

Instituto Politécnico de Santarém
Escola Superior Agrária de Santarém
Curso de Mestrado Engenharia Agronómica

Avaliação do sistema de rega subterrânea na cultura do tomate de indústria (*Solanum lycopersicum L.*) na região do Vale do Tejo.

Augusto Tomás Aguiar Estêvão

Santarém 2022

Instituto Politécnico de Santarém
Escola Superior Agrária de Santarém
Curso de Mestrado em Engenharia Agronómica

Avaliação do sistema de rega subterrânea na cultura do tomate de indústria (*Solanum lycopersicum L.*) na região do Vale do Tejo.

Trabalho realizado com vista à
obtenção do grau de Mestre
Augusto Tomás Aguiar Estêvão
Nº 160398009

Orientador: Professor Coordenador Artur José Guerra Amaral
Coorientador: Professor Coordenador Manuel Mendes de Sousa Adaixo

AGRADECIMENTO

O meu agradecimento às pessoas que tornaram possível este trabalho:

À BIOSTASIA, na pessoa do colega Francisco Oliveira, pela sua colaboração ao fornecer os fertilizantes para o ensaio.

À empresa CAUDAL.ES na pessoa do Sr. Carlos pela colaboração ao ceder o material de rega.

A HIDROSOPH na pessoa do colega Dinarte, pela disponibilidade e apoio técnico sempre que necessário.

Ao Professor Manuel Adaixo coorientador da tese, pelo apoio prestado.

Ao Professor Artur Amaral orientador da tese, pela sua disponibilidade apoio e entusiasmo transmitido no trabalho.

A todos o meu obrigado

Abreviaturas

ANPROMIS	- Associação Nacional dos Produtores de Milho e Sorgo
BBCH	----- Biologische, B undesanstalt, B undessortenamt and C hemical industry
°Brix	-----Escala da quantidade de compostos solúveis
E	----- Evaporação
Ep	----- Evaporação potencial
ETC	----- Evapotranspiração cultural
GDD	----- Graus dia crescimento
IV	----- Índice de vegetação
NDVI	-----Índice de vegetação por diferença normalizada
OP	----- Organizações de produtores
RE	----- Rega enterrada
RS	----- Rega superficial
SAP	----- Semanas após plantação
DAP	----- Dias após plantação
T	----- Transpiração
Tp	----- Transpiração potencial
UEA	----- Uso Eficiente da Água
EU	----- União Europeia
UCD	----- Universidade da Califórnia Davis
Y	----- Inicial do inglês Yield que significa rendimento/produção
DRAPLVT	... Direcção Regional de Agricultura e Pescas de Lisboa e Vale do Tejo
AEAAgência Europeia do Ambiente
IPMAInstituto Português do Mar e da Atmosfera
ET₀ Evapotranspiração de Referência

Resumo

O tomate para processamento industrial é uma cultura de forte tradição na região da lezíria do vale do tejo e de elevada importância económica nacional, que utiliza elevadas quantidades de energia e fatores intermédios de produção, nomeadamente água. Nesse sentido, é importante incrementar a eficiência de rega e a utilização dos equipamentos de rega na sua produção.

Instalou-se um ensaio em Santarém, nos terrenos da Escola Superior Agrária, com o objetivo de avaliar a eficiência de dois sistemas de rega localizada, um com rampa enterrada (RE) o outro com rampa colocado à superfície (RS). Estudou-se ainda o efeito da antecipação do corte da rega aos 0, 3 e 7 dias antes da colheita. Avaliou-se a influência destes fatores na biomassa, produtividade total e comercial, cor, °Brix, pH e teor de licopeno dos frutos.

O ensaio foi instalado em parcelas aleatórias, de 8m², com quatro repetições. A dotação de rega em cada tratamento foi controlada com um caudalímetro. A monitorização foi efetuada por sondas capacitivas no local, a evapotranspiração potencial e restantes elementos meteorológicos através de uma estação meteorológica a cerca de 10km do local.

Não se registaram diferenças significativas na produtividade comercial estimada entre as modalidades RE 166,5 t/ha e RS e 168,8t/ha com níveis de eficiência na utilização da água para RE de 2,04 m³/t e para RS 2,16 m³/t.

O número de frutos e a concentração da maturação não diferiram estatisticamente em RE e RS, bem como os parâmetros de qualidade (cor, pH e teor de licopeno) com exceção do °Brix, 4,64° para RE e 5,03° para RS.

Os parâmetros cor, pH e teor de licopeno assim com a concentração da maturação e produtividade, não apresentaram diferenças estatisticamente significativas com o período do corte de rega aos 0, 3 e 7 dias da colheita.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum L.*, tomate de indústria, rega subterrânea, rega superficial, eficiência hídrica, produtividade, grau brix, cor, teor de licopeno

Abstract

Tomato for industrial processing is a culture with a strong tradition in the Lezíria region of the Tagus Valley and of high national economic importance, which uses high amounts of energy and intermediate production factors, namely water. In this sense, it is important to increase irrigation efficiency and the use of irrigation equipment in its production.

A trial was carried out in Santarém, on the grounds of the Escola Superior Agrária, with the objective of evaluating the efficiency of two localized irrigation systems, one with a buried ramp (RE) and the other with a ramp placed on the surface (RS). The effect of the anticipation of the irrigation cut at 0, 3 and 7 days before harvest was also studied. The influence of these factors on biomass, total and commercial productivity, color, Brix degree, pH and lycopene content of the fruits was evaluated.

The experiment was installed in random plots of 8m², with four replications. The irrigation allocation in each treatment was controlled with a flowmeter. Monitoring was carried out by capacitive probes at the site, the potential evapotranspiration and other meteorological elements through a meteorological station about 10 km from the site.

There were no significant differences in the estimated commercial productivity between the modalities RE 166.5 t/ha and RS and 168.8 t/ha with levels of efficiency in the use of water for RE of 2.04 m³/t and for RS 2.16 m³ /t

The number of fruits and the concentration of ripening did not differ statistically in RE and RS, as well as the quality parameters (color, pH and lycopene content) with the exception of the Brix grade, 4.64° for RE and 5.03° for RS.

The parameters color, pH and lycopene content, as well as the concentration of maturation and productivity, did not show statistically significant differences with the irrigation cut-off period at 0, 3 and 7 days of harvest.

Keywords: *Solanum lycopersicum*, industrial tomato, underground irrigation, surface irrigation, water efficiency, yield, brix grade, color, lycopene content

Índice	
Agradecimentos	i
Abreviaturas	ii
Resumo.....	iii
Abstract.....	iv
Índice de figuras.....	vii
Índice de quadros.....	ix
1.Introdução	1
2.Revisão bibliográfica.....	3
2.1 Evolução da produção de tomate em Portugal	3
2.2 Evolução dos sistemas de rega em tomate indústria	4
2.2 Vantagens e desvantagens da RE	5
2.3.1 Gestão da água	6
2.3.2 Influência na produtividade e qualidade	7
2.3.3. Gestão dos nutrientes	8
2.3.4 Análise económica.....	9
2.4 Trabalhos experimentais em RE desenvolvidos em Portugal.....	10
3.1 Localização do ensaio	11
3.3 Material vegetal.....	12
3.4 Caracterização do clima e elementos meteorológicos	12
3.5 Caracterização do equipamento	14
3.6 Instalação e acompanhamento do campo experimental .	17
3.6.1 Preparação do solo e plantação	17
3.6.2 Fertilização	18
3.6.4 Tratamentos fitossanitários	19
3.7 Delineamento experimental e observações.....	21
3.7.1 – Avaliação do sistema de rega enterrado vs. rega à superfície.....	21
3.7.2 – Avaliação do corte antecipado da rega	22
3.8 Cálculo das necessidades de rega.....	22

3.9 Análise estatística dos resultados	23
4. Resultados e discussão.....	24
4.1 – Avaliação do sistema de rega enterrada vs rega à superfície.....	24
4.1.1 – Dotação de rega	24
4.1.2 – Efeito dos tratamentos na produtividade comercial e rendimento económico.....	25
4.1.3 – Avaliação da eficiência de rega	28
4.1.4 – Evolução da evapotranspiração, coeficiente cultural e necessidades de rega.....	28
4.1.5 – Monitorização da humidade do solo.....	30
4.1.7 – Fases de desenvolvimento vegetativo	34
4.1.8 – Índice de área foliar (IAF)	36
4.1.9 – Número de frutos e concentração da maturação à colheita	37
4.2 - Avaliação do corte antecipado da rega.....	39
4.2.1 – Efeito no número de frutos e concentração da maturação.....	39
4.2.2 – Produtividade	39
4.2.3 – Efeito no teor de °Brix.....	40
5 – Conclusões	41
6 – Perspetivas de continuação dos estudos.....	42
7- Referencias Bibliográficas.....	43

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Evolução da superfície cultivada de tomate (ha) entre 2001 e 2021 em Portugal. (IFAP, 2021).....	3
Figura 2 : Evolução da produção (t) no período de 2001 a 2021 IFAP, 2021).....	4
Figura 3: Rendimento e eficiência de rega para quatro sistemas de rega, sulcos, RE (SSD) e RS alta frequência (HFSD) e baixa frequência (LFSD); adaptado de . Phene, et al (2018)	7
Figura 4: Escola superior agrária de santarém, situado na quinta do galinheiro, freguesia S. Salvador, concelho de Santarém.....	11
Figura 5: Valores da precipitação mensal acumulada (mm) e temperatura média (°c) nos meses do ensaio; (fonte: estação meteorológica de apoio ao ensaio).....	13
Figura 6: Menu de acesso aos dados plataforma iristrat; fonte: Hidrosoph(2021).....	14
Figura 7: Esquerda sonda de profundidade, direita logger; fonte: Hidrosoph (2021).....	15
Figura 8: Estação meteorológica; fonte: Hidrosoph(2021).....	15
Figura 9: Pormenor da colocação do caudalímetros no tratamento rs.....	16
figura 10: Pormenor da rega de plantação, efetuada logo após a plantação, no dia 26 de abril.....	18
Figura 11: Valores acumulados dos nutrientes ao longo dos períodos de desenvolvimento do tomateiro.....	19
Figura 12: Esquema experimental do campo de ensaio de sistemas de rega.....	21
Figura 13: Limites apresentados pela plataforma da cc e ce, e monitorização da humidade do solo em função das regas; fonte: Hidrosoph(2021).....	23
Figura 14: Dotação por tratamento re e rs em m ³ /ha, nos meses do ensaio.....	24
Figura 15: Efeito dos tratamentos (re e rs) na produtividade comercial em kg/ha.....	25
Figura 16: Efeito dos tratamentos (re e rs) no grau brix.....	27
Figura 17: Efeito dos tratamentos (re e rs) na eficiência de rega em kg de frutos comercializáveis /m ³ de água aplicada.....	28
Figura 18: Evolução da evapotranspiração, necessidades de rega e kc ao longo das principais fases de desenvolvimento da cultura. Plantação, início desenvolvimento vegetativo (idv), pleno desenvolvimento vegetativo (pdv), frutificação e maturação.....	30
Figura 19: Linha da cc (mm) limite rfu (mm) e acumulado (vol %) para re.....	31
Figura 20: - Teor de humidade volumétrica a 10cm, determinada através das sondas capacitativas.....	32

Figura 21: Teor de humidade volumétrica a 20cm, determinada através das sondas capacitativas.....	32
Figura 22: - Teor de humidade volumétrica a 30cm, determinada através das sondas capacitativas.....	33
Figura 23: Teor de humidade volumétrica a 40cm, determinada através das sondas capacitativas.....	33
Figura 24: Efeito dos tratamentos no peso seco total da planta (g/Plt). As barras verticais representam o IC para uma probabilidade de 95%.....	34
Figura 25 : Evolução dos valores de Kc e GDD ao longo das várias fases do tomateiro para as condições culturais da Quinta do Galinheiro.....	35
Figura 26: A: Fase inicial, B: Desenvolvimento vegetativo, C: Frutificação, D: Maturação.....	36
Figura 27: Valores do IAF médios medidos aos 40, 56,70 e 90 DAP, para RE e RS.....	37
Figura 28 : Efeito dos tratamentos (RE e RS) na % de frutos por classe de cor.....	38
Figura 29: Teores de brix para corte de rega aos 0,3, 7 dias e tetemunha....	38

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1: Característica variedade H 1015; fonte Nextera.....	12
Quadro 2: Dados climáticos referentes aos meses do ensaio; (Fonte: Estação meteorológica de apoio ao ensaio)	13
Quadro 3: Nutrientes em kg/ha e aplicação por fases ao longo do ciclo do tomateiro	18
Quadro 4: Produtos comerciais, substâncias ativas, data de aplicação, Intervalo de Segurança e dose aplicada por há.....	20
Quadro 5: Dotações por tratamento durante meses ensaio.....	24
Quadro 6: Efeito dos tratamentos na produtividade comercial (t/ha)	25
Quadro 7: Valores de brix, cor, pH e teor de licopeno	26
Quadro 8: Produção comercial, preço por kg e receita bruta por tratamento.....	27
Quadro 9: Evapotranspiração e necessidades de rega no ensaio durante os meses que decorreu, valores acumulados mensalmente; Dados: software de apoio ao ensaio.....	29
Quadro 10: Quantificação do IAF em (m ² /m ²), através do ceptometro aos 40,56,60, 90 DAP com valor de confiança a 95% entre parenteses.....	36
Quadro 11: Brix, cor pH, teor de licopeno e valorização em €/t.....	38
Quadro 12: Efeito dos tratamentos na % de frutos por corem 4 plantas, por níveis de fator corte de rega aos 0,3 e 7 dias	39

1.Introdução

A agricultura de regadio apresenta-se como um modo de ultrapassar uma limitação climática, permitindo ainda uma regularização das produções agrícolas, diminuindo a dependência dos ciclos climáticos, para além da melhoria da qualidade das produções.

Em Portugal, o setor agrícola é responsável por 75% do total de água utilizada, um número que contrasta com a média da União Europeia (24%) e chega a ser superior à média mundial (Souza et al., 2020).

