



Influência da Gestão da Rega e da Fertilização na cultura de Tomate de Indústria na Região do Ribatejo

António Maria Pena Wemans

Relatório de estágio para obtenção do Grau de Mestre em:

Engenharia Agronómica

Orientadores: Doutora Isabel Maria Cerqueira Lopes Alves

Engenheiro António Carlos Marques Bernardo

Júri:

Presidente: Doutor José Luís Monteiro Teixeira, Professor Associado do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Vogais: Doutora Isabel Maria Cerqueira Lopes Alves, Professora Associada do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Doutora Paula Cristina Santana Paredes, Bolseira de Pós-Doutoramento da Fundação para a Ciência e a Tecnologia

Resumo

Este trabalho tem como objetivo estudar a influência da gestão da rega e da fertilização na cultura de tomate de indústria na região do Ribatejo.

O tomate de indústria é a das culturas com maior peso a nível nacional e sem dúvida a com maior peso no Ribatejo. Segundo o Instituto Nacional de Estatística, foram plantados 19.000 hectares desta cultura no ano de 2015.

Portugal é dos maiores produtores de pasta de tomate e a sua qualidade é reconhecida internacionalmente.

Este relatório tem duas partes, a primeira onde se faz uma descrição sobre as bases da cultura do tomate de indústria que serve também para uma melhor compreensão da segunda parte, que se centra na caracterização e avaliação das práticas de gestão da rega e da fertilização. Esta parte identifica casos reais na Casa Agrícola Ortigão Costa, onde foi feito um estágio de nove meses iniciado em março de 2015.

A Casa Agrícola Ortigão Costa tem cerca de 1700 hectares de tomate de indústria e tem a sua produção concentrada no Ribatejo.

Dada a grande área agrícola desta exploração é evidente a variabilidade espacial encontrada, nomeadamente no que diz respeito á composição e estrutura dos diferentes solos. Esta variabilidade tornou possível abordar diversos casos de estudo onde foram comparadas diferentes práticas de gestão de rega e fertilização usadas nos diferentes solos, evidenciadas dificuldades comuns numa casa agrícola de grandes dimensões, assim como demonstrada a importância do papel das novas tecnologias no apoio à tomada de decisão.

A análise e conclusões retiradas destes casos de estudo demonstram a importância do conhecimento dos fatores que influenciam toda a produção para uma tomada de decisão adequada servindo de exemplo e relatando a experiência e a aprendizagem associados a este estágio.

Palavras-chave: Tomate de indústria, Gestão da Rega, Gestão da Fertilização, Agricultura de Precisão

Abstract

This project aims to study the influence of irrigation and fertilization management when producing processing tomatoes in Ribatejo.

The production of processing tomatoes is of great significance nationally and its importance in Ribatejo is indisputable. According to Instituto Nacional de Estatística, 19.000 hectares have been planted with this culture in 2015.

Portugal is one of the leading producers of tomato paste and it is known internationally for its great quality.

This report is divided into two parts; the first part describes the principles of the industrial tomatoes cultivation, which will help the reader to better comprehend the second phase of the report.

The second part looks over the good and bad practices of irrigation and fertilization management. Real occurrences are described that have taken place at the Casa Agrícola Ortigão Costa, where I have done a nine months internship that started March 2015.

The Casa Agrícola Ortigão Costa has 1700 hectares of processing tomatoes and most of its production is located in Ribatejo.

The variability of the soil was noticeable due to its large agricultural area, especially in terms of composition and structure of the different types of soil.

Due to its variability it was possible to undertake several case studies and compare different practices of irrigation and fertilization according to the different types of soil. These revealed the common difficulties in a farm house of great dimensions and made evident the importance of new technologies when making decisions.

The analysis and conclusion taken from these case studies show the importance of knowing the factors that influence the production, in order to make appropriate decisions, use these as examples and report the experience as well as the knowledge acquired and associated to the internship.

Key words: Processing Tomatoes, Irrigation Management, Fertilization Management, Precision Agriculture.

Índice

Resumo.....	ii
Abstract	iii
Índice de figuras	6
Índice de Quadros	8
1. Introdução	9
2. A cultura do tomate de indústria	9
2.1. Morfologia	9
2.2. Desenvolvimento e exigências ambientais	10
2.3. Ciclo cultural.....	11
2.4. Preparação do solo.....	12
2.5. Seleção e caracterização das variedades	14
2.6. Propagação e germinação	15
2.7. Transplantação	16
3. Rega.....	17
3.1. Necessidades hídricas.....	17
3.2. Evapotranspiração de referência	18
3.3. Evapotranspiração Cultural (ET_c).....	19
3.4. Coeficiente cultural simples	20
3.5. Coeficiente cultural dual	21
3.6. Dinâmica da água no solo.....	22
3.7. Balanço Hídrico do Solo.....	23
3.8. Influência das características físicas na dinâmica da água do solo	24
3.9. Parâmetros hídricos do solo.....	26
3.10. Métodos de medição da água no solo	27
3.11. Condução da rega.....	29
3.12. Rega deficitária controlada	29

3.13.	Condução da rega do tomate	29
4.	Fertilização	33
4.1.	Fertirrega	37
4.2.	Sintomas nas plantas de deficiência dos elementos essenciais.....	38
5.	Deteção remota.....	38
6.	Estágio – Influência da gestão da rega e da fertilização nas produções de tomate na região do Ribatejo	39
6.1.	Gestão da fertilização	41
6.2.	Análises de solos.....	42
6.3.	Análises foliares.....	43
6.4.	Análise da água de rega.....	44
6.5.	Gestão da rega.....	44
6.6.	Equipamentos de monitorização	45
6.6.1.	Ferramenta online: Software uSens V 3.0.....	47
6.7.	Estudos de caso	49
6.7.1.	Diferentes técnicas de rega – solos arenosos vs solos argilosos.....	49
6.7.2.	Casos de má gestão de rega	53
6.7.3.	Gestão da fertilização.....	59
6.7.4.	Influência da data de plantação	71
7.	Conclusão	73
8.	Referências bibliográficas.....	75

Índice de figuras

Figura 1. Secção transversal de um tomate (Fonte: kdfrutas, 2015)	10
Figura 2. Variação do K_c simples ao longo do tempo (adaptado de Allen <i>et al.</i> , 1998)	20
Figura 3. Relação entre índice de área foliar, evaporação e transpiração. (Allen <i>et al.</i> , 1998)	22
Figura 4. Esquema representativo das componentes do balanço hídrico. (Allen <i>et al.</i> , 1998)	24
Figura 5. Água Utilizável (TAW), Água Facilmente Utilizável (RAW). Fonte: Ramos <i>et al.</i> (2016).....	26
Figura 6. Padrão de humedecimento do solo. Fonte: Oliveira (2006)	32
Figura 7. Disposição das sondas de água no solo na parcela Pancas. Fonte: Terrapro	45
Figura 8. Observação da drenagem após instalação da sonda de humidade no solo, como estratégia para definição da linha representativa da Capacidade de Campo. Fonte: Terrapro.....	46
Figura 9. Representação do gráfico de humidade do solo apresentado na plataforma uSens V 3.0. Fonte: Terrapro	48
Figura 10. Representação gráfica da variação do volume de água num solo franco-arenoso. Primeiros dias após a instalação da sonda representados com um círculo amarelo. Fonte: Terrapro	49
Figura 11. Representação gráfica da variação do volume de água num solo argiloso. Primeiros dias após a instalação da sonda (a amarelo). Fonte: Terrapro.....	50
Figura 12. Representação gráfica da variação do volume de água num solo arenoso. Interrupção da rega para facilitar a circulação de máquinas agrícolas (a amarelo). Fonte: Terrapro.....	50
Figura 13. Representação gráfica da variação do volume de água num solo argiloso durante a campanha 2015. Intervalo entre regas evidenciado (a amarelo). Fonte: Terrapro.....	51
Figura 14. Representação gráfica da variação do volume de água num solo arenoso durante a campanha 2015. Frequência de regas: 26 regas durante o último mês da cultura (a amarelo). Fonte: Terrapro.....	51
Figura 15. Representação gráfica da variação do volume de água num solo argiloso durante a campanha 2015. Frequência de regas: 22 regas durante o último mês da cultura (a amarelo). Sem necessidade de rega no final do ciclo. Fonte: Terrapro.....	52
Figura 16. Representação gráfica da variação do volume de água num solo arenoso durante a campanha 2015. Corte de rega gradual (a amarelo). Fonte: Terrapro	52
Figura 17. Representação gráfica da variação do volume de água num solo argiloso durante a campanha 2015. Corte de rega gradual (a amarelo). Fonte: Terrapro	53

Figura 18. Representação gráfica da variação do volume de água na parcela Saloias, durante a campanha 2015. Deteções de rega após a instalação do contador volumétrico (a amarelo). Fonte: Terrapro.....	54
Figura 19. Representação gráfica da variação do volume de água na parcela Saloias, durante a campanha 2015. Baixa frequência de rega (a amarelo). Fonte: Terrapro	54
Figura 20. Representação gráfica da variação do volume de água na parcela Saloias. Exemplo de excesso de água. Fonte: Terrapro	55
Figura 21. Evolução da humidade do solo em média e a diferentes profundidades, na parcela Saloias. Fonte: Terrapro	56
Figura 22. Representação gráfica da variação do volume de água na parcela Fonte das Somas, durante a campanha 2015. Rega interrompida (a amarelo). Fonte: Terrapro	57
Figura 23. Representação gráfica da variação do volume de água na parcela Alpampilher, durante a campanha 2015. Interrupção da rega perto de 2015-06-07. Fonte: Terrapro	58
Figura 24. Representação gráfica da variação do volume de água na parcela Alpampilher, durante a campanha 2015. Desregulação da sonda devido a embate do trator. Fonte: Terrapro ...	59
Figura 25. Imagem aérea das parcelas localizadas na Azambuja. Variações de azoto (%) nas diferentes parcelas (1ª Análise). Fonte: Terrapro	60
Figura 26. Imagem aérea das parcelas localizadas na Azambuja. Variações de azoto (%) nas diferentes parcelas (2ª Análise). Fonte: Terrapro	61
Figura 27. Imagem aérea das parcelas localizadas em Vila Franca de Xira. Variações de zinco (ppm) nas diferentes parcelas (2ª Análise). Fonte: Terrapro.....	62
Figura 28. Imagem aérea das parcelas localizadas em Pancas. Variações de zinco (ppm) nas diferentes parcelas (2ª Análise). Fonte: Terrapro	62
Figura 29. Análises de Potássio em Salvaterra. Fonte: Terrapro.....	63
Figura 30. Análises de Cálcio em Pancas. Fonte: Terrapro.....	64
Figura 31. 1ª Imagem NDVI da parcela Palhota. Fonte: Terrapro.....	65
Figura 32. 2ª Imagem NDVI da parcela Palhota. Fonte: Terrapro.....	66
Figura 33. Imagem NDVI das parcelas Terço e Zinguelho. Fonte: Terrapro.....	67
Figura 34. Imagem NDVI da parcela Arcaus 2. Fonte: Terrapro.....	68
Figura 35. Unidades de Azoto ao longo da campanha nas várias parcelas. Fonte: Terrapro	69
Figura 36. Unidades de Fósforo ao longo da campanha nas várias parcelas. Fonte: Terrapro.	70
Figura 37. Unidades de cálcio ao longo da campanha nas várias parcelas. Fonte: Terrapro.	71
Figura 38. Produções e Brix por data de plantação. Linha azul correspondente à evolução do grau Brix ao longo das diferentes parcelas. Fonte: Terrapro	72

Índice de Quadros

Quadro 1 - Dimensões e designação das partículas de solo. Adaptado de Brouwer <i>et al.</i> (1985)	24
Quadro 2. Valores de K_c consoante as fases e % de solo coberto. Fonte: Torres <i>et al.</i> (2015)	31
Quadro 3. Classes de fertilidade para macro e micronutrientes. Fonte: INIAP	34
Quadro 4. Quantidades de azoto (N), fósforo (P_2O_5), potássio (K_2O) e magnésio (Mg) recomendadas (kg/ha). Fonte: INIAP	35
Quadro 5. Valores para as concentrações de nutrientes nas folhas de tomate. Fonte: INIAP	37

1. Introdução

O tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill, é uma planta pertencente à família das solanáceas, cultivada pelo seu fruto. Tem a sua origem na parte ocidental da América do Sul, entre o Chile e Equador. Foram os Astecas que mais o cultivaram, tendo sido introduzido na Europa em meados do século XVI. A Itália e Espanha foram as primeiras a adotar esta nova cultura, enquanto que os países mais a norte a utilizaram com fins ornamentais por temerem que esta fosse venenosa. Com o desenvolvimento da indústria de processamento de concentrado, em meados do século XX, ocorreu a grande expansão do tomate a nível mundial (Almeida, 2006).

Nos dias de hoje, o tomate é uma das culturas hortícolas que mais se destaca assumindo uma importância bastante elevada devido à sua produção e valor económico. Dados de 2013 revelam que os maiores produtores, a nível mundial, de tomate para indústria são os EUA (Califórnia), Itália, China, Turquia, Irão, Portugal, Chile e Tunísia. A produção mundial em 2013 foi de 33 milhões de toneladas e, em 2012, de 33,4 milhões de toneladas. Portugal ocupa o 4º lugar mundial de maior exportador de tomate de indústria com um volume de exportação de 95%, ficando atrás da China, EUA e Itália (Colvine, 2014).

Em Portugal as principais zonas de produção de tomate situam-se na região Entre-Douro-e-Minho, Ribatejo, Oeste e Algarve. A cultura de tomate para indústria é realizada sobretudo no Ribatejo, Vale do Tejo e do Sorraia e nos regadios do Alentejo.

À cultura do tomate, em particular ao tomate de indústria, fruto da importância desta cultura, estão associadas inúmeras técnicas de gestão que visam tornar a sua exploração competitiva e satisfazer as necessidades do mercado. Dentro destas técnicas, a gestão da rega e da fertilização têm um grande impacto em termos económicos na sua conta de cultura. Este relatório visa abordar estes dois temas, relatando e discutindo diversos casos de estudo de interesse, ocorridos ao longo do estágio realizado na Casa Agrícola Ortigão Costa.

2. A cultura do tomate de indústria

2.1. Morfologia

A nível botânico, classifica-se o tomateiro como planta herbácea, de porte ereto ou semi-prostrado e que pode atingir entre os 0,5 a 2 m de altura. É uma planta perene, apesar de ser cultivada como planta anual. O seu sistema radicular é mais profundo e apumado em sementeiras diretas e mais superficial em plantas transplantadas (50 cm), com maior incidência de raízes laterais e adventícias formadas a partir do caule. A sementeira direta não é uma prática comum no tomate

de indústria. As folhas são alternas, compostas e imparipinuladas, contendo 7 a 9 folíolos pubescentes.

Na horto-indústria são utilizadas cultivares de crescimento determinado, com um período limitado de floração. As inflorescências são cimeiras bíparas diferenciando-se no meristema apical do caule, compostas por 5 a 12 flores cada. As flores são hermafroditas, actinomórficas e com a corola de cor amarela. O pistilo é rodeado por anteras unidas formando o androceu sinantérico e que contem o estigma pois o estilete é curto. O gineceu é composto por 2 ou mais carpelos. A polinização é 95% autogâmica, favorecida por insetos polinizadores. O seu ovário é súpero.

O tomate é uma baka plurilocular com peso entre 5 e 500 g. A sua forma, cor, viscosidade e grau Brix variam conforme a variedade e o estado de maturação. O tecido locular (Figura 1) que deriva da placenta contém as sementes e ao longo do amadurecimento forma um gel que preencherá as cavidades loculares do tomate ao logo da maturação (Almeida, 2006).

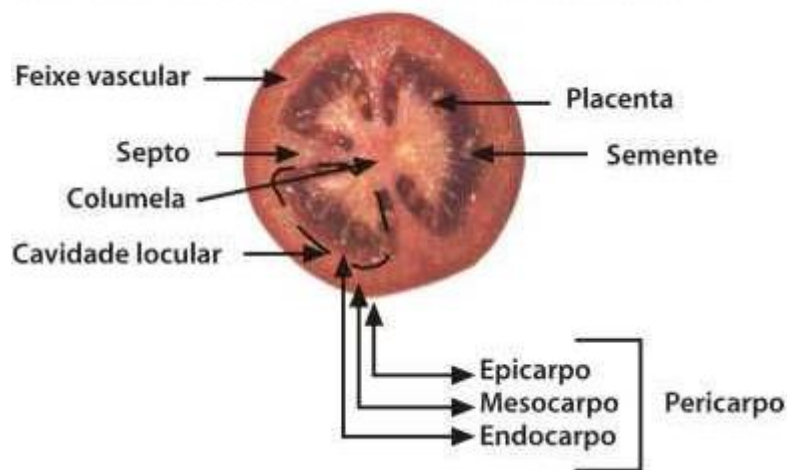


Figura 1. Secção transversal de um tomate (Fonte: kdfrutas, 2015)

2.2. Desenvolvimento e exigências ambientais

O tomate é um fruto de estação quente exigente em temperatura e sensível à geada. Em cultura ao ar livre, é necessário que a região onde se cultiva esteja livre de geada durante um período superior a 110 dias e com temperatura média acima dos 16 °C. Caso estes dois fatores não se verifiquem as taxas de crescimento são reduzidas, podendo até causar danos às plantas. As temperaturas devem situar-se abaixo dos 30 °C pois temperaturas superiores inibem a síntese de licopeno, prejudicando a qualidade dos frutos. Para que a semente germine, a temperatura do solo deverá situar-se entre 18 e 30 °C. Durante o seu desenvolvimento a temperatura ótima ronda os 18 a 20 °C. Na floração, o tomateiro, apesar de não ser muito exigente, requer uma temperatura de 17 a 25 °C, com a diferenciação floral a ser favorecida por termoperíodos diários de 10 °C. Nas cultivares

de crescimento indeterminado a primeira inflorescência ocorre após a formação de 6 a 11 folhas, e 5 a 7 folhas em cultivares de crescimento determinado (Almeida, 2006).

Para que a fase de desenvolvimento reprodutivo seja bem-sucedida, é necessária uma temperatura entre os 18 e 25 °C. Esta fase resulta de um conjunto de processos como polinização, germinação dos grãos de pólen, crescimento do tubo polínico, fertilização e vingamento. As flores abrem de manhã e a deiscência das anteras ocorre durante 24 h após abertura das flores. Se a temperatura se mantiver entre os 18 e 25 °C, o pólen é viável durante 2 a 5 dias. No caso de temperaturas abaixo de 10 °C e acima de 37 °C a polinização é deficiente e o tubo polínico não fecunda os óvulos, ocorrendo aborto floral. A fertilização ocorre e o fruto cresce lentamente numa fase inicial a qual dura 2 semanas, onde se dá a divisão celular. Nas 3 a 5 semanas seguintes, ocorre uma fase de crescimento mais rápida, onde o alongamento celular tem lugar. A partir daqui, durante mais 2 semanas ocorre uma fase de desaceleração do crescimento, até atingir o estado final, entrando na fase de amadurecimento (Almeida, 2006).

No tomate o etileno é o principal responsável pela regulação do seu amadurecimento. Consideram-se 6 estádios na maturação do tomate, que se inicia quando o fruto ainda se encontra verde, mas o lóculo já está gelificado (estádio número 1, com a designação de verde-maturo) e que termina no estádio número 6 cuja designação é de maduro (Almeida, 2006).

A nível de exigências edáficas, o tomateiro, apesar de preferir solos soltos, profundos, de textura franca, areno-argilosa, bem providos de matéria orgânica, adapta-se bem a vários tipos de solos desde que bem drenados. O nível crítico de salinidade do estrato saturado do solo varia de 0,9 a 2,5 dS.m⁻¹, sendo o tomateiro considerado como moderadamente sensível à salinidade (Allen *et al.*, 1998). O pH ideal está entre 6 e 6,5 embora possa tolerar valores entre 5,5 e 7 (Almeida, 2006).

2.3. Ciclo cultural

Em Portugal, o ciclo cultural do tomate de indústria, com duração que varia de 90 a 120 dias, ocorre de Março a Outubro. Normalmente inicia-se com as plantações na última semana de Março, decorrendo até meados de Junho, começando a colheita em meados de Julho e terminando em meados de Outubro.

De forma a identificar, prever ou estimar determinados períodos durante o ciclo do tomate é comum utilizar-se o termo “dias após transplantação”, embora o correto fosse utilizar os GDD (growing degree days), esta expressão é uma expressão dita pelos locais a sua base é na acumulação térmica e experiência acumulada do comportamento das variedades ao longo dos anos. Como exemplo, a plena floração da cultura do tomate de indústria ocorre, para as condições do Ribatejo, a cerca de 50 dias após a transplantação. Apesar de ser uma nomenclatura simples e com base

empírica, é prática e compreensível por qualquer pessoa. Este termo é utilizado ao longo deste documento e no dia-a-dia da empresa, no entanto, planeia-se que num futuro próximo, com a instalação de estações meteorológicas em diferentes pontos da exploração, se possa introduzir de forma efetiva a utilização de modelos empíricos na gestão da cultura, como a acumulação térmica (GDD, *Growing Degree Days*). Este modelo utiliza somatórios de valores de temperatura acumulada ao longo do ciclo para caracterizar o desenvolvimento de uma determinada cultura (Bonhomme, 2000), tendo em conta uma temperatura de base que estabelece o mínimo para que o crescimento ocorra, que para a cultura do tomate se assume ser de 8°C (Almeida, 2006). Existe adicionalmente a temperatura máxima para a acumulação térmica considerando-se o valor de 32°C (Saadi *et al.*, 2015).

2.4. Preparação do solo

É no solo que a planta encontra o seu suporte físico e nutritivo pelo que este precisa ter as características adequadas e de se encontrar nas melhores condições possíveis para acolher a cultura, de forma a maximizar a produção.

O estudo do solo é, assim, o principal passo a dar antes de qualquer tomada de decisão e intervenção. A análise de amostras de terra previamente colhidas permite ajuizar a eventual necessidade de aplicação de corretivos e realização de melhoramentos do solo.

A preparação do solo deverá ser executada na altura certa, por forma a facilitar a boa expansão das raízes, a circulação de ar e nutrientes e facilitar a colheita mecânica (Varenes, 2003). Na cultura do tomate de indústria, os trabalhos de preparação do solo antes da plantação são efetuados quando as condições de humidade do solo permitem a entrada das máquinas no campo. Podem ser divididos em lavoura primária e lavoura secundária, e têm o objetivo de proporcionar à cultura condições próximas das ideais para o seu desenvolvimento. A incorporação de restos da cultura antecedente, corretivos e adubos de fundo melhora a fertilidade. Estas lavouras têm ainda como objetivo a destruição de infestantes e torrões de maiores dimensões, preparando uma boa cama para a plantação.

A lavoura primária é descrita como o reviramento da leiva colocando à superfície as camadas inferiores, para que estas possam receber a ação de agentes naturais, e colocando em profundidade as que estavam à superfície. As lavouras podem ser classificadas com base nas características da leiva, da armação do terreno e do modo de as realizar.

As lavouras que interessam na cultura do tomate, normalmente, são consideradas como levantadas ou deitadas no que diz respeito à inclinação da leiva.

As lavouras deitadas devem ser utilizadas quando se pretende incorporar resíduos à superfície ou se pretende trabalhar mais em profundidade, aumentando o volume de terra posto à disposição das

plantas e melhorando o armazenamento de água. Quanto à profundidade de trabalho, deverá ser de 30 a 35 cm, utilizando uma charrua de aivecas de forma a que haja uma inversão parcial do solo, funcionando numa sequência de operações, tais como corte, tração, compressão, início do reviramento, flexão, torção e reviramento, acentuando-se no último procedimento a fragmentação da leiva e mistura dos materiais. Apesar da sua complexidade, a charrua de aivecas não realiza a segregação dos materiais. Deverá trabalhar a uma velocidade de 3,5 a 7 km/h para que ocorra uma boa inversão do perfil (Carvalho e Saruga, 2007).

