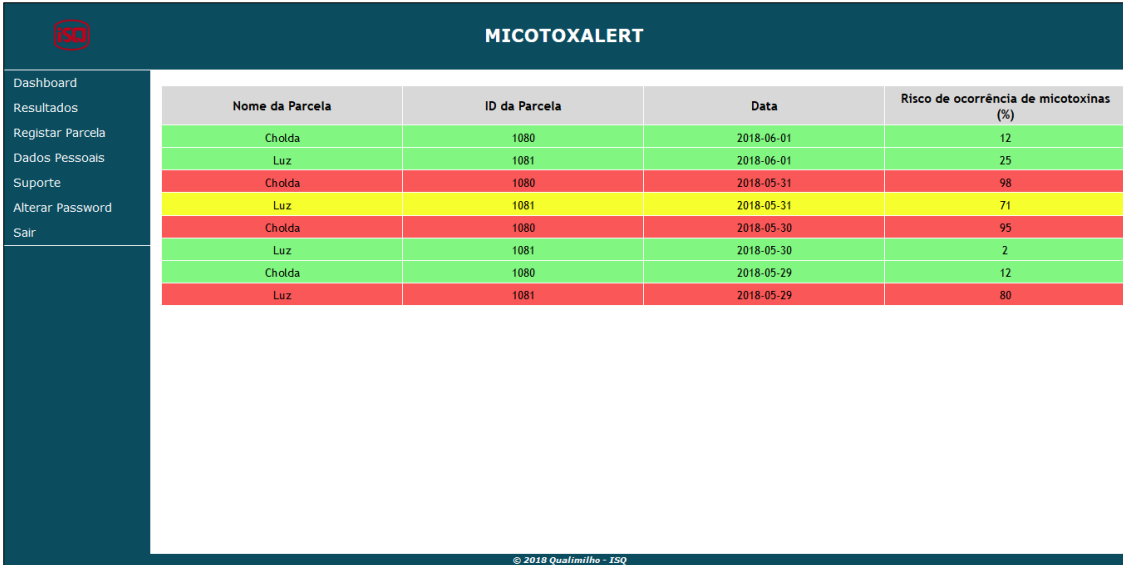


Figura 7.10- Página com o *dashboard* de um agricultor

No *dashboard*, o agricultor tem várias opções disponíveis na barra lateral esquerda:

- Opção “*Dashboard*”, que permite voltar quando entra noutras páginas;
- Opção “*Resultados*”, onde pode consultar o histórico dos resultados das previsões desde que a parcela começou a ser monitorizada;
- Opção “*Registrar Parcela*”, onde pode registar uma nova parcela que queira ver monitorizada;
- Opção “*Dados Pessoais*”, onde consulta os seus dados de registo e os dados das suas parcelas;
- Opção “*Suporte*”, que carrega no caso de querer reportar algum problema que esteja a ter com a plataforma;
- Opção “*Alterar Password*”, no caso de, como o próprio nome indica, querer alterar a sua palavra-passe;
- Opção “*Sair*”, que serve para fazer *logout* da aplicação.

Ao carregar na opção “*Resultados*”, o agricultor tem acesso a uma página com uma tabela do histórico de todas as previsões realizadas até à data, figura 7.11.



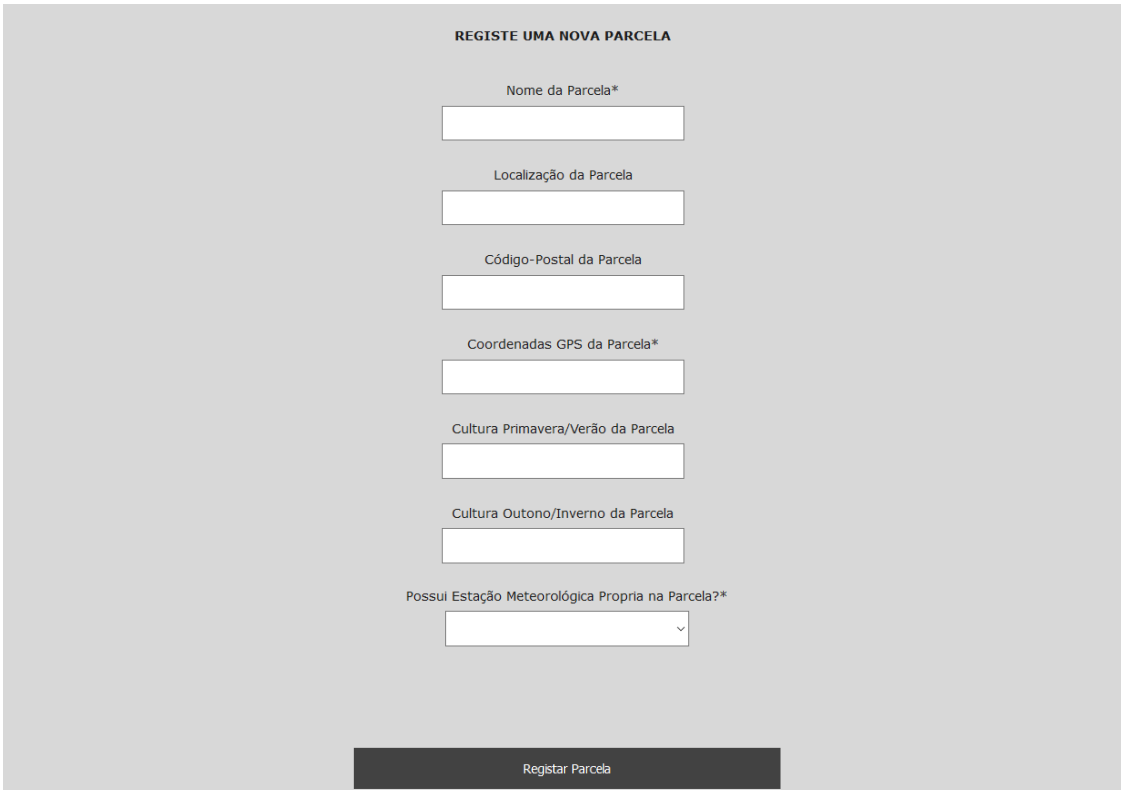
The screenshot shows a web interface for 'MICOTOXALERT'. On the left is a navigation menu with options: Dashboard, Resultados, Registrar Parcela, Dados Pessoais, Suporte, Alterar Password, and Sair. The main area displays a table with the following data:

Nome da Parcela	ID da Parcela	Data	Risco de ocorrência de micotoxinas (%)
Cholda	1080	2018-06-01	12
Luz	1081	2018-06-01	25
Cholda	1080	2018-05-31	98
Luz	1081	2018-05-31	71
Cholda	1080	2018-05-30	95
Luz	1081	2018-05-30	2
Cholda	1080	2018-05-29	12
Luz	1081	2018-05-29	80

At the bottom of the interface, there is a copyright notice: © 2018 Qualimilho - ISQ.

Figura 7.11 - Página do histórico de resultados de previsão de micotoxinas nas parcelas

No caso de querer registar uma nova parcela, deve clicar em “Registrar Parcela”, que o encaminhará para uma página com um formulário de registo para uma nova parcela, figura 7.12.



The screenshot shows a registration form titled 'REGISTE UMA NOVA PARCELA'. The form contains the following fields:

- Nome da Parcela* (text input)
- Localização da Parcela (text input)
- Código-Postal da Parcela (text input)
- Coordenadas GPS da Parcela* (text input)
- Cultura Primavera/Verão da Parcela (text input)
- Cultura Outono/Inverno da Parcela (text input)
- Possui Estação Meteorológica Propria na Parcela?* (dropdown menu)

At the bottom of the form is a dark button labeled 'Registrar Parcela'.

Figura 7.12 - Página de registo de nova parcela

Ao seleccionar “Dados Pessoais”, é encaminhado para uma página com três tabelas. A primeira tem os dados pessoais do agricultor, neste caso o agricultor “Tiago”. Na segunda

estão representados os dados da empresa do agricultor e, na terceira, estão os dados das suas parcelas, figura 7.13.

Nome	Apelido	Morada	E-mail	Contacto
Tiago	Dias	Rua da Boanova, n°452, Golega	tiago10@gmail.com	968965236

Nome da Empresa	Contacto Empresa	NIF Empresa	Morada Empresa	Número de Parcelas
Cereais Dias, Lda	256324102	256987563	rua da conceicao, 521, Golega	2

ID Parcela	Nome Parcela	Local	Código Postal	Coordenadas GPS	Cultura PV	Cultura OI	Estação Própria	Estação mais Próxima
1080	Cholda	Golega	4850-020	452466258566	Milho	Cevada	nao	Lavra-Riachos
1081	Luz	Torres Novas	4850-025	256259288255	Milho	Cevada	sim	Tem Estacao Propria

© 2018 Qualmilho - ISQ

Figura 7.13 - Página com os dados pessoais do agricultor

Ao carregar na opção “Suporte”, aparece uma caixa com os temas dos problemas que o agricultor pode ter, figura 7.14. Ao clicar na seta do lado direito da caixa, aparece um *dropdown menu* com os defeitos prioritários, figura 7.15

Está com algum problema? Reporte o seu problema selecionando na seguinte checkbox!

Comunicar Problema

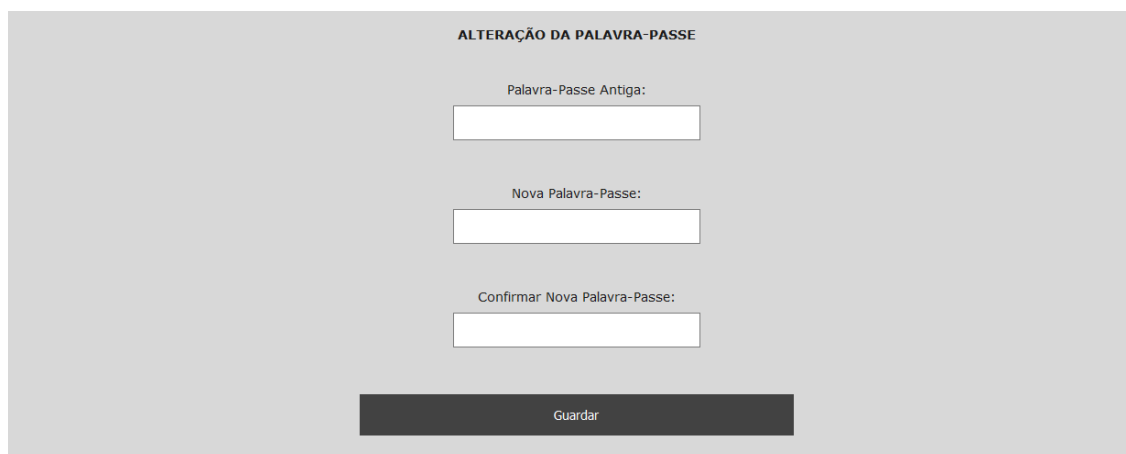
Figura 7.14 - Página de suporte de ajuda ao agricultor

Está com algum problema? Reporte o seu problema selecionando na seguinte checkbox!