O tomate para processamento industrial apresenta elevada importância económica e social na região da lezíria do vale do tejo e na economia nacional. Portugal produz em média 1 200 000 toneladas de tomate para a indústria, registando progressos relevantes na produtividade, atingindo neste domínio médias superiores à média da UE. A quase totalidade da produção de tomate transformado (93%) destina-se à exportação, com lugar de destaque para os mercados da UE e Japão (DRAPLVT, 2016). A agricultura influencia quer a quantidade, quer a qualidade da água disponível. Nalgumas zonas da Europa, a poluição causada por pesticidas e fertilizantes utilizados na agricultura continua a ser, por si só, uma das principais causas da má qualidade da água (AEA 2012).

A agricultura portuguesa apresenta elevados consumos de água (Fundação Calouste Gulbenkian, 2020). As alterações climáticas vão ocasionar maior frequência de épocas prolongadas de seca, com períodos de seca extrema. Deste modo, a curto e médio prazo será necessário mitigar desperdícios e racionalizar a utilização de um recurso cada vez mais escasso.

As alterações climáticas trazem um elemento adicional de incerteza no que respeita à disponibilidade de recursos hídricos. Tendo em conta as perspetivas de mudanças nos padrões da precipitação, é de esperar que, de futuro, a disponibilidade de água doce nalgumas regiões da Europa seja insuficiente para as necessidades (Brief, 2018).

O presente trabalho pretende dar um contributo em matéria de ganhos de eficiência na utilização dos recursos hídricos na produção de alimentos, no caso específico de produção de tomate industrial e adaptar a cultura aos novos desafios de um modo de produção mais sustentável.

A colocação da água junto à raiz da planta com elevada frequência, via rampa de rega enterrado, RE, apresenta importantes desafios; agronómicos e ambientais (Department of Earth Sciences, 2012)

A utilização do sistema de rega enterrada, por vários anos, diminui o impacto ambiental. Os sistemas de rega de utilização anual obrigam à reciclagem de toneladas de plástico e requerem enormes quantidades de energia para produzir, transportar, colocar e retirar do campo a fita de rega. Como a principal fonte de emissões de dióxido de carbono é a produção de energia, através da queima de combustíveis fósseis a utilização anual da fita de rega contribuirá também para as emissões de CO₂ da atmosfera. (AEA, 2018)

O sistema RE pode ser utilizado na produção de tomate como parte integrante de um modelo de agricultura de conservação. As mobilizações mínimas, as rotações culturais e ou as culturas intercalares, são conjugadas na utilização do mesmo sistema de rega em várias culturas anuais.

Em Portugal, são inexistentes ou relativamente escassos os trabalhos de experimentação para avaliação da rega enterrada, aplicada a culturas horto-industriais, como o tomate de indústria. Alguns dos trabalhos desenvolvidos tem deparado com algumas dificuldades, nomeadamente, a conjugação da profundidade de colocação da rampa com as características do solo e/ou com o entupimento dos emissores, através das raízes da cultura. A colocação no mercado de rampas de rega, que incorporam nos emissores tecnologias anti-entupimento pelas raízes, veio retomar o interesse pela aplicação desta tecnologia em maior escala.

O objetivo deste trabalho consistiu na avaliação de uma nova rampa de rega com emissores anti-entupimento, comparativamente ao sistema de rega com rampa colocada à superfície do solo. Foram avaliadas um conjunto de variáveis, tais como: a produtividade de tomate comercializável, o grau brix, o pH, a cor e o teor de licopeno. Avaliou-se ainda o efeito da antecipação do corte da rega, aos 0, 3 e 7 dias antes da colheita.

2.Revisão bibliográfica

2.1 Evolução da produção de tomate em Portugal

A evolução registada na área e quantidade de tomate produzido nos últimos anos dá indicações de uma cultura bem adaptada às condições edafo-climáticas existentes na lezíria do vale do tejo, portadora de um perfil tecnológico evoluído nas diferentes fases da cadeia de valor.

Diversas etapas ao longo do tempo contribuíram para a evolução da cultura; as negociações comunitárias que levaram a um aumento da cota de produção nacional (agora livre), a concentração da produção em organizações de produtores (OP) e o grande dinamismo da indústria na comercialização, num mercado internacional muito competitivo.

As razões apresentadas explicam o crescente interesse na cultura nas últimas duas décadas (Fig. 1) onde é visível a tendência de aumento da área plantada (IFAP, 2021).

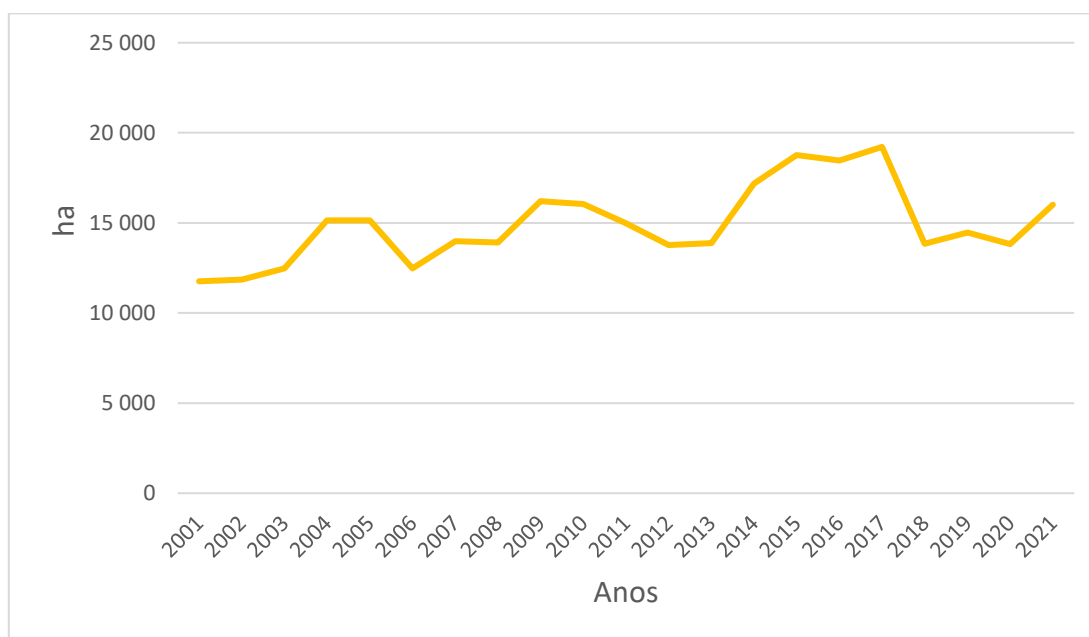


Figura 1: Evolução da superfície cultivada de tomate (ha) entre 2001 e 2021 em Portugal. (IFAP, 2021)

A evolução na produção, comparativamente com a área plantada, explica a continua evolução na cadeia produtiva, (Fig.2) (IFAP, 2021).

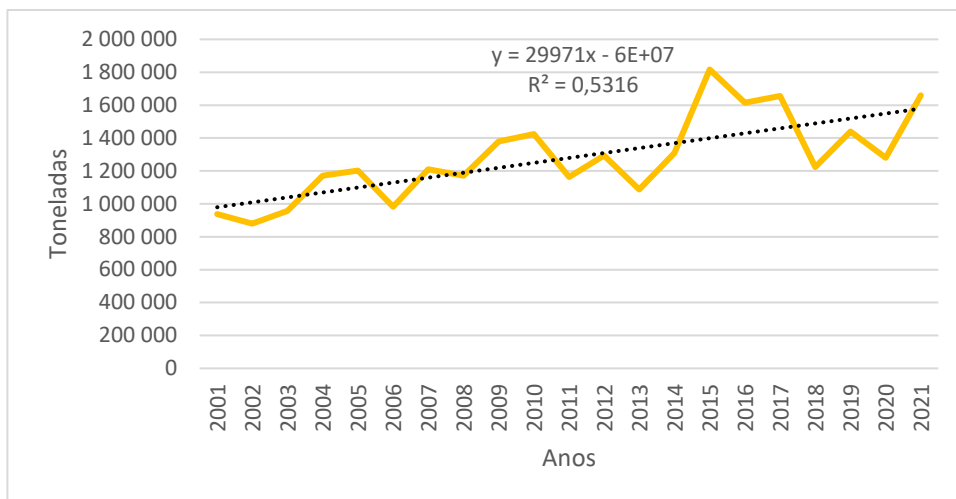


Figura 2 : Evolução da produção (t) no período de 2001 a 2021 (IFAP, 2021)

2.2 Evolução dos sistemas de rega em tomate indústria

O tomate para transformação industrial era irrigado por sulcos no passado, sistema com elevada utilização de mão de obra, com gastos elevados de água, uma parte considerável era perdida por percolação, com pouca uniformidade e alternância entre períodos secos e excesso de humidade no solo.(DRAPLVT. 2009)

A transição para a irrigação localizada superficial, com gota a gota, foi um salto qualitativo, quer em ganho de produção, quer em eficiência de rega, economia de combustíveis e mão de obra, possibilitando a mecanização total da cultura (Zoldoske, n.d.).

A tecnologia da rega subterrânea em Portugal tem sido mais adotada nas culturas perenes. A profundidade a que essa rega é enterrada, é de cerca de 10 centímetros. A pouca profundidade e o tempo de rega acabam por humedecer a superfície do solo, o que retira parte das vantagens enumeradas na adoção do referido sistema. Por outro lado, quer as dotações, quer o intervalo entre regas não são os mais adequados, por ausência de gestão da rega de acordo com as necessidades hídricas da cultura. (Souza et al., 2020)

Muitas das vezes não há recurso a fertirrigação, ou é realizada sem obedecer a um plano de acordo com o estado fenológico e respetivas necessidade em nutrientes para a planta.(Souza et al., 2020)

A adoção do sistema RE leva a ajustes na mobilização e distância entre linhas ou armação do solo. O sistema de rega tem de ser visto como uma componente perene, precisando, para o efeito, de manutenção e controle, a fim de evitar entupimentos que o ponham em causa. É a ferramenta que o agricultor qualificado pode usar e que,

combinado com seu bom controle, resultará em aumentos substanciais no rendimento e ou qualidade.(Levidow et al., 2014)

As vantagens resultantes deste sistema não são ainda adotadas pela produção de tomate de indústria em Portugal. As reconhecidas vantagens da rega subterrânea levam a que, em 2018, cerca de 80% da área ocupada por tomate para indústria na Califórnia fosse irrigada com base neste sistema (Griffin, 2018).

2.2 Vantagens e desvantagens da RE

A principal vantagem da rega subterrânea em tomate para a indústria, é promover a economia de água, restringir o crescimento de infestantes, melhorar a eficiência da fertirrigação devido à elevada uniformidade da irrigação, (Schwankl & Miyao, 1991).

A profundidade e o posicionamento dos tubos gotejadores subterrâneos são determinados pelas características do solo e pelas necessidades da cultura. Uma instalação eficiente faz com que a água se mova por ação capilar a uma profundidade de 10 a 50 cm abaixo da superfície, formando uma área húmida contínua ao longo das linhas das plantas. Os ciclos de irrigação frequentes (várias vezes ao dia) maximizam a ação capilar e minimizam o surgimento da água. (Ruskin, 2005)

Phene et al., (1987) concluíram que a rega subterrânea requer menos mão de obra que o sistema de rega superficial e aumenta a expectativa de vida do sistema de rega. O cultivo com o solo seco tem o potencial de reduzir a ocorrência de doenças, os rendimentos e certos componentes de qualidade são frequentemente melhorados.

Phene mostrou que um sistema RE pode ter mais 46% de volume húmido no solo do que um sistema de rega superficial de alta frequência, cada um aplicando a mesma quantidade de água.

Um sistema de rega subterrâneo, bem gerido, permite a sucessão de várias culturas com a mesma fita de rega; em trabalho de pesquisa realizado na Universidade Estadual da Califórnia, Fresno, foram plantados tomates, brócolos com tomate durante um dos três anos, feijão “nhemba” (dois anos) e melão (um ano) foram regados com o mesmo sistema (Phene, s.d.).

O enterrar as linhas de irrigação localizada não é novo. A intrusão das raízes e/ou outros entupimentos fizeram com que este sistema fosse limitado ou abandonada totalmente no passado. No entanto, novas estratégias estão atualmente disponíveis com o objetivo de superar esses obstáculos, tornando a RE uma alternativa viável.(Geoflow, 1995).

A RE apresenta algumas desvantagens, nomeadamente o custo de investimento, que é superior. No entanto o fato de ser um sistema com maior período de vida útil e, poder ser amortizado em vários anos, para além de se poder com participação financeira para a sua aquisição, constitui uma importante atenuante.

Quais os objetivos do agricultor e para quantos anos pretende manter o sistema é a primeira variável a ser equacionada.

Capacidade técnica, qualidade da água, intrusão de raízes, danos provocado por roedores , disponibilidade para manutenção, são alguns dos potenciais problemas do sistema de RE (Department of Earth Sciences, 2012).

2.3.1 Gestão da água

A produção de tomate em clima mediterrâneo leva a que, para serem atingidos rendimentos elevados , durante todo o ciclo da cultura elevadas dotações tenham de ser aplicadas (Patanèa & Cosentino 2010).

A preocupação com o uso eficiente da água na agricultura, cresce proporcionalmente com o aumento da escassez de água de boa qualidade, agravando a competição entre os diversos setores que dela dependem (Marouelli et al., n.d.).

Um dos desafios que a agricultura enfrenta, é aumentar a eficiência hídrica no fornecimento de água às plantas, através de sistemas de rega que economizem água (Sammis, T, 1980).

Quando utilizada a mesma dotação, a comparação entre RE e RS em várias culturas, mostrou que a RE permitiu obter produções iguais ou superiores, em relação à RS (Ruskin, 2005); (Griffin, 2018);..Este comportamento pode ser atribuído à menor evaporação, pelo facto de a superfície do solo se manter seco, as perdas de água são todas por difusão a partir da planta (Claude J Phene,2001);(Machado e Oliveira 2005).

A máxima eficiência hídrica alcança-se quando as perdas totais de água são através da transpiração, o que significa que não existem perdas de água por evaporação ($E=0$); os maiores ganhos de eficiência hídrica foi conseguida com sistema RE quando comparado com rega por sulcos e RS de alta e baixa frequência (Fig.3), (Phene, Hutmacher, & Davis 2001).