Nas lavouras levantadas pretende-se que ocorra a fragmentação da leiva sem que ocorra incorporação de resíduos. Utilizam-se subsoladores ou escarificadores pesados que mobilizam o solo de forma a melhorar o arejamento e aumentar a capacidade de infiltração e armazenamento de água sem trazer à superfície as camadas mais profundas, aumentando a espessura efetiva do solo. Deverão penetrar o solo até 40 a 60 cm de profundidade, dependente do nível de humidade do solo e da potência do trator, a uma velocidade que varia entre 4 a 5 km/h, de maneira a produzir boas fragmentações do perfil do solo (Carvalho e Saruga, 2007).

Após a conclusão desta lavoura, o solo deve estar sem resíduos à superfície e totalmente fragmentado em profundidade. Caso se apresente desnivelado e com torrões à superfície, deve-se proceder à lavoura secundária.

O objetivo da lavoura secundária, no caso da cultura do tomate, é reduzir o tamanho dos torrões, nivelar o solo e preparar uma cama mais esmiuçada para a plantação. Podem ser utilizados diversos equipamentos que trabalham à tração ou à tomada-de-força, desde máquinas de discos, de dentes ou cultivadores rotativos. A sua escolha, para além de fatores económicos, depende do trabalho a realizar, da textura e estado do solo, da disponibilidade e potência dos equipamentos (Carvalho e Saruga, 2007).

No caso dos vibrocultivadores, a velocidade elevada (8 a 12 km/h) e a própria constituição proporcionam uma grande vibração em todas as direções, provocando a fragmentação da camada superficial do solo. Além disso, possuem na parte posterior uma grade de gaiolas rolantes que ajudam a um melhor destorroamento do solo, deixando-o mais regular e uniforme (Carvalho e Saruga, 2007).

As grades de discos podem variar no tipo de discos montados (de rebordo liso ou recortado), consoante o trabalho necessário e o tipo de grade apresentada. Em grades mais pesadas é aconselhado o uso de discos recortados uma vez que rompem melhor o solo, facilitando o corte e o enterramento dos restolhos e palhas. Deve ser utilizada uma velocidade de trabalho de 5 a 8 km/h, variando consoante o tipo de grade e potência do trator (Carvalho e Saruga, 2007). Há casos em que se pode utilizar grades de discos como lavoura única, como no caso de solos arenosos e também no corte e incorporação de restolhos e palhas.

No caso dos equipamentos que trabalham à tomada-de-força, obtêm-se mobilizações mais intensas através da associação do movimento de translação ao de rotação, produzindo uma ação mais enérgica sobre o solo. As alfaia rotativas, como, por exemplo, as fresas, têm associado um rotor, constituído por um veio horizontal com flanges, munidas de facas dispostas em hélice. O solo é cortado em fatias individuais, com espessura dependente da velocidade de avanço do trator ou da velocidade angular de rotação do rotor. Apesar de se obter um trabalho semelhante à grade de discos, traz consigo a grande vantagem de produzir intensidades elevadas na fragmentação do solo sem exigir grande força de tração. Além disso, a pressão que as rodas traseiras realizam no solo é mínima. Outra alfaia rotativa que poderá ser utilizada pelas vantagens que apresenta é a enxada mecânica. Esta alfaia pode ser utilizada em solos cujo risco de erosão é acentuado e quando se quer evitar os calos de lavoura. É indicada também em mobilizações de solos argilosos húmidos e sensíveis à compactação (Carvalho e Saruga, 2007)

Após a preparação do terreno (que pode, como foi dito, incluir nivelamento, desinfestações, controlo de infestantes, distribuição e incorporação de estrumes, corretivos e adubos de fundo) segue-se a armação do terreno com a forma que mais se adequa à plantação e condução da cultura.

No caso do tomate, o terreno deverá ser armado em faixas de 0,60 a 0,80 m, designadas por camalhões, uma vez que se pretende maiores volumes de terra junto às plantas e que as faixas sejam separadas por regos profundos que garantam a drenagem do solo. Este tipo de armação permite maior desenvolvimento das raízes devido ao gradiente de humidade que se instala no interior do camalhão, caso não seja alterada a porosidade do solo. Como a superfície do solo tem tendência a ficar mais seca, as doenças fúngicas, que necessitam de humidade para se desenvolverem, são também mais reduzidas (Almeida, 2006).

Esta última operação de mobilização do solo é realizada através de um armador com uma fresa ligada à tomada de força, esmiuçando assim a porção de solo que estará mais em contacto com as raízes da planta.

A utilização de plástico como forma de reduzir a evaporação do solo, reduzir a pressão das infestantes e aumentar a temperatura do solo é prática comum noutras hortícolas mas não em tomate de indústria pois atrapalha em demasia a mecanização da cultura.

2.5. Seleção e caracterização das variedades

Em termos gerais, escolhe-se a variedade cujo rendimento médio em produto de qualidade é o melhor, dependendo das condições no local de cultivo e do seu objetivo. É preciso perceber as suas características, se estão adequadas ao tipo de solo e clima, meio biológico e técnicas culturais e se conferem a qualidade que se pretende ao produto final. Entre os critérios a usar na seleção das

variedades, estão o tipo de fruto, forma, vitalidade, resistência a pragas e doenças, desempenho sob as condições locais e características produtivas (Éliard, 1979).

A adaptabilidade da variedade ao solo e clima está dependente das características edafo-climáticas do local, devendo-se escolher variedades de ciclo mais ou menos precoce consoante as necessidades em calor para o desenvolvimento do seu ciclo vegetativo. Outra característica importante é a sua rusticidade. Variedades rústicas não são tão exigentes, apresentando maior resistência a condições edafo-climáticas adversas. Embora a rusticidade seja uma qualidade apreciada, normalmente não é sinónimo de produtividades elevadas (Éliard, 1979).

Na adaptabilidade ao meio biológico, pretende-se variedades que apresentem boas respostas face às suas pragas e doenças, selecionando as que mais demonstram resistências aos inimigos difíceis de combater (Éliard, 1979).

Em relação à adaptabilidade às técnicas culturais, deve-se escolher variedades que apresentem os melhores indicadores a nível de resistência à mecanização, comportamento e qualidade pré e pós colheita, facilidade e qualidade de transformação, entre outros fatores (Éliard, 1979).

No caso do tomate de indústria a escolha é feita pelos agricultores, mas tendo em conta as recomendações da fábrica. A escolha é estratégica e depende de vários fatores. Escolhem-se variedades tendo em conta tanto parâmetros agrícolas, como produtividade, firmeza do fruto, tolerância a pragas e doenças e adaptação às técnicas culturais (sobretudo devido ao elevado grau de mecanização a que a cultura está sujeita), como parâmetros industriais, tais como o conteúdo em sólidos solúveis (grau Brix), cor, viscosidade e teor em licopeno.

Quando o agricultor possui uma área já considerável de tomate, a escolha da variedade torna-se ainda mais importante pois é essencial planear a plantação (e conseqüentemente a colheita) de acordo com as características do ciclo de cada variedade.

É importante saber que cada cultivar tem obrigatoriamente que estar presente no catálogo nacional de variedades, com a descrição das suas características.

São efetuados vários ensaios em parceria com as empresas comerciais, para determinar quais as variedades que se adequam mais consoante o objetivo do produtor. Testam-se durante a campanha, variedades com diversas características (precocidade, viscosidade, firmeza, holding, grauBrix e cor) fazendo uma avaliação agronómica que servirá como ponto de partida para a escolha das variedades que mais se adequam a cada campo de cultivo.

2.6. Propagação e germinação

Cabe aos viveiros a realização da germinação das sementes do tomate. Deverá ser feita sempre em viveiros certificados que garantam que a germinação é feita em meios desinfetados e isentos de

pragas e doenças, garantindo a rastreabilidade das plântulas e fornecendo todas as informações pertinentes aos clientes e organização de produtores, tais como variedade, lote de semente, qualidade, pureza, vendedor, adubação, pesticidas aplicados, regas e respectivas datas. As sementes são colocadas em câmaras de germinação a 27°C durante 48 h para que o processo de crescimento seja mais rápido e homogêneo. Após esse processo, as plântulas ficam durante aproximadamente 5 semanas a crescer em estufas.

Pretende-se que este processo se realize de forma a facilitar o manejo, controlo nutricional e sanitário das plântulas. Devem ser uniformes, evitando tamanhos muito pequenos, de forma a facilitar a sua transplantação no local definitivo. As estufas deverão estar ventiladas, climatizadas com controlo da humidade e da temperatura devido à elevada sensibilidade das plantas jovens. A rega deverá ser efetuada por nebulização.

2.7. Transplantação

A cultura do tomate instala-se no campo através da transplantação de plantas com a raiz protegida.

A transplantação tem três grandes vantagens (Sugal, 2014):

- A possibilidade de colocar no campo uma planta maior, que faça ensombramento e que assim torne mais difícil o desenvolvimento de plantas competidoras, terá vantagem também na extração de nutrientes pois tem um sistema radicular mais desenvolvido.
- Rapidez de produção, pois se o tomate fosse semeado no campo demoraria muito mais tempo até as plantas completarem o seu ciclo pois no viveiro têm as condições ideais de humidade e temperatura para a germinação da semente que no campo, a céu aberto, podem não ter.
- Plantas com um desenvolvimento mais saudável, pois no viveiro são efetuados tratamentos de controlo de pragas e doenças. Antes de serem transplantadas as plantas são colocadas numa zona de atempamento onde são apenas protegidas das pragas para que a diferença de clima, ao serem plantadas no campo, não seja tão brusca e assim a sua resposta face à crise de transplantação seja mais rápida.

A transplantação realiza-se quando a planta se encontra com cerca de 12 a 15 cm de altura, 4 folhas expandidas quando a temperatura ambiente estiver próxima da temperatura ótima de desenvolvimento. O transplante é efetuado com um volume de substrato reduzido. Pelo menos 6 horas antes deverá ser efetuada uma rega quer nas plantas quer no solo (quando possível),

minimizando os efeitos de stress da transplantação e promovendo bons contactos entre a planta e a terra envolvente.

Para o processo de transplantação são utilizadas máquinas transplantadoras automáticas ou manuais, sendo a última ainda a mais utilizada, compostas por armação ou chassis, derregador, dispositivo de distribuição, caixa, assento, rodas compressoras e amontoador. É necessário colocar um trabalhador por linha para auxiliar o processo, com a máquina a avançar a uma velocidade de deslocação entre 0,5 a 2 km/h, dependendo da densidade que se pretende e da velocidade de trabalho do operador. Dependendo de diversos fatores como velocidade de trabalho, rendimento do operador entre outros, o rendimento médio destas máquinas poderá atingir as 10 000 a 12 000 plantas/hora. As plantadoras automáticas chegam a plantar 21 000 plantas por hora e apenas necessitam de um operador. Ambas as máquinas plantam em três linhas.

As densidades que se adotam nesta cultura variam consoante as características e estado do solo e com a experiência e preferência de cada agricultor. Em solos férteis e abundantes em água, podem ser plantadas 70 000 plantas/ha, e apenas 30 000 plantas/ha em solos pobres e secos. Na realidade do Ribatejo a densidade mais utilizada é a de 36 000 plantas por hectare, embora a tendência seja para reduzir a densidade de plantação. A escolha do tamanho da entrelinha varia consoante o grau de mecanização requerido. No caso de Portugal, utiliza-se 150 cm na entrelinha, com uma distância entre plantas na linha que varia entre 10 a 20 cm (Almeida, 2006).

3. Rega

3.1. Necessidades hídricas

Quando a precipitação não é suficiente para satisfazer as necessidades hídricas da cultura é necessário fornecer o adicional de água de forma artificial através da rega, para que as culturas consigam obter o seu máximo de produção. Este fornecimento deve ser feito de acordo com as características da cultura, com o clima e com as características do solo.

É necessário estudar as necessidades da cultura quer ao longo do seu ciclo quer as necessidades máximas. As necessidades máximas da cultura são necessárias para o correto dimensionamento do sistema de rega. As estimativas dos consumos anuais de água são determinantes para se gerir a quantidade de água que temos disponível para a rega.

A gestão da rega, após dimensionamento do sistema e instalação da cultura, tem como objetivo a determinação mais exata do momento, da duração da rega e quantidade de água que é necessário aplicar em função das necessidades da planta, clima, solo. Esta determinação faz-se com base no balanço hídrico do solo e no cálculo da ETc.

3.2. Evapotranspiração de referência

Segundo Allen *et al.* (1998) a evapotranspiração de referência - ET_0 - define-se como a taxa de evapotranspiração de uma cultura de referência hipotética, onde se assume uma altura de 0,12 m, resistência de superfície constante de 70 s/m e albedo de 0,23. Estas características são semelhantes à evapotranspiração de um extenso coberto de relva verde, de altura uniforme, em crescimento ativo, cobrindo o solo totalmente e bem abastecido de água.

Por se tratar da mesma superfície para todos os casos e estando perfeitamente definida considera-se que a ET_0 representa o efeito das condições ambientais na evapotranspiração. Os fatores importantes na determinação da evapotranspiração que dependem da cultura estão presentes no coeficiente cultural (K_c).

Ao longo dos anos foram desenvolvidos vários métodos para estimar a ET_0 . A criação de vários métodos justifica-se devido à necessidade de os adequar às condições climáticas da região, tornar as estimativas mais simples e/ou devido às limitações na disponibilidade dos elementos climáticos que são necessários para os cálculos (Pereira, 2004; Pereira e Alves, 2016).

Em 1990 surgiu a equação Penman-Monteith-FAO, uma derivação da equação Penman-Monteith de 1948, como o principal método de estimação da ET_0 de forma precisa, recomendado na maioria das regiões do mundo. Na impossibilidade de obtenção de dados climáticos locais ou dependendo da precisão e/ou escala temporal requerida, justifica-se a utilização de outros métodos, que de forma direta ou indireta, estimam a ET_0 (Pereira, 2004; Pereira e Alves, 2016).

A equação FAO-PM para o cálculo da ET_0 é a seguinte (Allen *et al.*, 1998):

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1+0,34u_2)} \quad [\text{Eq. 1}]$$

Onde:

ET_0 – Evapotranspiração de referência – mm/d

R_n – Radiação líquida à superfície da cultura – MJ/(m².d)

G – Densidade do fluxo de calor do solo - MJ/(m².d)

T – Média da temperatura do ar a 2 m de altura – °C

u_2 – Velocidade do vento a 2 m de altura – m/s

$(e_s - e_a)$ – Défice da pressão de vapor medido a 2m de altura – kPa

Δ - Declive da curva de pressão de vapor – kPa/°C

γ - Constante psicométrica – kPa/°C

900 – Coeficiente para a cultura de referência – kJ/(kg K) – resultante da conversão de segundos para dias e de coeficientes devidos à substituição das variáveis p , c_p e r_a

0,34 – Coeficiente de vento para a cultura de referência – kJ/(kg K)

0,408 – Valor para $1/\lambda$ com $\lambda=2,45$ MJ/kg

Onde:

$$\Delta = \frac{2504 * \exp\left[\frac{17,27 * T}{T + 237,3}\right]}{(T + 237,3)^2} \quad [\text{Eq. 2}]$$

$$\gamma = 0,00163 * \frac{P}{\lambda} \quad [\text{Eq. 3}]$$

P - Pressão atmosférica - kPa

λ - Calor latente de vaporização - MJ/kg

Z - altitude – m

A pressão de vapor à saturação é obtida a partir da temperatura do ar como

$$e_s = 0,611 * \exp\left(\frac{17,27 * T}{T + 237,3}\right)$$

A pressão de vapor atual é obtida da humidade relativa do ar

$$e_a = e_s * \text{HR}$$

HR - Humidade Relativa - %

A radiação líquida (R_n , MJ m⁻² d⁻¹) disponível nas superfícies evaporativas é calculada pelo balanço de radiação

$$R_n = R_{ns} + R_{nl}$$

R_{ns} - Radiação líquida de curto comprimento de onda - MJ/(m².d), obtida a partir da radiação extraterrestre (R_a , MJ/(m².d) e da irradiação (I , MJ/(m².d) como $((0,25 + 0,5 \times I) \times R_a) \times (1 - 0,23)$

R_{nl} - Radiação líquida de longo comprimento de onda - MJ/(m².d) é obtida a partir da temperatura do ar e da pressão de vapor atual $4,903 \times 10^{-9} \times (T + 273,15)^4 \times (0,34 - 0,14\sqrt{e_a}) \times (1,35 \times 0,9 - 0,35)$

Esta equação aplica-se consoante a disponibilidade dos dados climáticos, podendo-se calcular a ET_o diária, semanal, decendial e mensal. Os dados climáticos fundamentais na resolução da equação são a radiação solar, temperatura do ar, humidade relativa e velocidade do vento. É necessário manter a integridade dos cálculos, medindo os dados a uma altura normalizada de 2 m acima da superfície da relva. Esta tem de cobrir completamente o solo e não pode sofrer de stress hídrico (Pereira, 2004; Oliveira, 2006).

3.3. Evapotranspiração Cultural (ET_c)

Em termos de estimativa da evapotranspiração específica para cada cultura – ET_c – é usual recorrer ao coeficiente cultural (K_c), que considera a especificidade da cultura e as suas diferenças em relação à cultura de referência, em conjugação com a evapotranspiração de referência (ET_o), que traduz a influência das condições ambientais, através de:

$$ET_c = ET_o \times K_c \quad [\text{Eq. 4}]$$

A ET_c corresponde então, à evapotranspiração duma determinada cultura, num determinado momento do seu desenvolvimento. A quantidade e frequência de humedecimento do solo, as condições ambientais e o estágio do ciclo da cultura são as variáveis que influenciam o seu valor (Pereira, 2004).

As diferenças entre a cultura considerada e a cultura de referência podem ser integradas num único coeficiente cultural (K_c) ou separadas em dois coeficientes: o coeficiente cultural de base (K_{cb}) e o coeficiente de evaporação do solo (K_e), obtendo-se o K_c através da fórmula:

$$K_c = K_{cb} + K_e \quad [\text{Eq. 5}]$$

A utilização de um ou outro método depende da precisão requerida e da disponibilidade dos dados.

3.4. Coeficiente cultural simples

O coeficiente cultural simples (K_c) combina os efeitos da transpiração da cultura e da evaporação da água do solo. Como a cultura tem diferentes fases de desenvolvimento é necessário não esquecer que existe um K_c para cada fase. Existem três valores essenciais para criar a curva do K_c que correspondem às etapas de desenvolvimento inicial (K_{cini}), meio do ciclo (K_{cmed}) e final ($K_{c final}$). Os coeficientes culturais estão representados numa curva de distribuição (Figura 2) que caracteriza o desenvolvimento de uma cultura ao longo do seu ciclo cultural, dividindo-se em 4 estádios, desde a sementeira/plantação até à colheita e onde as formas da curva acompanham o desenvolvimento e senescência da cultura (Pereira, 2004).

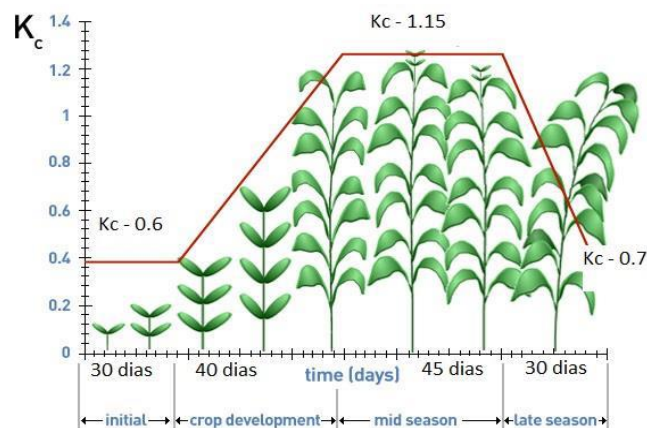


Figura 2. Variação do K_c simples ao longo do tempo (adaptado de Allen *et al.*, 1998)

Os valores de K_c estimados para cada cultura poderão apresentar erros, uma vez que dependem muito das variedades, data de sementeira/plantação, práticas culturais, solo e ambiente.

Os cálculos efetuados deverão ser sempre acompanhados da observação das culturas no campo, ajustando-se sempre que necessário.

3.5. Coeficiente cultural dual

O coeficiente cultural dual é composto por duas partes: o coeficiente cultural de base (K_{cb}) e o coeficiente de evaporação do solo (K_e).

O coeficiente cultural de base é a relação entre a evapotranspiração cultural e a evapotranspiração de referência (ET_c/ET_o) no momento em que o solo está seco, mas a transpiração continua no potencial máximo. Podemos concluir que $K_{cb} \times ET_o$ representa essencialmente a parte da transpiração da evapotranspiração cultural.

Tal como no coeficiente cultural simples também se deve ter em atenção as diferentes fases do ciclo e calcular o K_{cb} inicial, médio e final para a elaboração de uma curva característica da cultura.

O coeficiente de evaporação, como o nome indica, representa na evapotranspiração cultural a parte correspondente à evaporação do solo. Quando o solo está totalmente húmido, devido a chuva ou a rega, o valor de K_e é máximo pois é quando o solo tem mais potencial de evaporação, e quando o solo está seco o K_e apresenta os seus valores mínimos (Allen *et al.*, 1998).

A evaporação da água de um solo com uma cultura instalada depende maioritariamente da fração de radiação solar que chega ao mesmo, que vai diminuindo com o crescimento da cultura e o desenvolvimento da parte aérea. Como mostra a figura 3, no início do ciclo a fração que mais contribui para a evapotranspiração é a evaporação a partir do solo, mas quando a cultura se desenvolve passa a ser a transpiração a ter o papel mais importante nas perdas de água por evapotranspiração (Pereira, 2004).

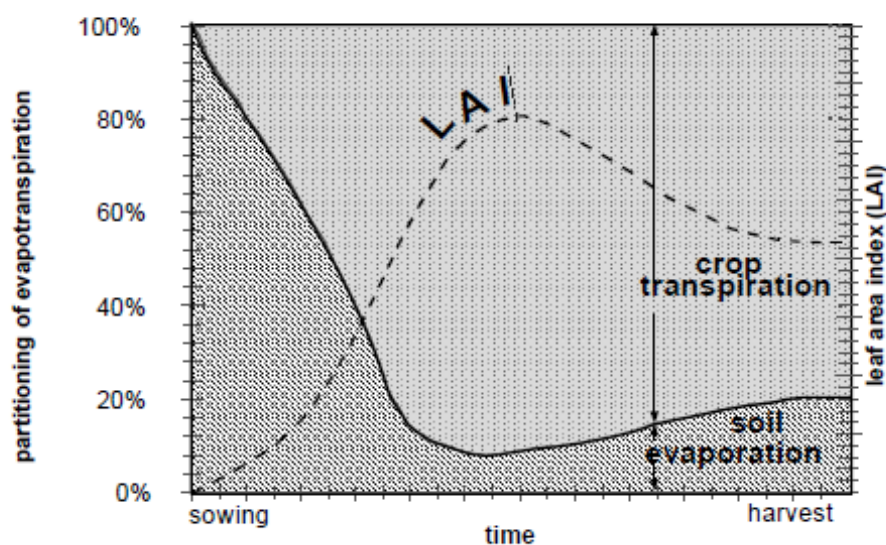


Figura 3. Relação entre índice de área foliar, evaporação e transpiração. (Allen *et al.*, 1998)

3.6. Dinâmica da água no solo

À penetração da água no solo dá-se o nome de infiltração. A água que chega ao solo sob forma de precipitação não é necessariamente a mesma que se infiltra, ou seja, a proporção de água recebida e de água infiltrada depende de diversos fatores tais como intensidade de precipitação, declive do terreno, cobertura vegetal, relevo e compactação do solo. Ou seja, em casos onde a precipitação é muito intensa, sendo maior do que a capacidade de infiltração da água no solo, poderá existir algum alagamento temporário, se a zona for plana. Se a zona tiver maior declive, essa água perder-se-á por escoamento superficial, sobretudo se o solo estiver compactado, liso e sem cobertura vegetal. Este fenómeno poderá causar erosão hídrica, devido ao arrastamento das partículas de solo, sobretudo as de menores dimensões (Varenes, 2003).