- Autenticação
- Visualização de dados
- Exportação de dados
- Alertas não funcionam

Figura 7.15 - Opções de escolha no suporte de ajuda ao agricultor

Por sua vez, se quiser alterar a sua palavra-passe, clica em “Alterar *Password*”, que o encaminha para uma página com um formulário de alteração, figura 7.16.



ALTERAÇÃO DA PALAVRA-PASSE

Palavra-Passe Antiga:

Nova Palavra-Passe:

Confirmar Nova Palavra-Passe:

Guardar

Figura 7.16 - Página com o formulário de alteração da palavra-passe

Na alteração da palavra-passe existem várias verificações. A primeira consiste em garantir que nenhum dos campos está em branco. Se algum estiver, aparece um *pop-up* com a frase “Todos os campos devem ser preenchidos”. A segunda garante que a palavra-passe antiga inserida no campo “Palavra-Passe Antiga” corresponde realmente à que está guardada na base de dados. Se não, aparece o *pop-up* “A palavra-passe antiga está incorreta”. A terceira garante que a palavra-passe nova coincide nos dois campos do formulário para a preencher. Se não, visiona-se o *pop-up* “A palavra-passe nova não coincide nos dois campos”. A quarta e última verificação deve-se ao tamanho da palavra-passe, que não deve ter menos de dez caracteres, tal como acontece no formulário de registo.

Por fim, ao clicar no botão “Sair”, volta à página inicial mostrada, anteriormente, na figura 7.1.

7.1.3 - Construção da Parte da Organização de Produtores

Depois de registado na plataforma e de fazer *login*, o membro da organização de produtores Agromais, entidade do caso de estudo, entra na plataforma e é dirigido para a página com o *dashboard* da organização, figura 7.17.

Os dados mais importantes estão no *dashoboard*, que tem, ao centro, nove *divs*. Oito correspondem aos silos e uma corresponde ao armazém da Agromais. Tal como na tabela do *dashboard* do agricultor, a cor de fundo das nove *divs* muda consoante a previsão de ocorrência de micotoxinas feita para cada silo e armazém.

Os dados do último dia das previsões que constam na base de dados são do dia 1 de junho de 2018. Se o risco de ocorrência for baixo, a *div* aparece a verde, tal como no silo 1, silo 3 e silo 7. Se for intermédio, é colorada de amarelo, tal como as *divs* que representam os silos 2, 6 e 8. Se o risco for elevado, a cor será vermelha, tal como nos silos 4, 5 e no armazém, figura 7.17.

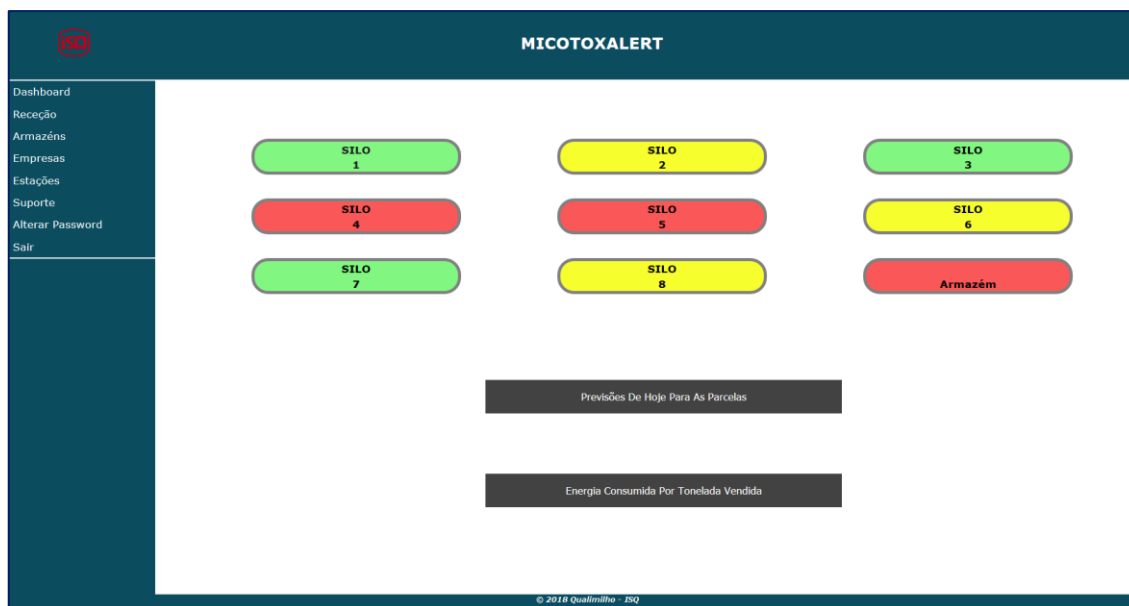


Figura 7.17 - Página com o *dashboard* da organização de produtores Agromais

No *dashboard*, o membro da organização de produtores tem várias opções disponíveis na barra lateral esquerda:

- Opção “*Dashboard*”, que permite voltar ao *dashboard* quando entra noutras páginas;
- Opção “*Receção*”, onde pode consultar os dados retirados dos carregamentos do milho quando chegam à organização de produtores;
- Opção “*Armazéns*”, onde podem consultar os dados relativos à monitorização de todos os silos e do armazém;
- Opção “*Empresas*”, para verem os dados de todos os agricultores associados à Agromais que estão inscritos na aplicação;
- Opção “*Estações*”, para consultar os históricos de registos dos dados meteorológicos de todas as estações meteorológicas associadas à plataforma;
- Opção “*Suporte*”, que carrega no caso de querer reportar algum problema que esteja a ter com a plataforma;
- Opção “*Alterar Password*”, no caso de, como o próprio nome indica, querer alterar a sua palavra-passe;
- Opção “*Sair*”, que serve para fazer *logout* da aplicação.

Na parte central tem acesso, não só às *divs* representativas dos silos e do armazém, mas também a mais dois botões:

- Botão “*Previsões De Hoje Para As Parcelas*”, onde podem ver as previsões para todas as parcelas registadas, no dia em questão;
- Botão “*Energia Consumida Por Tonelada Vendida*”, onde pode consultar os registos de um indicador energético anual, descrito pelo próprio nome do botão.

Ao carregar no botão “*Previsões De Hoje Para As Parcelas*”, a Agromais tem acesso à página com a tabela das previsões de micotoxinas das parcelas de todos os agricultores,

figura 7.18. Esta informação é importante por dois factos. O primeiro é que a Agromais pode avisar o agricultor de alguma das parcelas com risco elevado nesse dia, para tomar medidas que evitem a criação de micotoxinas, como, por exemplo, aplicar um certo fungicida. O segundo é que a organização em questão pode não aceitar comprar os carregamentos de milho de um certo agricultor que não teve cuidados, ao longo da fase de campo, para evitar as micotoxinas.

The screenshot shows a web interface titled "MICOTOXALERT". On the left is a dark blue sidebar with navigation links: Dashboard, Receção, Armazéns, Empresas, Estações, Suporte, Alterar Password, and Sair. The main content area has a dark blue header with the title "MICOTOXALERT" and a sub-header "Hoje as parcelas em risco são as seguintes:". Below this is a table with four columns: "Nome da Parcela", "ID da Parcela", "Data", and "Risco de ocorrência de micotoxinas (%)". The table contains 11 rows of data, with rows for "alca" and "Labruja" highlighted in red, indicating high risk. The footer of the page reads "© 2018 Qualimilho - ISQ".

Nome da Parcela	ID da Parcela	Data	Risco de ocorrência de micotoxinas (%)
AAAAA	79	2018-06-01	12
alca	77	2018-06-01	79
Brito	1084	2018-06-01	30
Caetano	87	2018-06-01	12
Cholda	1080	2018-06-01	12
Labruja	1082	2018-06-01	76
lima	78	2018-06-01	29
Luz	1081	2018-06-01	25
ot	24	2018-06-01	50

Figura 7.18 - Página com as previsões para as parcelas do dia em questão

Ao clicar no botão “Energia Consumida Por Tonelada Vendida”, a organização tem acesso à página com o indicador energético do consumo de energia anual em relação à quantidade de grão de milho vendida, figura 7.19. Através deste indicador, referido no capítulo 4.3, na equação 4.3, a Agromais pode tomar medidas, ano após ano, de poupança de energia. Uma das medidas poderá passar por tornar o secador do milho mais eficiente, pois este é um dos mais consumidores de energia da associação.

O secador é utilizado quando os carregamentos de milho têm uma percentagem de teor de humidade superior a 14%. Quando isto acontece, o milho tem que ser seco até que o seu teor de humidade desça para a percentagem mencionada anteriormente.

MICOTOXALERT					
Dashboard	Ano	Energia Consumida na Secagem (kWh)	Quantidade de Grão Vendido (Ton)	Tempo de Secagem (Horas)	Energia Consumida / Tonelada Vendida (kWh/Ton)
Receção					
Armazéns	2012	24000	200	100	120
Empresas	2013	30000	253	112	118.6
Estações	2014	29145	215	98	135.6
Suporte	2015	23100	190	96	121.6
Alterar Password	2016	20125	205	145	98.2
Sair	2017	19852	198	89	100.3

© 2018 Qualmilho - ISQ

Figura 7.19 - Página com os dados de consumo de energia e indicador energético

Ao seleccionar “Receção”, tem o acesso à página com os dados de todos os carregamentos recebidos, sendo os mais importantes a humidade e o índice de fratura do grão, que podem ser os mais decisivos na formação de fungos produtores de micotoxinas, figura 7.20.