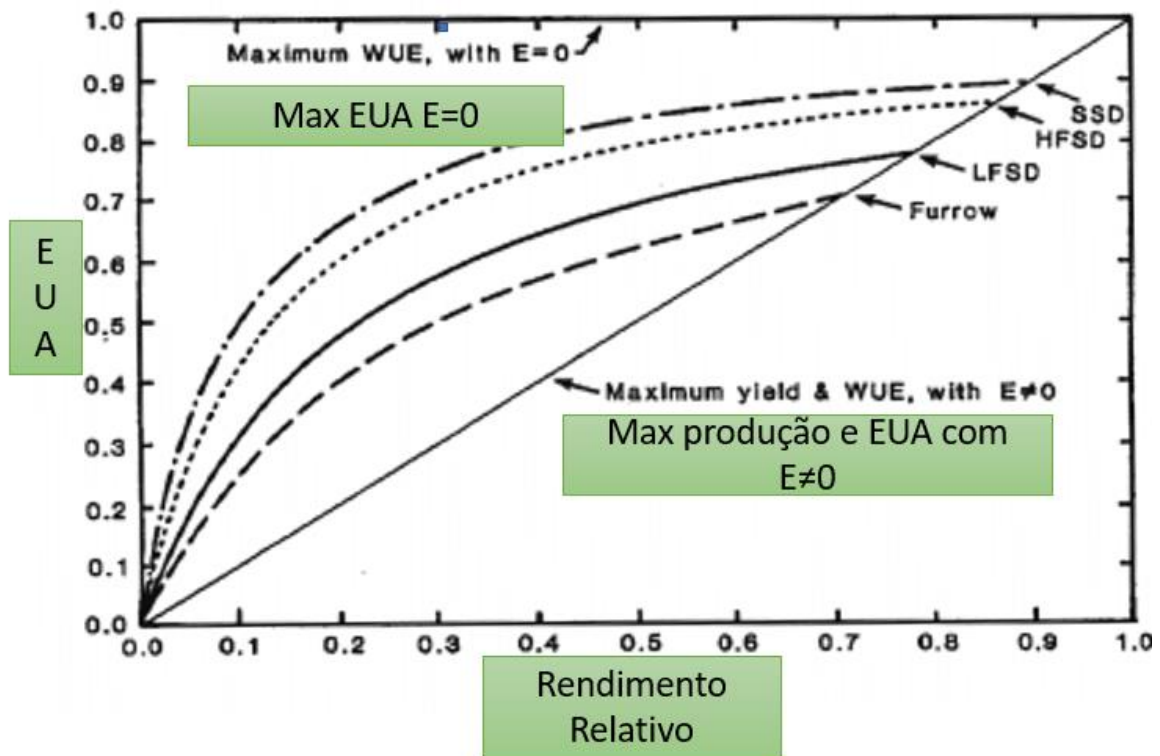


Figura 3: Rendimento e eficiência de rega para quatro sistemas de rega, sulcos, RE (SSD) e RS alta frequência (HFSD) e baixa frequência (LFSD); adaptado de Phene, et al (2018)

De acordo com Martínez & Reça, (2014) os ganhos de eficiência na RE e consequente aumento de produção estão relacionados com a maior uniformidade de rega, o que permite que o crescimento e divisão celulares não sejam afetados.,

Ruskin, (2005) verificou que para a mesma dotação o volume de solo húmido no sistema RE era 46% maior do que na RS, concluindo que esta diferença era devido à maior quantidade de ar no volume húmido de solo com RE, o que contribuía para um melhor enraizamento da cultura instalada.

2.3.2 Influência na produtividade e qualidade

Com o uso da rega localizada no tomate de indústria, a produção beneficia de maiores rendimentos, economia de água e energia. No entanto, quanto maior a produção menores são os sólidos solúveis, chamado de °Brix dos frutos, (Region & Sales, 2005).

O resultado de vários estudos tem deixado claro que um déficit hídrico induzido pode aumentar os sólidos solúveis. A rega deficitária controlada requer uma precisão

dentro de uma tolerância estreita, pois qualquer corte de rega em excesso pode ter implicações negativas no binómio qualidade/quantidade (Chalmers, 2002).

Mitchell & Sciences,(2009) estudaram, num ensaio com a duração de 12 anos, na Universidade Davis na Califórnia, o impacto de culturas de cobertura no sequestro de carbono, no escoamento superficial, no aumento da biodiversidade. Estes autores analisaram também o efeito do corte de rega na cultura do tomate em RE, nas várias etapas do seu ciclo e os seus efeitos no teor de sólidos solúveis, procurando uma relação de compromisso entre produção, teor de °Brix, gestão responsável dos recursos naturais e preservação e ou aumento da biodiversidade.

Em estudos com o mesmo objetivo (Phene et al., 2018) referiram que os principais fatores que afetam o rendimento e a qualidade do tomate são a gestão da água e a fertilidade do solo, fatores esses que, com o sistema RE, é possível gerir de forma a atingir uma produção de 200 t/ha.

O solo seco na superfície da cama de plantação no sistema RE tem o potencial de reduzir a ocorrência de doenças produzidas por fungos e reduzir a população de infestantes (Phene et al., 1987).

O Departamento de Ciências da UCD tem realizado diversos trabalhos experimentais com RE na procura de variedades de tomate com teores elevados de sólidos solúveis, o que gera economia de energia no processo industrial.

Gaudin e Amelie(2016), constataram que o corte de rega em tomate tem de ser realizado com alguns frutos verdes. No que respeita às emissões de gases de efeito estufa verificaram que com o sistema RE as emissões de óxido nitroso eram reduzidas de 70 e 80%, respetivamente em tomate e milho.

A adoção em crescendo do sistema RE, leva a que múltiplos estudos e ensaios sejam levados a efeito a fim de ver ate onde chega o potencial da RE; nesse sentido foi analisada a porosidade do solo e as características ótimas que podem levar ao crescimento da planta, aumento da respiração da raiz e da atividade microbiana aeróbia do solo (Mengel, K. and Kirkby, 2003). Goorahoo et al., 2016 demonstraram que o fornecimento de água com ar, adicionado via RE, aumentou em 33% o número de pimentos, em 39% o seu peso e, de forma significativa, a atividade microbiana aeróbia.

2.3.3. Gestão dos nutrientes

Efetuar irrigação sem injeção de fertilizantes é usualmente ineficiente resultando em pouco ou nenhuma melhoria de rendimento. A maior necessidade de nutriente

conjugada com um sistema radicular mais concentrado junto ao gotejador, é contrário às necessidades da planta (Phene et al., 2001).

Por outro lado, o fósforo, elemento com pouca mobilidade, tal como alguns micronutrientes, podem estar pouco disponíveis para a planta. Phene (2000) demonstrou que a fertirrigação, aplicada às linhas da plantação e um programa de fertilização diário afeta positivamente o rendimento do tomate.

A RE contribui para uma maior eficiência de fertilizantes, maior desenvolvimento do sistema radicular com mais superfície de solo explorado, menos infestantes, salinidade mais baixa devido à não evaporação da água de rega na superfície do solo (Schwankl & Miyao, 1991).

Em ensaios de tomate e milho com rega enterrada Lamm et al., (2018); Jian-Jun et al., (2015) e Fertilizer Application Innovation at California Dairies (2017) concluíram que a aplicação de nutrientes de forma precisa junto à raiz aumenta a eficiência química dos nutrientes. O sistema radicular é maior, o que leva a maior extração de nutrientes, os níveis de azoto podem ser reduzidos devido à eficiência do sistema e o fósforo aplicado no decurso da campanha aumenta a produtividade. Em contraste, as concentrações de nitratos aumentaram com a RE, o que apresenta um desafio para futuros trabalhos, para avaliar até que ponto se pode diminuir a fertilização sem prejudicar a produção (Fertilizer Application Innovation at California Dairies 2017.)

2.3.4 Análise económica

O valor que alguém está disposto a investir em tecnologia de RE, depende do número de utilizações e culturas adaptadas ao referido método de rega, assim como da tecnologia de mobilização de solo.(Reich, Godin, Chávez. 2014)

A água, recurso escasso, ainda não é visto como tal por muitos agricultores, mas para fazer uma análise económica comparativa à RE vs RS, o seu valor deveria ser considerado e quantificado (Stauffer, 2012).

Na análise económica aos dois sistemas de rega, a economia de água é uma das vantagens na RE; a reutilização do sistema de rega por vários anos, além de economia, diminui custos ambientais, levando em conta a dificuldade de reciclagem de toneladas de plástico com inertes, todos os anos após a colheita do tomate, sem esquecer a energia para produzir, transportar, aplicar e retirar do campo a fita de rega.

Os resíduos plásticos para além de apresentarem um custo, podem ser de difícil reciclagem, sendo três os seus destinos, atualmente: aterro sanitário, reciclagem mecânica e ou química (Miskolczi et al., 2009).

O investimento em sistemas perenes como a RE apresenta custos mais elevados de investimento e maior necessidade de conhecimento (Lamm, 2019).

A escolha de um sistema de rega deverá considerar: a cultura, a rotação, o tipo de solo, o tipo de mobilização a aplicar e qual a formação do utilizador, para, em função das variáveis apresentadas, escolher a opção que melhor se adapta às necessidades.

2.4 Trabalhos experimentais em RE desenvolvidos em Portugal

A ANPROMIS instalou, em 2014, um ensaio de rega enterrada, concluindo que, com este sistema havia uma poupança de 30% de água, para a mesma produção de milho.

Em estudo comparativo de RE e RS, Machado & Oliveira, (2004) concluíram que a RE contribuiu para um aumento de 14% da eficiência hídrica em tomate industrial.

Os ganhos da utilização da RE em Portugal, ainda não foram devidamente comprovados, devido à falta de conhecimento de alguns utilizadores.

As alterações climáticas com as anomalias no regime pluviométrico, menos precipitação associado ao aumento de temperatura, maior taxa de transpiração das culturas leva a que se encontrem soluções, em que haja menor uso de água e maior eficiência

3. Material e método

3.1 Localização do ensaio

O campo de ensaio com 96 m² foi instalado a 24 de abril de 2021 num terreno da Escola Superior Agraria de Santarém, situado na Quinta do Galinheiro, freguesia S. Salvador, concelho de Santarém (Fig.4). com as seguintes coordenadas geográficas, latitude 39°15'5.68"N; longitude 8°42'5.40"W



Figura 4: Escola Superior Agraria de Santarém, situado na Quinta do Galinheiro, freguesia S. Salvador, concelho de Santarém


3.2 Caracterização do solo

O campo de ensaio foi instalado num solo que pertence à ordem dos Cambissolos êutrico, que de acordo com a classificação da FAO, são solos recentes, derivados de matérias transportados de outros locais pela água, vento, ou gravidade, caracterizado por terem sofrido pouca eluviação com baixa capacidade de retenção de água (Cardoso, Bessa & Marado, 1973). Previamente à instalação da cultura foram retiradas amostras de solo para análise das suas características físicas e químicas. O solo apresenta as seguintes características: textura de campo grosseira; pH 7,5; matéria orgânica 1,6%; teor de P₂O₅ assimilável 657 mg.kg⁻¹; K₂O assimilável 90 mg.kg⁻¹; cálcio assimilável 1 018 mg.kg⁻¹; magnésio 151 mg.kg⁻¹.

3.3 Material vegetal

A variedade utilizada foi a cultivar Heinz 1015 (Quadro 1). Na escolha da variedade pesou o fato de ser uma variedade com forte presença em todos os mercados e a mais plantada em Portugal (Correia, n.d.)

Quadro 1: Característica variedade H 1015; fonte Nextera

Características	Cultivar H1015
Brix médio a alto	
Boa cor	
Excelente "Holding"	
Muito produtiva	
Ciclo 115 dias	
Resistência/Tolerância a doenças VFFNPCm	
Holding: Capacidade de espera no campo	
Cm: <i>Clavibacter michiganensis</i> subsp.	V: <i>Verticillium</i> ; P: <i>Pseudomonas</i> FF: <i>Fusarium</i> raça 1 e 2

3.4 Caracterização do clima e elementos meteorológicos

O Ribatejo está inserido numa região que segundo a classificação de Köppen se considera de clima temperado com inverno chuvoso e verão quente e seco (IPMA, 2018.)

O ensaio decorreu numa primavera com alguma precipitação e um verão de temperaturas amenas e seco sem grandes valores de temperatura elevadas (Quadro 2). A temperatura média ideal para a cultura deve situar-se nos 21°C, no entanto tolera uma amplitude térmica entre os 10 e 34 °C (Embrapa Hortaliças, 2006)

Quadro 2: Dados climáticos médios referentes aos meses do ensaio de 2021; (Fonte: Estação meteorológica de apoio ao ensaio, situada em Almeirim).

	abril	maio	junho	Julho	agosto
Temperatura máxima (°C)	22,3	25,3	28,4	30,2	31,1
Temperatura mínima (°C)	9,7	12,0	12,7	13,4	12,9
Temperatura média (°C)	16,9	18,6	20,5	21,8	22,0
Precipitação (mm)	92,8	18,4	10,6	0,4	0,0

Na (Fig.5) é apresentada a evolução das temperaturas médias e precipitação nos meses em que decorreu o ensaio do verão de 2021

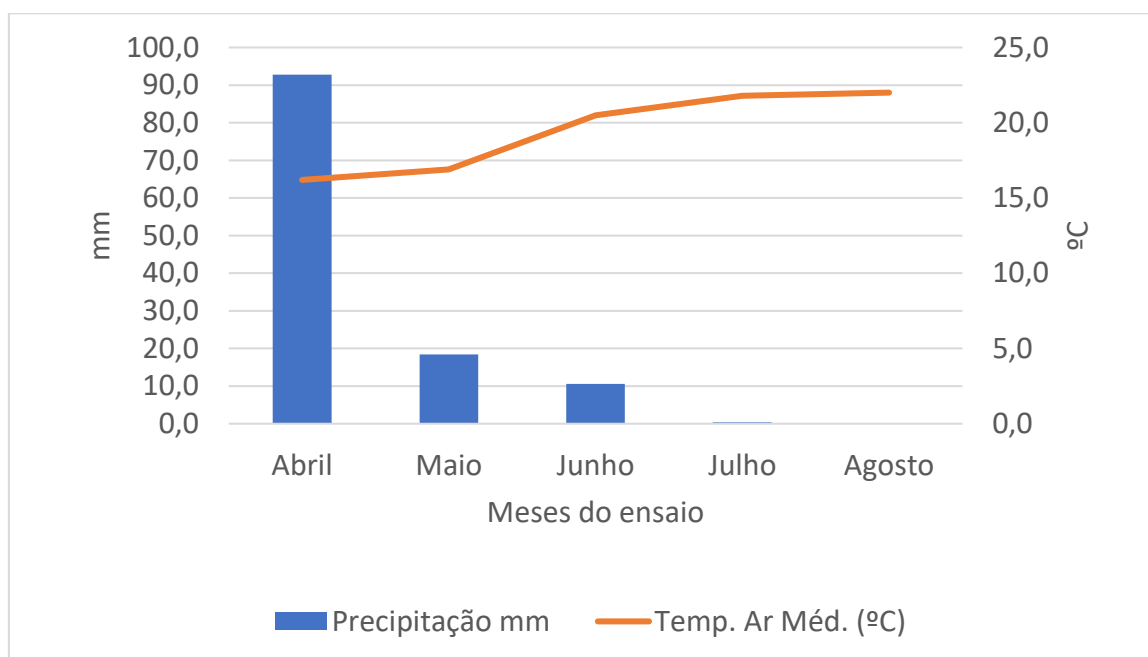


Figura 5: Valores da precipitação mensal acumulada (mm) e temperatura média (°C) de 2021 nos meses do ensaio; (Fonte: estação meteorológica de apoio ao ensaio).