A água, ao infiltrar-se, armazena-se no espaço poroso do solo, constituído por interstícios ou poros limitados pelas partículas ou agregados das partículas. Estes espaços são deixados pelas raízes decompostas ou pela fauna do solo, formando uma rede de canais de diferentes dimensões e formas. É nesses espaços que o ar e a água circulam. A porosidade do solo depende da forma como as partículas se arranjam, normalmente em agregados (Varenes, 2003).

No solo, a água move-se de acordo com forças matriciais (forças de adesão, coesão e tensão) ou gravitacionais (com sentido vertical descendente), deslocando-se de pontos de energia mais elevada para outros pontos de menor energia, das zonas mais húmidas para as mais secas (Varenes, 2003).

A capilaridade, derivada da tensão superficial e da adesão às partículas, permite que a água se mantenha retida nos poros mais finos que funcionam como tubos capilares. A retenção da água,

neste local, apresenta força suficiente para contrariar a gravidade, mas não para impedir a sua extração pelas raízes das plantas, tornando, portanto, os poros finos num bom reservatório de água para as plantas (Varenes, 2003).

As forças de adesão entre a água e as partículas do solo determinam a resistência que é oferecida às raízes de poder extrair e utilizar essa água. Existe uma porção da água no solo facilmente extraível, disponível para as plantas, e outra que, devido à força envolvida, não poderá ser extraída pelas plantas (Varenes, 2003).

3.7. Balanço Hídrico do Solo

O balanço hídrico é a equação de entradas e saídas de água no sistema solo-planta (Figura 4). Este permite adequar a rega às necessidades reais de água e assim obter uma rega mais racional, sem excesso ou escassez.

A equação base do balanço hídrico, para um certo período de tempo e para uma certa espessura de solo, é a seguinte:

$$(\Delta S + \Delta V) = (P + I + GW) - (Q_r + DP + E + T) \quad [\text{Eq. 6}]$$

onde:

ΔS – Variação de armazenamento de água no solo

ΔV – Incremento de água incorporada nas plantas

P – Precipitação

I – Rega

GW – Fluxo acumulado de ascensão capilar no período Δt

Q_r – Escoamento superficial no mesmo período

DP – Fluxo acumulado de drenagem profunda ou percolação

E – Evaporação a partir do solo

T – Transpiração

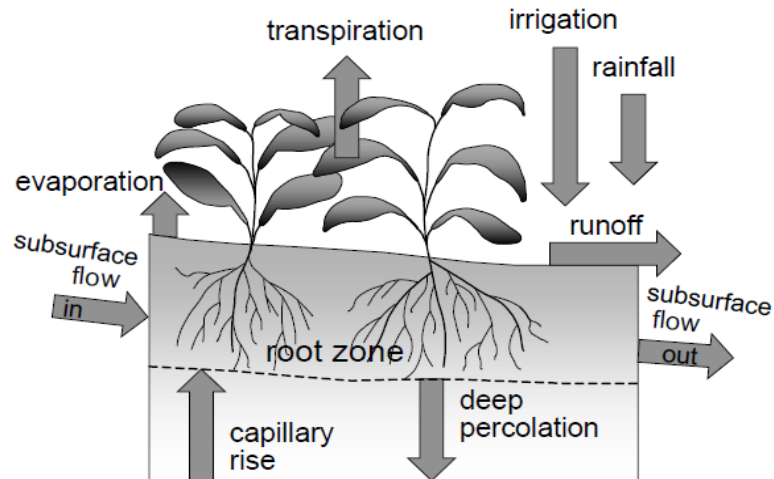


Figura 4. Esquema representativo das componentes do balanço hídrico. (Allenet *al.*, 1998)

O valor do incremento de água incorporada nas plantas pode-se considerar insignificante pois representa menos de 1% na evapotranspiração (Pereira, 2004).

Sendo o caso da rega gota a gota um regime de dotações baixas, podem considerar-se os escoamentos superficiais e internos do solo insignificantes, pelo que a equação do balanço hídrico pode ser simplificada para a forma $\Delta S = P + I - (E + T)$.

Como visto anteriormente (capítulo 1.12) a evaporação e a transpiração podem ser estimadas. A precipitação (P) é fácil de medir com auxílio de um udómetro. A dotação de rega (I) pode então ser facilmente determinada, quando o objetivo é ter uma variação de armazenamento igual a zero.

$$I = (E + T) - P \quad [\text{Eq. 7}]$$

3.8. Influência das características físicas na dinâmica da água do solo

As principais características físicas do solo que influenciam a dinâmica da água do solo são: a textura, a estrutura, o teor de matéria orgânica, a densidade aparente e a porosidade total.

A textura do solo consiste na composição das partículas de dimensões inferiores a 2 mm e a sua distribuição percentual dividindo-se em Argila, Limo, Areia fina e Areia grossa, como indicado no Quadro 1.

Quadro 1 - Dimensões e designação das partículas de solo. Adaptado de Ramos *al.*(2016)

Dimensão (mm)	Designação
0.0002 a 0.002	Argila
0.002 a 0.02	Limo
0.02 a 0.2	Areia Fina
0.2 a 2	Areia Grossa

Quanto maiores forem as partículas, menor a capacidade de retenção de água e maior condutividade hidráulica. Nos solos com partículas de maiores dimensões (ligeiros) a água é armazenada sobretudo na forma gravitacional, ou seja, não retida pelas partículas do solo, enquanto que nos solos de partículas mais finas (pesados) é possível uma maior quantidade de água armazenável, ou seja, retida (Varenes, 2003).

A estrutura do solo é a forma como as partículas se ligam e criam espaços onde circulam o ar e a água, crescem as raízes e se desenvolve a atividade dos microrganismos. A estrutura que favorece mais a agricultura é quando as partículas formam pequenos agregados e criam bastantes espaços porais. Uma boa estrutura resiste melhor à ação da água e da mobilização do solo (Pereira, 2004).

A matéria orgânica (MO) é essencialmente um ligante entre as partículas. Graças à sua presença o solo tem tendência para formar agregados estáveis, melhor retenção de água e uma melhor capacidade de infiltração. A escassez de matéria orgânica leva a que a estrutura do solo seja pobre e fraca. Leva ao fendilhamento do solo, à criação de crosta e conseqüente baixa infiltração (Pereira, 2004).

A densidade aparente é a relação entre a massa de solo seco e o volume ocupado. Está relacionada com a composição dos materiais e a forma como estão compactados. Quando o solo está muito compactado, ou seja, com densidade aparente elevada, as raízes são afetadas e podem até parar o crescimento. Densidades aparentes muito elevadas criam também dificuldades ao movimento da água no solo, especialmente em termos de infiltração e de drenagem (Varenes, 2003).

A porosidade total é a razão entre o volume de poros e o volume total. A sua influência sobre o solo é a inversa à da densidade aparente. A textura e a estrutura influenciam fortemente esta característica (Pereira, 2004).

Em culturas de regadio importa sobretudo tornar todo o processo da rega o mais económico possível, o que implica conhecer bem o solo em que a cultura está instalada para não regar em excesso, provocando alagamentos, escoamento superficial e asfixia radicular. O processo de eficiência de rega é também essencial para diminuir os impactos ambientais da escassez de água.

Em termos práticos o primeiro passo a dar será sempre melhorar o mais possível a estrutura do solo, diminuindo a sua compactação, melhorando os teores de MO, entre outras práticas.

A textura do solo tem um papel preponderante na gestão da rega. Os solos argilosos, que têm uma capacidade de retenção da água maior, poderão ser regados com uma frequência menor, mas com maiores dotações. Os solos arenosos, que têm uma capacidade de retenção de água menor, deverão ser regados com maior frequência, mas com menores dotações. Assim é possível poupar recursos, fazendo uma gestão mais eficiente da rega (Varenes, 2003).

3.9. Parâmetros hídricos do solo

Como forma de maximizar a eficiência da condução e gestão da rega, importa definir alguns parâmetros hídricos do solo, como a capacidade de campo e o coeficiente de emurchecimento permanente.

A capacidade de campo é a quantidade de água existente no solo após ter havido uma drenagem de toda a água livre. Corresponde, portanto, à água retida pelo solo após dois dias de drenagem livre depois de ter sido completamente humedecido. Depende essencialmente da textura, embora as outras características do solo também tenham alguma influência, principalmente a estrutura e a matéria orgânica.

O coeficiente de emurchecimento permanente é a quantidade de água existente no solo quando as plantas cultivadas, em ausência de salinidade, deixam de ser capazes de extrair água do solo, ou seja, representa o limite inferior da água extraível do solo. Tal como a capacidade de campo, varia essencialmente com a textura (Pereira, 2004).

Embora o solo tenha água disponível para as plantas, que corresponde à *água utilizável* (TAW), definida como o volume de água retido entre a capacidade de campo e o ponto de emurchecimento permanente, considera-se que só uma parte dessa água é que pode ser utilizada facilmente pelas plantas. Abaixo desse valor, a planta entra em esforço, causando deficiência hídrica e afetando a produção. Para que isso não aconteça, é necessário pois perceber qual a percentagem do volume de água utilizável que pode ser facilmente extraída pelas plantas (p), obtendo-se a *reserva facilmente utilizável* (RAW= p .TAW) como mostra a figura 5.

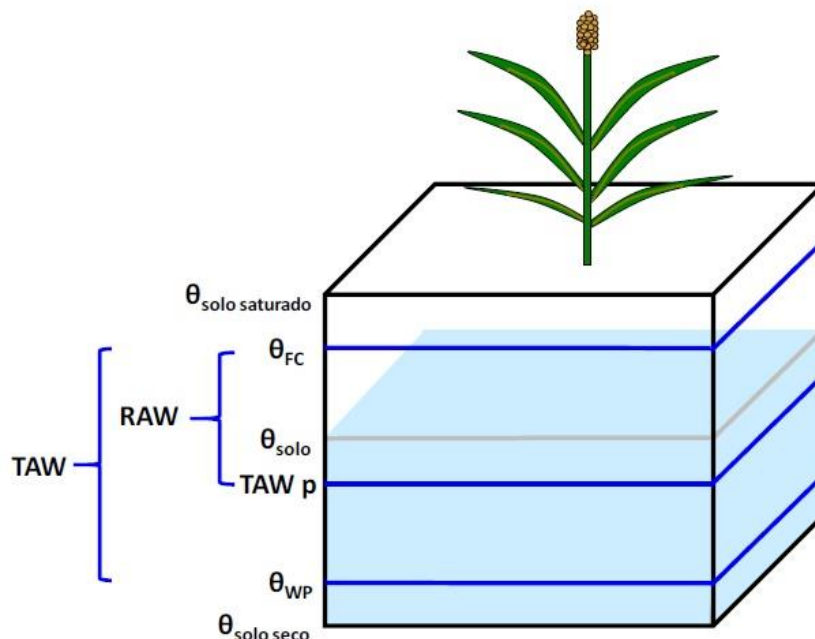


Figura 5. Água Utilizável (TAW), Água Facilmente Utilizável (RAW). Fonte: Ramos *et al.* (2016).

Tendo os parâmetros hídricos definidos e monitorizando de forma contínua a umidade do solo, é então possível diminuir perdas de água e custos de rega, aumentando a produtividade e rentabilidade da cultura.

3.10. Métodos de medição da água no solo

De maneira a que a condução da rega seja efetuada de forma correta, evitando os prejuízos econômicos que resultam de regas deficientes ou excessivas, torna-se fundamental monitorizar a água presente no solo recorrendo a técnicas, instrumentos e conhecimentos técnicos adequados (Oliveira, 2006).

A quantidade de água armazenada no solo pode ser medida através de meios diretos ou indiretos. Como método direto tem-se o seguinte:

Método gravimétrico: consiste em secar uma amostra de solo em estufa ventilada à temperatura de 105 °C, durante mais que 24 h, até que um peso constante seja atingido. É um método pouco prático pelas operações e tempo que acarreta: recolha de amostra, transporte e secagem e tratamento dos resultados, demorando cerca de dois a três dias. Apesar das desvantagens, é o único método preciso na determinação do teor de água do solo (Oliveira, 2006).

Como métodos indiretos, focam-se os seguintes:

Tensiometria: tal como o nome indica, este método consiste em determinar a tensão/potencial da água contida no solo. Utiliza-se um tensiómetro que é composto por um sistema rígido que contém água. Numa das extremidades possui uma cápsula de porcelana porosa e na outra extremidade um manómetro (aparelho que mede variações de pressão). As vantagens deste instrumento prendem-se com a obtenção de respostas rápidas e de fácil leitura. É um instrumento preciso desde que se trabalhe com bastantes amostras. Para valores acima de -80/-90 cbar, o tensiómetro pode desferrar e as suas leituras não se apresentam corretas, outra das desvantagens é que em condições de salinidade a precisão da medição é limitada (Oliveira, 2006).

Blocos de resistência elétrica: utilizado para medir o potencial matricial da água em materiais porosos, através da medição da resistência elétrica, que será inversamente proporcional ao teor de água presente no solo. Sensores granulares são um dos equipamentos que podem ser utilizados. Permitem leituras contínuas e são de simples operação (Oliveira, 2006).

Constante dielétrica do solo – Sondas de capacitância: aqui mede-se a capacidade de um material não condutor (dielétrico - solo) sofrer polarização quando contém moléculas polares, como por exemplo a água.

Os materiais dielétricos variam de acordo com a sua capacidade de polarização por um campo elétrico. A essa capacidade chama-se permissividade do meio.

A constante dielétrica expressa a relação entre a permissividade do meio e a do vácuo.

Existem vários métodos e sondas de medição da constante dielétrica do solo, mas os principais são os métodos FDR (Frequency-Domain Reflectometry) e TDR (Time-Domain Reflectometry).

O método TDR determina a velocidade de propagação das ondas, medindo a amplitude da reflexão e o tempo entre o envio e a detecção da sua reflexão. O processo ocorre através de impulsos. É bastante preciso, não necessita de calibração específica consoante o tipo de solo e é possível medir também a condutividade elétrica do mesmo. Apesar das vantagens, o TDR mede somente um raio de aproximadamente 3 cm em torno da sonda. É um equipamento caro e apresenta algumas limitações perante salinidade elevada e/ou argila pesada.

O método FDR consiste na medição da capacitância do solo. Esta relaciona-se com a constante dielétrica e com o teor de humidade do solo, devido à geometria do campo elétrico que envolve os eletrodos inseridos no solo. É um sistema preciso, mas que necessita de calibrações específicas em cada tipo de solo. Não tem qualquer limitação com salinidades elevadas, obtendo melhores resoluções, mas apresenta alguma sensibilidade à temperatura, densidade aparente do solo e bolsas de ar (quando comparado com o TDR) (Oliveira, 2006). Quando os materiais sofrem polarização redistribuem e alinham as cargas aumentando a sua capacitância, que é expressa pela quantidade de energia elétrica acumulada para uma dada tensão e voltagem (Paltineanu e Starr, 1997).

As sondas que utilizam a capacitância como método de medição de água no solo são constituídas por pares de anéis metálicos que servem de capacitores e o solo envolvente é o meio dielétrico associado a esse capacitor. Quanto mais moléculas de água existentes na envoltória da sonda maior a capacitância do meio, pois estas respondem ativamente ao campo emitido pelo capacitor (anéis) (Dean *et al.*, 1987).

Em solo seco, a constante dielétrica do solo varia entre 2 e 5, enquanto que na água é, aproximadamente, 80, com frequência de 30 MHz a 1 GHz. Este método, em meio solo-água, é um bom indicador do teor de água no solo, uma vez que pequenas variações na quantidade de água do solo provocam efeitos substanciais nas propriedades eletromagnéticas do meio solo-água. Existe uma relação inversamente proporcional entre a constante dielétrica e a velocidade de propagação, sendo que velocidades maiores produzem constantes mais baixas, traduzindo-se em teores de humidade no solo mais baixos.

O balanço entre os custos de aquisição, exploração e precisão da informação necessária determinam a escolha dos diversos métodos de medição de humidade do solo. Cabe ao produtor a decisão, tendo, porém, em conta que é possível diminuir o custo de monitorização da água do solo através dos benefícios que esta apresenta ao poupar recursos, diminuir os custos de energia e aumentar a eficiência de rega, levando a um aumento e melhoria da qualidade da produção (Oliveira, 2006).

3.11. Condução da rega

Na condução da rega deve-se procurar fazer uma gestão que maximize a produção da cultura, reduzindo os custos inerentes a perdas tanto de água como de adubo líquido. O objetivo será determinar da forma mais exata possível qual a quantidade de água a ser aplicada em cada rega, em função da cultura e seu desenvolvimento, produção pretendida, estratégia de gestão da cultura, entre outros (Oliveira, 2006).

A base de toda a gestão centra-se no cálculo do balanço hídrico das culturas (capítulo 3.7) com o objetivo de conhecer o teor de água no solo e a tensão com que é retida, a cada instante, podendo comparar esses valores com valores de referência, ajustando assim o momento e a quantidade de água a fornecer à cultura (Oliveira, 2006).

Através da inovação da tecnologia é possível melhorar e acelerar os processos inerentes à gestão da água da rega na agricultura, nomeadamente os processos de tomada de decisão.

3.12. Rega deficitária controlada

Pretende-se com a gestão da rega que o teor de humidade no solo nunca desça o nível correspondente ao esgotamento da reserva facilmente utilizável, permitindo alcançar as máximas produções. Apesar deste fator, existem alturas do ciclo cultural de determinadas culturas em que é vantajoso restringir, de forma controlada e ao longo do tempo, a quantidade de água fornecida. Esta técnica tem como objetivo o controle do crescimento vegetativo e/ou reprodutivo, tendo em vista um uso eficiente da água e o objetivo da produção. Deverá ser aplicada quando a cultura se encontra num crescimento vegetativo bastante ativo e onde a redução de água faz com que os estomas se fechem de forma parcial, reduzindo a transpiração. É um procedimento delicado que poderá afetar de forma negativa a produção, devendo por isso ser conduzido de forma rigorosa, adotando medidas de gestão e controlo do nível de humidade do solo já descritas anteriormente (Oliveira, 2006).

No caso particular do tomate de indústria é muito utilizado no fim do ciclo com o objectivo de aumentar a concentração de sólidos solúveis (grau Brix) pois é um parâmetro de qualidade para a fábrica (Kuşçu, 2014).

Noutras culturas, como é o caso da vinha, quando para produção de vinho, esta técnica também é muito utilizada para a obtenção de vinho de qualidade superior.

3.13. Condução da rega do tomate

O ciclo de cultivo do tomate apresenta 4 fases importantes, onde a rega assume um papel crucial.

Fase I: esta fase é iniciada com o transplante das plantas provenientes do viveiro para o campo, local final, onde ocorre o seu crescimento e colheita. A duração da mesma depende sobretudo da adaptação da planta ao seu transplante, finalizando-se quando a área ocupada pelas plantas alcança 5% de cobertura do solo. O transplante deverá ser feito quando o perfil do solo se encontra humedecido até à profundidade máxima a que chegam as raízes. Uma vez que as chuvas do inverno se encarregam, normalmente, deste processo, não são necessárias regas abundantes.

Em anos secos, deverão ser feitas regas iniciais mais abundantes porém com o cuidado de nunca ultrapassar a capacidade de armazenamento de água pelo solo. Após o transplante, deverá ser aplicada uma primeira rega de modo a facilitar o contacto entre as raízes e o solo e, posteriormente, efetuar regas ligeiras e frequentes que mantenham a humidade à profundidade de 10 cm de solo, para que nesta fase as plantas não sofram stress hídrico. Uma vez que as suas raízes, nesta fase são pouco profundas, não se deverão aplicar elevadas dotações i.e. regas prolongadas que irão provocar perdas em profundidade e asfixia radicular (Sugal, 2014).

Fase II: nesta fase ocorre um crescimento bastante rápido por parte das plantas, passando a cobrir 80 a 85% da superfície do solo. As raízes também apresentam um crescimento bastante ativo alcançando um máximo no seu desenvolvimento em profundidade, atingindo, normalmente, uma profundidade máxima de 45 cm, dependendo do tipo e condições do solo em que está instalada e também do sistema de rega e gestão da rega utilizados.

É importante conhecer o tipo e características do solo em que se efetua a rega, sendo que em solos limosos, com problemas de infiltração superficial, as regas não devem ser prolongadas, devendo ser fracionadas reduzindo as suas quantidades. É nesta fase que ocorre a floração e o vingamento, e onde é possível estimar qual será a máxima produção a alcançar nessa campanha, em função do número de frutos vingados e do estado vegetativo das plantas contribuindo para o bom crescimento e maturação dos mesmos. É necessário um cuidado acrescido na rega desta fase uma vez que, défices de água, provocam o aborto de flores originando menor número de frutos vingados e maior heterogeneidade na campanha, influenciando negativamente o rendimento da produção (Sugal, 2014).

Fase III: esta é a fase de desenvolvimento dos frutos e tem início quando as plantas estabilizam o seu crescimento. No crescimento dos frutos verifica-se duas etapas: na primeira, o fruto tem um crescimento bastante acelerado e, na segunda fase, o fruto retarda o seu crescimento acumulando aqui a grande parte dos açúcares e antioxidantes. Na primeira fase, a rega é necessária de modo a que o fruto aumente o seu peso. Na fase seguinte, as plantas já não são tão sensíveis ao défice hídrico, que deverá ser imposto de forma progressiva e ligeira, sendo uma prática que favorecerá a qualidade dos frutos por aumento do grau brix (Sugal, 2014).

Fase IV: nesta fase ocorre a mudança na cor dos frutos, passando de verde a vermelho. É aqui que se deverá aplicar a estratégia da rega deficitária controlada ou seja, aplicar uma quantidade de água inferior às necessidades calculadas. Desta forma, consegue-se favorecer o crescimento dos frutos em vez das partes verdes das plantas (caules e folhas) fazendo com que os assimilados responsáveis pelo crescimento das folhas se transloquem para os frutos. Através desta técnica, aumenta-se o teor de sólidos solúveis no tomate. Mas apenas é recomendado este procedimento em culturas com bom desenvolvimento vegetativo e sem problemas ao nível da sanidade, uma vez que o défice hídrico poderá acelerar a senescência das folhas, provocando perdas prematuras de massa foliar caso a cultura esteja a ser atacada por alguma praga ou doença (Sugal, 2014).

Para o cálculo da ET_c , (capítulo 3.3) é necessário estimar a ET_o de acordo com os dados agrometeorológicos da região e o K_c específico da cultura do tomate. O K_c para a cultura do tomate varia de acordo com as técnicas culturais e consoante o estágio de desenvolvimento da cultura. Nos Quadros 2 apresentam-se os valores de K_c que podem ser utilizados.

Quadro 2. Valores de K_c consoante as fases e % de solo coberto. Fonte: Čereković *et al.*, 2010

Fases de cultivo	Duraçãofases (dias)	% Solo coberto	Kc Regagota a gota
Fase I	10	0-5	0,4
Fase II	50	5-80	0,4-1,18
Fase III	35	80	1,18
Fase IV	25	80-60	1,18-0,65
Ciclo (Total)	120		

A rega deficitária controlada, ou seja, a aplicação de um volume de água abaixo das necessidades das plantas, provoca a redução da transpiração e, caso seja excessivo, pode reduzir as taxas de assimilação das raízes e afetar o crescimento das plantas e ter consequências ao nível da produção. A escolha do momento é crucial e deverá ser feito quando o crescimento da planta apresenta menor importância, sendo uma ferramenta útil para direcionar a produção dos assimilados da planta para os órgãos que mais interessam, como o fruto (Torres *et al.*, 2015).

A chave do sucesso desta técnica é a indução de um stress não muito severo na segunda metade da fase III e durante toda a fase IV, apenas em situações em que as culturas estão livres de doenças e/ou pragas e que a planta está bem desenvolvida de forma a que o fruto fique protegido da exposição solar.

Existem, entre outras, duas estratégias diferentes a adotar na cultura do tomate, consoante os objetivos de produção.

Estratégia I: aqui aplica-se apenas 50% das necessidades em água de rega calculadas para a cultura, a partir da fase IV, onde se tem perto de 10% de frutos maduros. Esta estratégia não deve

ser aplicada em solos arenosos uma vez que a reserva de água nestes solos é rapidamente consumida e a cultura pode ficar seriamente afetada devido ao stress hídrico intenso (Torres *et al.*, 2015).