MICOTOXALERT										
Dashboard	ID Receção	Data e Hora	Teor de Humidade do Grão (%)	Secagem (Não: 0; Sim: 1)	Tempo de Secagem (min)	Temperatura de Secagem (°C)	Índice de Fratura (%)	Data da Colheita	Presença de Fungos (Não: 0; Sim: 1)	Presença de Micotoxinas (Não: 0; Sim: 1)
Receção										
Armazéns	1	2015-02-03 20:30:00.000	15.0	1	20.0	40.0	0.2	2015-02-02	0	0
Empresas	2	2015-02-03 20:30:00.000	16.0	1	25.0	42.0	0.51	2015-01-04	1	0
Estações	3	2015-02-03 20:30:00.000	18.0	1	50.0	41.0	0.09	2015-02-02	1	1
Suporte	4	2015-02-03 20:30:00.000	16.0	1	20.0	41.0	0.65	2015-02-01	1	0
Alterar Password	5	2015-02-03 20:30:00.000	13.0	0			0.52	2015-01-02	0	0
Sair										

© 2018 Qualmilho - ISQ

Figura 7.20 - Página com os dados recolhidos na receção dos carregamentos do milho

Quando um membro da associação pretende saber informação sobre alguns dos silos ou sobre o armazém, ele deve clicar em “Armazéns”. Nesta página, ele tem acesso à lista de silos e aos dados monitorizados, figura 7.21.

The screenshot shows the MICOTOXALERT dashboard with a sidebar menu on the left containing: Dashboard, Recepção, Armazéns, Empresas, Estações, Suporte, Alterar Password, and Sair. The main content area displays a table with the following columns: IDArmazem, Nome, Local, Humidade, Temperatura, and CO2. Each row represents a silo or warehouse, and each data point has a 'Ver Dados' button.

IDArmazem	Nome	Local	Humidade	Temperatura	CO2
1	Silo 1	Golega	Ver Dados	Ver Dados	Ver Dados
2	Silo 2	Golega	Ver Dados	Ver Dados	Ver Dados
3	Silo 3	Golega	Ver Dados	Ver Dados	Ver Dados
4	Silo 4	Golega	Ver Dados	Ver Dados	Ver Dados
5	Silo 5	Golega	Ver Dados	Ver Dados	Ver Dados
6	Silo 6	Golega	Ver Dados	Ver Dados	Ver Dados
7	Silo 7	Golega	Ver Dados	Ver Dados	Ver Dados
8	Silo 8	Golega	Ver Dados	Ver Dados	Ver Dados
9	Armazem	Golega	Ver Dados	Ver Dados	Ver Dados

© 2018 Qualimilho - ISQ

Figura 7.21 - Página de acesso aos dados dos silos e do armazém da Agromais

Dentro da página “Armazéns”, ou seja, a página que dá acesso aos dados dos silos e do armazém, podem ser consultados os dados de humidade, temperatura e dióxido de carbono de qualquer silo ou do armazém, ao clicar no botão “Ver Dados”, na linha da tabela correspondente ao silo que deseja ver, e na coluna correspondente à variável que quer consultar. Nas figuras 7.22, 7.23 e 7.24, estão as páginas com os dados das variáveis humidade, temperatura e dióxido de carbono, respetivamente. Neste exemplo, estão os dados correspondentes às 13 horas iniciais do dia 12 de junho de 2018 do “silo 1”, já que são registados um valor por cada hora.

The screenshot shows the MICOTOXALERT dashboard with the same sidebar menu. The main content area displays a table with the following columns: IDArmazem, Data e Hora, Humidade (%), and Nome do Sensor. The table shows humidity data for silo 1 from 00:00 to 13:00 on June 12, 2018.

IDArmazem	Data e Hora	Humidade (%)	Nome do Sensor
1	2018-06-12 13:00:00.000	45.0	1
1	2018-06-12 12:00:00.000	42.0	1
1	2018-06-12 11:00:00.000	10.0	1
1	2018-06-12 10:00:00.000	20.0	1
1	2018-06-12 09:00:00.000	32.0	1
1	2018-06-12 08:00:00.000	96.0	1
1	2018-06-12 07:00:00.000	3.0	1
1	2018-06-12 06:00:00.000	12.0	1
1	2018-06-12 05:00:00.000	72.0	1
1	2018-06-12 04:00:00.000	45.0	1
1	2018-06-12 03:00:00.000	85.0	1
1	2018-06-12 02:00:00.000	36.0	1
1	2018-06-12 01:00:00.000	22.0	1
1	2018-06-12 00:00:00.000	20.0	1

© 2018 Qualimilho - ISQ

Figura 7.22 - Página com os dados da Humidade para o “silo 1”

MICOTOXALERT				
Dashboard	IDArmazem	Data e Hora	Temperatura (°C)	Nome do Sensor
Receção	1	2018-06-12 13:00:00.000	23.0	2
Armazéns	1	2018-06-12 12:00:00.000	22.0	2
Empresas	1	2018-06-12 11:00:00.000	19.0	2
Estações	1	2018-06-12 10:00:00.000	17.0	2
Suporte	1	2018-06-12 09:00:00.000	16.0	2
Alterar Password	1	2018-06-12 08:00:00.000	13.0	2
Sair	1	2018-06-12 07:00:00.000	11.0	2
	1	2018-06-12 06:00:00.000	12.0	2
	1	2018-06-12 05:00:00.000	12.0	2
	1	2018-06-12 04:00:00.000	11.0	2
	1	2018-06-12 03:00:00.000	11.0	2
	1	2018-06-12 02:00:00.000	10.0	2
	1	2018-06-12 01:00:00.000	13.0	2
	1	2018-06-12 00:00:00.000	12.0	2

© 2018 Qualmilho - ISQ

Figura 7.23 - Página com os dados de temperatura para o “siló 1”

MICOTOXALERT				
Dashboard	IDArmazem	Data e Hora	Quantidade (ppm)	Nome do Sensor
Receção	1	2018-06-12 13:00:00.000	1160.0	5
Armazéns	1	2018-06-12 12:00:00.000	1075.0	5
Empresas	1	2018-06-12 11:00:00.000	1025.0	5
Estações	1	2018-06-12 10:00:00.000	923.0	5
Suporte	1	2018-06-12 09:00:00.000	890.0	5
Alterar Password	1	2018-06-12 08:00:00.000	760.0	5
Sair	1	2018-06-12 07:00:00.000	750.0	5
	1	2018-06-12 06:00:00.000	480.0	5
	1	2018-06-12 05:00:00.000	430.0	5
	1	2018-06-12 04:00:00.000	420.0	5
	1	2018-06-12 03:00:00.000	460.0	5
	1	2018-06-12 02:00:00.000	410.0	5
	1	2018-06-12 01:00:00.000	420.0	5
	1	2018-06-12 00:00:00.000	400.0	5

© 2018 Qualmilho - ISQ

Figura 7.24 - Página com os dados de dióxido de carbono para o “siló 1”

Para aceder às empresas dos agricultores registadas na aplicação, o membro da Agromais deve seleccionar a opção “Empresas”, indo para uma página que dará acesso aos dados do agricultor, da sua empresa e das suas parcelas, figura 7.25.

Nome da Empresa	ID Agricultor	Dados do Agricultor	Dados da Empresa	Parcelas Associadas
O milho	6	Ver Agricultor	Ver Empresa	Ver Parcelas
O meu milho	36	Ver Agricultor	Ver Empresa	Ver Parcelas
Milho Dias, Lda	1031	Ver Agricultor	Ver Empresa	Ver Parcelas
O Milheiro	1032	Ver Agricultor	Ver Empresa	Ver Parcelas
Cereias Garcia, Lda	1033	Ver Agricultor	Ver Empresa	Ver Parcelas

© 2018 Qualimilho - ISQ

Figura 7.25 - Página com a lista de empresas inscritas na aplicação

Dentro da página com a lista de empresas inscritas, o membro tem acesso ao nome das empresas e pode aceder a mais três opções. A primeira é ver os dados do dono de cada empresa, ou seja, do agricultor de cada empresa. Tem acesso ao *e-mail* e ao número de telefone de cada agricultor, entre outros, para facilitar o contacto entre organização e agricultor, figura 7.26. A segunda é ver os dados da empresa do agricultor, figura 7.27. A terceira e última é ver quais as parcelas associadas a cada empresa e, por sua vez, a cada agricultor, figura 7.28. Este exemplo refere-se ao agricultor “Tiago”, à sua empresa e às suas parcelas.

ID Agricultor	Nome	Apelido	Morada	Contacto	E-mail
1031	Tiago	Dias	Rua da Boanova, n°452, Golega	968965236	tiago10@gmail.com

© 2018 Qualimilho - ISQ

Figura 7.26 - Página com os dados do agricultor “Tiago”

The screenshot shows the MICOTOXALERT interface. On the left is a dark blue sidebar with a menu containing: Dashboard, Receção, Armazéns, Empresas, Estações, Suporte, Alterar Password, and Sair. The main content area displays a table with the following data:

ID Agricultor	Nome Empresa	Morada Empresa	NIF Empresa	Contacto Empresa
1031	Cereias Dias, Lda	rua da conceicao, 521, Golega	256987563	256324102

At the bottom of the page, there is a small copyright notice: © 2018 Qualmilho - ISQ.

Figura 7.27 - Página com os dados da empresa do agricultor “Tiago”

The screenshot shows the MICOTOXALERT interface with the same sidebar as Figure 7.27. The main content area displays a table with the following data:

Nome	ID Parcela	Local	Código-Postal	Coordenadas GPS	Cultura PV	Cultura OI	Previsões
Cholda	1080	Golega	4850-020	452466258566	Milho	Cevada	<input type="button" value="Ver Resultados"/>
Luz	1081	Torres Novas	4850-025	256259288255	Milho	Cevada	<input type="button" value="Ver Resultados"/>

At the bottom of the page, there is a small copyright notice: © 2018 Qualmilho - ISQ.

Figura 7.28 - Página com a lista de parcelas do agricultor “Tiago”

Dentro da página com a lista de parcelas do agricultor, ao carregar no botão “Ver Resultados” da linha da Parcela que pretende consultar, a Agromais tem acesso ao histórico de dados das previsões de cada parcela, figura 7.29.

The screenshot shows the MICOTOXALERT dashboard with a sidebar menu on the left containing: Dashboard, Recepção, Armazéns, Empresas, Estações, Suporte, Alterar Password, and Sair. The main content area displays a table with the following data:

ID da Parcela	Data	Risco de ocorrência de micotoxinas
1081	2018-06-01	25
1081	2018-05-31	71
1081	2018-05-30	2
1081	2018-05-29	80

At the bottom of the dashboard, there is a copyright notice: © 2018 Qualimilho - ISQ.