3.5 Caracterização do equipamento

O sistema de rega foi pensado e montado visando fornecer água às plantas em quantidade suficiente para prevenir o stress hídrico, favorecer o aumento da produtividade e qualidade da produção, minimizar o desperdício de água e lixiviação de nutrientes.

A irrigação foi efetuada com recurso de uma plataforma para gestão de rega que usa um software da “Irristrat”, (Fig.6) com recurso aos indicadores de irrigação: teor de água no solo (estimado através de sondas capacitivas) e evapotranspiração cultural.



Figura 6: Menu de acesso aos dados plataforma irristrat; Fonte: (Hidrosoph, 2021)

Nos indicadores da rega com base no solo foram utilizadas 2 sondas de capacitância (que funcionam através de um campo elétrico de alta frequência criado em redor de cada sensor) com 4 sensores, colocados aos 10, 20, 30 e 40cm de profundidade, 2 “loggers” e 2 unidades de comunicação para registo e envio de dados, (Fig.7) As sondas, foram calibradas a fim de validar as leituras obtidas.



Figura 7: Esquerda sonda de profundidade, direita logger; Fonte: (Hidrosoph 2021)

Para os dados meteorológicos foi utilizada uma estação Meteo E (Fig.8) que monitoriza e regista velocidade do vento, temperatura e humidade do ar, precipitação, tempo de folha molhada e radiação solar



Figura 8: Estação meteorológica; Fonte: Hidrosoph,(2021)

O volume de água foi medido com o auxílio de 2 caudalímetros (Fig.9) um por tratamento.



Figura 9: Pormenor da colocação do caudalímetros no tratamento RS;

Um programador, marca “Agronic”, modelo 400, foi utilizado na programação da rega.

A escolha do tipo de rega a utilizar; espessura, espaçamento entre gotejadores, débito nominal e profundidade a colocar a cinta ou tubo gotejador, depende das características do solo, das culturas a irrigar, da estratégia de mobilização do solo e da passagem de máquinas e/ou equipamentos no terreno. Nos solos de textura mais grosseira (solos arenosos) o tubo deve ser colocado mais próximo da superfície (± 10 cm), em solos de textura mais fina (solos argilosos) o tubo porta gotejadores deve ser colocado mais profundamente (± 40 cm), por forma a evitar que a água suba por ascensão capilar até à superfície do solo (ANPROMIS, 2014). No campo de ensaio o sistema RE, foi colocado a 20 cm de profundidade, considerando a textura do solo em causa-

Em ambos os tratamentos (RE e RS) a dotação dos gotejadores foi de 3 litros / hora/metro.

No sistema RS foi utilizada uma fita de rega marca “Rivulus” com espaçamento entre gotejadores de 30 cm; para o sistema RE foi utilizado um tubo com gotejadores auto compensante, com tecnologia “ROOTGUARD”, para prevenção de intrusão de raízes, com espaçamento entre gotejadores de 40 cm.

Foram colocados ainda dois manómetros para monitorizar a pressão de funcionamento na tubagem, uma bomba doseadora e condutas de transporte de água.

A irrigação localizada (RE e RS) teve início 10 dias após plantação, quando o sistema radicular das plantas já se encontrava desenvolvido, de tal forma que chegasse ao bolbo húmido formado no solo abaixo da superfície por RE .

A irrigação foi ordenada pelo programador agronic, com dados inseridos manualmente e diariamente. A quantidade de água a aplicar (mm) foi determinada com base no coeficiente cultural e da ET_0 . O intervalo entre regas e a duração de cada ciclo foi determinado em função do movimento da água no solo, da observação dos gráficos criados pela plataforma. Face às observações, foi considerada a rega por alta frequência com tempos de 20 minutos cada, dotações de cerca de 0,6 mm, dotação tal que permitiu manter o nível de humidade constante e próximo à capacidade de campo.

3.6 Instalação e acompanhamento do campo experimental

Quando da instalação do ensaio foi criada uma ficha para anotação das ocorrências diárias (A.1).

3.6.1 Preparação do solo e plantação

Os trabalhos de preparação do solo e colocação da fita de rega foram iniciados a 24 de abril de 2021. A mobilização do solo foi superficial para controle de algumas infestantes, não houve reviramento de leiva, nem mobilização em profundidade, (mobilização de conservação), sendo montado os sistemas de rega RE e RS, sondas de monitorização e caudalímetros.

A plantação, foi realizada em linha simples com a variedade H 1015, no dia 26 de abril. A distância na linha, entre plantas, foi de 20 cm, o que equivale a uma densidade de 33 333 plantas por ha e a distância da entrelinha foi de 1,5m. Cada linha de tomateiros é irrigada por um tubo com gotejadores. Procedeu-se a uma rega através de sistema de rega por aspersão (rega de plantação) efetuada com o objetivo de vencer a crise de transplantação. (Fig.10).



Figura 10: Pormenor da rega de plantação, efetuada logo após a plantação, no dia 26 de abril.

3.6.2 Fertilização

A fertilização foi realizada com base na metodologia definida por Phene, (2000) (Quadro 3). A fertilização foi aplicada via fertirrigação, em todos os momentos de rega, as quantidades foram ajustadas de acordo com curva de extrações tendo por base uma produção de 175 toneladas por hectare (Quadro A-.2)

Quadro 3: Nutrientes em kg/ha e aplicação por fases ao longo do ciclo do tomateiro.

Fase	SAP	N	K ₂ O	P ₂ O ₅	CaO	MgO	Micro	M.O.
Crise transplantação	3	16	16	9	8	5	2	25
	4	16	16	9	8	5	2	25
Vegetativo	5	16	16	9	8	5	2	25
	6	16	16	9	8	5	2	25
	7	16	16	9	8	5	2	25
Floração	8	25	30	9	14	7	2	25
	9	25	30	9	14	7	2	25
	10	25	30	9	14	7	2	25
	11	25	30	9	14	7	2	25
Crescimento dos frutos	12	14	28	8	12	6	2	25
	13	14	28	8	12	6	2	25
	14	14	28	8	12	6	2	25
	15	14	28	8	12	6	2	25
	16	14	28	8	12	6	2	25
Total	14	250	340	121	156	83	28	325

Os valores acumulados em kg/ha acumulados podem ser observados na (Fig. 11).

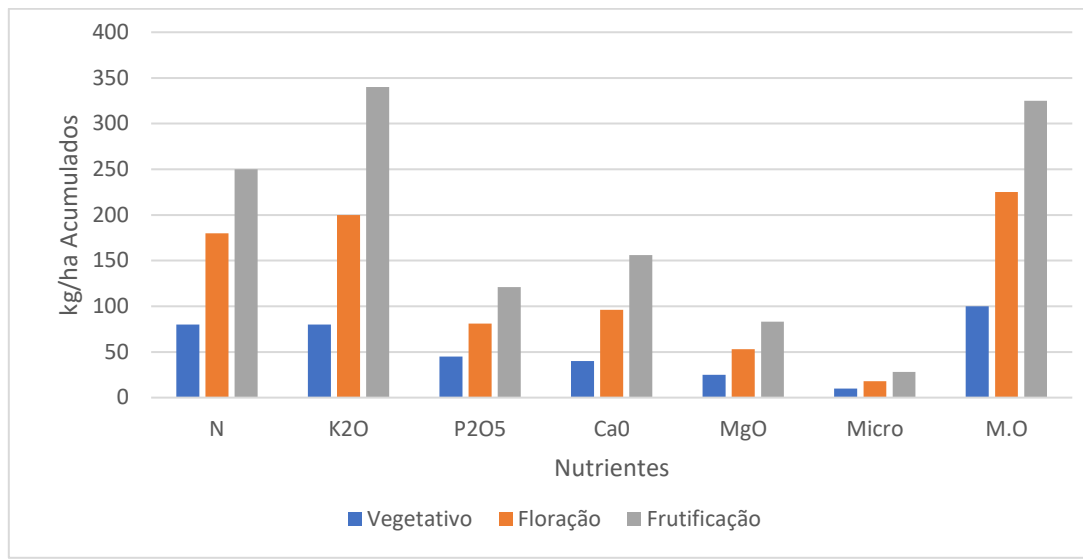


Figura 11: Valores acumulados dos nutrientes (kg/ha) ao longo dos períodos de desenvolvimento do tomateiro

3.6.4 Tratamentos fitossanitários

Na proteção da cultura foram utilizados produtos homologados para o tomateiro para processamento industrial conforme base de dados da SIFITO (DGAV). No (Quadro 4) são mencionados os produtos comerciais utilizados, as substâncias ativas, o intervalo de segurança e as quantidades aplicadas por ha.

Em meados de junho houve alguma precipitação com temperaturas elevadas, (25 a 30°C) o que criou condições de risco para a *Alternaria solani*.

O controle de pragas foi monitorizado de forma visual e ao aparecimento das primeiras larvas de lagarta *Helicoverpa armígera* foi efetuado o seu controlo com o inseticida biológico à base de *Bacillus thuringiensis*. Não houve ocorrência de afídeos.

As infestantes foram controladas na fase de plântula. Algumas espécies resistentes *Cyperus rotundus* e *Solanum nigrum* foram controladas manualmente.

Quadro 4: Produtos comerciais, substâncias ativas, data de aplicação, Intervalo de Segurança e dose aplicada por ha.

Data	Doença/Praga	Produto	Substância Ativa	I.S.	Dose/
26/4	<i>Phytophthora infestans</i>)	Calda Bordalesa	20% (p/p) de cobre	7 Dias	4,0 kg
10/5	<i>Phytophthora infestans</i>)	Ridomil Gold R WG	141,9 g/kg ou 14,19 % (p/p) cobre 20 g/kg ou 2 % (p/p) metalaxil-M	3 dias	4,0 kg
15/5	<i>Infestantes</i>	Sencor	600 g/l Metribuzina	N/aplicável	400 ml
30/5	<i>Phytophthora infestans</i>)	Calda Bordalesa	20% (p/p) de cobre	7 Dias	4,0 kg
30/5	<i>Infestantes</i>	Sencor	600 g/l Metribuzina	N/aplicável	400 ml
8/6	<i>Phytophthora infestans</i>	Calda Bordalesa	20% (p/p) de cobre	7 Dias	4,0 kg
17/6	<i>Alternaria solani</i>	Cabrio duo	40g/l Piraclostrobina 72 g/l dimetomorfe	3 Dias	2 l
	<i>Helicoverpa armigera</i>	Turex	Bacillus thuringiensis 3,8% p/p	N/aplicável	1 kg
1/7	<i>Helicoverpa armigera</i>	Turex	Bacillus thuringiensis 3,8% p/p	N/aplicável	1k
	<i>Leveillula taurica</i>	Kumulus	80% p/p enxofre	N/aplicável	3 kg
20/7	<i>Alternaria solani</i>	Ortiva top	18% (p/p) de azoxistrobina e 11,3% (p/p) de difenoconazol	7 dias	1 l

A anteceder a aplicação dos produtos fitossanitários mencionados foi realizada calibração do pulverizador de pressão de jato projetado de dorso, através de ensaio em branco, sendo com bico cônico para inseticidas e fungicidas e com bico de leque para herbicidas. A quantidade de calda aplicada foi de 400 L/ha em todos os tratamentos.

3.7 Delineamento experimental e observações

3.7.1 – Avaliação do sistema de rega enterrado vs. rega à superfície

O esquema experimental consistiu em 8 parcelas aleatórias com 8 m de comprimento por 1,5 m de largura, ou seja, com a área de 12m². Foram consideradas 4 repetições nos dois tratamentos RE e RS (Fig.12).

RS	RE	RS	RE	RE	RS	RE	RS
R1	R4	R4	R1	R3	R2	R2	R3

Figura 12: Esquema experimental do campo de ensaio de sistemas de rega.

Dados climáticos e informação sobre dotações e registos de água aplicada eram observados em tempo real e armazenados na plataforma “Irristrat”.

Foram realizadas as seguintes observações e registadas as seguintes informações: desenvolvimento das plantas, infestantes e monitorização de pragas. Semanalmente, com o auxílio de termóhigrometro digital (um por tratamento) foi registada a humidade relativa, a temperatura máxima e mínima, ao nível do solo, junto à planta.

Foram realizadas leituras com ceptómetro aos 40 dias após plantação (DAP) (8 junho), 56 DAP (24 junho), 70 DAP (7 julho) e aos 90 DAP (28 julho) para avaliar o índice de área foliar (IAF) em ambos os tratamentos. O índice de área foliar é a relação entre a área foliar das plantas e a área de terreno ocupada pelas mesma plantas (Zanon et al., 2015). É um índice adimensional que está relacionada com a produtividade da cultura, por via da duração de área foliar, que integra a curva do IAF e que expressa a duração e a dimensão do aparelho fotossintético e deste modo a intercetação da radiação solar (Heiffig et al., 2002).

Foram efetuadas observações e quantificações de um conjunto de variáveis que permitiram avaliar o efeito dos tratamentos RE e RS na eficiência hídrica e no desenvolvimento das plantas: IAF, dotação de rega, biomassa e produtividade.