Estratégia II: ao entrar na fase III, reduz-se as quantidades de água, aplicando 75% do valor calculado, reduzindo para 25% ao chegar a metade da fase IV, quando 50% dos frutos se encontrarem maduros, mantendo-se assim até a colheita. Esta estratégia não apresenta tantos problemas em solos arenosos e pode ser aplicada quando o desenvolvimento das plantas foi moderado (Torres *et al.*, 2015).

A estratégia I tem como objetivo o aumento de grau Brix no fruto, através da diminuição da água de rega mas conduzindo a perdas ligeiras em produção aquando da colheita. Nesta estratégia, aumenta-se a qualidade (grau Brix) em detrimento da quantidade dos frutos (Torres *et al.*, 2015).

A estratégia II não sacrifica a produção, apenas tendo um ligeiro aumento no grau Brix, existindo uma diminuição muito ligeira da água da rega.

O método de rega utilizado no tomate é a rega localizada, gota-a-gota, que aplica a água de forma a humedecer de forma lenta e pontual uma área parcial e selecionada, por intermédio de gotejadores que se encontram distribuídos uniformemente ao longo dos ramais. Os emissores funcionam a baixas pressões e são dimensionados para pequenos caudais. Em função das características hidráulicas do solo, a água emitida pelo gotejador distribui-se com um determinado padrão de humedecimento (Pereira, 2004), como mostra a figura 6.

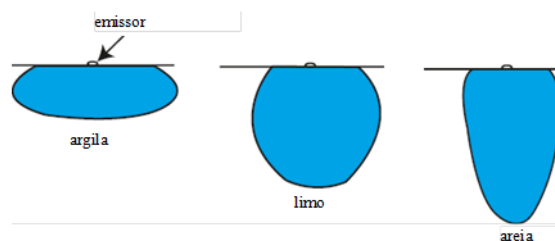


Figura 6. Padrão de humedecimento do solo. Fonte: Oliveira (2006)

Torna-se, portanto, importante o conhecimento das características do solo tais como a profundidade e distribuição das raízes, uma vez que são úteis para o projeto, nomeadamente na definição do afastamento entre gotejadores.

A rega localizada tem como principais vantagens o uso eficiente da água, reduzindo as necessidades de água por unidade de área cultivada, com menores consumos de energia, permite maior economia de mão-de-obra e otimização do tempo relativamente a outros métodos. Pode ser utilizada em todos os tipos de terreno e facilita um melhor controlo de infestantes e doenças. Apesar das suas vantagens, acarreta consigo um elevado investimento na aquisição e montagem das instalações. Como a aplicação da água é feita de forma regular e com elevada frequência, o sistema

radicular não se desenvolve tanto. Necessita de grande controlo devido a facilidade de entupimento (Oliveira, 2006).

Um sistema de rega gota-a-gota tem, de um modo geral, uma eficiência de 90-95%. É constituído por uma conduta principal de abastecimento ligando a fonte de água à rede secundária a qual, por sua vez, está ligada às fitas que asseguram a distribuição da água às plantas através dos gotejadores. Cada linha secundária, através de uma válvula, abastece um conjunto de fitas que funcionam em simultâneo e que no seu conjunto define um bloco de rega. Um sector de rega é designado como o conjunto de linhas secundárias que fornecem vários blocos de rega, abastecidos pela rede primária (Oliveira, 2011).

O sistema de rega gota-a-gota é composto por gotejadores com a função de descarga do caudal de rega de forma uniforme e regular e com a menor dissipação de energia possível. A sua escolha é feita segundo os critérios que cada exploração determina em função da cultura, da necessidade de filtração, proteção, durabilidade, garantia, custo, preferência e suscetibilidade ao entupimento. Tal como os gotejadores, também é determinado a espessura e largura da fita de rega consoante o caudal requerido, o comprimento das linhas e a robustez da própria fita. Existem reguladores de pressão que servem para manter a pressão a jusante constante, independentemente da pressão sentida a montante, e válvulas com a finalidade de controlar a pressão e o escoamento ao longo de toda a rede de distribuição garantindo que a água passa da linha principal para os restantes ramais.

O sistema tem hidrantes distribuídos ao longo ou no fim das redes secundária e primária, constituídos por uma válvula hidráulica acionada através de um solenoide que se encontra ligado ao programador no cabeçal de rega. O hidrante permite abastecer blocos ou sectores de rega com áreas, caudais e pressão diferentes e a válvula hidráulica permite abrir e fechar de forma automática ligada ao programador ou de forma manual o acesso à água de regada rede situada a jusante. O cabeçal de rega está, normalmente, situado no início da rede de alimentação, e pretende assegurar a filtração da água, incorporação de fertilizantes através da fertirrega, a regularização da pressão, o controlo e medição de caudais, automatização, entre outros.

4. Fertilização

A fertilização na cultura do tomate, tal como nas outras culturas, deverá ser feita de forma racional tendo por base o conhecimento prévio do teor em nutrientes do solo, necessidades da cultura, características físicas e químicas do solo e comportamento dos fertilizantes no solo em causa. De maneira a conseguir obter a maior eficácia no aproveitamento dos nutrientes bem como evitar desperdícios, custos adicionais ou prejudicar o meio ambiente, deverão ter-se bem cientes quais as épocas certas e quais as técnicas mais apropriadas na aplicação dos fertilizantes.

Antes de qualquer tomada de decisão, o primeiro passo é a colheita de amostras de solo que permitam determinar as características e obter a informação relativa ao solo que importam saber para a cultura do tomate e que são fornecidas a partir de um. Importa saber: o valor do pH, matéria orgânica, fósforo, potássio e magnésio assimiláveis. Outros fatores importantes, mas não determinantes são: calcário total e ativo se o pH for igual ou superior a 6,6, boro, cobre, ferro, manganês e zinco (Santos, 2001).

Quadro 3. Classes de fertilidade para macro e micronutrientes. Fonte: INIAP

Parâmetro	Classes de fertilidade (ppm)				
	M. Baixa	Baixa	Média	Alta	M. Alta
P ₂ O ₅	≤ 25	26 - 50	51 - 100	101 - 200	> 200
K ₂ O	≤ 25	26 - 50	51 - 100	101 - 200	> 200
Mg	≤ 30	31 - 60	61 - 90	91 - 125	> 125
Fe	≤ 10	11 - 25	26 - 40	41 - 80	> 80
Mn	≤ 7	8 - 15	16 - 45	46 - 100	> 100
Zn	≤ 0,6	0,7 - 1,4	1,5 - 3,5	3,6 - 10	> 10
Cu	≤ 0,3	0,4 - 0,8	0,9 - 7	7,1 - 15	> 15
B	≤ 0,2	0,21 - 0,4	0,41 - 1,0	1,1 - 2,5	> 2,5

A recomendação de fertilização é feita com base nos resultados analíticos provenientes das amostras de solo e com base na produção potencial para esse ano. Os teores de nutrientes do solo são analisados de acordo com as classes de fertilidade do solo como se pode verificar pelo Quadro 3.

Os corretivos só deverão ser aplicados quando o pH do solo é inferior ou superior ao necessário, contendo a substância necessária para alcalinizar ou acidificar o solo. Como 80% dos solos em Portugal são ácidos, o usual é utilizar corretivos alcalinizantes no caso do tomate, quando o solo apresenta um pH igual ou inferior a 5,5. Em casos em que o solo apresenta níveis de matéria orgânica inferior a 1%, deverão ser incorporados corretivos orgânicos bem como a implementação da rotação de culturas, por forma a melhorar a estrutura do solo. A aplicação dos corretivos é feita a lanço, devendo ser incorporada rapidamente através da mobilização do solo, evitando perdas de alguns elementos mais voláteis como o caso do azoto (Santos, 2001).

Quadro 4. Quantidades de azoto (N), fósforo (P₂O₅), potássio (K₂O) e magnésio (Mg) recomendadas (kg/ha). Fonte: INIAP

Parâmetro	Produção esperada	Classes de fertilidade				
		M. Baixa	Baixa	Média	Alta	M. Alta
N ^(*)	(a)			200		
	(b)			240		
	(c)			280		
P ₂ O ₅	(a)	220	180	150	100	50
	(b)	240	200	170	120	60
	(c)	260	220	190	140	70
K ₂ O	(a)	260	220	180	140	70
	(b)	280	240	200	160	80
	(c)	300	260	220	180	90
Mg	(a)	30	20	10	5	
	(b)	40	30	20	10	-
	(c)	60	40	30	20	

Através do Quadro 4, é possível verificar quais as quantidades de nutrientes que deverão ser aplicadas consoante as classes de fertilidade e produção esperada, sendo (a)= 80 000 kg/ha, (b)= 100 000 kg/ha, e (c)= 120 000 kg/ha. Os valores indicados no quadro em cima são meramente indicativos.

A quantidade de azoto que deverá ser aplicada é estimada de acordo com diversas variáveis, nomeadamente a produção estimada, que depende das condições climáticas, características do solo da região e fitotecnia utilizada. Deverá ser feita uma estimativa do azoto fornecido pela água da rega e corretivos, para o cálculo da quantidade total de azoto a aplicar. Cerca de 1/2 a 1/3 da quantidade de azoto a aplicar deverá ser em fundo, no momento da preparação do solo, e o restante em cobertura dividido em duas aplicações, a primeira aquando da floração e a segunda aquando a maturação dos primeiros frutos. Para que a maturação ocorra de forma uniforme, as quantidades deverão ser reduzidas em 60 a 120 unidades de azoto. Em solos pobres em matéria orgânica, arenosos ou no caso de variedades mais produtivas, deverão ser aplicadas doses mais elevadas, não excedendo as 120 unidades em zonas vulneráveis. É preciso cuidado com as quantidades de azoto a aplicar uma vez que este influencia a qualidade do tomate. Quantidades excessivas levam a menores quantidades de sólidos solúveis, amadurecimento dos frutos irregulares levando a dificuldades na colheita e maiores suscetibilidades a doenças e ataques das pragas (Duarte, 1994).

Toda a adubação, sendo ela azotada ou de outros nutrientes, deve sempre ter em conta o nível inicial do nutriente em questão presente no solo. Um solo que já tenha uma boa quantidade de azoto não deve levar a mesma quantidade de azoto do que um solo que seja pobre neste nutriente.

Em relação ao fósforo, potássio e magnésio, parte deverá ser aplicada em fundo e outra parte aplicada localmente através da fertirrega. Deverá ser feito o fracionamento das doses de potássio, a partir do começo da floração, de modo a evitar acumulações excessivas de sais no solo. O potássio é bastante importante no favorecimento das características qualitativas do fruto (cor, teor de matéria seca, calibre uniforme, resistência ao transporte e doenças) O fósforo, promove o desenvolvimento radicular e é um forte aliado à cultura, promovendo o seu desenvolvimento inicial.

Quer o potássio quer o fósforo influenciam a precocidade da maturação, devendo ser aplicados de forma cuidadosa. O magnésio deve ser aplicado aquando da formação do fruto, influenciando a formação da clorofila na planta. Influencia também positivamente a fecundação e o vingamento. É também um fator fundamental em parâmetros de qualidade, nomeadamente na firmeza e textura do fruto (Hao e Papadopoulos, 2004) e na assimilação de sólidos solúveis (Chapagain e Wiesman, 2004). A carência de cálcio, que se pode manifestar na cultura através da podridão apical, está relacionada com as variedades usadas, rega deficiente, condições do ambiente e desequilíbrios nutritivos, sendo que elevadas dosagens de azoto e potássio, pioram o problema. Dever-se-á efetuar um controlo rigoroso do pH do solo e efetuar bons equilíbrios na relação cálcio/magnésio (Palha, 1996; Banheiro, 1995).

Uma das melhores formas de monitorizar a fertilização é através de análises foliares. Só assim conseguimos ver o que realmente a planta absorve e o que está a necessitar no momento. É recomendado que estas análises sejam feitas periodicamente durante a campanha, sendo as mais importantes as realizadas antes da floração, altura em que ainda se pode atuar com base na informação obtida de modo a corrigir ainda nessa campanha possíveis desequilíbrios.

Deverão ser realizadas análises adicionais sempre que as culturas apresentam aspetos anómalos ou se a produção expectável não corresponder com o desejado.

No quadro 5 estão alguns valores de referência para as concentrações de nutrientes no início da floração.

Quadro 5. Valores para as concentrações de nutrientes nas folhas de tomate. Fonte: INIAP

Nutriente/Teor	Início da floração*		
	Baixo	Normal	Alto
N (%)	< 4,0	4,0 - 6,0	> 6,0
P (%)	< 0,25	0,25 - 0,75	> 0,75
K (%)	< 2,9	2,9 - 5,0	> 5,0
Ca (%)	< 1,2	1,2 - 3,2	> 3,2
Mg (%)	< 0,4	0,4 - 0,6	> 0,6
S (%)	< 0,4	0,4 - 1,2	> 1,2
Fe (ppm)	< 30	30 - 200	> 200
Mn (ppm)	< 30	30 - 250	> 250
Zn (ppm)	< 20	20 - 70	> 70
Cu (ppm)	< 5	5 - 20	> 20
B (ppm)	< 25	25 - 60	> 60

As folhas devem ser colhidas no início da floração e em plena floração, com uma amostra de 25 a 30 plantas, retirando a 3ª ou 4ª folha a contar do topo.

4.1. Fertirrega

A fertirrega surge como meio de aplicar recursos como água e fertilizantes de forma mais controlada, uniforme e eficiente, possibilitando uma maior facilidade na assimilação dos nutrientes.

De maneira a determinar as quantidades corretas de nutrientes que serão aplicados, é importante conhecer também as quantidades de nutrientes que são veiculadas pela água da rega, sendo por isso necessária a sua análise. A sua recolha deverá ser feita de acordo com as normas estabelecidas para a proteção integrada e deverão abranger as determinações analíticas de: bicarbonatos, boro, cálcio, cloretos, condutividade elétrica, magnésio, nitratos, pH e sódio. Quando se verificam entupimentos nos equipamentos de rega, deverão também ser feitas as determinações de ferro, manganês, sulfatos e sólidos em suspensão (Santos, 2001).

Um exemplo de concentrações de nutrientes por cada litro de solução nutritiva poderá ser:

Até à floração: 40 mg de N + 60 mg de K₂O

Até ao vingamento dos frutos: 100 mg de N + 50 mg de P₂O₅ + 150 mg de K₂O

Até 2/3 da colheita dos frutos: 120 mg de N + 25 mg de P₂O₅ + 250 mg de K₂O + 25 mg de Mg

Deverão ser feitas adaptações aos valores consoante o comportamento da cultura, qualidade da água da rega e época do ano.

4.2. Sintomas nas plantas de deficiência dos elementos essenciais

Os sintomas de carência de elementos minerais essenciais devem ser cuidadosamente avaliados e vigiados de forma a não comprometer a cultura e a produção. De seguida apresenta-se alguns dos aspetos relevantes no caso de deficiência de:

Azoto – Os primeiros sintomas manifestam-se nas partes verdes, sobretudo nas folhas. A planta apresenta dificuldades em se desenvolver e as folhas ficam verde-pálido e amareladas. Nos casos mais severos, toda a planta fica verde-pálida, as nervuras ficam roxas e os frutos pequenos.

Fósforo – Difícil de perceber a ocorrência desta carência. De forma geral, a planta reduz o seu crescimento, o caule fica mais fino, os frutos caem, as folhas velhas ficam amareladas e com manchas vermelhas-roxas.

Potássio – As folhas que manifestam as carências em potássio apresentam coloração verde-azulada e os frutos não amadurecem completamente.

Cálcio – As páginas superiores das folhas novas apresentam coloração verde escura com margens pálidas e páginas inferiores roxas. Os frutos apresentam podridão apical e as raízes podem morrer.

Magnésio – Nas folhas mais velhas, as margens dos folíolos apresentam descoloração nas partes internervais.

Enxofre – As folhas apresentam caule de pequeno diâmetro e não produzem gemas axilares. A parte superior das folhas fica verde-amarelada, apresentando necroses roxas. As flores poderão cair prematuramente.

Boro – Percebe-se que a planta tem carência neste nutriente quando as folhas terminais pequenas se tornam bronzeadas seguido de morte das gemas e folhas terminais. Antes da frutificação, o caule torna-se quebradiço, a planta murcha nas horas mais quentes. As folhas apresentam bordos bronzeados e as nervuras ficam com coloração semelhante ao cor-de-rosa. A cor vermelha dos frutos não se desenvolve completamente.

Cobre – A sua carência percebe-se quando, nas folhas maduras, os folíolos se enrolam para cima e as margens se enrolam para dentro.

Ferro – Em casos de carência, os tomateiros desenvolvem-se muito pouco após o transplante. Os frutos ficam cerosos, verde-amarelados e o seu amadurecimento é mais tardio, não ficando vermelhos mas sim rosados (Minami e Haag, 1989).

5. Deteção remota

A deteção remota é a forma de adquirir informação sobre um dado objeto sem o contacto físico direto com esse mesmo objeto em estudo. Tal só é possível com o auxílio de sensores que podem

medir variações de distribuições de forças, de ondas acústicas e de energia eletromagnética (Lillesand e Kiefer, 1994). Na agricultura a detecção remota utiliza as variações de energia eletromagnética (Braga, 2009).

Quando a detecção remota é utilizada para fins agrícolas a zona do espectro eletromagnético está restringido a um pequeno intervalo de comprimentos de onda, entre 0,4 μm – 14 μm e entre 1 mm – 1 m. As bandas mais utilizadas são: RGB (0,4 - 0,7 μm), o infravermelho próximo (0,73 - 1,4 μm) e o red edge (0,69 - 0,73 μm) (Tristany, 2010)

Tendo em conta as bandas utilizadas para recolha de informação eletromagnética, pode-se adiantar que a reflectância das plantas na banda do visível está relacionada de forma direta com a intensidade de absorção de radiação por parte dos pigmentos fotossintéticos das folhas. A reflectância do infravermelho próximo (0,73 - 1,4 μm) é influenciada, de forma geral, pelas diferentes propriedades estruturais das folhas e pela água presente nelas, sendo portanto, a melhor fonte de informação sobre o vigor das plantas Já a reflectância do infravermelho de ondas curtas (1,4 – 3 μm) está diretamente relacionada com a variação de absorção de água e outros compostos (Barton, 2012).

Entre os índices de vegetação possíveis de se obter através das imagens de detecção remota destaca-se o NDVI (NormalizedDifferenceVegetativeIndex), determinado a partir da reflectância do objecto nas bandas do infravermelho próximo (IVP) e do Vermelho (V):

$$\text{NDVI} = (\text{IV PRÓXIMO} - \text{VERMELHO}) / (\text{IV PRÓXIMO} + \text{VERMELHO})$$

Uma planta com bom vigor irá absorver uma grande parte da radiação na banda do vermelho (V) e refletir mais radiação na banda do infravermelho próximo, e o mesmo se verifica de forma inversa. Desta forma, o valor de NDVI estará compreendido num intervalo entre -1 e 1 para a generalidade dos corpos e 0 a 1 para as plantas e corpos na superfície terrestre, em que a unidade representa o estado máximo de vigor para uma planta. Os valores de NDVI próximos de 0 são indicadores de que as plantas se encontram em stress (hídrico ou outros) (Pattenaudeet *al.*, 2005).

6. Estágio – Influência da gestão da rega e da fertilização nas produções de tomate na região do Ribatejo

A Casa Agrícola Ortigão Costa está situada no Ribatejo, na zona da Azambuja. Tem cerca de 1700 hectares de tomate de indústria e 525 hectares de arroz.

A procura deste estágio foi motivada pela forte vontade de aprender mais e pôr em prática os conhecimentos adquiridos ao longo dos anos de estudo relacionados com as hortícolas, nomeadamente o tomate de indústria. Teve a duração de 9 meses, realizado dentro de um estágio

profissional, tornando-se muito valioso e rico a nível de conhecimentos e experiência adquirida. O esforço foi compensado uma vez que deu origem a um contrato de trabalho.

No decurso deste estágio, foram realizadas variadíssimas tarefas, nomeadamente as seguintes:

- Instalação e monitorização das sondas de humidade do solo.
- Gestão e monitorização da rega e realização de relatórios de rega.
- Acompanhamento dos trabalhos e realização dos cadernos de campo.
- Recolha das guias de transporte de produção e tratamento da informação proveniente das mesmas.
- Cálculos de produção e produtividade.
- Responsável e acompanhamento dos ensaios.
- Gestor da frota.

Neste estágio, a integração no dia-a-dia da casa agrícola, nas suas rotinas e diversos trabalhos, foi constante. A escolha da gestão da rega prende-se com um gosto pessoal e com a necessidade que a empresa tem em ter alguém que faça um acompanhamento maior e mais centrado na gestão da rega e que efetue relatórios de rega. Apesar de existirem outras tarefas no estágio, este relatório centra-se na cultura do tomate de indústria, incidindo na gestão e monitorização da rega e da fertilização, focando os princípios-chave desta temática, descrevendo, caracterizando e analisando a gestão feita pela casa agrícola Ortigão Costa.

Após 6 meses do início do estágio ocorreu a promoção a diretor agrícola adjunto, fruto do empenho, competência e resultados demonstrados na atividade diária.

Com vista a uma análise clara e concisa da gestão da rega e da fertilização na cultura do tomate, abordam-se as metodologias feitas pela casa agrícola ao longo da campanha de 2015, em parceria com a empresa Terrapro responsável pela gestão da rega e fertilização.

Devido á grande diversidade de solos dos terrenos vamos analisar os resultados em dois grandes grupos, o de solos de características arenosas e o de características argilosas, cada um com técnicas de rega e de fertilizações distintas.

Dentro dos solos arenosos, no relatório estão presentes as seguintes parcelas:

- Praias, Baracha, Fonte Bela, Lezirão da Lameira, Fonte das Somas, Palhota.

Dentro dos solos argilosos, no relatório estão presentes as seguintes parcelas:

- Pancas, Paul da Vala, Saloias, Alpampilher, Terço, Zinguelho, Arcaus 2.

A gestão agrícola na Casa Ortigão Costa é feita recorrendo parcialmente aos serviços de consultadoria da empresa Terrapro. A tecnologia de apoio utilizada, nomeadamente sondas de capacitância, imagens de NDVI (via avião) e análises foliares são fornecidas, trabalhadas e analisadas

previamente por esta empresa sendo posteriormente, em conjunto com a equipa técnica, retiradas as devidas conclusões.

Durante a campanha de 2015 colaborei e acompanhei de perto todas as atividades desta parceria, e fui responsável pela análise e conclusões expostas neste relatório.

Tendo em conta a confidencialidade de alguns dados associados à indústria transformadora não me foi possível apresentar alguma informação, nomeadamente os níveis de pagamento pelos diversos níveis de qualidade (tomate de qualidade A ou B consoante a aparência e o respetivo grau Brix).

6.1. Gestão da fertilização

Na vertente da fertilização, a realização de análises de solos, foliares e de água são uma prática comum na casa agrícola Ortigão Costa. É vantajosa a integração de toda a informação que, quando associada a outros dados, permite a criação de mapas de fertilidade que se revelam uma importante ferramenta de apoio à gestão.

Se na campanha anterior alguma zona se manifestou diferente - menor produção, comportamento vegetativo distinto, etc. - analisa-se essa área em particular, tentando assim identificar e solucionar possíveis problemas.

Analisar o pH do solo e da água é um procedimento fundamental pois a cultura do tomate tem preferência por solos com pH entre 6 e 6,5. O pH tem influência na eficácia de absorção de alguns nutrientes pela planta, daí a importância do seu controlo de forma atempada. Juntamente com estas análises, também se verificam possíveis contaminações com resíduos químicos, metais pesados e nitratos, tanto do solo como da água.

Numa das parcelas da casa agrícola, caracterizada por ter um solo mais alcalino, é necessário injetar ácido fosfórico na água de forma a reduzir o pH da mesma (de 7,9 para 6,5) e conseqüente pH do solo. Também se aplica gesso no solo para baixar o pH nas parcelas mais alcalinas, melhorando também a estrutura do solo e fazendo a lavagem do sódio. Esta aplicação é feita após a colheita, permitindo que a precipitação ao longo da época chuvosa incorpore o gesso no solo e vá baixando o pH até ao arranque da campanha seguinte.