Figura 7.29 - Página com os resultados de previsão para uma das parcelas do agricultor “Tiago”

Voltando ao *dashboard*, ao clicar na opção “Estações”, há acesso à página com a lista das estações registadas na plataforma, figura 7.30.

The screenshot shows the MICOTOXALERT dashboard with a sidebar menu on the left containing: Dashboard, Recepção, Armazéns, Empresas, Estações, Suporte, Alterar Password, and Sair. The main content area displays a table with the following data:

IDEstacao	Nome	Local	Dados
1	AAA	Alpiarça	<input type="button" value="Ver Dados"/>
2	BBB	Ervidel	<input type="button" value="Ver Dados"/>
3	CCC	Lavra Riachos	<input type="button" value="Ver Dados"/>

At the bottom of the dashboard, there is a copyright notice: © 2018 Qualimilho - ISQ.

Figura 7.30 - Página com a lista das estações meteorológicas registadas na plataforma

Dentro da página anterior, além da lista das estações, podem ser consultados os dados registados por qualquer uma delas, ao clicar no botão “Ver Dados” da linha correspondente à estação que pretende ver os dados, figura 7.31. No caso deste exemplo, escolheu-se mostrar os dados da estação de Alpiarça.

MICOTOXALERT											
[Logo]											
Dashboard											
Receção											
Armazéns											
Empresas											
Estações											
Suporte											
Alterar Password											
Sair											
ID Estação	Data e Hora	Radiação Média (W/m ²)	Precipitação (mm)	Velocidade do Vento Média (Km/h)	Velocidade do Vento Máxima (Km/h)	Humectação (min)	Temperatura Média (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Humidade Relativa Média (%)	
1	2018-04-04 09:00:00.000	381	0	11.5	13.7	0	13.9	13.2	14.5	87.2	
1	2018-04-04 08:00:00.000	134	0	8.6	10.8	0	12	11.2	13	97.3	
1	2018-04-04 07:00:00.000	16	0	8.3	12.6	15	10.9	10.7	11.1	100	
1	2018-04-04 06:00:00.000	0	0	5	8.3	60	10.4	10.2	10.9	100	
1	2018-04-04 05:00:00.000	0	0	6.5	9.4	60	11	10.8	11.2	100	
1	2018-04-04 04:00:00.000	0	0	7.2	10.1	60	11	10.7	11.4	99.5	
1	2018-04-04 03:00:00.000	0	0	7.6	10.1	25	11.1	10.9	11.4	97.4	
1	2018-04-04 02:00:00.000	0	0	8.3	9.4	60	11	10.8	11.1	97.2	
1	2018-04-04 01:00:00.000	0	0	7.2	9	60	11	10.8	11.2	98.2	
1	2018-04-03 00:00:00.000	0	0	7.2	9.4	60	11.4	11.2	11.6	99.3	
1	2018-04-03 23:00:00.000	0	0	6.8	9	60	11.1	10.8	11.4	99.6	

Figura 7.31 - Página com os dados da estação de Alpiarça

Voltando novamente ao *dashboard*, ao carregar em “Suporte”, aparece uma caixa com os temas dos problemas que o membro da Agromais pode ter com a sua conta, figura 7.32. Ao clicar na seta do lado direito da caixa, aparece um *dropdown menu* com os temas dos problemas, figura 7.33.

Está com algum problema? Reporte o seu problema selecionando na seguinte checkbox!

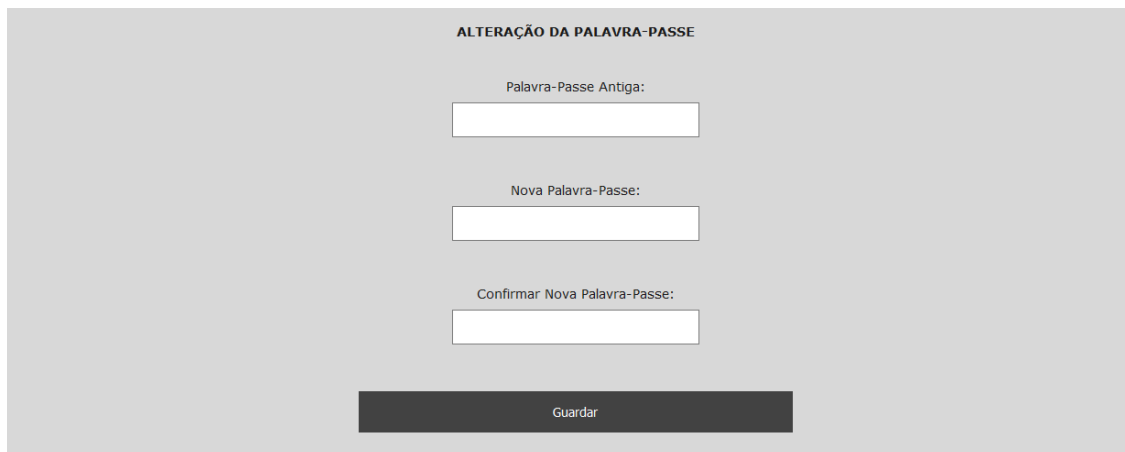
Figura 7.32 - Página com formulário de suporte

Está com algum problema? Reporte o seu problema selecionando na seguinte checkbox!

- Autentificação
- Visualização de dados
- Exportação de dados
- Alertas não funcionam

Figura 7.33 - Opções de escolha no suporte de ajuda ao membro da Agromais

Por sua vez, se quiser alterar a sua palavra-passe, clica em “Alterar *Password*”, que o encaminha para uma página com um formulário de alteração, figura 7.34.



ALTERAÇÃO DA PALAVRA-PASSE

Palavra-Passe Antiga:

Nova Palavra-Passe:

Confirmar Nova Palavra-Passe:

Guardar

Figura 7.34 - Página com o formulário de alteração da palavra-passe

A alteração da palavra-passe tem as mesmas verificações que as referidas na parte do agricultor, no subcapítulo 7.1.2.

7.2 - Conclusões Acerca das Principais Funcionalidades

A funcionalidade de registo é fundamental, tanto para agricultores como para membros da organização. Sem esta, não haveria forma de acederem diariamente à aplicação para consultarem as previsões para as parcelas, no caso do agricultor, e para os silos, armazém e todas as parcelas, no caso da organização de produtores.

No caso do agricultor, as funcionalidades principais são a consulta diária das previsões na tabela do *dashboard* da sua conta, e a consulta do histórico de previsões das suas parcelas. No final de contas, é esta a intenção da aplicação, ser um meio de ajuda ao agricultor para que possa evitar os estragos e prejuízos provocados pelas micotoxinas.

No caso da organização de produtores, a maior parte das funcionalidades a que têm acesso, nesta aplicação, são extremamente importantes para o controlo e rastreabilidade do seu produto.

No *dashboard*, a organização tem acesso à monitorização dos seus silos e do seu armazém. Assim, os trabalhadores podem controlar o ar que entra nos silos para fazerem aumentar ou diminuir qualquer uma das três variáveis: humidade, temperatura e dióxido de carbono. Tem a funcionalidade das previsões de micotoxinas para todas as parcelas no dia em questão, o que ajuda a avisar o agricultor associado no caso de o risco de ocorrência de micotoxinas ser elevado. Por fim, têm o acesso ao indicador energético acerca da energia consumida anualmente em relação à quantidade de milho vendida, o que pode ajudar a tomar medidas na poupança de energia ano após ano.

Capítulo 8

Conclusões e Trabalho Futuro

Neste último capítulo descrevem-se, na secção 8.1, as principais conclusões do trabalho desenvolvido. Na secção 8.2 encontram-se as perspectivas de trabalhos futuros, ou seja, outros trabalhos que podem dar continuidade ao desenvolvido nesta dissertação.

8.1 - Conclusões

A plataforma de apoio aos agentes de decisão da cadeia de valor do milho, desenvolvida ao longo desta dissertação, pode ser utilizada para prevenir a ocorrência de micotoxinas, não só nas culturas de milho, mas também nas culturas de outros cereais, reduzindo, assim, a incidência de doenças causadas por estas e promovendo a saúde alimentar.

Permite, também, que os agricultores evitem perdas e prejuízos nas suas culturas, pois podem-se orientar pelas previsões para decidir quando aplicar fungicidas nas suas plantações. Assim, poupam recursos, na medida em que só aplicam fungicida quando é estritamente necessário.

A organização de produtores Agromais fica com um grande controlo sobre os seus silos, armazém e sobre toda a sua cadeia de produção. A percentagem de risco consultada diariamente na aplicação mantém os funcionários de prevenção para tomarem medidas quando os riscos forem elevados, ou seja, abrirem ou fecharem as comportas consoante as condições atmosféricas no seu interior.

Em relação ao *front-end*, os resultados obtidos foram bons, pois é de fácil manuseamento e as previsões para o dia aparecem logo mal o utilizador faça *login*, com cores que mudam consoante o risco de micotoxinas naquele dia, permitindo ao utilizador tomar uma decisão instantânea de gestão para otimização da sua produção e salvaguarda de segurança alimentar do seu produto.

8.2 - Perspetivas de Trabalhos Futuros

A plataforma tem espaço para ser otimizada, de futuro. Seria útil automatizar as redes neuronais para correrem automaticamente, uma vez por dia, e depositarem os resultados na base de dados. Outra capacidade muito útil seria a automatização dos sensores, para que pudessem comunicar diretamente com a base de dados. Assim, evitava-se todo o processo de importar os dados e, acima de tudo, evitavam-se erros.

Futuramente, a plataforma pode ser alargada a outras organizações de produtores, não só de milho, mas também de outros cereais e de outras culturas. Esta plataforma tem potencialidade de servir para agricultores e organizações de várias culturas, sendo que os dados de entrada nas redes neuronais podem variar de cultura para cultura.

Na Agromais, o único meio disponível para alterar as condições atmosféricas dos silos e do armazém, é a abertura manual das comportas que existem na base dos silos e do armazém, para que haja circulação do ar. Assim, um trabalho futuro passaria por dimensionar um sistema elétrico de circulação de ar, de modo a automatizar o processo de abertura e fecho das comportas, em função dos resultados medidos pelos sensores de humidade, temperatura e dióxido de carbono.