Em 26 de agosto foram colhidas amostras de 5 plantas por tratamento e repetição; separados os frutos vermelhos verdes e podres, folhas, caules e cachos florais para

avaliação dos componentes do rendimento, concentração da maturação e estimativa da produtividade. Depois de separados, estes componentes foram pesados em verde, em balança centesimal, e colocadas em estufa ventilada, a 65°C, até peso constante (sensivelmente 3 dias). Posteriormente o material foi pesado na mesma balança, para determinação da matéria seca.

Para analisar a influencia dos tratamentos RE e RS, foram avaliados os parâmetros de qualidade: °Brix, cor, acidez, pH e teor de licopeno.

3.7.2 – Avaliação do corte antecipado da rega

Aos 104 DAP (11 de agosto) todas as fitas de rega foram cortadas ao meio e foram sujeitas a corte de rega de 50% da dotação total. Das linhas sujeitas a 50% da dotação foi cortada a rega definitiva à linha 1 e 8 (C7 dias) aos 112 DAP. Aos 116 DAP foi repetido o procedimento para a linha 2 e 7 (C3 dias) isto tanto para o tratamento RE como para o RS. As restantes linhas foram consideradas como tratamento testemunha, isto é, C0 dias, apenas com redução de 50% de dotação desde os 104 DAP. Foram colhidas 4 amostras de 4 plantas por tratamento, das plantas com corte rega, sendo avaliado a influencia da antecipação do corte de rega na produtividade comercial, produção total, peso médio e número de frutos vermelhos, laranjas e verdes por planta. Foi ainda avaliado os parâmetros de qualidade: cor, grau Brix, teor de licopeno e acidez. Estas determinações foram realizadas pelo laboratório da unidade de transformação industrial Italogro.

3.8 Cálculo das necessidades de rega

O cálculo da necessidade de rega foi realizado com base na evapotranspiração de referência (ET_0), utilizando o modelo de Penman-Monteith. A plataforma “Irristrat” fornece informação diária das necessidades hídricas através da ET_0 multiplicada pelo coeficiente cultural (K_c) definido com base no integral térmico, cujo valor acumulado determina o estado fenológico da cultura. A plataforma utiliza valores de K_c validados para cada variedade de tomate, no caso em estudo a variedade H1015. A ET_0 é estimada para os 7 dias seguintes com base na previsão meteorológica, sendo ajustada ao dia (Lamm et al., 1991).

A sugestão de rega é calculada automaticamente, os acertos de rega foram efetuados com base na observação do campo e teores de humidade do solo verificados nos gráficos fornecidos pela plataforma em tempo real. (Fig.13)



Figura 13: Limites apresentados pela plataforma da cc e ce, e monitorização da humidade do solo em função das regas; Fonte: Hidrosoph(2021)

A informação dada pela plataforma quanto à dotação diária era colocada manualmente no programador de rega, pelo fato de o terreno ser de textura grosseira com pouca capacidade de retenção, a rega de alta frequência, 8 a 10 vezes ao dia foi o modelo implementado.

O volume de água utilizada diariamente e por tratamento foi medido pelos caudalímetros e observada na plataforma

3.9 Análise estatística dos resultados

Para análise e tratamento estatístico dos dados recolhidos no campo, foi utilizado o programa excel da plataforma Office. A análise de variância entre e dentro dos tratamentos foi efetuado através do teste F, Anova, considerando um único fator e as repetições das observações. Para se proceder ao teste definiu-se um nível de significância de 0,05 ($\alpha=0,05$); ou seja, uma probabilidade de 95 %

4. Resultados e discussão

4.1 – Avaliação do sistema de rega enterrada vs rega à superfície

4.1.1 – Dotação de rega

Era expectável que a dotação para os dois tratamentos fosse muito próxima, porque pese embora o facto de estarmos em presença de dois sistemas de rega de marcas diferentes, os valores de dotação unitários são semelhantes. Pela análise dos valores (Quadro 5 e Fig.14) verifica-se que a quantidade de água utilizada nos dois tratamentos foi similar.

Quadro 5: Dotações por tratamento durante meses do ensaio

Meses	Tratamentos	
	RS (m ³ /ha)	RE (m ³ /ha)
Abril	92	91
Maio	343	340
Junho	1 346	1 335
Julho	2 726	2 703
Agosto	1 342	1 331
Total	5 848	5 800

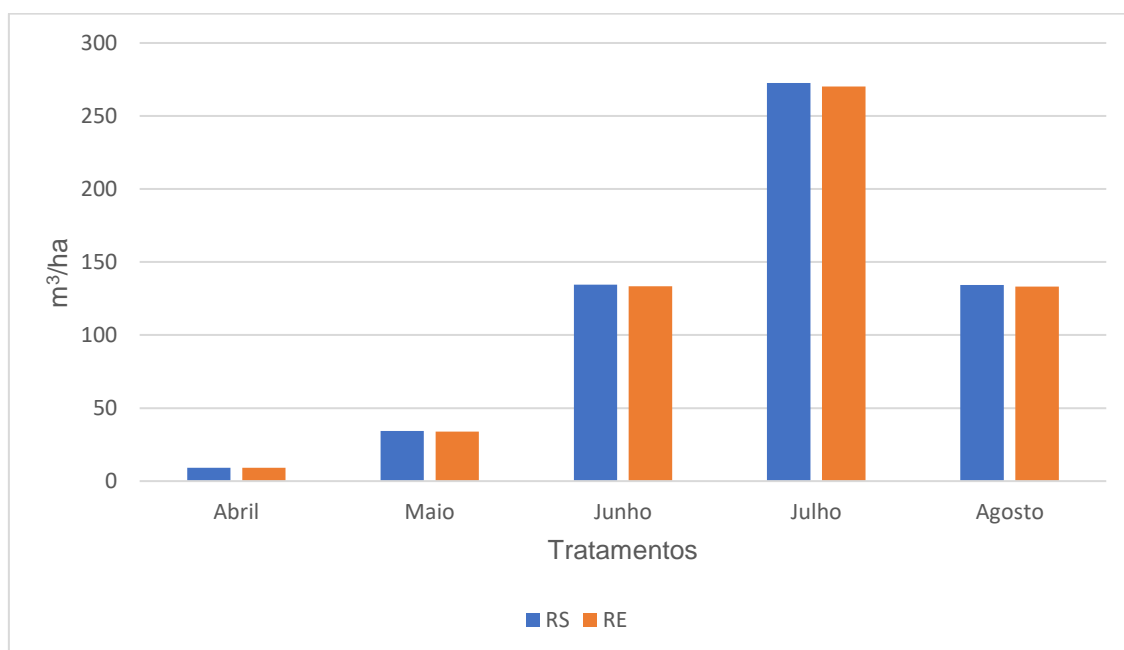


Figura 14: Dotação por tratamento RE e RS em m³/ha, nos meses do ensaio

4.1.2 – Efeito dos tratamentos na produtividade comercial e rendimento económico

Pela observação do (Quadro 6) e gráfico da (Fig. 15) podemos verificar que a produtividade de frutos comerciais não foi influenciada pela tecnologia de rega. Deste modo, prova-se que o sistema de rega enterrada, tal como foi conduzido, foi eficaz permitindo alcançar o mesmo nível de produtividade da testemunha RS.

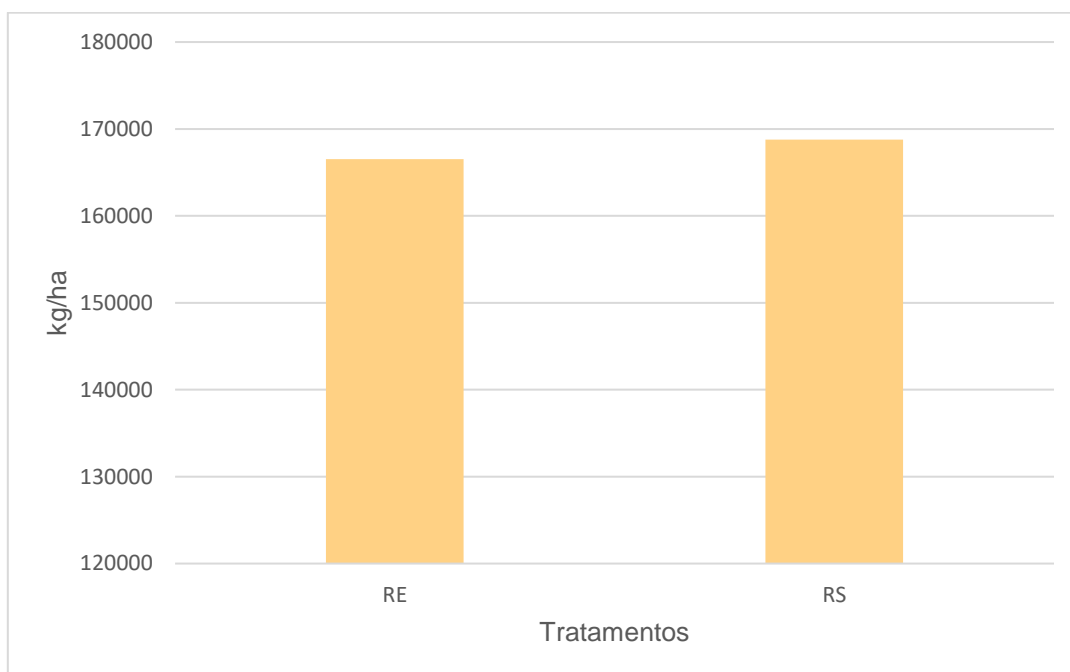


Figura 15 : Efeito dos tratamentos (RE e RS) na produtividade comercial em kg/ha.

Quadro 6: Efeitos dos tratamentos na produtividade comercial (t/ha)

	Tratamentos	
	RE	RS
Produtividade (t/ha)	166,5	168,8
Valor p	0,8639	

Nota: Anova a um fator (A.3)

Podemos questionar a razão pela qual a produtividade em RE não foi superior a RS. O nível de produtividade alcançado está nitidamente acima da produtividade média comercial da principal região produtora em Portugal. A produtividade média estatística segundo dados do Instituto Nacional de Estatística (2021) é de aproximadamente, 100t/ha, Os valores obtidos situam-se 60% acima desse valor. Deste modo, podemos

afirmar que a produtividade comercial alcançada se aproximou do potencial produtivo, para as condições de clima e de solo, indicando que a cultura foi conduzida nos dois tratamentos em conforto hídrico e nutritivo. Por outro lado a plataforma de apoio dava valores de evapotranspiração, que correspondiam às necessidades hídricas de RS, ficando RE com excesso de água. Em futuros trabalhos com dotações adequadas é expectável que a redução da dotação no sistema de RE possa aumentar a eficiência de rega, permitindo alcançar maiores produtividades por m³ de água aplicada, uma vez que as perdas por evaporação, à superfície do solo, neste sistema são inferiores. (Martinez & Reça, 2014)

A profundidade excessiva do sistema RE (20 cm) para um solo de textura grosseira, levou a que fossem aplicadas dotações em excesso, pelo motivo de as sondas de controle de humidade apresentarem valores um pouco baixos aos 10 e 20 cm de profundidade quando comparativamente ao tratamento RS

O desperdício da água de irrigação, além de aumentar os custos de produção acarreta custos ambientais pelo comprometimento de disponibilidade e qualidade da água no futuro (Marouelli et al., n.d.).

Relativamente aos parâmetros: cor, pH, teor de licopeno e °Brix, pese o facto de haver diferenças conforme apresentado no (Quadro 7), elas não são estatisticamente diferentes. O parâmetro °Brix mesmo não apresentando diferenças significativas (Fig.16), tem influência no valor do tomate

Quadro 7: Valores de °Brix, cor, pH e teor de licopeno por tratamento,

Tratamentos	°Brix	Cor	pH	Teor de licopeno
RE	4,64	2,14	12,92	17,3
RS	5,03	2,15	12,86	18,3

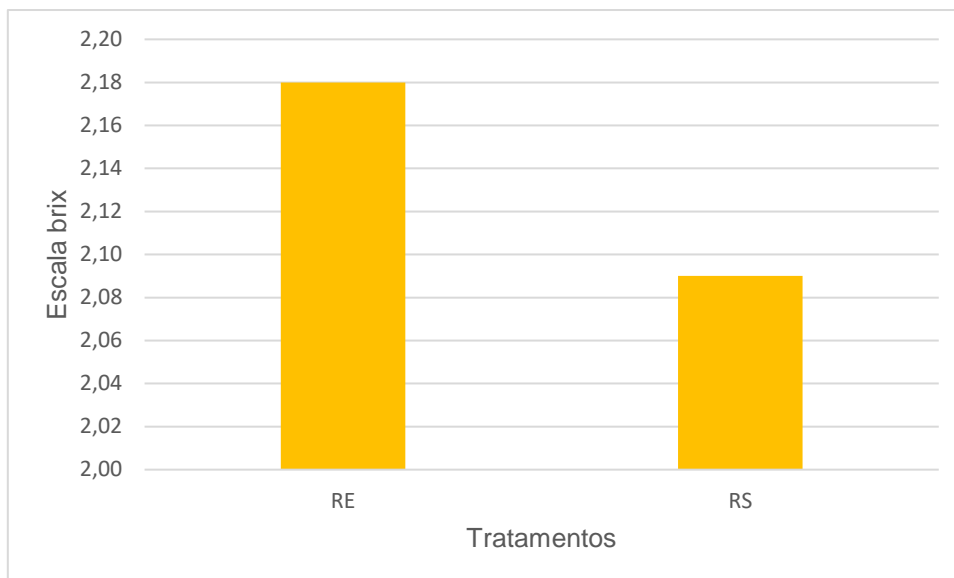


Figura 16: Efeito dos tratamentos (RE e RS) no °Brix.

Na determinação do rendimento económico consideraram-se os valores pagos pela indústria transformadora, em função do °Brix e da cor dos frutos (anexo 3). Os valores médios dos parâmetros de qualidade, cor, °Brix e respetiva valorização em euros por quilo e receita por ha podem ser observados no (Quadro 8).

Quadro 8: Produção comercial, preço por kg e receita bruta por ha por tratamento

Tratamentos	Produção comercial (t/ha)	Preço medio (€/kg)	Receita bruta (€/ha)
RE	166,5	71	11 821
RS	168,8	75	12 660

A diferenças na receita €/ha dos dois sistemas de rega em estudo, resultou do efeito dos tratamentos ao nível do °Brix, permitindo alcançar um preço médio (€/t) mais elevado em RS, relativamente à RE.