A monitorização do estado nutritivo do solo, das plantas e da água permite identificar:

- possíveis correções que sejam necessárias fazer ao solo;
- carências existentes nas plantas;

- eficiência da adubação que está a ser efetuada.

As mais-valias obtidas pela utilização de uma adequada gestão de fertilização, nesta casa agrícola, são:

- aumento da produtividade e da qualidade do produto;
- redução dos custos de fertilização por melhoria da compreensão da relação entre os solos e as plantas (seu potencial produtivo), conseguindo fertilizações mais eficazes;
- diminuição da contaminação de lençóis de água subterrânea por perdas de nutrientes.

6.2. Análises de solos

Existem sondas específicas para a recolha de amostras de solo. Em alternativa, pode-se usar uma pá ou enxada e um balde. São necessários também sacos de plástico, etiquetas, caneta e fio para atar o saco. As amostras são recolhidas em cada parcela que virá a ser cultivada, com alguma antecedência e enviadas para um laboratório apropriado.

Para que a amostra final seja representativa da parcela é necessário que esta seja composta por variadas amostras mais pequenas, recolhidas em ziguezague ao longo da parcela.

Caso o terreno possua diferenças significativas (solo, declive, adubação anterior) é aconselhável fazer amostragens para cada zona que apresente características diferentes. Todas as amostras devem conter a mesma quantidade de terra (cerca de 1 - 2 kg).

As amostras devem representar a parcela no seu todo (ou as zonas desejadas) e por essa razão não se deve recolher amostras em terrenos adubados ou corrigidos há pouco tempo, perto de estábulos ou de sítios onde esteve estrume depositado etc.

Antes de proceder à recolha da amostra é importante raspar a camada superficial, limpar o terreno de infestantes e de outras impurezas. A recolha deve compreender a profundidade a que chegam as raízes da cultura que vai ser instalada, que no caso do tomate é de aproximadamente 45 cm, dependendo da textura do solo.

Depois de recolhidas as subamostras para um balde, despeja-se esse mesmo balde num lugar seco para se retirar a maior parte das impurezas; o mesmo procedimento de limpeza, mas mais pormenorizado e com mais rigor, será feito no laboratório onde a amostra será analisada.

Esta amostra, composta pelas várias subamostras, é inserida dentro de um saco de plástico e é devidamente identificada. Deve ser preenchida uma ficha com os dados da parcela de onde a amostra foi recolhida (área, cultura, produção esperada).

6.3. Análises foliares

Para a recolha de amostras foliares é necessário: luvas de latex, sacos de papel, geleira e um relatório de colheita.

Tal como todos os instrumentos de recolha de qualquer amostra, devem estar livres de contaminantes. O equipamento deve ser de utilização simples para permitir uma colheita simples e rápida. As amostras devem ser mantidas num local fresco e enviadas para o laboratório assim que possível.

É importante que os sacos sejam de papel para que as folhas não se deteriorem no seu interior.

Tal como nas amostras de solo, é importante recolher uma amostra por zona de terreno com as mesmas características, tendo também em atenção a data de plantação, as variedades, as adubações/correções e a sintomatologia apresentada pela planta.

A amostra é feita com múltiplas subamostras, percorrendo em ziguezague o terreno e escolhendo ao acaso pelo menos 25 pontos. As partes mais indicadas a serem recolhidas são as 3ª e 4ª folhas a contar do topo, já que as folhas superiores são demasiado novas e as folhas inferiores demasiado velhas.

Caso se pretenda analisar um caso mais específico, é necessário fazer uma amostra à parte da amostra geral da parcela para se poder comparar.

As amostras são colhidas 30 dias depois da plantação (vai coincidir com o aparecimento do primeiro cacho floral) e a cada 20 dias, até um mês antes da colheita. Como por vezes é inviável fazer tantas recolhas de amostras opta-se por fazer apenas uma após 30 dias da plantação e outra 28 dias depois da primeira (correspondendo à plena floração).

Embora seja de extrema dificuldade identificar carências nutritivas sem recurso a análises, as plantas refletem sintomas que podem ajudar a identificar a carência.

Alguns pontos podem ser essenciais para perceber o problema, tais como:

- o sintoma em si: manchas, abscisão (queda), necrose branca ou preta dos tecidos, enrugamento das margens das folhas, necrose nas extremidades (meristema apical e raízes), enfraquecimento e clorose do caule, padrões de crescimento anormais, enfim, tudo o que seja notado como estranho ao comportamento natural da planta;
- quando ocorreu: data em que o sintoma começou a ocorrer ou foi percebido;
- em que zona da planta apareceu primeiro: em folhas jovens, velhas ou em ambas. Nas margens da folha, na base, entre nervuras ou no caule;
- a evolução dos sintomas: para onde está a evoluir o sintoma, por exemplo: "Clorose em folhas jovens que evolui para uma clorose geral da planta."

6.4. Análise da água de rega

As recolhas de amostras de água, tal como as outras recolhas, devem ser representativas e recolhidas numa zona livre de contaminação por adubos ou corretivos.

Para a colheita de amostras existem uma série de procedimentos:

- Em águas provenientes de poços ou furos, recolhe-se a amostra apenas meia hora após se ter iniciado a bombagem.
- A água é recolhida num recipiente de vidro ou de plástico (1,5 litros), bem limpos e que serão lavados com a água do local onde se pretende recolher a amostra. O recipiente deve ficar bem cheio, se possível, sem bolhas de ar, e deve ser bem fechado com uma rolha previamente lavada com a mesma água a recolher.

A água para rega é avaliada em escalões consoante as restrições para a sua utilização. Utilizações contínuas de águas com algumas restrições podem levar a toxicidades e desequilíbrios na cultura e no solo. As características da água poderão ser favoráveis à cultura, mas também acontece o contrário, por essa razão é muito importante a sua análise prévia antes da instalação da cultura e fazer as correções necessárias à entrada da água na cultura.

6.5. Gestão da rega

Num mundo com cada vez menos recursos, utilizar a água de rega de uma maneira mais eficiente é uma forma de poupar um recurso escasso mas também de tornar a casa agrícola mais rentável.

A medição do teor de água no solo tem como objetivo determinar num dado momento a quantidade de água armazenada no perfil de solo explorado pelas raízes. Uma boa monitorização da água no solo irá possibilitar a resposta a perguntas fundamentais como: quando regar? quanto regar? A rega foi eficiente e adequada?

A monitorização é, portanto, essencial para evitar prejuízos económicos por perda de produção devido a regas deficitárias ou excessivas. Uma rega correta evita também que haja contaminação de lençóis de água e perdas de nutrientes e favorece a eficiência de fertilizantes.

As novas tecnologias permitem a obtenção de ferramentas fundamentais para uma gestão mais precisa e uma monitorização da água presente no solo de forma mais exata.

Existindo na exploração dois grandes tipos de solos, os mais arenosos e os mais argilosos, as características da fita de rega são as seguintes:

- **Areias** –caudal do gotejador: 0.72 L/h; espaçamento entre gotejadores: 20 cm.
- **Argilas** –caudal do gotejador: 1.05 L/h; espaçamento entre gotejadores: 30 cm.

A instalação é feita logo após o campo ser plantado. De seguida encharca-se o solo envolvente e espera-se dois a três dias até a drenagem estabilizar ou o seu decréscimo seja menor. Tem-se então um valor aproximado da capacidade de campo do solo. Na figura 8, é indicada como linha do Máximo Recomendável (linha vermelha).

A linha de Mínimo Recomendável (linha azul) é definida tendo em conta as características de cada solo por aplicação do défice de gestão permissível, que deve prever uma boa margem de segurança de modo a garantir que a planta não entre em stress hídrico.



Figura 8. Observação da drenagem após instalação da sonda de humidade no solo, como estratégia para definição da linha representativa da Capacidade de Campo. Fonte: Terrapro

O limite de esgotamento permitido é determinado consoante a textura dos solos (Costa, 1979).

Deve-se ter um cuidado especial nas primeiras regas para confirmar se as leituras dos sensores estão corretas.

A primeira rega deve ser efetuada o mais rápido possível após a plantação, pois as plantas entre os viveiros e o momento em que são plantadas estão em stress hídrico. Muitas vezes é necessário colocar uma pessoa a regar as plantas ainda nos alvéolos pois com o tempo de espera e com o calor as plantas podem secar. Para que a crise de transplantação seja diminuída ao máximo, as plantas ficam cerca de 10 dias em atempamento nos viveiros, e o sistema de rega no campo deve ser montado logo com a plantação.

Juntamente com a sonda é montado um contador na fita de rega, para indicar a quantidade de água aplicada em cada rega. Este sistema de sonda e contador, cruzando a informação, possibilita uma melhor gestão da rega e um mais fácil despiste de possíveis problemas na rega, como por exemplo entupimentos do gotejador ou falhas de abertura de válvulas.

Ao longo de várias regas após a instalação da sonda, foi-se ajustando o valor da CC, tendo em conta a variação de volume de água no solo, ao longo do tempo, transmitida pela sonda. As estações utilizadas têm leituras de todos os sensores em simultâneo de 30 em 30 minutos.

Todos os dados são enviados e armazenados num servidor e, através de um software, as leituras dos sensores podem ser consultadas de forma simplificada e prática.

6.6.1. Ferramenta online: Software uSens V 3.0

Este software possibilita uma informação centralizada de todas as estações de monitorização, a visualização de um mapa georreferenciado com todas as estações instaladas, o cruzamento de informação entre estações e a consulta de gráficos da evolução da humidade do solo (tanto ao longo do tempo, como nas várias profundidades).

Uma vez que cada parcela pode ter vários tipos de solo e como, para diferentes tipos de solo, são necessários diferentes tipos de gestão de rega, torna-se difícil uma gestão perfeita do uso da água. Quando assim acontece, essa gestão deve ser ainda mais cuidada e implica um acompanhamento no terreno ainda mais intenso. Perante casos destes, as sondas podem induzir em erro. Por vezes, na zona da sonda, o teor de água no solo está perto do limite da reserva de água utilizável, mas no resto do terreno o mesmo não acontece. Uma recomendação de rega baseada apenas na consulta da sonda leva a más recomendações de rega.

Por esta razão deve-se ter em extrema atenção a localização das sondas e procurar o lugar mais representativo.

O acompanhamento da cultura no campo, analisando todos os aspetos que darão informações acerca da gestão de rega que está a ser feita, complementando com os dados provenientes dos equipamentos, permitirão uma gestão global de rega da parcela muito mais eficiente. Por exemplo, quando a planta está em stress hídrico, apresenta alguns sintomas, como folha enrolada (devido à perda de turgescência), o que faz com que no geral apresente um aspeto acinzentado, pois a página inferior da folha do tomateiro é de um verde acinzentado. Apresenta-se fraca e débil, normalmente “caída”, prostrada.

Através dos gráficos do programa da monitorização é possível observar a evolução do teor de humidade do solo em cada sensor e verificar não só o crescimento radicular (quando existem consumos em profundidade), mas também se as dotações aplicadas estão a ser exageradas e se a zona humedecida está a atingir sensores localizados fora da zona explorada pelas raízes.

Este gráfico é igualmente importante para definir a distribuição das dotações de rega ao longo da semana.

No início da campanha e após instalação das sondas, é necessário que sejam definidos e introduzidos no programa alguns dados. Após a colocação dos dados relativos ao desenvolvimento

radicular, o programa já tem informação suficiente para a construção do gráfico (Figura 9). É através da relação entre o armazenamento de água no solo e os limites máximos e mínimos que é possível fazer as recomendações de rega, uma vez que a diferença entre a reserva de água no solo e o armazenamento à capacidade de campo corresponde ao défice de água no solo.

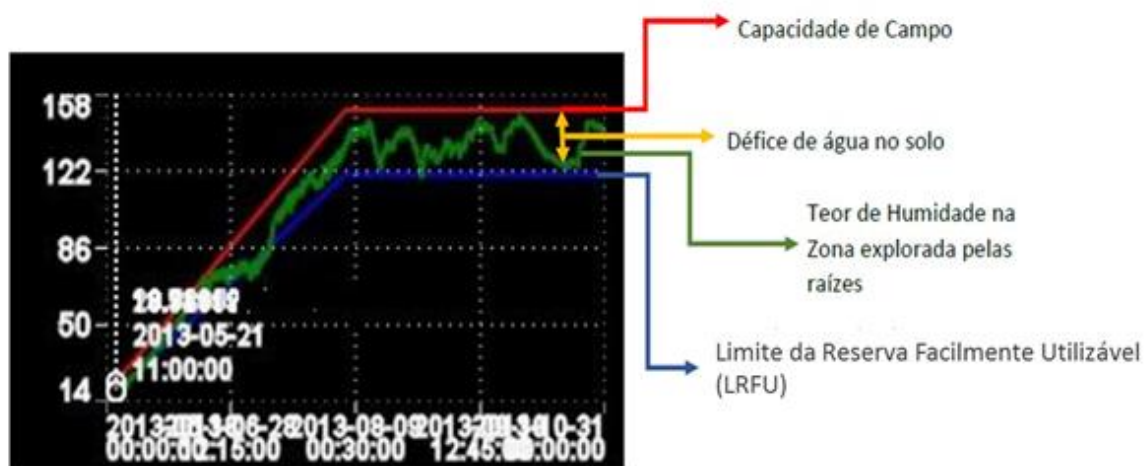


Figura 9. Representação do gráfico de humidade do solo apresentado na plataforma uSens V 3.0. Fonte: Terrapro

Para a elaboração das recomendações de rega semanais é necessário introduzir a seguinte informação:

- Coeficiente cultural (K_c) – para o estado fenológico em que a cultura se encontra, baseado no estado de desenvolvimento da cultura e na bibliografia (ver Figura 2);
- ET_0 estimado para os 7 dias seguintes – com base nas condições climáticas dos últimos 7 dias e os ET_0 médios obtidos;
- Volume de rega (retirado do contador de rega);
- Rega nos últimos 7 dias – calculado automaticamente pelo contador volumétrico;
- Sugestão de Rega inicial - calculado automaticamente;
- Sugestão de Rega – acerto da sugestão de rega calculada consoante as observações do campo e os teores de humidade verificados nos gráficos;
- Observações – todas as observações relevantes verificadas no campo e nos gráficos dos teores de humidade;
- Observações internas – observações que não vão constar no relatório, mas que sejam relevantes para futuras utilizações.

Após este processo, deverá ser feito, por intermédio do programa e consoante a análise dos gráficos e dados apresentados, uma sugestão de rega, que será incorporada nos relatórios.

6.7. Estudos de caso

6.7.1. Diferentes técnicas de rega – solos arenosos vs solos argilosos

Neste estudo de caso são comparadas as estratégias de gestão da rega em solos distintos: um com características mais arenosas e outro com características argilosas. Irão ser também apresentados alguns exemplos de uma boa e má prática de gestão da rega.

O primeiro aspeto a ter em atenção é a definição da capacidade de campo. Nos terrenos arenosos o teor de humidade desce muito rapidamente enquanto que nos argilosos o mesmo não acontece, pelo que os limites a introduzir num programa de gestão de rega são definidos de formas distintas.

Nas areias, após a instalação das sondas, é possível determinar a capacidade de campo logo no dia seguinte à rega pois existe uma drenagem de água para as camadas inferiores muito rápida (Figura 10). Nos solos argilosos o teor de humidade demora mais tempo a diminuir devido ao tamanho reduzido dos poros, pelo que apenas se consegue definir o limite máximo correspondente à capacidade de campo cerca de 3 dias depois (Figura 11).



Figura 10. Representação gráfica da variação do volume de água num solo franco-arenoso. Primeiros dias após a instalação da sonda representados com um círculo amarelo. Fonte: Terrapro



Figura 11. Representação gráfica da variação do volume de água num solo argiloso. Primeiros dias após a instalação da sonda (a amarelo). Fonte: Terrapro

Após análise das figuras 10 e 11, verifica-se facilmente a diferença de descida do teor de humidade após instalação entre os dois tipos de solo.

Outro aspeto que se pode observar nas sondas acima é a redução da rega para a saca. É de extrema importância que se abrandem as regas para a passagem do trator pois este pode atascar ou criar depressões e calos nos regos se o teor de humidade do solo for muito elevado (Figuras 12 e 13).

Muitas vezes as mangas são até desmontadas para que a passagem do trator não danifique as ligações manga – conduta.



Figura 12. Representação gráfica da variação do volume de água num solo arenoso. Interrupção da rega para facilitar a circulação de máquinas agrícolas (a amarelo). Fonte: Terrapro



Figura 13. Representação gráfica da variação do volume de água num solo argiloso durante a campanha 2015. Intervalo entre regas evidenciado (a amarelo). Fonte: Terrapro

Embora as diferenças de texturas levem a diferentes épocas de plantação e conseqüentemente necessidades hídricas diferentes, consegue-se perceber que os solos arenosos implicam uma maior quantidade de regas, como seria de esperar devido à sua fraca capacidade de retenção (Figura 14). Solos com características argilosas têm intervalos de rega mais elevados (Figura 15).



Figura 14. Representação gráfica da variação do volume de água num solo arenoso durante a campanha 2015. Frequência de regas: 26 regas durante o último mês da cultura (a amarelo). Fonte: Terrapro



Figura 15. Representação gráfica da variação do volume de água num solo argiloso durante a campanha 2015. Frequência de regas: 22 regas durante o último mês da cultura (a amarelo). Sem necessidade de rega no final do ciclo. Fonte: Terrapro

A diminuição do tempo e frequência de rega é de extrema importância para a cultura do tomate de indústria. Esta diminuição gradual é essencial pois faz com que a planta coloque todas as suas reservas no fruto, fazendo com que os açúcares se acumulem no fruto, aumentando assim o seu grau Brix (teor de sólidos solúveis - fator de pagamento). É importante também para que as colhedoras não fiquem atascadas pois são máquinas muito pesadas e necessitam de estar bem alinhadas com o camalhão para que apanhem apenas as plantas e não a terra.

A diminuição da rega acompanha também a menor necessidade da planta, pois está numa fase senescente onde não necessita de tanta água. Também ajuda a que os frutos não estejam em contacto com um solo húmido que provoca podridões (Figura 16 e 17).



Figura 16. Representação gráfica da variação do volume de água num solo arenoso durante a campanha 2015. Corte de rega gradual (a amarelo). Fonte: Terrapro



Figura 17. Representação gráfica da variação do volume de água num solo argiloso durante a campanha 2015. Corte de rega gradual (a amarelo). Fonte: Terrapro

Comparando as figuras 16 e 17, observa-se mais uma vez que a diminuição do teor de humidade em solos arenosos é muito mais rápida, pelo que o corte da rega é feito mais tarde, ou seja, mais em cima da colheita. O corte da rega convém ser gradual, como se pode observar, para que o stress hídrico seja moderado.

6.7.2. Casos de má gestão de rega

Parcela: Saloias

Esta parcela tem um solo de características franco-argilosas. Foi plantada a 18 de abril.

Na figura 18 pode observar-se que, nas primeiras semanas após plantação, se verificaram aumentos do teor de humidade do solo aos 40, 50 e 60 cm, o que significa que se está a regar em excesso e que houve água perdida por drenagem, visto que as raízes ainda não tinham tido tempo para se desenvolverem até tal profundidade. Este excesso inicial de água pode também provocar asfixia radicular e fazer com que o seu crescimento pare. É também um gasto de água desnecessário.



Figura 18. Representação gráfica da variação do volume de água na parcela Saloias, durante a campanha 2015. Deteções de rega após a instalação do contador volumétrico (a amarelo). Fonte: Terrapro

Ainda na figura 18 podemos observar o registo das regas após a instalação de um contador volumétrico. O contador volumétrico é um excelente complemento à gestão da rega pois permite um controlo prático da frequência de regas.

Observando que o teor de humidade (Figura 19) estava demasiado baixo concluiu-se que o intervalo entre regas era muito elevado. O tempo de rega (dotação de rega) e o intervalo de regas são fatores de elevada importância numa boa gestão da rega.



Figura 19. Representação gráfica da variação do volume de água na parcela Saloias, durante a campanha 2015. Baixa frequência de rega (a amarelo). Fonte: Terrapro

Recomendou-se reduzir o tempo de rega e o tempo de intervalo entre regas, como se pode observar no gráfico em cima, o que levou ao aumento do armazenamento de água no solo.

Nas últimas semanas antes da colheita existia excesso de água na zona onde estava colocada a sonda, pois o sistema estava mal dimensionado e a pressão não era a desejada em locais da parcela mais afastados da bomba, ou seja, para que as margens da parcela recebessem a quantidade mínima de água para a sua sobrevivência a zona central da parcela a alagava. Esta humidade a mais faz com que o fruto fique sempre em contacto com solo demasiado húmido, o que é propício ao desenvolvimento de fungos e podridões. Impossibilita também a acumulação de sólidos solúveis (aumento do grau Brix). Este acumular de água notou-se mais passados 60 dias da instalação pois é quando as maiores necessidades de água pela planta (plena floração) coincidem com a altura de maior calor e é necessário regar mais.

O dimensionamento incorreto do sistema de rega origina problemas que poderiam ser evitados se houvesse um estudo cuidadoso antes da sua instalação. O sub e sobredimensionamento de setores de rega levam a gastos de água e de energia que poderiam ser evitados. Embora seja difícil alterar um sistema já instalado (caso seja um sistema de condutas subterrâneas) é importante aprender com os erros e numa próxima instalação estudar bem o projeto.

Na figura 20 podemos observar que o solo está completamente saturado e que o teor de humidade está sempre junto ou acima do máximo recomendável. A figura 21 representa a mesma parcela, mas a evolução do teor de humidade em detalhe, onde podemos observar que os níveis do solo mais profundos foram ficando saturados ao longo do tempo até ao limite em que as únicas variações do teor de humidade, ou seja, a única zona do terreno que não estava saturado eram os primeiros 10 cm de profundidade.



Figura 20. Representação gráfica da variação do volume de água na parcela Saloias. Exemplo de excesso de água. Fonte: Terrapro

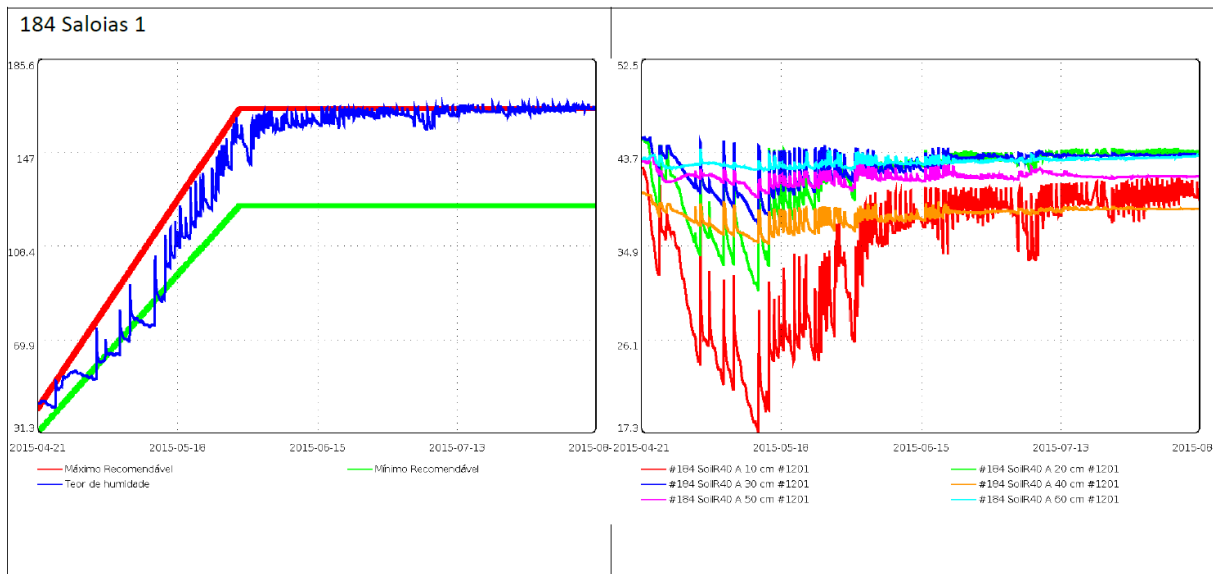


Figura 21. Evolução da humidade do solo em média e a diferentes profundidades, na parcela Saloias. Fonte: Terrapro

No início notam-se variações do teor de humidade, mas como nesta fase as raízes ainda estão pequenas esses consumos representam perdas e não água consumida. Isto só acontece pois como na superfície o solo não está saturado e aparenta até poder levar mais água o agricultor não hesita em regar, uma má prática pois o problema está nas camadas de solo mais profundas e não à superfície. Este erro é frequente e cria muitos problemas de asfixia radicular, para além do gasto de água desnecessário.