Referências

- [1] Prado, G., *CONTAMINAÇÃO DE ALIMENTOS POR MICOTOXINAS NO BRASIL E NO MUNDO*. Revista de saúde pública do SUS/MG, 2014. 2(2):
- [2] Marques, D.R., Efeitos tóxicos dos fungos nos alimentos. *Revinter*, 2017. 10(2):
- [3] Ehlers, E., *O que é agricultura sustentável*. 2017, Brasiliense.
- [4] Mazoyer, M. and L. Roudart, *História das agriculturas no mundo. Do Neolítico à crise contemporânea*. São Paulo, Editora UNESP, 2008.
- [5] da Veiga, J.E., *O desenvolvimento agrícola: uma visão histórica*. 2012, edusp.
- [6] PEFC Portugal. Disponível em: <https://www.pefc.pt/certificacao-gfs/introducao/floresta-portuguesa>, acessado a última vez em 17-05-2018.
- [7] A. Alves, N. S. Carvalho, S. Silveira, J. P. Marques, Z. Costa, A. L. Horta, *O ABANDONO DA ACTIVIDADE AGRÍCOLA*. Disponível em: www.gpp.pt/images/GPP/O_que.../Publicacoes/Abandono.da.Activ.Agric_jan03.pdf
- [8] DN. Disponível em: <https://www.dn.pt/portugal/interior/agricultura-perdeu-relevo-ou-deu-um-salto-qualitativo-3347209.html>, acessado a última vez em 28-05-2018.
- [9] Programa de Desenvolvimento Rural. Disponível em: <http://www.pdr-2020.pt/site/O-PDR2020/Arquitetura/Area-2-Competitividade-e-Organizacao-da-Producao/Medida-3-Valorizacao-da-Producao-Agricola/Acao-3.1-Jovens-Agricultores/Operacao-3.1.1-Jovens-Agricultores>, acessado a última vez em 28-05-2018.
- [10] Lang, T. and M. Heasman, *Food wars: The global battle for mouths, minds and markets*. 2015, Routledge.
- [11] FAO, *The future of food and agriculture - Trends and challenges*. 2017, Rome:
- [12] Tilman, D. and M. Clark, *Food, Agriculture & the environment: Can we feed the world & save the Earth?* *Daedalus*, 2015. 144(4):
- [13] Gruhn, P., F. Goletti, and M. Yudelman, *Integrated nutrient management, soil fertility, and sustainable agriculture: current issues and future challenges*. 2000, Intl Food Policy Res Inst.
- [14] F. Roberto, J. Antônio, *Segurança alimentar e agricultura sustentável: uma perspectiva agroecológica*, 2003, Santa Maria.

- [15] Técnico de Agronegócio. Disponível em: <http://tecnicodeagronegocio.blogspot.com/2015/05/lagarta-do-cartucho-e-praga-que-mais.html>, acessado a última vez em 05-06-2018.
- [16] T. E. Costa, A. P. Dias, E. Miranda, D. Sheidegger, V. A. Marin, *Avaliação de risco dos organismos geneticamente modificados*. Disponível em: https://www.scielosp.org/scielo.php?pid=S1413-81232011000100035&script=sci_arttext&tlng
- [17] E. G. Ribeiro, V. A. Marin, *A falta de informação sobre os Organismos Geneticamente Modificados no Brasil*. Disponível em: https://www.scielosp.org/scielo.php?pid=S1413-81232012000200010&script=sci_arttext&tlng=pt
- [18] Naturlink. Disponível em: <http://naturlink.pt/>, acessado a última vez em 13-03-2018.
- [19] H. Bodeau, *Climate Engineering*. Disponível em: <https://henrithibodeau.files.wordpress.com/2015/06/climate-engineering.pdf>
- [20] nelsonfq. Disponível em: <https://nelsonfq.blogs.sapo.pt/1006.html>, acessado a última vez em 18-05-2018.
- [21] eCycle. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/2583-dessalinizacao-da-agua>, acessado a última vez em 18-05-2018.
- [22] Coelho, J.C., et al., *Agricultura de precisão*. Prefácio, Lisboa, 2004.
- [23] Wisecrop. Disponível em: <https://www.wisecrop.com/>, acessado a última vez em 16-03-2018.
- [24] GrowtoGreen. Disponível em: <http://www.growtogreen.com/page/indoor-farming>, acessado a última vez em 16-03-2018.
- [25] Coolfarm. Disponível em: <https://cool-farm.com/instore/>, acessado a última vez em 16-03-2018.
- [26] H. Garcia-Molina, J. Ullman, J. Widom, *Database Systems: The Complete Book*. Department of Computer Science, Stanford University.
- [27] DN. Disponível em: <https://www.dn.pt/portugal/interior/agricultura-perdeu-relevo-ou-deu-um-salto-qualitativo-3347209.html>, acessado a última vez em 28-05-2018.
- [28] Estudo Prático. Disponível em: <https://www.estudopratico.com.br/banco-de-dados/>, acessado a última vez em 21-05-2018.
- [29] J. Coelho, *Introdução à Base de Dados*, 2011. Disponível em: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ytmjK0NDNxsJ:https://repositorio.aberto.uab.pt/bitstream/10400.2/3462/1/Introdu%25C3%25A7%25C3%25A3o%2520%25C3%25A0%2520Base%2520de%2520Dados.pdf+%&cd=1&hl=pt-PT&ct=clnk&gl=pt&client=firefox-b-ab>
- [30] André Restivo, *Modelo Entidade-Associação*, 2014. Documento da Unidade Curricular “Sistemas de Informação”, em FEUP.

- [31] Karayiannis, N. and A.N. Venetsanopoulos, *Artificial neural networks: learning algorithms, performance evaluation, and applications*. Vol. 209. 2013, Springer Science & Business Media.
- [32] Jesús, M.T., *Neural Network Design 2nd edition*. 2014,
- [33] Ge, S.S., et al., *Stable adaptive neural network control*. Vol. 13. 2013, Springer Science & Business Media.
- [34] Rauber, T.W., *Redes neurais artificiais*. Universidade Federal do Espírito Santo, 2005.
- [35] F. Angerosa, L. D. Giacinto, R. Vito and S. Cumitini, “Sensory Evaluation of Virgin Oils by Artificial Neural Network Processing of Dynamic Head-Space Gas Chromatographic Data”, Istituto Sperimentale per la Elaiotecnica, Pescara, 1996.
- [36] Eberhart, R.C., *Neural network PC tools: a practical guide*. 2014, Academic Press.
- [37] Fonseca, C.E., N.C. Almeida, and M.A. Fernandes, *Rede Neural Auto-Regressiva Com Entradas Exógenas (NARX) Aplicada ao Controle de Velocidade em Veículos Elétricos*.
- [38] K. Laudon, J. Laudon, *Management Information Systems 12th edition*. 2012,
- [39] R. Schifreen, *TheWeb Book*. Disponível em:
www.itp.uzh.ch/~suzanne/ebooks/The%20Web%20Book-A4-HM.pdf
- [40] w3schools. Disponível em: <https://www.w3schools.com/>, acessado a última vez em 15-06-2018.
- [41] ERSE, *Manual de Eficiência Energética em Estabelecimentos Escolares*, 2010. Disponível em:
http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:x7yPxlYXisJ:www.eda.pt/Mediateca/Publicacoes/Lists/Relatorios/Attachments/19/PPEC%25202009_2010%2520Manual.pdf+&cd=1&hl=pt-PT&ct=clnk&gl=pt
- [42] QREN, COMPETE, União Europeia, *Estado de Arte do sector do Frio por fileira*. Universidade da Beira Interior, Faculdade de Engenharia. Disponível em:
http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:q2fktJMOYtIJ:inovenergy.inovcluster.pt/media/28452/Estado_da_arte_do_setor_do_frio_por_fileira.pdf+&cd=11&hl=pt-PT&ct=clnk&gl=pt&client=firefox-b-ab
- [43] International Energy Agency, *Energy Efficiency Indicators: Essentials for Policy Making*, 2014. Disponível em:
https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiMkfrw8ebbAhXGOBQKHb6xBbcQFggrMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.iea.org%2Fpublications%2Ffreepublications%2Fpublication%2FIEA_EnergyEfficiencyIndicators_EssentialsforPolicyMaking.pdf&usg=AOvVaw0v6AJqki_TS-A68bJkJOaA
- [44] M. A. Saidel, L. B. Favato, C. Morales, “Indicadores Energéticos e Ambientais: Ferramenta Importante na Gestão da Energia Elétrica”, Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

[45] agrotec.pt, 2017. Disponível em: <https://www.mynetpress.com/mailemailsystem/notician.asp?ref4=s%23w&ID=%7bFE996614-C55E-461B-98DC-6DE759251FC4%7d>, acessado a última vez em 24-05-2018.

[46] cerealicultura, Disponível em: <http://www.agronegocios.eu/noticias/isq-promove-qualidade-da-cadeia-de-valor-do-milho-e-seus-derivados/>, acessado a última vez em 24-05-2018.

[47] ISQ. Disponível em: <http://www.isq.pt/>, acessado a última vez em 14-06-2018.

[48] Agromais. Disponível em: <http://www.agromais.pt/>, acessado a última vez em 14-06-2018.

[49] Revista -fi, *FOOD INGREDIENTS BRASIL* N°7, 2009. Disponível em: www.revista-fi.com/materias/90.pdf

[50] REGULAMENTO (CE) N° 1881/2006 DA COMISSÃO, 2006, Jornal Oficial da União Europeia.

[51] R Battilani, P., et al., *Aflatoxin B1 contamination in maize in Europe increases due to climate change*. Scientific reports, 2016. 6(

[52] Aspnet. Disponível em: <https://www.apsnet.org/edcenter/intropp/topics/Micotoxinas/Pages/ManagementStrategiesPort.aspx>, acessado a última vez em 08-06-2018.

[53] Baptista, P., *Sistemas de segurança alimentar na cadeia de transporte e distribuição de produtos alimentares*. Guimarães: Forvisão-Consultoria em Formação Integrada, SA, 2007.

[54] iMetos. Disponível em: <http://metos.at/home/imetos33/>, acessado a última vez em 21-05-2018.

[55] Bresimar. Disponível em: <https://www.bresimar.pt/pt/marcas/tekon-electronics/>, acessado a última vez em 28-05-2018.

[56] Farnell. Disponível em: <http://pt.farnell.com/amphenol-advanced-sensors/t6713-6h/gas-detection-sensor-co2-5000ppm/dp/2845667>, acessado a última vez em 10-06-2018.

[57] Barreto, J.M., *Introdução a redes neurais artificiais*. V Escola Regional de Informática. Sociedade Brasileira de Computação, Regional Sul, Santa Maria, Florianópolis, Maringá, 2002.