4.1.3 – Avaliação da eficiência de rega

Por eficiência de uso de água entende-se a quantidade biomassa produzida por unidade de água usada . Neste trabalho, considerou-se a relação entre a produtividade comercial (kg/ha) e dotação de rega (m³/ha) aplicada e quantificada em cada um dos tratamentos.

Num trabalho realizado no sul de Espanha em olival , com dois sistemas de rega, RE e RS foi observado que o rendimento em azeitona e azeite foi sempre superior no sistema RE em qualquer dos anos do estudo e dotações aplicadas (Martinez & Reca, 2014), em trabalhos realizados em tomate industria (Pascale et al., 2011) obtiveram eficiências hídricas de 24,33 kg/m³ e 24,5 kg/m³ respetivamente

Na (Fig. 17) pode-se observar que os valores foram muito semelhantes entre os tratamentos, apresentando o tratamento RS (28,86 kg/m³) um valor absoluto ligeiramente superior a RE (27,71 kg/m³), não havendo diferenças estatísticas, o que foi comprovado com análise estatística com Anova (anexo 4) a um fator, (p-value 0,9486 >α 0,05) , não existiu influencia dos fatores na produtividade, daí se aceitar a hipótese nula de igualdade entre tratamentos

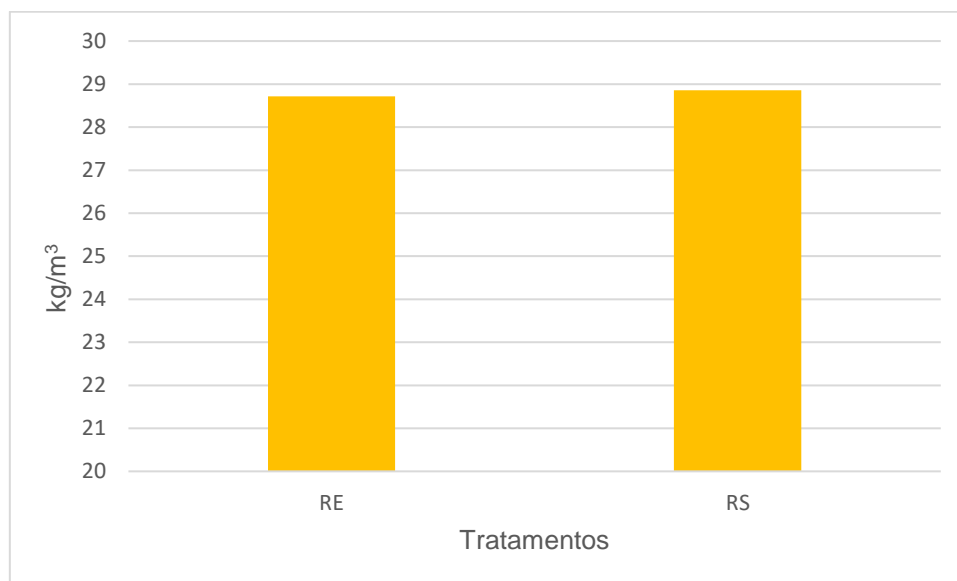


Figura 17: Efeito dos tratamentos (RE e RS) na eficiência de rega em kg de frutos comercializáveis /m³ de água aplicada.

4.1.4 – Evolução da evapotranspiração, coeficiente cultural e necessidades de rega

A abordagem à irrigação baseada nos indicadores atmosféricos, permite-nos saber quanto regar. Essa informação é dada pela recolha de dados da estação meteorológica: temperatura do ar, velocidade do vento a 2 metros de altura do solo, humidade relativa

do ar e saldo da radiação. A partir desses dados é possível calcular a ET_0 , segundo a parametrização da ONU para a agricultura (FAO). Allen et al., (1998) expressa a influencia dos elementos meteorológicos sobre uma cultura de referência a relva com 12 cm de altura, com resistência de superfície constante 70 s/m. A ET_0 representa as perdas potenciais de água dum relvado devidamente regado e mantido. Com base nos valores diário de perda de água por evapotranspiração é possível realizar uma gestão correta de rega, repondo no solo as perdas de água desde a rega anterior (Shahidian, 2012). Uma vez calculada a evapotranspiração é necessário converter os valores para a cultura em causa. Para o efeito, é necessário multiplicar o valor encontrado para a ET_0 por um coeficiente, designado coeficiente cultural K_c (Rodrigues, 2012). O K_c evolui em função do estado de desenvolvimento da cultura. Este coeficiente vai desde um valor mínimo na fase inicial da cultura, até um valor máximo por altura da floração, que se mantém até ao vigeamento dos frutos, caindo gradualmente até à maturação dos frutos. Assim chegamos à ET_c através da fórmula $ET_c = ET_0 * K_c$. No (Quadro 9) pode-se observar a relação entre a evapotranspiração e as necessidades de rega, resultante do K_c .

Quadro 9: Evapotranspiração e necessidades de rega no ensaio durante os meses em que decorreu; valores acumulados mensalmente Dados: software de apoio ao ensaio

Data	Nº dias	Evapotranspiração (mm)	Necessidades de rega (mm)
Abril	5	24,3	7,6
Mai	31	75,9	28,3
Junho	30	156,6	111,2
Julho	31	178,5	225,3
Agosto	26	136,0	110,9

As necessidades de rega são calculadas de forma automática, conforme descrito ponto (3.8 cálculo das necessidades de rega)

Com base em dados recolhidos na plataforma pode-se verificar a relação entre os vários estados de desenvolvimento, K_c , evapotranspiração e necessidades de rega (Fig.18). A fase de maiores necessidades de rega coincide com o valor de evapotranspiração mais elevado.

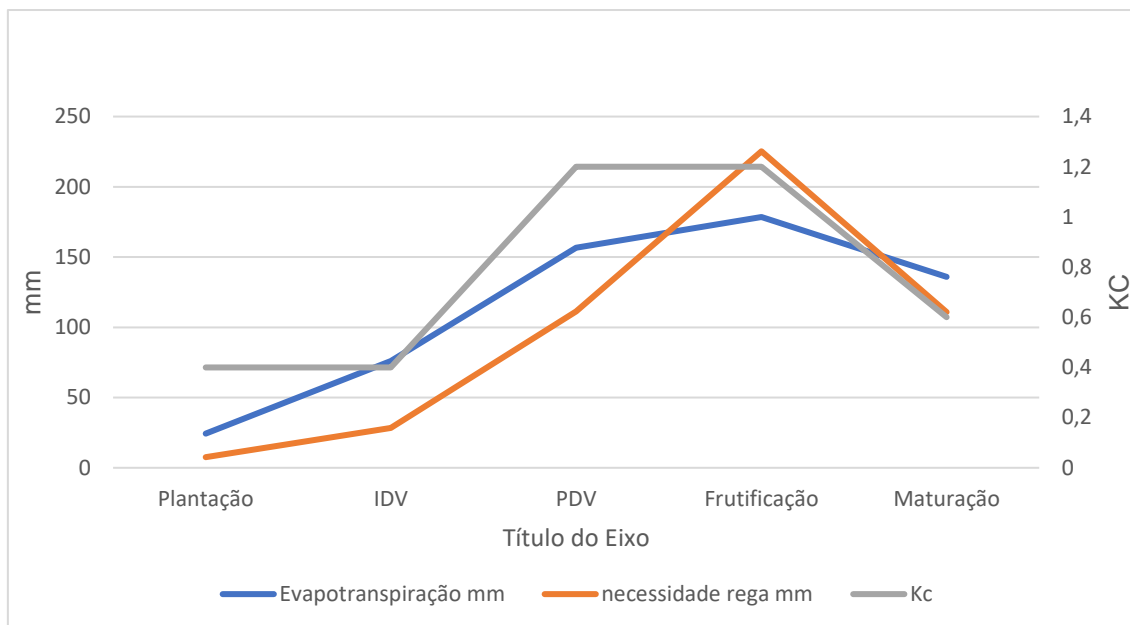


Figura 18: Evolução da evapotranspiração, necessidades de rega e Kc ao longo das principais fases de desenvolvimento da cultura. Plantação, Início Desenvolvimento Vegetativo (IDV), Pleno Desenvolvimento Vegetativo (PDV), Frutificação e Maturação

4.1.5 – Monitorização da humidade do solo

O teor de água no solo existente na zona radicular das plantas foi a forma utilizada neste trabalho, para definir quando regar e que quantidade a aplicar por turno de rega ou seja, por cada irrigação, informação essa que nos levou a regar com elevada frequência (8 a 10 turnos) com pequenas dotações (0,5 mm), minimizando assim as perdas por percolação e perda de nutrientes por lixiviação.

A metodologia utilizada teve o objetivo de fornecer água às plantas de modo a atingirem o seu ponto máximo de produção sem perdas. Esse ponto de maximização da produção é atingido quando o teor de água disponível no solo é mantido próximo da capacidade de campo (Jones, 2004). A capacidade de campo (CC) representa a quantidade de água retida pelo solo em virtude de forças matriciais e capilares, depois do excesso de água ser drenado livremente pela ação da gravidade, ou seja, representa a condição do solo com 100% de água disponível para as planta (Green et al., 2003). Já o limite mínimo de humidade existente no solo, o coeficiente de emurchecimento (CE), corresponde ao teor de água no solo abaixo do qual a planta cessa o seu crescimento e apresenta perda de turgência das folhas, representando assim a condição do solo com 0% de água disponível para a planta.

O produto entre a diferença dos parâmetros mencionados pela profundidade do sistema radicular do tomateiro dá-nos a reserva utilizável. Como só parte dessa reserva

é utilizada em situação de conforto hídrico, o que é calculado pelo produto de um coeficiente, que no caso do tomateiro varia entre 0,4 e 0,8 . No presente trabalho a plataforma “Irristrat” considerou esse valor constante. A monitorização do teor de humidade do solo foi realizada com a ajuda de sondas capacitivas, uma sonda instalada em cada um dos tratamentos. Foi possível manter o teor de água disponível na camada do solo correspondente à profundidade explorada pelo sistema radicular, entre a CC e os 50% da reserva útil de água no solo, conforme ilustra (Fig. 19).

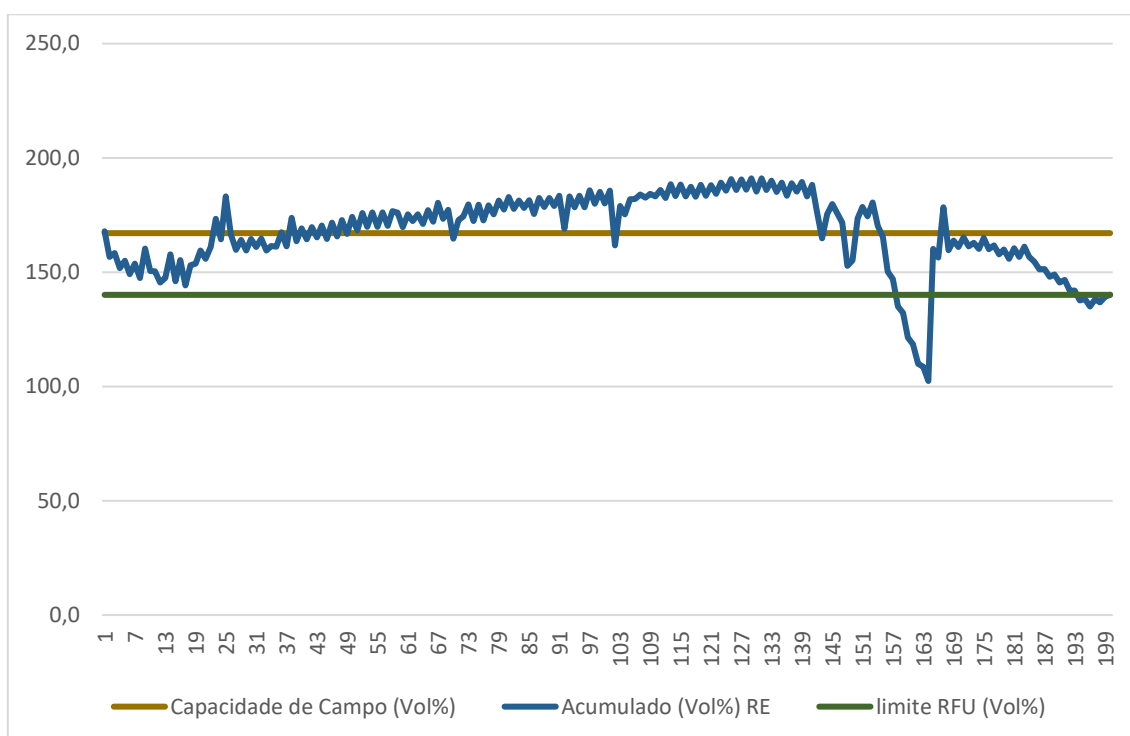


Figura 19 : Linha da CC (linha horizontal superior) limite RFU (linha horizontal inferior) e teor de humidade acumulado (Vol %) para o tratamento RE.

A informação em tempo real disponibilizada pela plataforma em função da informação dos sensores de rega colocados a 10, 20, 30 e 40 cm de profundidade permitiram definir quando regar e que quantidade regar, minimizando assim as perdas por

A análise individual aos sensores colocados respetivamente a 10,20,30 e 40 cm para RE e RS foi realizada com dados da plataforma a partir dos quais foram elaborados gráficos das figuras 20, 21,22 e 23.