Parcela - Fonte das Somas

Esta parcela tem um solo de características arenosas. Foi plantada a 8 de junho.

No período de 26 a 28 de julho (Figura 22) consegue-se observar que não se regou, isto aconteceu não por razões estratégicas, mas por impossibilidade pois o canal do qual é bombada a água para a rega desta parcela rebentou.

A descida rápida do armazenamento de água no solo é bem visível pois a areia tem uma capacidade de retenção de água muito reduzida, como já foi dito anteriormente. Esta quebra aconteceu na altura de plena floração, e nesta fase do ciclo vegetativo a planta é muito sensível ao stress hídrico, levando ao aborto floral e consequente diminuição da produção.

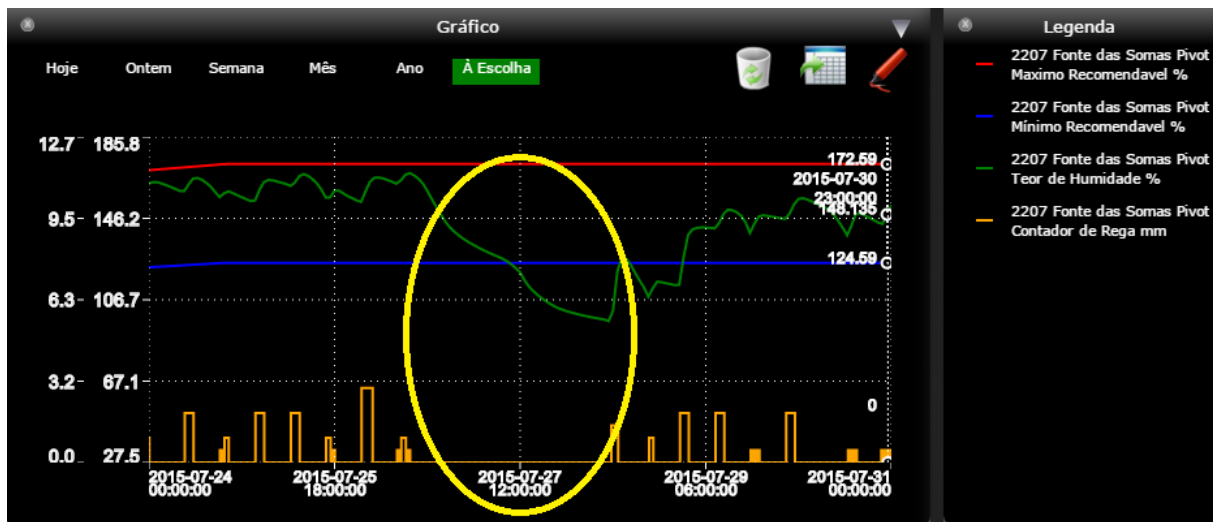


Figura 22. Representação gráfica da variação do volume de água na parcela Fonte das Somas, durante a campanha 2015. Rega interrompida (a amarelo). Fonte: Terrapro

Sendo as parcelas arenosas mais pobres a nível nutricional e a fertilização dada pela fita de rega, o problema exposto anteriormente torna-se ainda mais grave pois não se consegue adubar.

Esta parcela sofreu um ataque significativo de ácaros eriofídeos (diagnosticados no ISA) na fase final do ciclo. Esta é uma praga recente na cultura do tomate e, por essa razão, os tratamentos não tiveram a eficácia desejada. Deduz-se que o facto desta praga se ter desenvolvido apenas nesta parcela esteja associado ao tipo de solo característico da mesma. Este solo, maioritariamente arenoso, apresenta uma fertilidade baixa em comparação a outras parcelas, dificultando o desenvolvimento de infestantes nos espaços envolventes à cultura e até na entrelinha, onde a fertirrega não tem efeito. Havendo menor número de potenciais hospedeiros (tanto de pragas como de insetos auxiliares), tendencialmente, as pragas existentes irão concentrar-se maioritariamente na cultura (Whitham, T, 1989). O mesmo acontece quando as culturas alheias são colhidas.

Embora neste caso a manutenção do canal não seja responsabilidade da empresa que estava a explorar a parcela, serve de exemplo para a importância da manutenção de valas e pontos de rega já que o stress hídrico ocorrido devido à falta de rega originou grandes quebras na produção.

Parcela – Alpampilher

Esta parcela tem um solo de características franco-argilosas. Foi plantada a 11 de abril.

Sensivelmente 45 dias após a plantação, ocorreram trovoadas na zona desta parcela, o que fez com que o agricultor cessasse a rega (Figura 23). Embora tenha chovido, não choveu o suficiente para substituir o efeito da rega, e o agricultor com medo da ocorrência de mais trovoadas não regou durante uma semana. A consequência dessa paragem é bem notória na figura 23 - uma descida severa do teor de humidade do solo.

Neste caso consegue-se observar que ao longo do ciclo da cultura não houve uma gestão da rega muito bem conseguida, uma vez que após as chuvas não voltou a haver um nível estável de água no solo dentro dos limites desejados.

Estas inconstantes descidas e subidas drásticas no teor de humidade do solo são prejudiciais para as plantas.

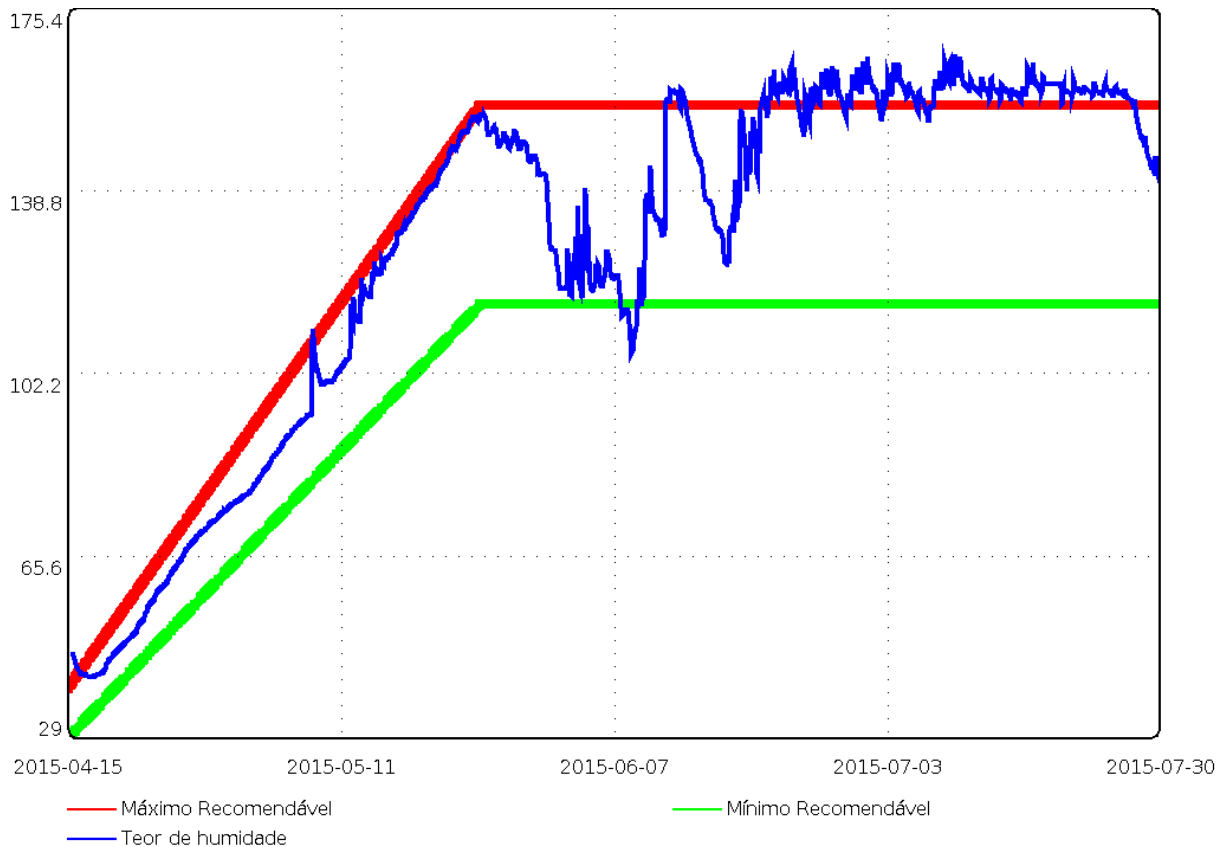


Figura 23. Representação gráfica da variação do volume de água na parcela Alpampilher, durante a campanha 2015. Interrupção da rega perto de 2015-06-07. Fonte: Terrapro

Parcela – Dona Maria

Parcela com solo de características franco-argilosas. Plantada a 13 de abril.

Na figura 24 podemos observar um grande pico de humidade no solo, este pico está relacionado com o facto de a sonda ter sido deslocada pelo trator e não com um excesso de água. Este é um exemplo notório de que a gestão da rega não deve ser feita unicamente através dos dados fornecidos pelas sondas, devendo ser feito um acompanhamento cuidado no campo.

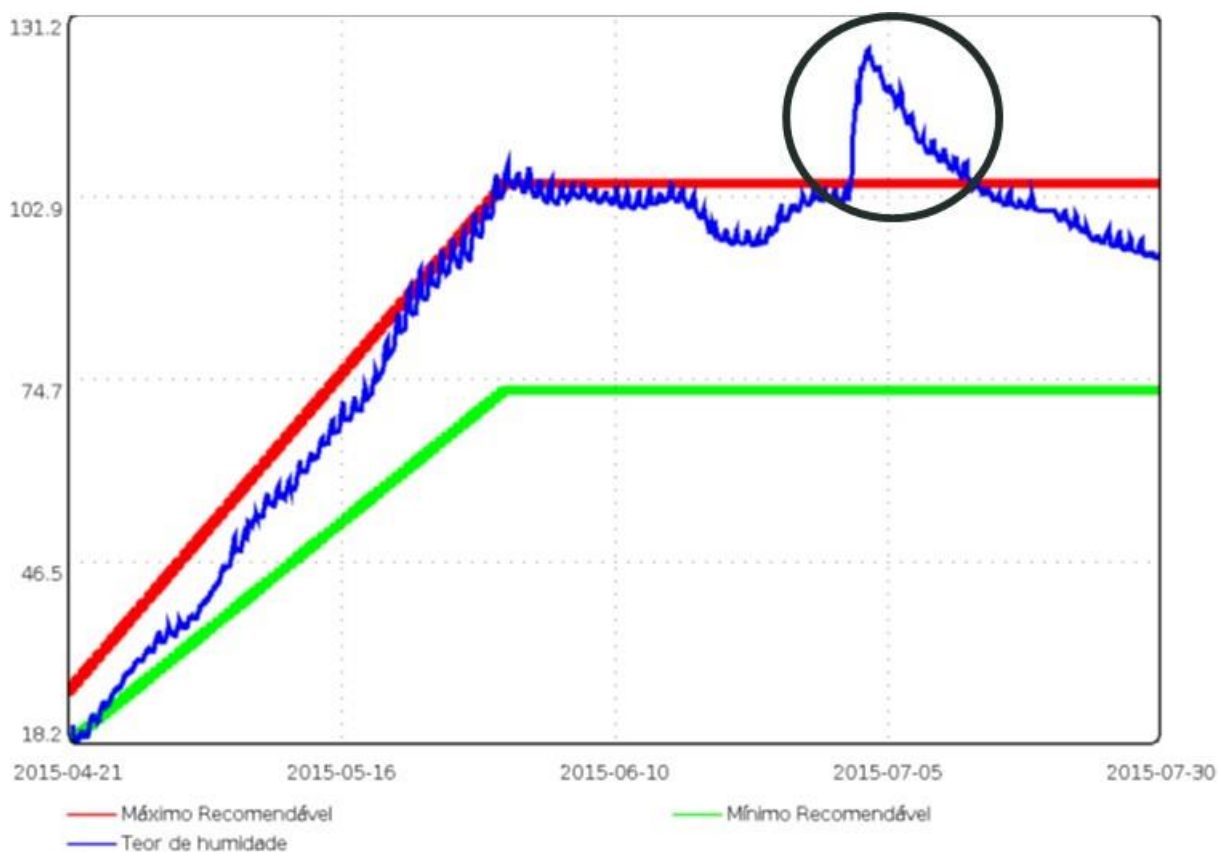


Figura 24. Representação gráfica da variação do volume de água na parcela Alpampilher, durante a campanha 2015. Desregulação da sonda devido a embate do trator. Fonte: Terrapro

6.7.3. Gestão da fertilização

A gestão da fertilização tem como objetivo, tal como a da rega, fazer com que a planta produza o máximo possível com a menor utilização de fertilizantes possível. É fundamental, portanto, saber o que a planta precisa e quando precisa.

Através das análises foliares, e comparando os resultados das análises com os valores ideais já estudados para a cultura, conseguimos importante informação que é por vezes difícil de obter a olho nu.

Para um bom desenvolvimento de qualquer planta é necessário ter em conta todos os nutrientes e não só os macronutrientes. Por essa razão a monitorização da nutrição das plantas tem de ser o mais completa possível de forma a que não existam fatores nutritivos limitantes.

Uma vez que na Casa Agrícola Ortigão Costa se fazem análises foliares em cada parcela pelo menos duas vezes por campanha, podemos assim analisar alguns erros e corrigi-los de ano para ano.

Azoto

Na figura 25 pode-se observar uma carência generalizada de azoto. Este facto deveu-se às chuvas, pois nesta circunstância não era necessário nem conveniente regar e, sendo a fertilização feita através da rega, estas parcelas sofreram um ligeiro atraso na adubação.

Embora seja apenas um atraso, porque assim que possível as parcelas foram adubadas, a carência de azoto afeta todo o funcionamento da planta, em especial o seu crescimento vegetativo.

Como foi dito anteriormente a primeira recolha de amostras foliares é feita 30 dias após a plantação, o que ainda dá algum espaço para correções até à plena floração, altura onde se faz a segunda análise.

Na figura 26 é possível observar que foi corrigida a carência de azoto anteriormente indicada.

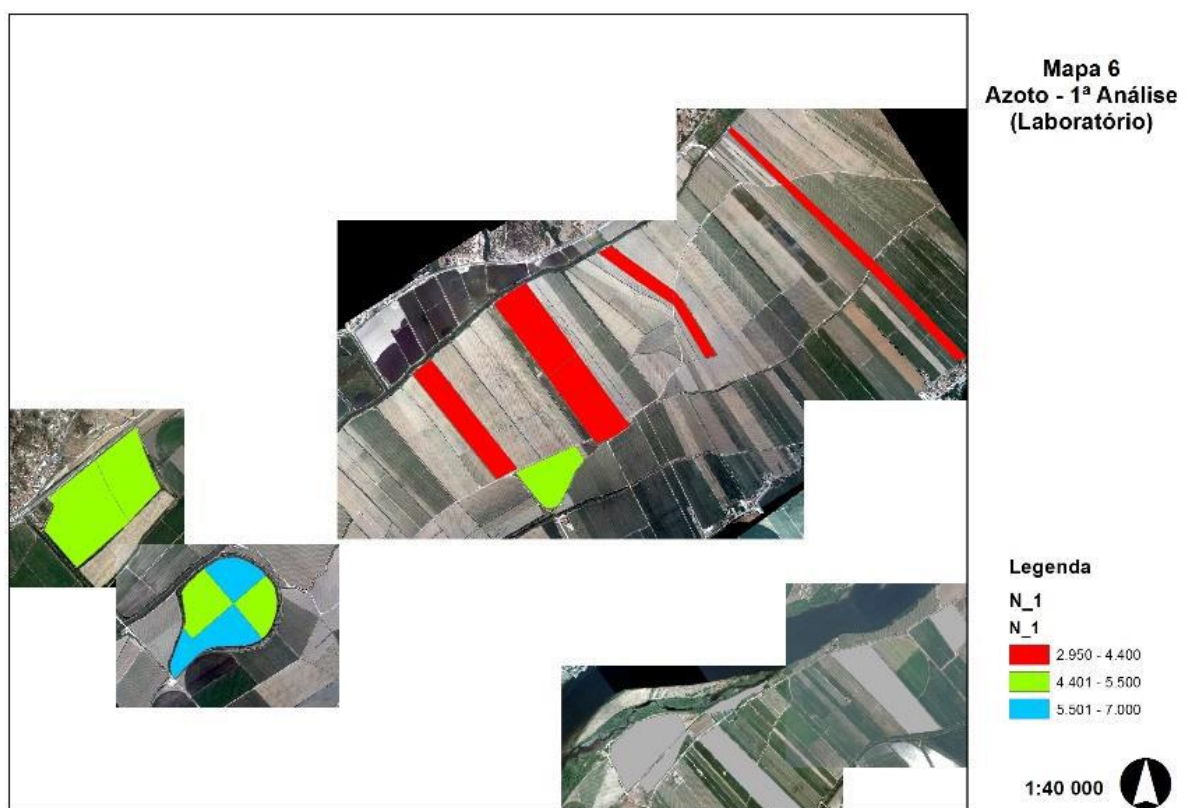


Figura 25. Imagem aérea das parcelas localizadas na Azambuja. Variações de azoto (%) nas diferentes parcelas (1ª Análise). Fonte: Terrapro

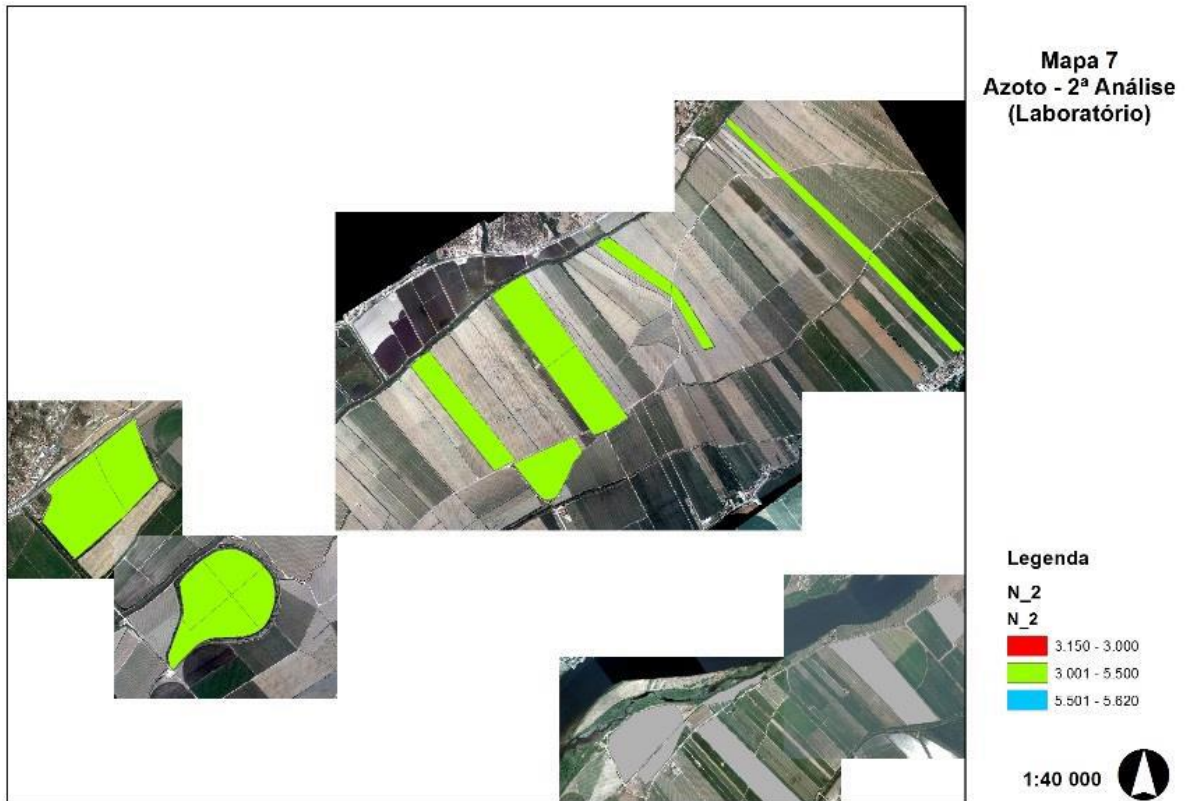


Figura 26. Imagem aérea das parcelas localizadas na Azambuja. Variações de azoto (%) nas diferentes parcelas (2ª Análise). Fonte: Terrapro

Zinco

Foi notório em todas as parcelas do grupo que ocorreram carências de zinco na parte final do ciclo das plantas, como se pode observar pelas figuras 27 e 28. Embora este elemento não seja um macro elemento, todos são importantes para o funcionamento equilibrado da planta. O zinco é um importante ativador de enzimas e um elemento importante na fotossíntese, por isso não deve ser esquecido.



Figura 27. Imagem aérea das parcelas localizadas em Vila Franca de Xira. Variações de zinco (ppm) nas diferentes parcelas (2ª Análise). Fonte: Terrapro



Figura 28. Imagem aérea das parcelas localizadas em Pancas. Variações de zinco (ppm) nas diferentes parcelas (2ª Análise). Fonte: Terrapro

Como se pode confirmar existem grandes carências de Zinco um pouco por todas as zonas. Mais uma vez as análises de solos permitem reconhecer carências que são difíceis de identificar à vista desarmada.

Potássio:

O Potássio é um elemento essencial para a qualidade do fruto, por isso é de extrema importância que as plantas estejam com bons níveis deste elemento a partir da floração.

É um elemento que também é responsável pelo engrossamento das paredes celulares sendo por essa razão importante na resistência da planta a todo o tipo de stresses.

Sendo a figura 29 uma imagem de zona de areias, toda a fertilização deve ser mais cuidada pois os solos são muito pobres e ter em atenção que a fertirrega é praticamente a única fonte de nutrientes para as plantas.

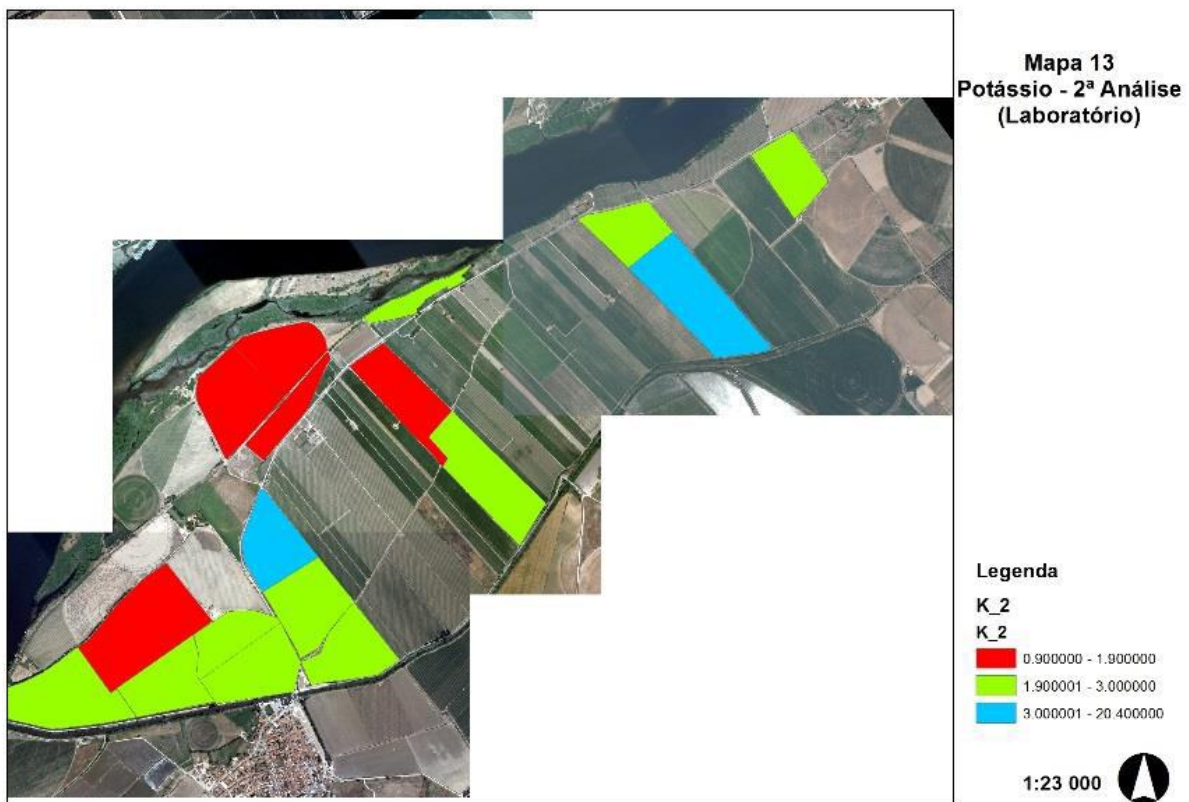


Figura 29. Análises de Potássio em Salvaterra. Fonte: Terrapro

Cálcio:

Como elemento pouco móvel que é, a sua gestão deve ser pensada desde o início da campanha.