[58] Rozza, G.L., R.G. da Silva, and S.I.M.G. Müller, *Estudo comparativo do uso de redes neurais artificiais e regressão linear múltipla para a previsão da concentração cáustica em uma etapa do processo de fabricação de alumina/Comparative study of the use of artificial neural networks and multiple linear regression for the prediction of the caustic concentration in one step of the alumina manufacturing process*. Revista Produção Online, 2015. 15(3):

[59] Muntaser, J.G.S., V.P. da Silva, and A.S.T. Penedo, *Aplicação de Redes Neurais na Previsão das Ações do Setor de Petróleo e Gás da Bm&FBovespa/Application of Neural Networks in Forecasting the Shares of the Oil and Gas Sector of Bm&FBovespa*. Revista FSA (Faculdade Santo Agostinho), 2017. 14(6):

[60] Mário Miguel Leandro Lacerda Lopes. Desenvolvimento de sistema de previsão que permita avaliar o impacto da segurança alimentar na cadeia de valor do milho. Tese de mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2018.

Anexos

Anexo A: Níveis legais de micotoxinas

Géneros alimentícios		Teores máximos (µg/kg)		
2.1	Aflatoxinas	B ₁	Somatório de B ₁ , B ₂ , G ₁ e G ₂	M ₁
2.1.1	Amendoins destinados a serem submetidos a um tratamento de triagem ou a outro tratamento físico antes de consumo humano ou utilização como ingrediente de géneros alimentícios	8,0	15,0	-
2.1.2	Frutos de casca rija destinados a serem submetidos a um método de triagem ou a outro tratamento físico antes de consumo humano ou utilização como ingrediente de géneros alimentícios	5,0	10,0	-
2.1.3	Amendoins e frutos de casca rija e produtos derivados da sua transformação, destinados ao consumo humano direto ou como ingrediente de géneros alimentícios	2,0	4,0	-
2.1.4	Frutos secos destinados a serem submetidos a um método de triagem ou a outro tratamento físico antes de consumo humano ou utilização como ingrediente de géneros alimentícios	5,0	10,0	-
2.1.5	Frutos secos e produtos derivados da sua transformação, destinados ao consumo humano direto ou como ingrediente de géneros alimentícios	2,0	4,0	-
2.1.6	Todos os cereais e produtos derivados de cereais, incluindo produtos derivados da sua transformação, com exceção dos géneros alimentícios referidos nos pontos 2.1.7, 2.1.10 e 2.1.12	2,0	4,0	-
2.1.7	Milho destinado a ser submetido a um método de triagem ou a outro tratamento físico antes de consumo humano ou utilização como ingrediente de géneros alimentícios	5,0	10,0	-
2.1.8	Leite cru, leite tratado termicamente e leite para o fabrico de produtos lácteos	-	-	0,050

2.1.9	<p>Especiarias das seguintes espécies:</p> <p><i>Capsicum spp.</i> (o fruto seco, inteiro ou triturado, incluindo a malagueta, a malagueta em pó, a pimenta de caiena e o pimentão-doce);</p> <p><i>Piper spp.</i> (o fruto, incluindo a pimenta branca e a pimenta preta);</p> <p><i>Myristica fragrans</i> (noz-moscada);</p> <p><i>Zingiber officinale</i> (gengibre);</p> <p><i>Curcuma longa</i> (curcuma).</p>	5,0	10,0	-
2.1.10	Alimentos à base de cereais transformados e alimentos para bebés destinados a lactentes e crianças jovens	0,10	-	-
2.1.11	Fórmulas para lactentes e fórmulas de transição, incluindo leite para bebés e leite de transição	-	-	0,025
2.1.12	Alimentos dietéticos destinados a fins medicinais específicos especificamente destinados a lactentes	0,10	-	0,025
2.2	Ocratoxina A			
2.2.1	Cereais não transformados	5,0		
2.2.2	Todos os produtos derivados de cereais não transformados, incluindo produtos à base de cereais transformados e cereais destinados ao consumo humano direto, com exceção dos géneros alimentícios referidos nos pontos 2.2.9 e 2.2.10	3,0		
2.2.3	Passas de uvas (uvas de Corinto, uvas e sultanas)	10,0		
2.2.4	Café torrado, moído ou em grão, com exceção do café solúvel	5,0		
2.2.5	Café solúvel (café instantâneo)	10,0		
2.2.6	Vinho (incluindo vinho espumante e excluindo vinho licoroso e vinho com teor alcoométrico não inferior a 15 % vol.) e vinho de frutos	2,0		
2.2.7	Vinho aromatizado, bebidas aromatizadas à base de vinho e cocktails aromatizados de produtos vitivinícolas	2,0		
2.2.8	Sumo de uva, concentrado de uva reconstituído, néctar de uva, mosto de uva e concentrado de mosto reconstituído, destinados ao consumo humano direto	2,0		
2.2.9	Alimentos à base de cereais e alimentos para bebés destinados a lactentes e crianças jovens	0,50		
2.2.10	Alimentos dietéticos destinados a fins medicinais específicos especificamente destinados a lactentes	0,50		
2.2.11	Café verde, frutos secos que não uva passa, cerveja, cacau e produtos derivados do cacau, vinhos licorosos, produtos à base de carne, especiarias e alçaçuz	-		
2.3	Patulina			
2.3.1	Sumos de frutos, sumos de frutos concentrados reconstituídos e néctares de frutos	50		
2.3.2	Bebidas espirituosas, sidra e outras bebidas fermentadas derivadas de maçãs ou que contenham sumo de maçã	50		

2.3.3	Produtos sólidos à base de maçã, incluindo compota e puré de maçã, destinados ao consumo direto, com exceção dos géneros alimentícios referidos nos pontos 2.3.4 e 2.3.5	25
2.3.4	Sumo de maçã e produtos sólidos à base de maçã, incluindo compota e puré de maçã, destinados a ser consumidos por lactentes e crianças jovens e rotulados e vendidos enquanto tal	10,0
2.3.5	Alimentos para bebés, com exceção de alimentos à base de cereais transformados destinados a lactentes e crianças jovens	10,0
2.4	Desoxinivalenol	
2.4.1	Cereais não transformados, com exceção de trigo duro, aveia e milho	1250
2.4.2	Trigo duro e aveia não transformados	1750
2.4.3	Milho não transformado	1750
2.4.4	Cereais destinados ao consumo humano direto, farinha de cereais [incluindo farinha de milho, sêmola de milho e <i>grits</i>], sêmola enquanto produto final comercializado para consumo humano direto e gérmen, com exceção dos géneros alimentícios referidos no ponto 2.4.7	750
2.4.5	Massas alimentícias (secas)	750
2.4.6	Pão (incluindo pequenos produtos de panificação), produtos de pastelaria, bolachas, refeições leves à base de cereais e cereais para pequeno-almoço	500
2.4.7	Alimentos transformados à base de cereais e alimentos para bebés destinados a lactentes e crianças jovens	200
2.5	Zearalenona	
2.5.1	Cereais não transformados, com exceção do milho	100
2.5.2	Milho não transformado	200
2.5.3	Cereais destinados ao consumo humano direto, farinha de cereais, sêmola enquanto produto final comercializado para consumo humano direto e gérmen, com exceção dos géneros alimentícios referidos nos pontos 2.5.4, 2.5.7 e 2.5.8	75
2.5.4	Milho destinado ao consumo humano direto, farinha de milho, sêmola de milho, <i>grits</i> , gérmen de milho e óleo de milho refinado	200
2.5.5	Pão (incluindo pequenos produtos de panificação), produtos de pastelaria, bolachas, refeições leves à base de cereais e cereais para pequeno-almoço, com exceção de refeições leves à base de milho e cereais para pequeno-almoço à base de milho	50
2.5.6	Refeições leves à base de milho e cereais para pequeno-almoço à base de milho	50
2.5.7	Alimentos à base de cereais transformados (com exceção de alimentos transformados à base de milho) e alimentos para bebés destinados a lactentes e crianças jovens	20

2.5.8	Alimentos transformados à base de milho destinados a lactentes e crianças jovens	20
2.6	Fumonisinás	Somatório de B ₁ e B ₂
2.6.1	Milho não transformado	2000
2.6.2	Farinha de milho, sêmola de milho, <i>grits</i> , gérmem de milho e óleo de milho refinado	1000
2.6.3	Alimentos à base de milho para consumo humano direto, com exceção dos alimentos referidos nos pontos 2.6.2 e 2.6.4	400
2.6.4	Alimentos transformados à base de milho e alimentos para bebés destinados a lactentes e crianças jovens	200
2.7	Toxinas T-2 e HT-2	Somatório das toxinas T-2 e HT-2
2.7.1	Cereais não transformados e produtos à base de cereais	

Anexo B: Modelo da Base de Dados em Tabelas Verticais

Neste anexo, apresenta-se o modelo da base de dados em tabelas verticais, tanto da parte de agricultor, como da parte da organização de produtores.