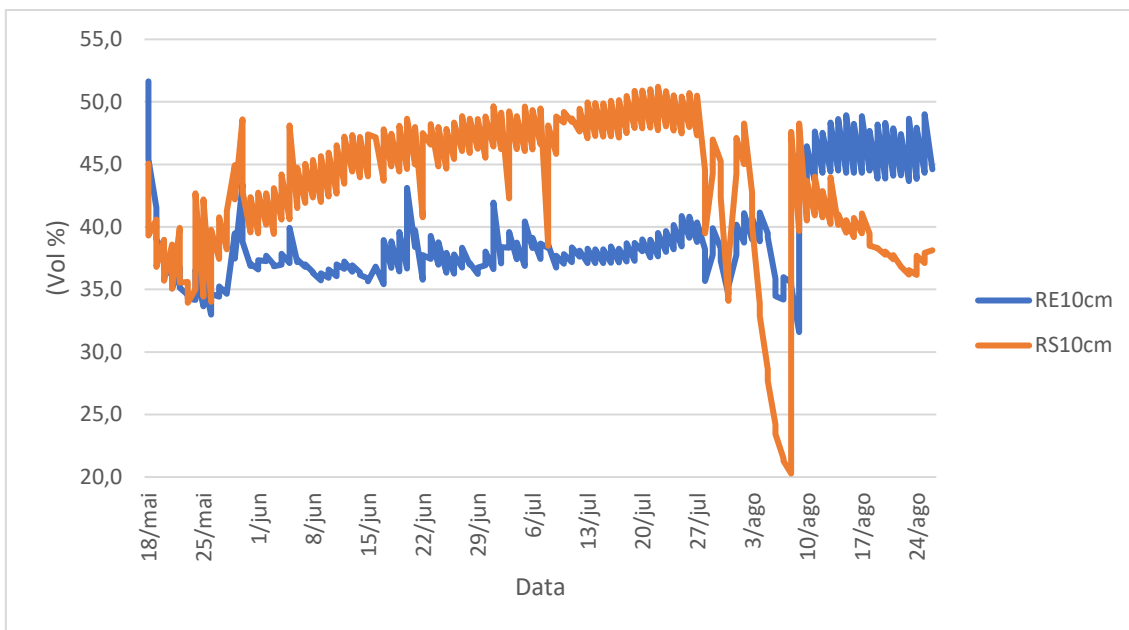


Figura 20 : - Teor de humidade volumétrica a 10cm, determinada através das sondas capacitativas

Para a mesma dotação por turno de rega a sonda dos 10 cm do sistema RS apresenta maior teor de humidade, com exceção do dia 9 de Agosto por falta de rega devido a avaria na bomba e de 10 de Agosto a 24 de Agosto pelo fato de ter chovido.

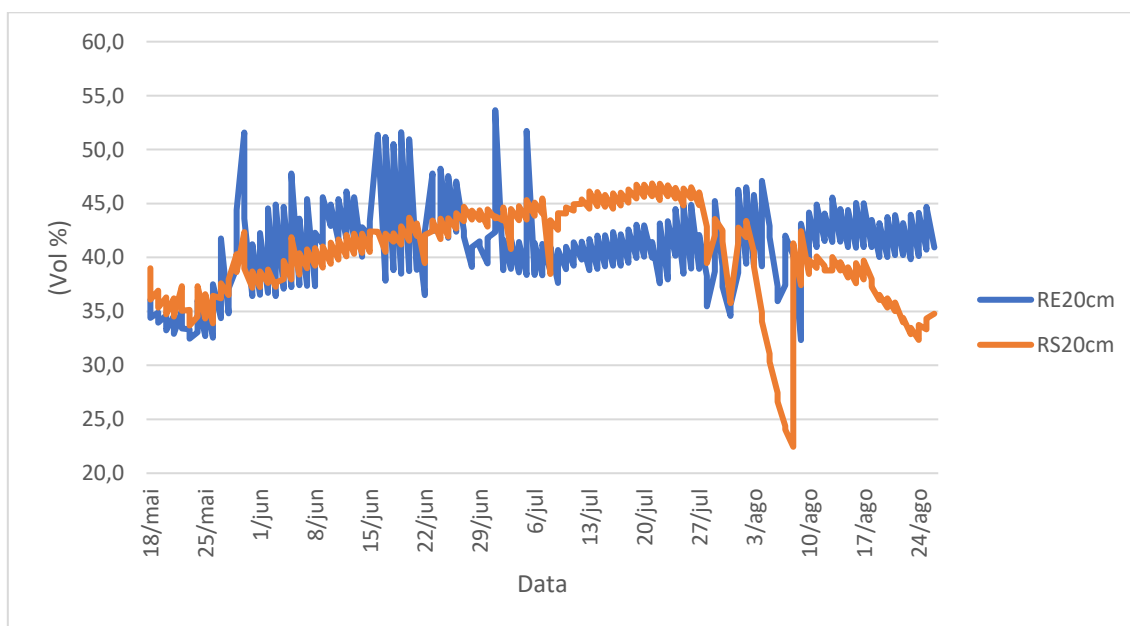


Figura 21: Teor de humidade volumétrica a 20cm, determinada através das sondas capacitativas

Aos 20 cm os teores de humidade são similares para os dois sistemas, de notar que no dia da avaria o teor de humidade em RE foi mais baixo.

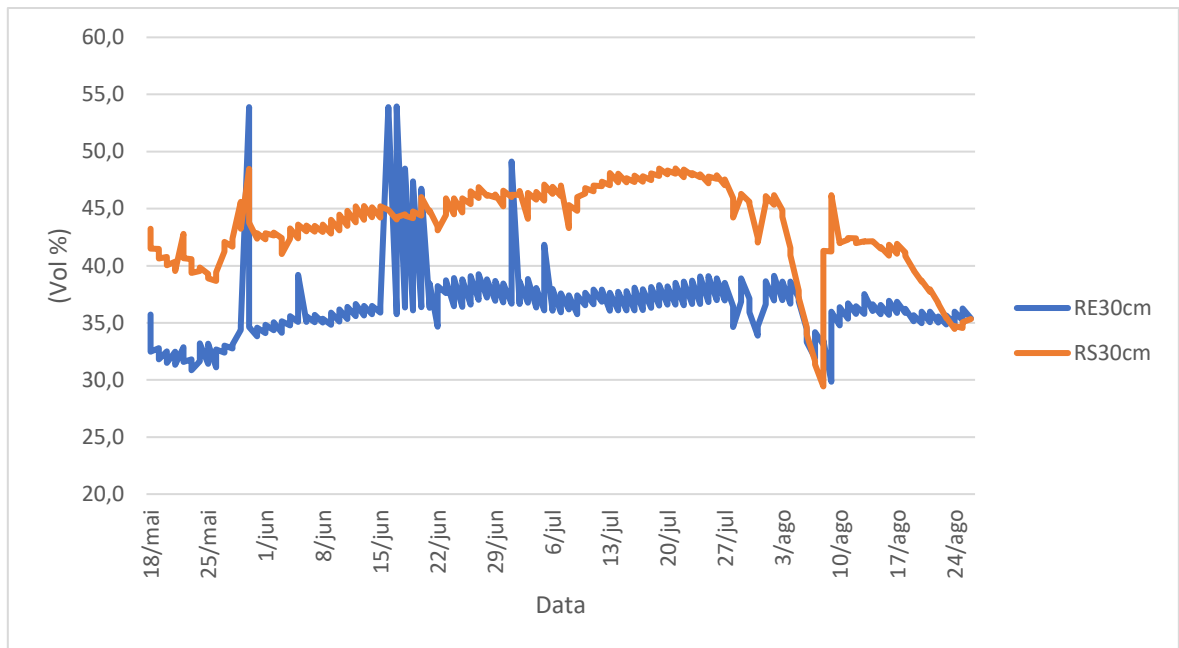


Figura 22: Teor de humidade volumétrica a 30cm, determinada através das sondas capacitativas

A 30 cm o teor de humidade em RS é superior, o que pode indiciar um sistema radical mais profundo em RE

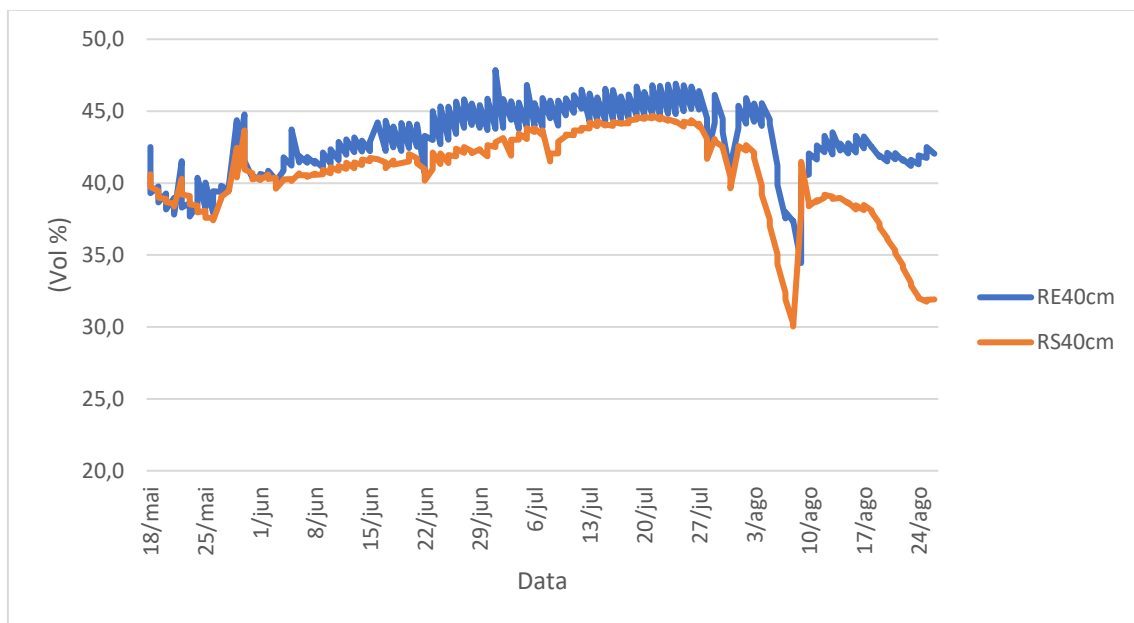


Figura 23: Teor de humidade volumétrica a 40cm, determinada através das sondas capacitativas

A 40 cm os teores de humidade são semelhantes para os dois sistemas, com valores sem grandes alterações o que pode indiciar por um lado não haver grandes perdas por percolação e por outro lado o sistema radical nos dois tratamentos não ter atingido essa profundidade.

4.1.6 – Efeito no peso seco total das plantas

A disponibilidade de água no solo está diretamente ligada aos processos fisiológicos do tomateiro, como a fotossíntese, a transpiração e o transporte de nutrientes do solo para o interior das células. A água regula ainda a temperatura dos tecidos, através da transpiração, influenciando assim diretamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas (Florido & Bao, 2014).

Atendendo à vital importância da água no desenvolvimento do tomateiro, foi efetuado avaliação da biomassa por tratamento. Na (Fig. 24) apresenta-se a influência dos tratamentos no peso médio da matéria seca por planta (g/plt). A análise pelo teste F mostra-nos que não se registaram diferenças significativas entre os valores ($p\text{-value } 0,23 > \alpha 0,05$) (A.6)

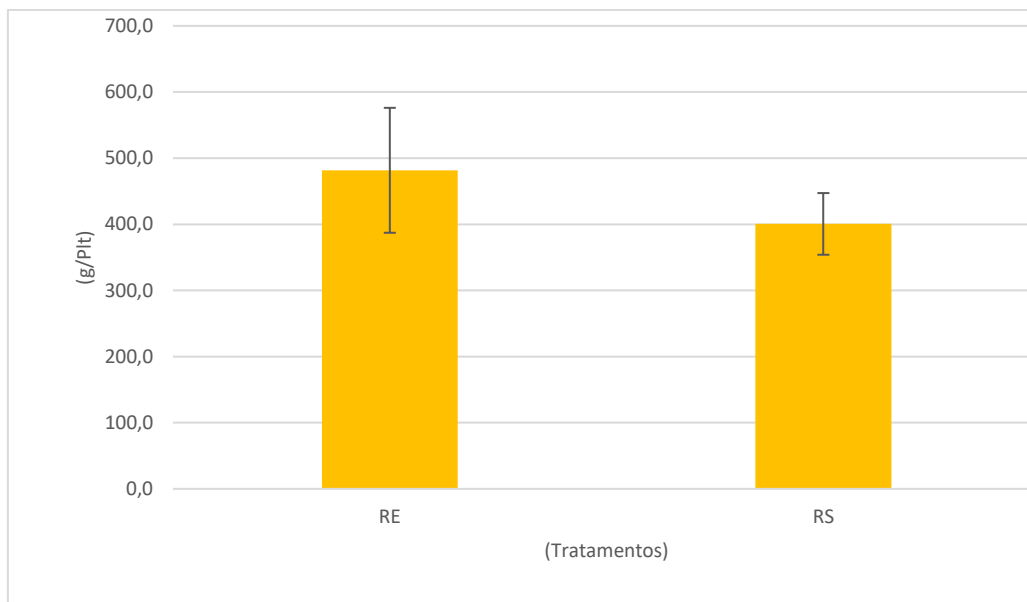


Figura 24: Efeito dos tratamentos no peso seco total da planta (g/Plt). As barras verticais representam o IC para uma probabilidade de 95%.

4.1.7 – Fases de desenvolvimento vegetativo

Na análise da fenologia do tomateiro foram definidas 5 fases baseadas na escala BBCH (Hack et al., 2001) A fase 0, é a fase de sementeira, até as plantas atingirem o tamanho que possibilite o seu transplante (± 12 cm). As restantes fases são: o período inicial de desenvolvimento, a fase vegetativa, a fase de frutificação e, por último, a fase da maturação.

Na fase de desenvolvimento inicial, que vai desde o transplante até ao aparecimento dos primeiros botões florais, o consumo de água é baixo (Fig. 26-A); na fase vegetativa,

em que aparecem as primeiras flores abertas da primeira inflorescência até à plena floração, ocorre um aumento gradual de matéria seca. A planta durante esta fase requer grande quantidade de água e nutrientes, para satisfazer as suas necessidades de crescimento (Fig. 26-B). Na fase da frutificação aparecem os primeiros cachos vingados e decorre até ao aparecimento dos primeiros frutos de cor vermelha (Fig. 26-C). Esta é, também, uma fase de elevadas necessidades de água e nutrientes, mas mais dirigidos aos frutos. A planta nesta fase abranda o seu crescimento vegetativo. A maturação é o estado que vai até à colheita: as necessidades em água vão decrescendo e as necessidades em azoto diminuem (Fig. 26-D). A definição da fenologia torna-se útil porque contribui para a gestão eficiente da água (Kc) e necessidade em nutrientes.