É um elemento fundamental na qualidade do fruto e é um dos principais responsáveis, quando em falta, pela podridão apical, uma doença chave no tomate de indústria.

Na figura 30 podemos ver que, na segunda análise foliar, algumas parcelas apresentaram níveis de cálcio inferiores aos recomendados. Uma vez que a segunda análise foliar se faz numa altura em

que a planta deve estar em plena floração é aconselhável a aplicação urgente de cálcio, se possível via foliar para uma absorção mais rápida.



Figura 30. Análises de Cálcio em Pancas. Fonte: Terrapro

Estas análises devem ser complementadas com as análises de solo pois, neste caso em particular, a planta não absorvia o cálcio pois o solo, apesar de ter quantidades suficientes este elemento, tem também grandes quantidades de sódio, que dificulta a absorção do cálcio.

Para tentar corrigir este solo, fazem-se aplicações de gesso no fim da campanha para que no decurso do Inverno ocorra lixiviação do sódio.

Os mapas de NDVI são uma tecnologia essencial para a gestão da rega e da fertilização. Estes mapas aéreos conseguem mostrar aquilo que muitas vezes não é perceptível estando no mesmo nível das plantas.

Nas figuras 31, 32, 33 e 34 a escala de cores varia entre vermelho e azul, sendo o vermelho a representação de índices de NDVI mais baixos (menor desenvolvimento vegetativo) e o azul índices de NDVI mais altos (maior desenvolvimento vegetativo).

Exemplos práticos da utilização dos mapas NDVI para a gestão da rega e fertilização:

A figura 31 foi tirada a 7 de maio, 40 dias após transplantação.

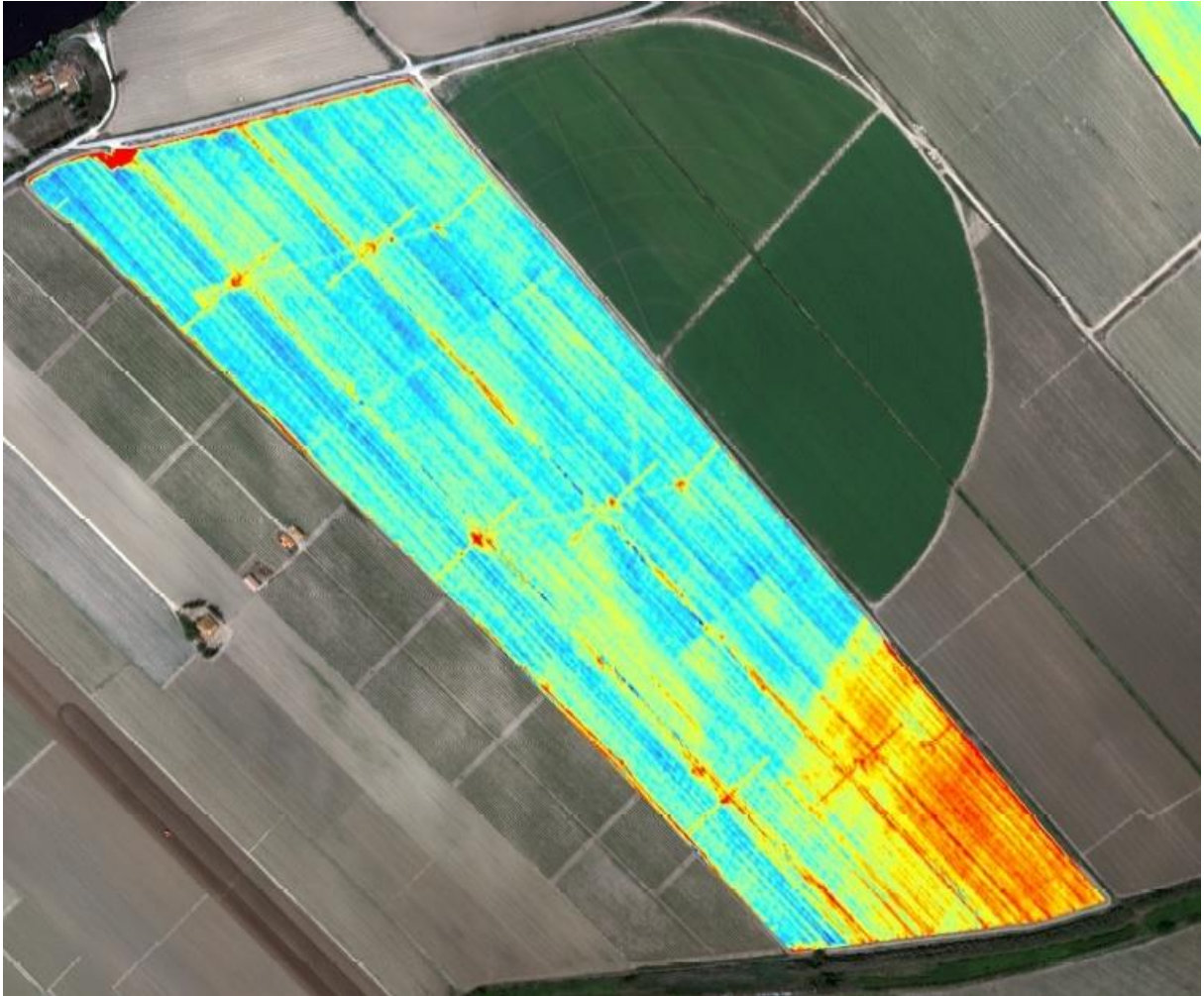


Figura 31. 1ª Imagem NDVI da parcela Palhota. Fonte: Terrapro

Na figura 31 é facilmente identificável a zona com pior desenvolvimento vegetativo. Tal aconteceu porque houve uma válvula que não fechou corretamente e esta zona alagou. Sendo este solo arenoso e uma parcela que foi plantada no início da campanha (28 de março), quando as temperaturas noturnas são baixas, as plantas não se desenvolveram. As plantas tinham as raízes em asfixia e a terra ficou muito fria, não permitindo um arranque ideal para o tomateiro.

A figura 32 foi tirada a 8 de Junho, 72 dias após a transplantação. Nesta figura estão visíveis vários problemas. O primeiro e de mais fácil explicação é o mau dimensionamento dos sectores, já que é perfeitamente visível o delineamento dos sectores. Podemos concluir então que o bom dimensionamento dos sectores de rega é essencial para a homogeneidade da parcela.

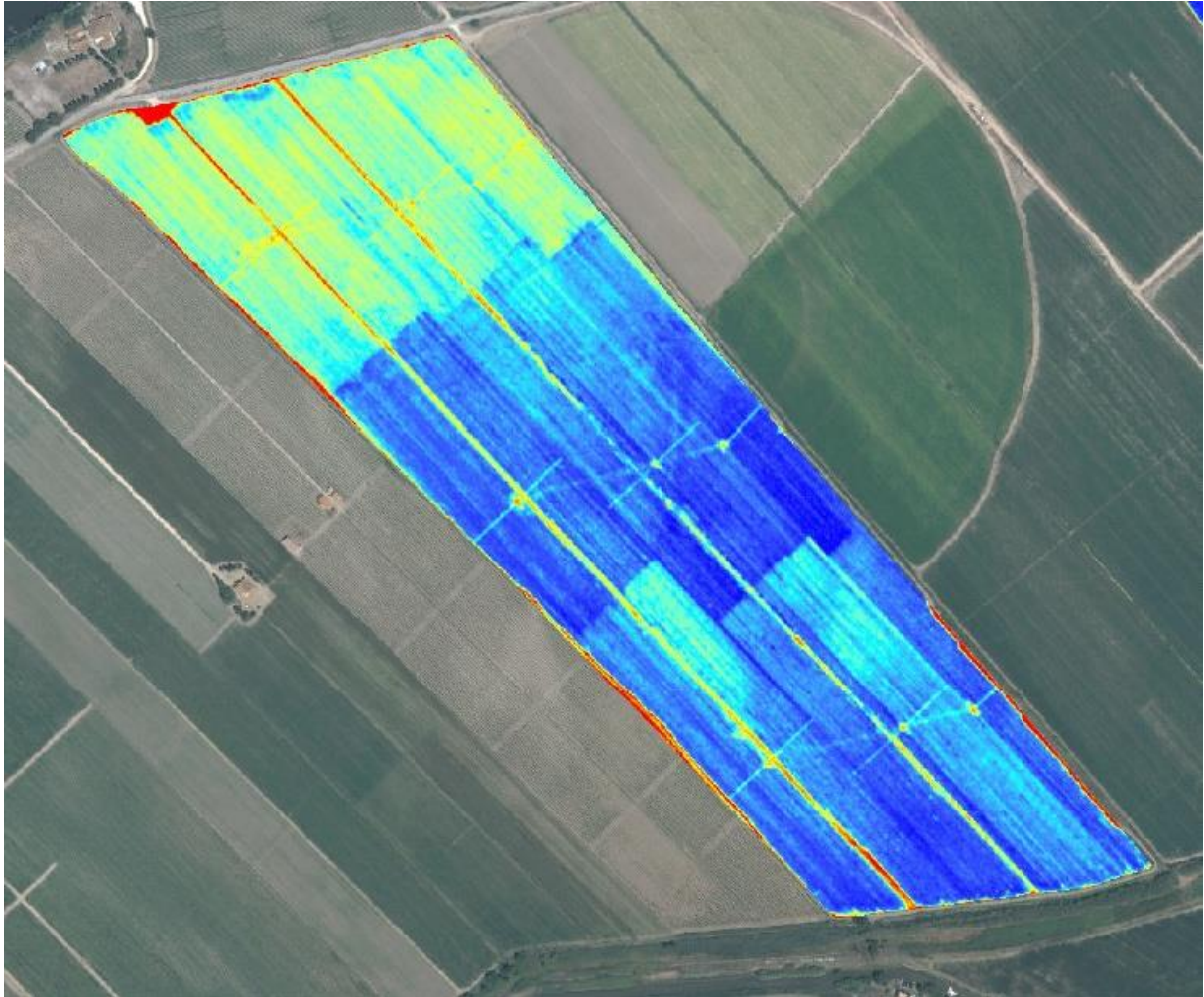


Figura 32. 2ª Imagem NDVI da parcela Palhota. Fonte: Terrapro

Podemos também observar que existe uma mangueira a que correspondem as plantas com menor vigor vegetativo. Isto aconteceu porque essa mangueira rega um grande comprimento e necessita de maior pressão que as restantes para conseguir uma distribuição mais homogénea ao longo do percurso.

Tal como o dimensionamento, é necessário pois regular as pressões de cada sector e de cada mangueira de acordo com o seu tamanho, as características do terreno, as características do material e as recomendações dos fornecedores para que o sistema de rega fique a funcionar corretamente.

Outra informação que se pode tirar desta imagem é que existem dois sectores com um vigor vegetativo maior do que um terceiro, onde as plantas não estão com o desenvolvimento desejado.

Esta diferença deve-se a um erro na montagem do sistema de rega pois a entrada do adubo nas condutas de rega era muito perto da sua divisão e o adubo não se misturava e ia em completo para a conduta que levava a água aos sectores mais desenvolvidos, ficando o outro sector, alimentado por outra conduta, praticamente sem adubo.

Sem o apoio das imagens NDVI seria muito difícil identificar estes problemas, daí ser uma grande vantagem na gestão da fertilização e da rega.

A figura 33 foi tirada a 8 de junho, tomateiros com 50 dias. Nesta figura é bem visível um sector (a preto) com fraco desenvolvimento vegetativo, isto aconteceu pois este sector de rega regava a partir de um hidrante cuja área a ele associada era muito elevada para a sua capacidade. Mais uma vez se prova que para uma boa gestão da rega e da fertilização (fertirrega) é fundamental o bom dimensionamento dos sistemas de rega, pois quando os sectores são mal dimensionados o seu potencial produtivo decresce não só por ter uma deficiente rega mas também por ter uma deficiente fertilização.

O oposto acontece no sector que está evidenciado no círculo vermelho, um sector notoriamente mais pequeno, é melhor regado e com isso leva uma melhor adubação.

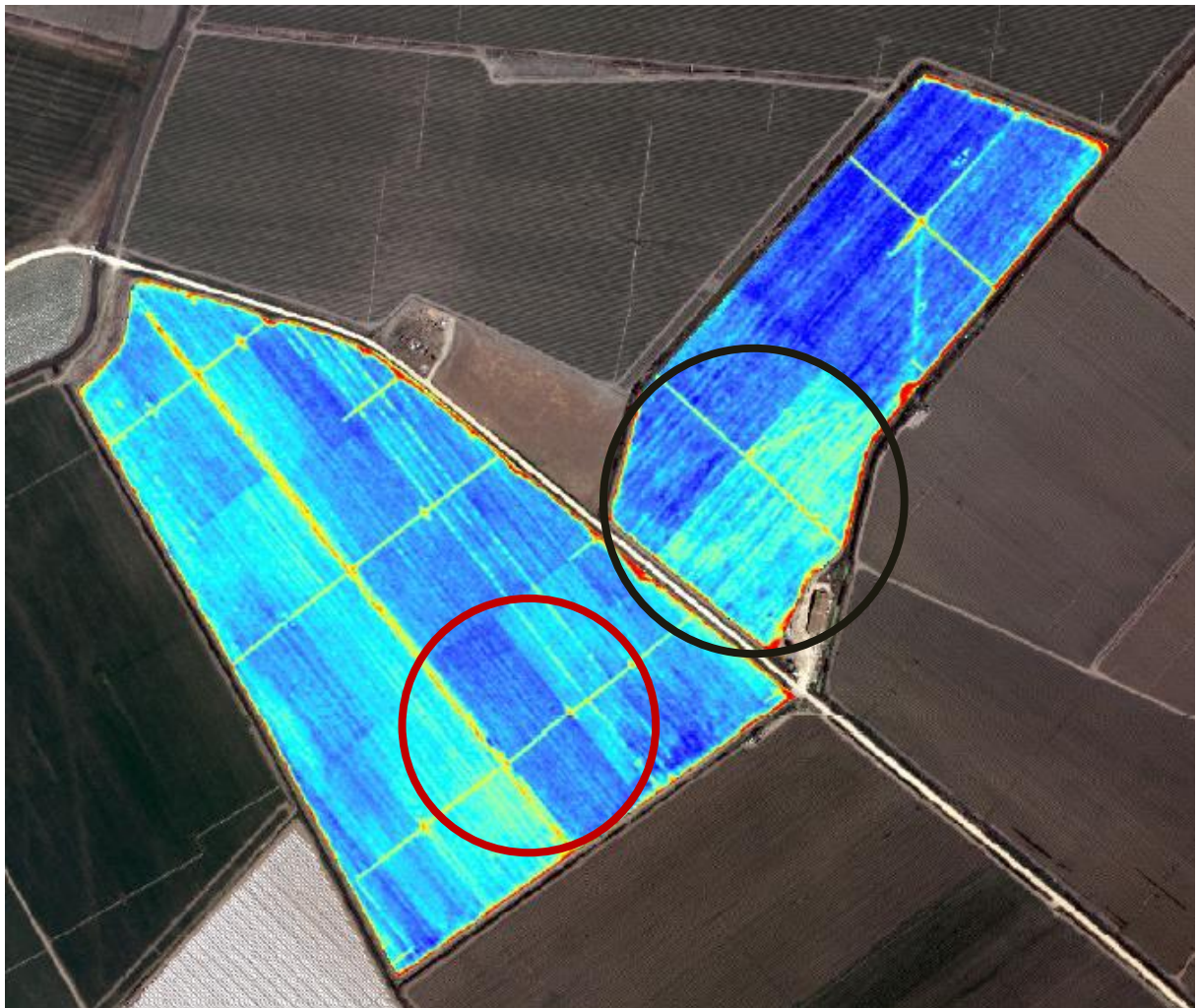


Figura 33. Imagem NDVI das parcelas Terço e Zinguelho. Fonte: Terrapro

A imagem em baixo apresentada (Figura 34) foi tirada a 8 de junho. Tomateiros com 50 dias. A figura 34 tem um interesse particular, na parte superior da parcela (indicado na figura) havia um campo de ensaios e com o recurso à imagem NDVI pôde-se estudar com mais cuidado o comportamento das variedades ou dos adubos em ensaio. São perfeitamente visíveis as diferenças a nível de vigor vegetativo dos vários ensaios.

Embora as imagens NDVI sejam uma ferramenta para a gestão da rega e da fertilização e também para o estudo de comportamento de variedades e de fatores de produção, este índice não está diretamente relacionado com a produção, já que maior vigor não significa maior produção. Atualmente estão a ser desenvolvidos estudos para relacionar qual o NDVI mais adequado para cada estágio do ciclo e para cada variedade.

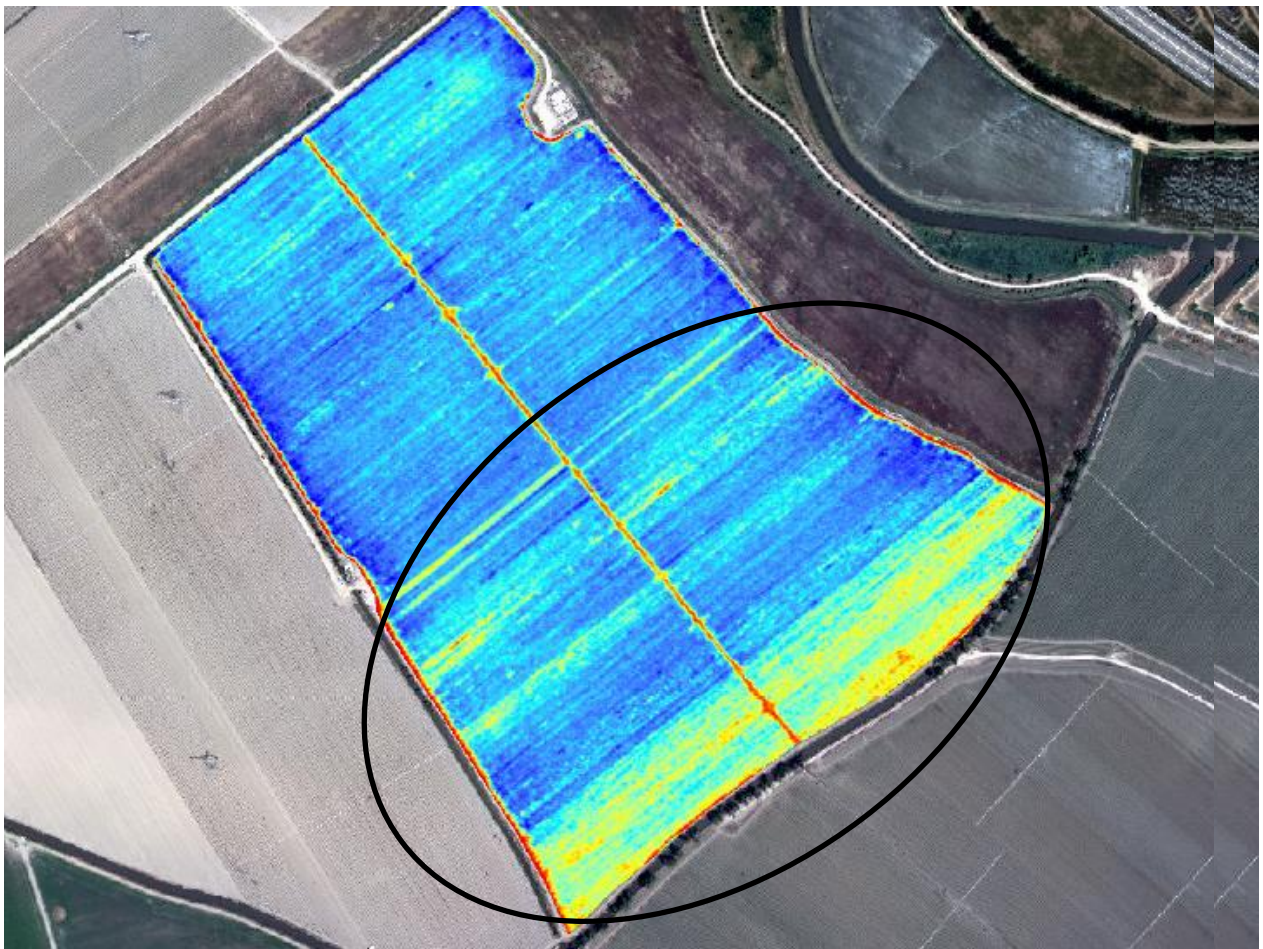


Figura 34. Imagem NDVI da parcela Arcaus 2. Fonte: Terrapro

Com a ajuda de alguns gráficos consegue-se analisar algumas situações e melhorar ou repeti-las no ano seguinte caso as situações tenham sido negativas ou positivas, respetivamente.

Nas figuras 35, 36 e 37 observam-se as unidades de aplicação de alguns dos principais nutrientes aos 30, 60 e 120 dias, em todas as parcelas da Casa Agrícola Ortigão Costa. Apesar de existirem diversos fatores que influenciam a produtividade do tomate, é possível constatar algumas

correlações entre a aplicações equilibradas de fatores de produção e a produtividade das parcelas. Relacionando estas aplicações com as produções pode-se tirar algumas conclusões, embora hajam muitas outras incógnitas envolvidas na equação que origina a produção.