B.1. Parte do Agricultor

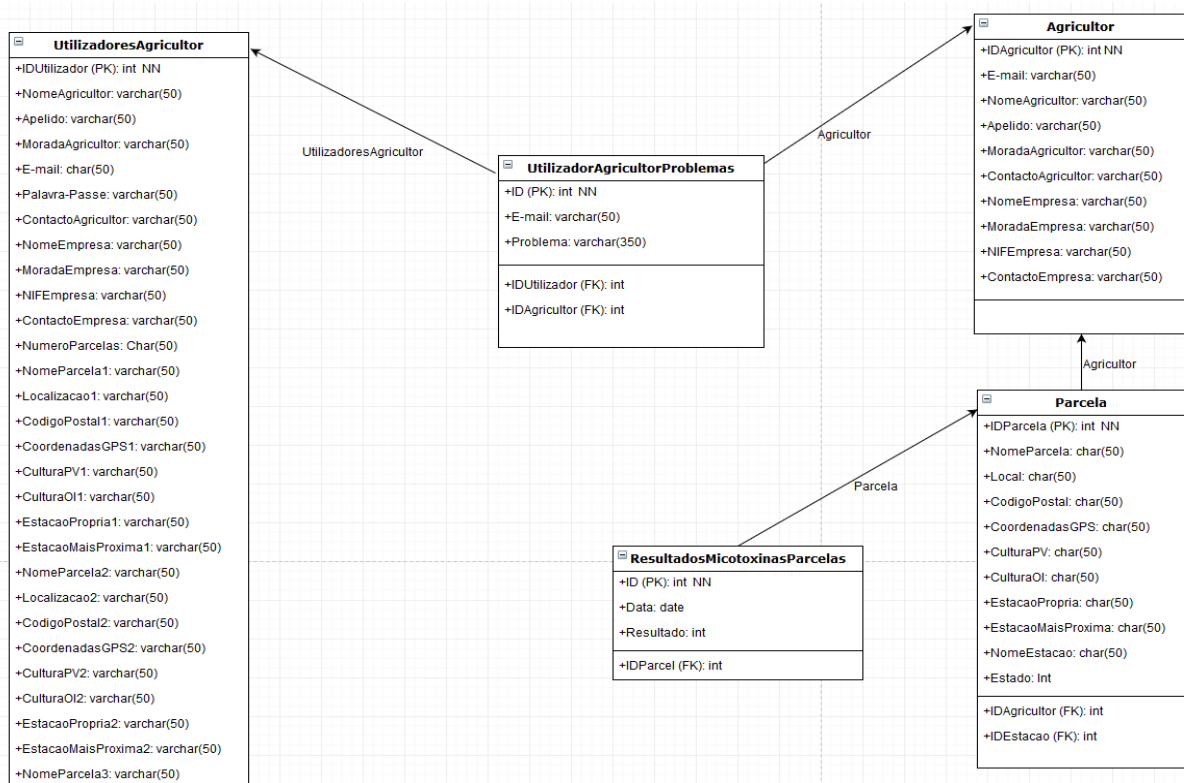


Figura B.1 - Modelo da parte do agricultor (parte 1)

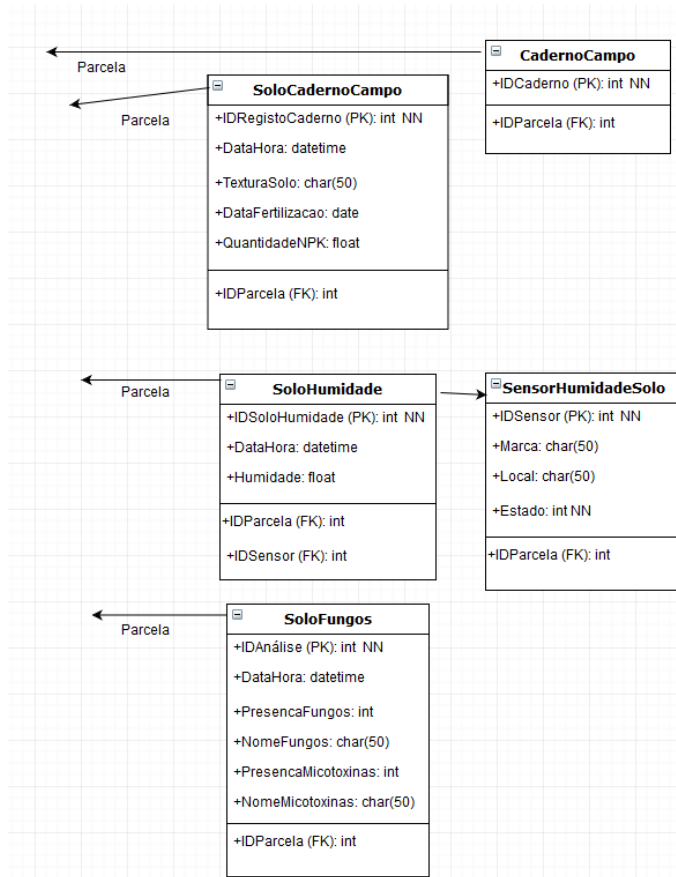


Figura B.2 - Modelo da parte do agricultor (parte 2)

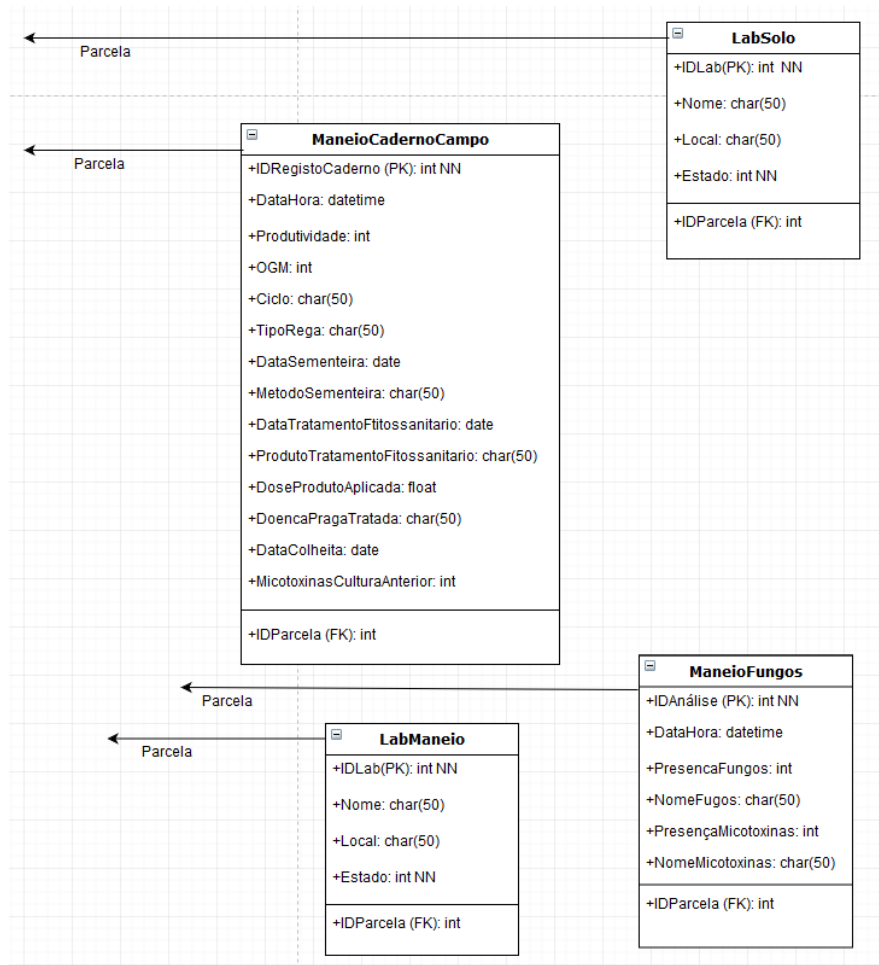


Figura B.3 - Modelo da parte do agricultor (parte 3)

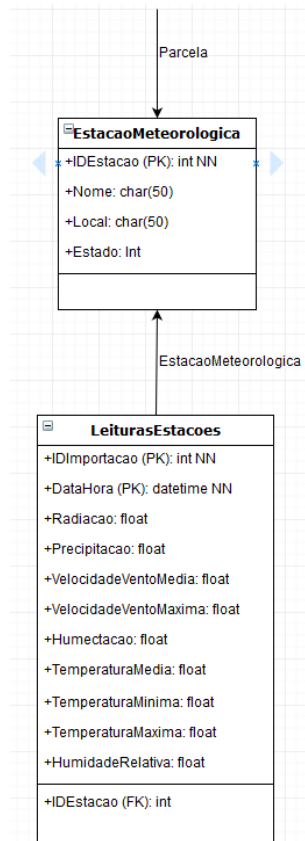


Figura B.4 - Modelo da parte do agricultor (parte 4)

B.2. Parte da Organização de Produtores

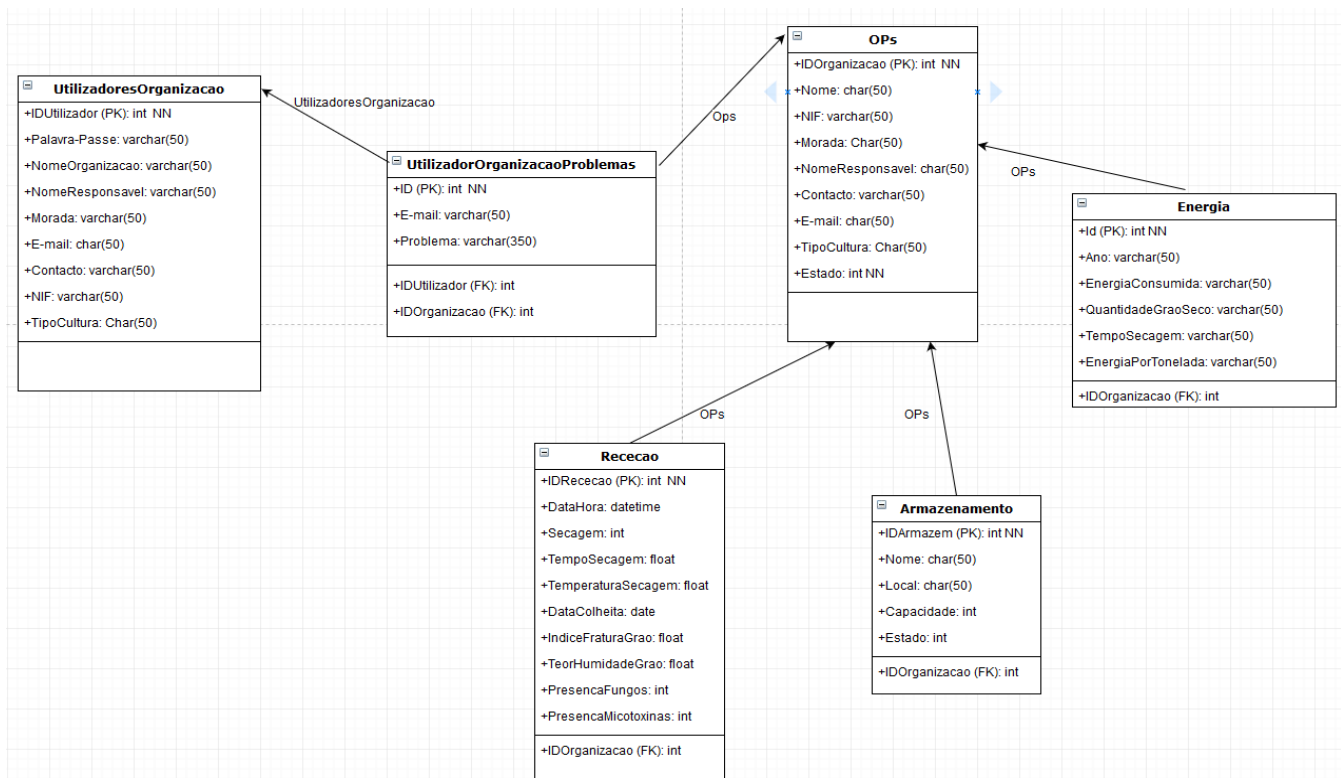


Figura B.5 - Modelo da parte da organização de produtores (parte 1)