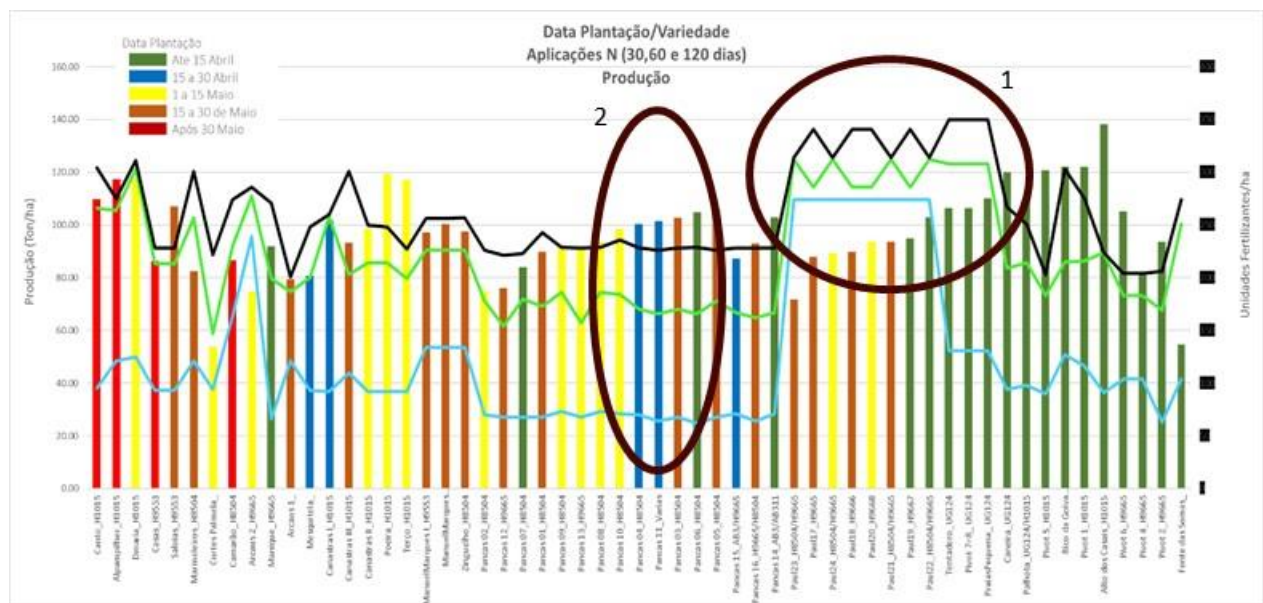


Figura 35. Unidades de Azoto ao longo da campanha nas várias parcelas. Fonte: Terrapro

Na figura 35 relaciona-se as aplicações de azoto ao longo da campanha com a produção. Na indicação nº1 da imagem pode-se constatar um total descontrole na adubação, aos 30 dias estas parcelas já tinham levado uma quantidade de azoto superior ao fornecido noutras parcelas durante os 120 dias do ciclo. Este descontrole foi provocado por uma tentativa de combater o mau arranque inicial e alguma inexperiência por parte do encarregado destas parcelas.

Para além de um gasto elevadíssimo desnecessário, esta quantidade de azoto inicial vai originar uma grande massa verde, sendo por isso necessário uma maior quantidade de água para suportar a planta. Afeta também o fruto, que perde muita qualidade, e a planta fica muito mais suscetível às pragas e doenças.

Outra consequência negativa deste excesso de azoto é o alongar do ciclo e o desfasamento da floração e frutificação, uma vez que no tomate de indústria a concentração da maturação é essencial para a colheita, pois esta é mecânica.

Grandes aplicações de azoto no início do ciclo prejudicam um bom enraizamento da planta pois desequilibram a relação N/P.

Ainda na indicação 1 podemos observar que também há parcelas com grandes aplicações de azoto, mas com uma divisão ao longo do ciclo mais adequado. Estas quantidades elevadas devem-se à pobreza e características do solo, pois são parcelas com solos muito arenosos e muito pobres. Mesmo utilizando solos desta natureza uma adubação azotada como a que podemos observar no gráfico traz sempre consequências negativas.

Na indicação 2 da figura 35 observa-se uma boa oportunidade de aplicação e quantidade de azoto. A maior aplicação deve ser no período de desenvolvimento vegetativo, até aos 60 dias, como foi feito.

Comparando as duas indicações pode concluir-se que, embora tenham sido aplicadas menos unidades de azoto, uma aplicação bem escalonada e sem doses exageradas conduziu a uma maior produção.

Como foi dito anteriormente a fertilização é apenas um fator, dos muitos, que influenciam a produção final.

Na figura 36 relaciona-se as aplicações de fósforo ao longo da campanha com a produção.

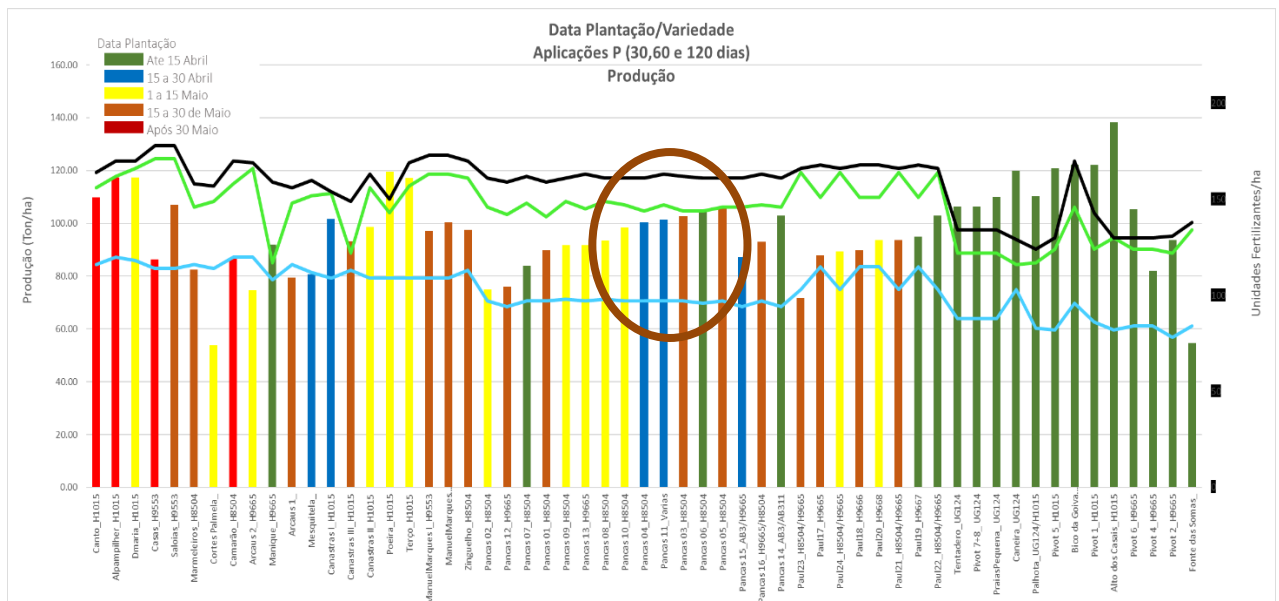


Figura 36. Unidades de Fósforo ao longo da campanha nas várias parcelas. Fonte: Terrapro.

O fósforo é um elemento muito importante no enraizamento, por essa razão a planta deve ter acesso a este nutriente à plantação. É também essencial na altura da floração pois é um elemento importante nos processos de multiplicação celular. Observa-se uma adubação fosfórica com um bom escalonamento e uma boa dosagem. Na parte final da cultura o fósforo não é dos nutrientes mais essenciais e isso pode-se observar na figura através do pouco acréscimo deste elemento dos 60 para os 120 dias. Por sua vez o potássio é aplicado na sua maior parte dos 60 aos 120 dias, pois trata-se de um elemento chave na produção e qualidade, pelo que é aplicado mais para o fim do ciclo.

Ao contrário do azoto, o fósforo e o potássio são pouco móveis no solo, ou seja, ficam no solo e são pouco lixiviados, pelo que é recomendável fazer perto de 50% da adubação destes nutrientes através do adubo de fundo.

O cálcio é um elemento que se move muito pouco no interior da planta, como tal tem de ser absorvido por esta desde cedo. Tem um papel importante no início do crescimento do tomateiro e

consolida os tecidos, é também um elemento essencial na parte final da cultura pois é, tal como o potássio, um elemento fulcral na qualidade do fruto.

Na figura 37 relaciona-se as aplicações de cálcio ao longo da campanha com a produção.

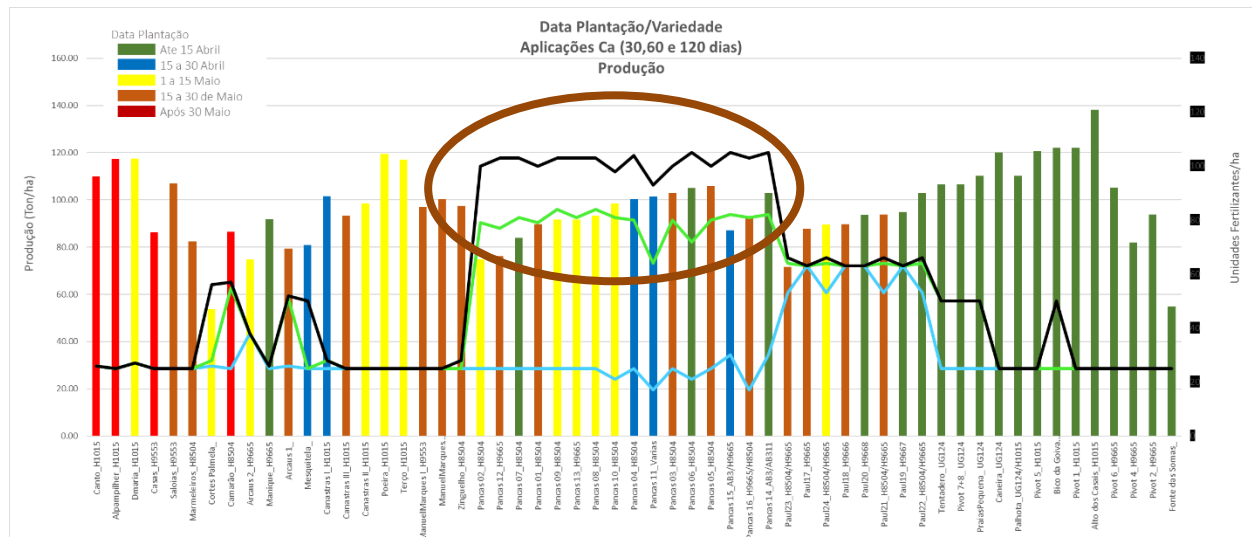


Figura 37. Unidades de cálcio ao longo da campanha nas várias parcelas. Fonte: Terrapro.

Podemos ver no gráfico que foram dadas muitas unidades de cálcio, é um gasto exagerado de dinheiro pois o cálcio é um elemento muito caro. Embora estas terras tenham grande quantidade de sódio, que bloqueia o cálcio, a alternativa não será triplicar a dose de aplicação mas sim combater os níveis altos de elementos antagónicos (como o sódio e o magnésio) e aplicar via foliar, que, embora seja mais caro, é decerto mais eficaz.

Com este exemplo pode-se verificar que é muito importante estudar bem as parcelas antes da instalação da cultura e só depois elaborar um plano de fertilização, pois há relações entre os elementos presentes no solo que favorecem ou prejudicam a assimilação de outros.

6.7.4. Influência da data de plantação

O ciclo do tomateiro, como o de todas as plantas, está diretamente relacionado com o acumular de graus-dia e com a luminosidade, como tal, a altura de plantação é um fator de planeamento fundamental. Embora não se consiga prever como será o tempo durante a campanha, tenta-se adequar as variedades de tomateiro às necessidades climatéricas por ela exigidas com base nos valores observados no passado.

Na figura 38 estão dispostas por ordem decrescente de produção todas as parcelas da Casa Agrícola Ortigão Costa, está também representado o Brix e a data de plantação.

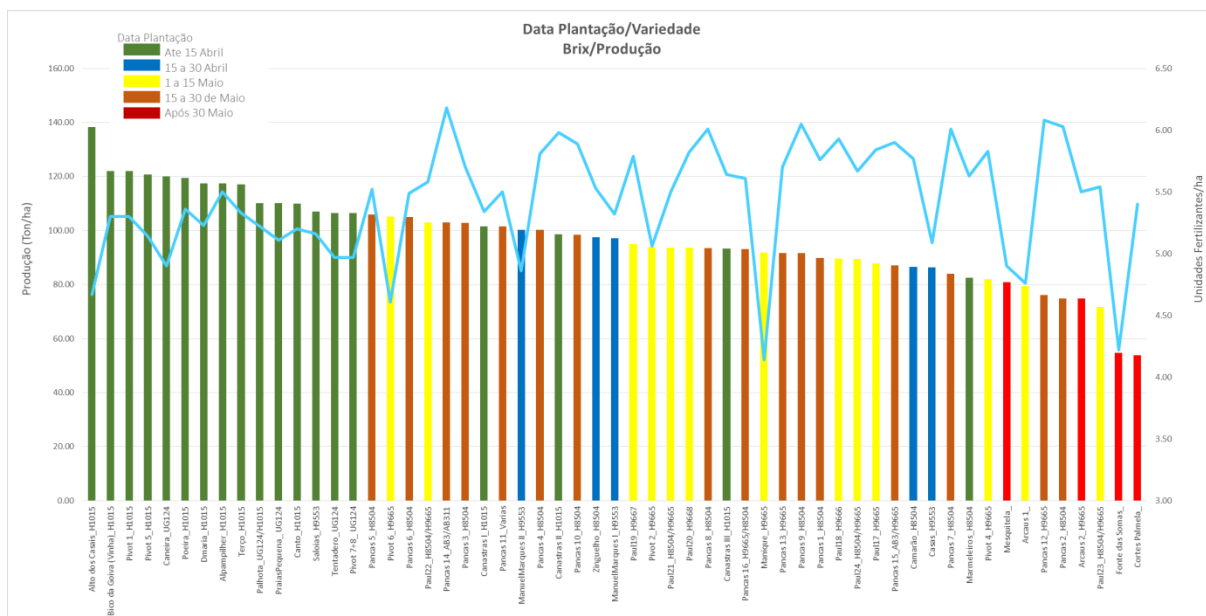


Figura 38. Produções e Brix por data de plantação. Linha azul correspondente à evolução do grau Brix ao longo das diferentes parcelas. Fonte: Terrapro

Pode observar-se que existe uma grande relação entre a data de plantação e a produção, com as parcelas plantadas até 15 de abril a apresentarem uma melhor produção. Não podendo fazer desta relação uma regra, pois cada ano é um ano, pode-se defender que no clima habitual do Ribatejo é ideal plantar entre 15 e 30 de abril por forma a que se verifiquem as temperaturas ideais ao longo do crescimento, se bem que por vezes uma plantação cedo possa conduzir a um mau arranque da cultura e maior suscetibilidade a bactérias devido à ocorrência de baixas temperaturas no início do ciclo. Plantações mais tardias vão fazer com que a floração coincida com elevadas temperaturas, o que pode fazer abortar a flor.

A altura de plantação depende sempre da altura em que se consegue preparar o terreno após o inverno, por essa razão é de muito difícil planeamento.

Também se pode observar pelo gráfico que às duas maiores produções correspondem as únicas terras ditas “novas”, ou seja, terreno onde nunca tenha sido plantado tomate ou que não tinha tido esta cultura há mais de cinco anos. Esta é talvez um dos principais problemas da cultura no Ribatejo pois na maior parte das parcelas apenas se cultiva tomate, sem qualquer rotação. Isto faz com que sejam necessários cada vez mais fatores de produção e de combate aos inimigos das culturas e produções cada vez mais baixas.

A falta de rotação cria fenómenos de alelopatia negativa entre o tomateiro e o solo, que faz com que o crescimento seja inibido e a planta não tenha o desenvolvimento adequado. Cria também um domínio por parte das infestantes, que entram em competição direta com a planta de tomateiro.

Por falta de existência de outras culturas rentáveis e com o preço fixo, como é o caso do tomate, os agricultores não fazem rotação.

Pode-se observar em todos os gráficos dos nutrientes anteriormente mostrados que estas duas parcelas não necessitaram de grandes doses de adubo para obterem uma boa produção.

Independentemente das características do solo, das variedades ou dos fatores de produção a rotação de culturas é absolutamente essencial para uma boa produção e tal não acontece (por falta de opção viável) na Casa Agrícola Ortigão Costa e em todo o Ribatejo.

7. Conclusão

A segunda parte deste trabalho relata diversos exemplos reais de desafios encontrados em campo. Relativamente à gestão da rega, a sua negligência pode levar muitas vezes não só a drenagem e a desperdício de água mas também a que se propiciem condições para o desenvolvimento de doenças e a germinação de sementes de infestantes, resultado do aumento do bolbo húmido. De modo a diminuir a ocorrência deste tipo de problemas devem-se ter em conta diversas estratégias, demonstradas pelos casos de estudo deste trabalho: (1) ter em conta o tipo de solo e adequar a frequência e tempos de rega ao mesmo; (2) diminuir o tempo de rega no início do ciclo, quando as raízes ainda são pouco profundas; (3) não gerir a cultura apenas com informação remota, havendo possibilidade de danos imprevistos no equipamento; (4) não tirar conclusões apenas da camada superficial do solo; (5) reduzir a rega no final do ciclo, tendo interesse não só no desenvolvimento do grau Brix mas também de modo a facilitar a movimentação de máquinas agrícolas.

Quanto à gestão da fertilização é relevante realçar a importância de análises foliares ao longo da campanha de modo a acompanhar o estado nutritivo da cultura e adequar a fertilização e o tipo de fertilização (fertirrega, fertilização foliar ou fertilização de fundo) com base nessa informação. A fertirrega, apesar de comum, tem a desvantagem de estar dependente das necessidades hídricas da cultura e alturas de elevada precipitação podem pôr em causa a nutrição da planta, caso este tipo de fertilização seja exclusivo.

Hoje em dia, a adoção de novas tecnologias é essencial para uma boa gestão agrícola. Ajudam não só na tomada de decisão imediata como são também fundamentais para que se possam ter as melhores decisões no futuro pois ajudam a perceber problemas que, embora sejam difíceis de contrariar no momento, se repetem e se podem prevenir no ano seguinte.

Observou-se que com o apoio das imagens de NDVI se consegue facilmente encontrar problemas que dificilmente se detetariam por simples observação de campo, como é o caso do mau dimensionamento dos sectores de rega, possibilitando assim uma gestão diferenciada dentro da

parcela. Com as sondas de humidade de solo é possível ver a evolução do teor de água no solo e assim, controlar o estado hídrico da planta, com a grande vantagem de as leituras serem em tempo real, o que permite ajustes quase imediatos da quantidade de rega. É de realçar a importância de serem feitas observações no campo de modo a confirmar e a caracterizar problemas identificados tanto pelas sondas de humidade de solo como pelas imagens de NDVI.

É importante referir que é comum o aparecimento de imprevistos numa exploração agrícola profissional e que os exemplos de má gestão, nestes casos de rega e fertilização, resultam em aprendizagens que irão contribuir para melhorias na gestão da cultura em futuras campanhas e terão com certeza impactos positivos na conta de cultura e na produtividade final do tomate de indústria.

8. Referências bibliográficas

- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M., 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56.
- Almeida, D., 2006. Manual de Culturas Hortícolas – Volume II, Editorial Presença, Lisboa.
- Banheiro, V.H.S.G., 1995. Mecanização tradicional da cultura do tomate para indústria: Perspetivas de inovação. Relatório do Trabalho de Fim de Curso de Engenharia Agronómica. UTL, ISA, Lisboa.
- Barton, C., 2012. Advances in Remote Sensing of Plant Stress. *Plant and Soil*, 354: 41-44.
- Bonhomme, R., 2000. Bases and limits to using 'degree. day' units. *European journal of agronomy*, 13(1), 1-10.
- Braga, R., 2009. Viticultura de Precisão. Associação de Jovens Agricultores de Portugal.
- Brouwer, C., Goffeau, A., Heibloem, M., 1985. Irrigation water management: Training manual nº 1 - Introduction to irrigations. Chapter 2 – Soil and water. FAO.
- Carvalho, R. F., Saruga, F. J. B., 2007. Manual de Mecanização Agrícola – Máquinas Agrícolas, Edição da Direcção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural. Lisboa.
- Čereković, N., Todorović, M., Snyder, R. L., Boari, F., Pace, B., & Cantore, V., 2010. Evaluation of the crop coefficients for tomato crop grown in a Mediterranean climate. *Options Méditerranéennes. Série A, Séminaires Méditerranéens*, (95), 91-94.
- Chapagain, B. P., Wiesman, Z., 2004. Effect of potassium magnesium chloride in the fertigation solution as partial source of potassium on growth, yield and quality of greenhouse tomato. *Scientia horticultrae*, 99(3), 279-288.
- Colvine, B., 2014. World processing tomato council. (URL: http://www.observatoriodotomate.pt/images/pdf/WPTC_-_Dados_de_produ%C3%A7%C3%A3o_2013.pdf. Consultado a 4-11-2015)
- Costa, J. B., 1979. Caracterização e Constituição do Solo, 8ª ed., Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- Dean, T.J.; Bell, J.P.; Baty, A.J.B., 1987. Soil moisture measurement by an improved capacitance technique: Part I. Sensor design and performance. *Journal of Hydrology*, v.93, p.67-78..
- Duarte, C.M.R., 1994. Rendimento industrial no fabrico de concentrado de Tomate. Relatório do Trabalho de Fim de Curso de Engenharia Agro-Industrial. UTL, ISA, Lisboa
- Éliard, J.L., 1979. Manuel d'agriculture générale, 3ª ed., Publicações Europa-América, Mem Martins.

- Hao, X., ePapadopoulos, A. P., 2004. Effects of calcium and magnesium on plant growth, biomass partitioning, and fruit yield of winter greenhouse tomato. *HortScience*, 39(3), 512-515.
- kdfrutas, 2010. Saiba mais sobre Tomate. (URL: <http://www.kdfrutas.com.br/saibamais/tomate>. Consultado a 4-11-2015)
- INIAP, LQARS, 2006. Manual de Fertilização das Culturas, Editorial do Ministério da Educação, Mem Martins.
- Instituto Nacional de Estatística (INE), 2016. Estatísticas Agrícolas 2015. (URL: https://www.ine.pt/ngt_server/attachfileu.jsp?look_parentBoui=271712056&att_display=n&att_download=y consultado a 18-01-2017)
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., 1994. Remote sensing and image interpretation. Wiley & Sons, 750pp.
- Minami, K.;Haag, H.P., 1989. O tomateiro. Fundação Cargil, Campinas.
- Oliveira, I., 2011. Técnicas de Regadio – Teoria e Prática, 2ª ed., Edição do Autor, Beja.
- Palha, F. 1996. Dossier Tomate: Algumas regras para a comercialização da cultura do tomate. *Frutas, Legumes e Flores*. 28: 64,65.
- Paltineanu, I.C; Starr, J.L., 1997. Real-time soil water dynamics using multisensory capacitance probes: laboratory calibration. *Soil Science Society of America Journal*, v.61, p.1576-1585.
- Pattenau, G., Milne, R., Dawson, T., 2005. Synthesis of remote sensing approaches for forest carbon estimation: reporting to the Kyoto Protocol. *Environmental Science & Policy*, 8: 161-178.
- Pereira, L. S., 2004. Necessidades de Água e Métodos de Rega, Publicações Europa-América, Mem Martins.
- Pereira L.S., Alves I., 2016. Estimativa da evapotranspiração e da transpiração das culturas em ambiente salino In: Gheyi, H. R., Dias, N. da S., Lacerda, C. F. de, Gomes Filho, E. (ed.) *Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados*. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade – INCTSal, Fortaleza, p. 295-317
- Ramos T, Gonçalves M, Martins J, Pereira L, 2016. Características da retenção de água no solo para utilização na rega das culturas. Oeiras, Portugal: INIAV, IP
- Saadi S., Todorovic M., Tanasijevic L., Pereira L. S., Pizzigalli C. and Lionello P., 2015. Climate change and Mediterranean agriculture: impacts on winter wheat and tomato crop evapotranspiration, irrigation requirements and yield. *Agricultural Water Management*, 147: 103-115

- Santos, J. Q., 2001. Fertilização e Ambiente, Publicações Europa-América, Mem Martins.
- Sugal, Gerência Agrícola, 2014. Manual del Cultivo para Tomate Industrial, Edição exclusiva Sugal Chile. Santiago do Chile.
- Torres, C. C., García, J. A. G., Gallego, R. F., Arias, S. M., García, V. G., Ceferino, A. C., Delgado, C. D., Losada, M. H. P., 2015. Manual Prático de Riego – Tomate de Indústria. CICYTEX. Instituto de Investigación Agraria Finca “La Orden-Valdesequera”. Departamento de Hortofruticultura. Grupo de riego y nutrición. Badajoz.
- Tristany, M., 2010. Um sistema de informação para a análise multi-dimensional da actividade agrícola. Aplicação em diversos casos do panorama agrícola nacional. Tese de Doutoramento, ISA-UTL, Lisboa, 316pp.
- Varennes, A., 2003. Produtividade dos Solos e Ambiente, Escolar Editora, Lisboa.
- Whitham, T. G. (1989). Plant hybrid zones as sinks for pests. Science (Washington), 244(4911), 1490-1493.