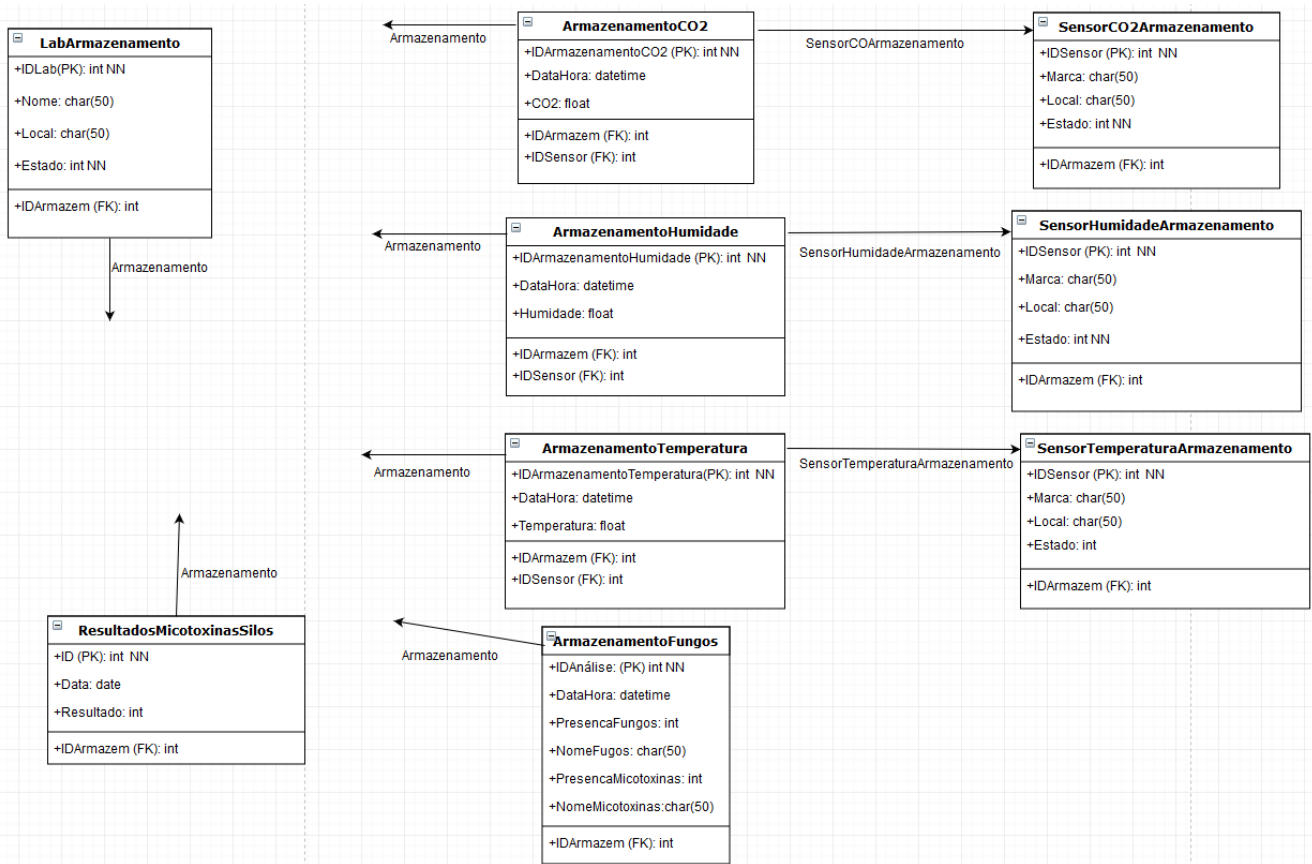


Figura B.6 - Modelo da parte da organização de produtores (parte 2)

Anexo C: Código de Programação da Aplicação

Neste anexo apresenta-se o código do template utilizado na construção da aplicação e uma tabela com todas as páginas criadas. O código do *template* utilizado é o seguinte:

```
<!doctype html>
<html>
  <head>
    <meta charset="utf-8">
  <html lang="pt">
    <title>3S-T</title>
    <?php if( isset($head)) echo $head ?>
    <style type="text/css">
      <!--
      body {
        font: 100%/1.4 Verdana, Arial, Helvetica, sans-serif;
        background-color: #FCFCFC;
        margin: 0;
        color: #000;
      }
      ul, ol, dl {
        padding: 0;
        margin: 0;
      }
      h1, h2, h3, h4, h5, h6, p {
        margin-top: 0;
        padding-right: 10px;
        padding-left: 10px;
      }
      .company-name {
        font-size: 24px;
        font-weight: bold;
        color: #FFFFFF;
      }
      img {
border: none;
margin-top: 0;
margin-bottom: 0;
padding-right: 0px;
padding-left: 0px;
padding-bottom: 0px;
```

```
}
a:link {
  color: #CC0000;
  text-decoration: underline;
}
a:visited {
  color: #FFFFFF;
  text-decoration: underline;
}
a:hover, a:active, a:focus {
  text-decoration: none;
}
.container {
width: auto;
height: auto;
background-color: #FFFFFF;
background-image: url("../img/milho.png");
background-repeat: no-repeat;
background-size: auto;
background-attachment: fixed;
background-size: 100% 100%;
}
  header {
background-color: #0B4C5F;
height: 12%;
padding-bottom: 0px;
padding-top: 0px;
margin-bottom:0;
margin-top:0;
}
    .sidebar1 {
float: left;
width: 12%;
background-color: #0B4C5F;
padding-bottom: 0px;
padding-top: 0px;
height:84%;
margin-bottom:0;
margin-top:0;
}
      .content {
```

```
padding: 0px 0;
width: 100%;
}
aside {
float: left;
width: 12%;
height: 70%;
background-color: #0B4C5F;
padding: 0px 0;
padding-bottom: 0px;
padding-top: 0px;
margin-bottom: 0;
margin-top: 0px;
}
.content ul, .content ol {
padding: 0 15px 15px 40px;
}
ul.nav {
list-style: none;
border-top: 2px solid white;
border-bottom: 2px solid white;
margin-bottom: 0px;
margin-top: 0px;
}
ul.nav li {
border-bottom: 0px solid #0B4C5F;
}
ul.nav a, ul.nav a:visited {
padding: 5px 5px 5px 12px;
display: block;
width: auto;
text-decoration: none;
background-color: #0B4C5F;
text-align: left;
}
ul.nav a:hover, ul.nav a:active, ul.nav a:focus {
color: #FFFFFF;
background-color: #6E6E6E;
}
footer {
padding: 0px 0;
background-color: #0B4C5F;
position: relative;
```

```
    clear: both;
height: 4%;
border: none;
margin-top: 0px;
margin-bottom: 0px;
padding-right: 0px;
padding-left: 0px;
}
.fltrt {
    float: right;
    margin-left: 8px;
}
.fltlft {
    float: left;
    margin-right: 8px;
}
.clearfloat {
    clear:both;
    height:0;
    font-size: 1px;
    line-height: 0px;
}
header, section, footer, aside, article, figure {
    display: block;
}
#address {
    padding-left:0px;
}
#table1
{
    font-family:"Trebuchet MS", Arial, Helvetica, sans-serif;
    width:100%;
    border-collapse:collapse;
}
#table1 td, #table1 th
{
    font-size:0.8em;
    border:1px solid #CCCCCC;
    padding:3px 7px 2px 7px;
}
#table1 th
{
    font-size:1em;
```



```

<footer>
  <section>
    <p style="font-size:10px;"><?php if (isset($pInfo)) echo $pInfo ?></p>
  </section>
  <address id="address" style="font-size:11px;color:#FFFFFF;font-weight: bold;">
    <center>&copy; 2018 Qualimilho - ISQ</center>
  </address>
</footer>
</div>
</body>
</html>

```

No capítulo sete, quando se explicou a construção da aplicação, dividiu-se em três partes. A tabela seguinte mostra o nome das páginas criadas para cada parte.

Tabela C.1 - Páginas criadas na construção da aplicação

Nome da página	Parte da aplicação a que pertence
Início	Registo
Formulário de <i>login</i>	Registo
Autenticação do <i>Login</i>	Registo
<i>Logout</i>	Registo
Formulário com Escolha de Tipo de Utilizador para Registo	Registo
Formulário de Registo de Agricultor	Registo
Verificação de Registo de Agricultor	Registo
Formulário de Registo de Organização	Registo
Página de Verificação de Registo de Organização	Registo
Informações sobre a aplicação	Registo
<i>Dashboard</i> do Agricultor	Agricultor
Histórico das Previsões de Micotoxinas para as Parcelas	Agricultor
Formulário de Registo de Nova Parcela	Agricultor
Verificação do Registo de Nova Parcela	Agricultor
Dados do Agricultor	Agricultor
Formulário de Suporte	Agricultor
Verificação de Suporte	Agricultor
Formulário de Alteração da Palavra-Passe	Agricultor
Verificação da Alteração da Palavra-passe	Agricultor
<i>Dashboard</i> da Organização	Organização de Produtores
Previsões Diárias para as Parcelas	Organização de Produtores
Dados de Consumo de Energia	Organização de Produtores
Dados de Receção	Organização de Produtores

Acesso aos Dados dos Silos e do Armazém	Organização de Produtores
Dados de Humidade para os Silos e Armazém	Organização de Produtores
Dados de Temperatura para os Silos e Armazém	Organização de Produtores
Dados de Dióxido de Carbono para os Silos e Armazém	Organização de Produtores
Lista de Empresas Inscritas na Aplicação	Organização de Produtores
Dados dos Agricultores	Organização de Produtores
Dados das Empresas	Organização de Produtores
Dados das Parcelas	Organização de Produtores
Histórico de Resultados para as Parcelas	Organização de Produtores
Lista das Estações Meteorológicas	Organização de Produtores
Dados das Estações Meteorológicas	Organização de Produtores
Formulário de Suporte	Organização de Produtores
Verificação de Suporte	Organização de Produtores
Formulário de alteração da Palavra-passe	Organização de Produtores
Verificação da Alteração da Palavra-passe	Organização de Produtores