A plataforma que serve de apoio ao trabalho define cada fase em função GDD também chamado de integral térmico, que por resolução da FAO, (n.d.), pode ser calculado somando as temperaturas médias diárias, acima da temperatura base do tomateiro (10°C) e abaixo dos 34°C, temperatura acima da qual a planta diminui o seu metabolismo. Na (Fig.25) representa-se o Kc e estados fenológicos com a evolução dos graus dias acumulados.

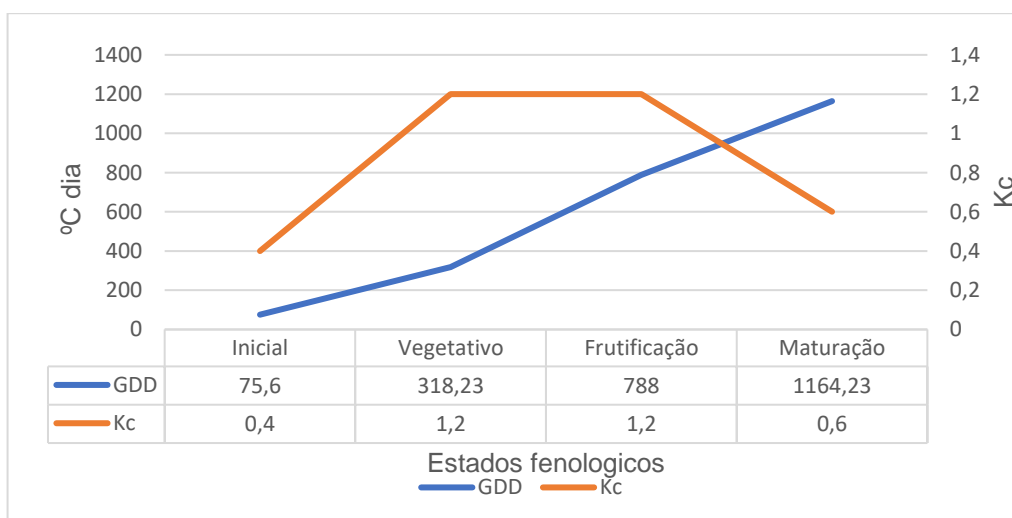


Figura 25: Evolução dos valores de Kc e GDD ao longo das várias fases do tomateiro para as condições culturais da Quinta do Galinheiro.

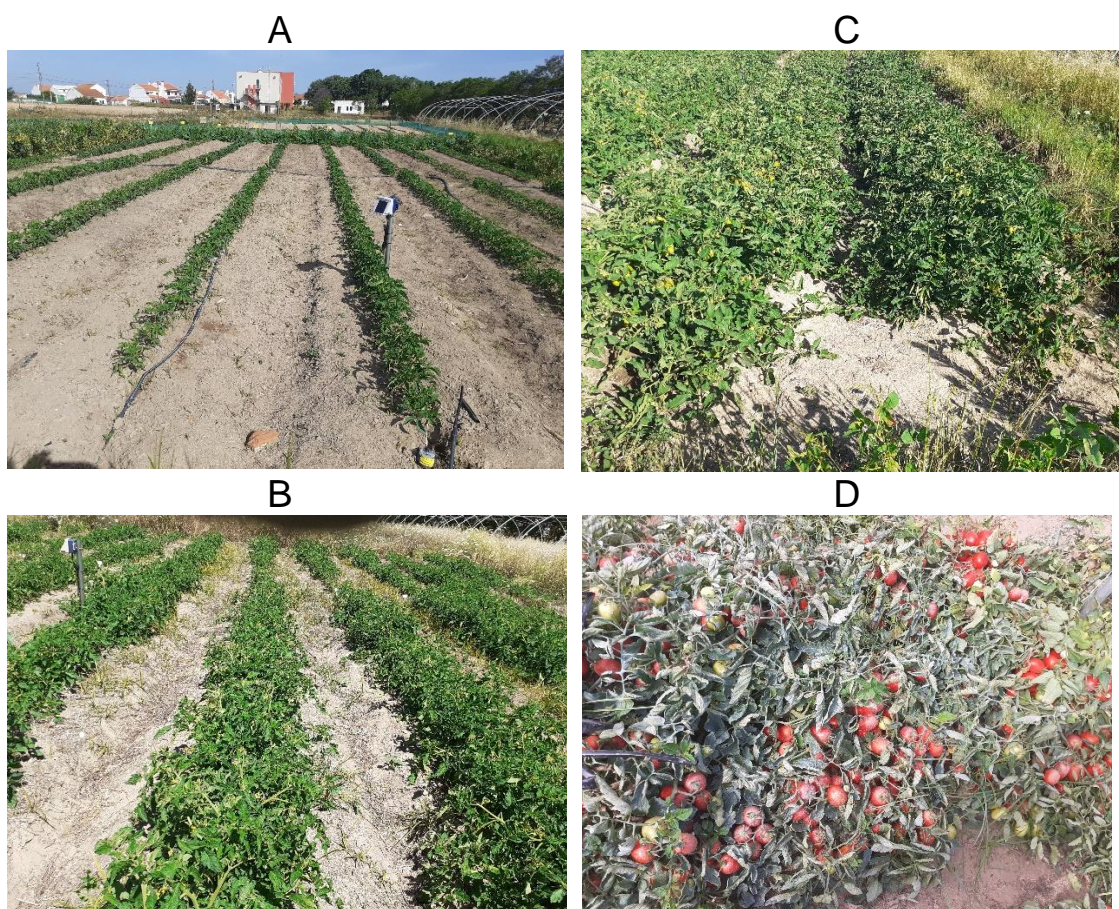


Figura 26: A: Fase inicial, B: Desenvolvimento vegetativo, C: Frutificação, D: Maturação

4.1.8 – Índice de área foliar (IAF)

Para avaliar o efeito dos tratamentos no IAF foram efetuadas medidas com ceptómetro aos 40, 65, 70 e 90 DAP (Quadro 10).

Quadro 10: Quantificação do IAF (m^2/m^2) através do ceptómetro aos 40,56,60 e 90 DAP, com valor do intervalo de confiança a 95% entre parenteses

DAP	RE (\pm IC)	RS (\pm IC)
40	1,2 (\pm 0,09)	1,32 (\pm 0,13)
56	3,7 (\pm 0,21)	4,0 (\pm 0,6)
70	7,3 (\pm 0,79)	7,1 (\pm 0,32)
90	9,0 (\pm 0,83)	7,9 (\pm 1,21)

Não se observaram diferenças entre os valores até aos 70 DAP. Aos 90 DAP os valores de RE são superiores, mas não difere dos tratamentos RS.

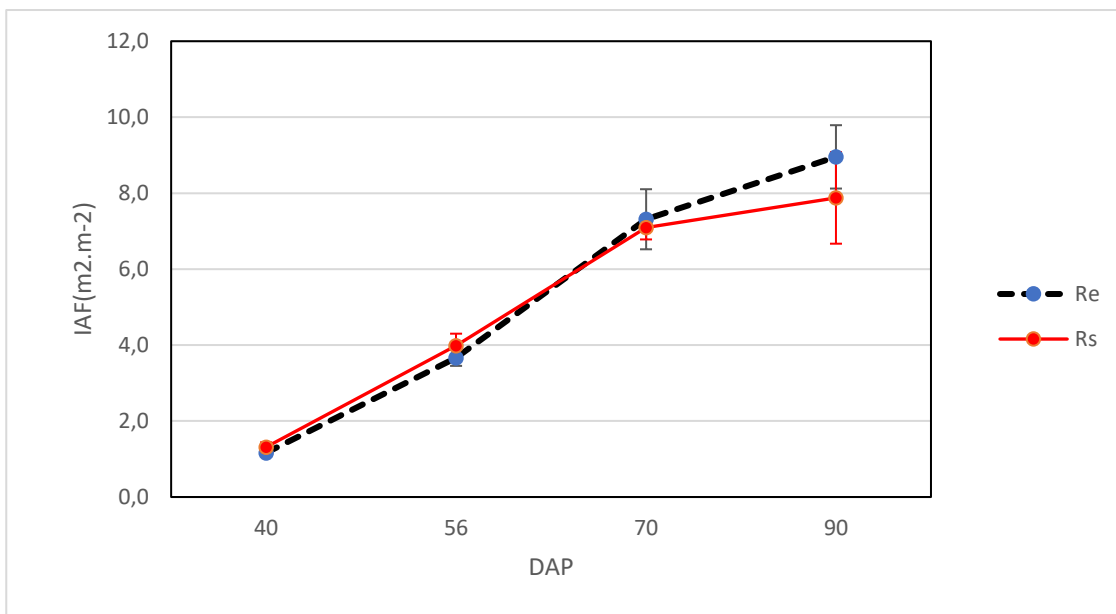


Figura 27: Valores do IAF médios medidos aos 40, 56, 70 e 90 DAP, para RE e RS

4.1.9 – Número de frutos e concentração da maturação à colheita

Os frutos dos tratamentos RE e RS foram separados em vermelhos, laranja, verdes, podres, contados e pesados. Na (Fig. 28) é apresentado por tratamento, a percentagem de frutos por cor em valores acumulados.

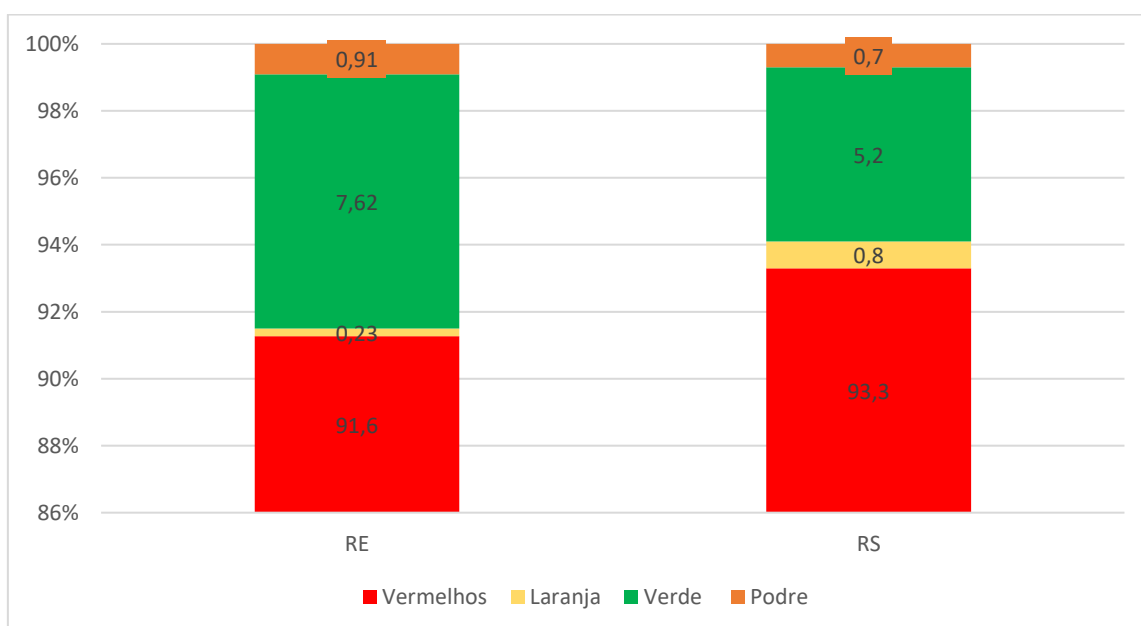


Figura 28: Efeito dos tratamentos (RE e RS) na % de frutos por classe de cor.

Com análise estatística com Anova (A.7) a um fator verifica-se que não houve influencia dos tratamentos nas médias de frutos vermelhos, p-value (0,77) > 0,05) α , não há evidências que o número de frutos vermelhos seja diferente, daí se aceitar a hipótese de igualdade entre medias de frutos vermelhos na concentração da maturação à colheita

4.1.10 – Qualidade dos frutos para indústria

A qualidade do tomate para a indústria transformadora assenta em indicadores de qualidade que se dividem em parâmetros físicos e fisiológicos, enquanto os primeiros dependem dos fatores climáticos e do grau de exigência do produtor (ex: podridões queimaduras provocadas pelo sol e frutos em sobre maturação) os segundos são determinados em grande parte pelo potencial de cultivar (brix, cor, pH e teor de licopeno) mas também pelo modo de condução da cultura. Nesse sentido, tem havido consideráveis pesquisas sobre a agronomia do tomate industrial, mas há ainda grandes lacunas na compreensão de como o campo, o ambiente e a gestão da cultura (Ex: irrigação e adubação azotada) possam influenciar cada um dos parâmetros fisiológicos da planta com enorme importância na valorização do tomate fresco e na qualidade do produto processado(Viskelis & Bobinas, 2008).

Efetuarão-se colheitas de amostras de frutos nos tratamentos para analisar o °Brix, a cor, o pH e o teor de licopeno.

Quadro 11: °Brix, cor pH, teor de licopeno e valorização em €/t

Parâmetros	RE	RS
°Brix	4,64	5,03
Cor	2,14	2,15
pH	4,31	4,29
Teor de licopeno	17,3	18,3
Valorização €/t	71,0	75,0

Pela análise do (Quadro 11) poderemos verificar valores ligeiramente superiores para o tratamento RS, mas estes não diferem estatisticamente dos valores de RE, a análise Anova (anexo 8 e 9) a todos os parâmetros demonstra não haver influencia dos tratamentos nos parâmetros analisados, o que leva a aceitar a hipótese nula, de igualdade entre os parâmetros.

Embora a análise estatística considere os valores estudados estatisticamente iguais, os teores para °Brix e cor, de acordo com a classe de valores definidos pela indústria, valorizam o tomate em dois escalões de preço diferentes RE 71€/t e RS 75€/t.

4.2 - Avaliação do corte antecipado da rega

4.2.1 – Efeito no número de frutos e concentração da maturação

Para analisar o efeito do corte de rega, foram criados três níveis de tratamento, corte de 7 dias (C7d), corte de três dias (C3d) e sem corte de rega (C0d), para o efeito colheram-se 2 amostras de 4 plantas, por nível de tratamento e separaram-se os frutos pela cor e podres (Quadro12).

Quadro 12 Efeito dos tratamentos na % de frutos por cor em 4 plantas, por nível de fator corte de rega com 0,3 e 7 dias

	Nº frutos 4 plantas	%Vermelhos	% Laranjas	%Verdes	%Podres	Total
C7d	307,5	95,1	0,48	3,75	0,67	100
C3d	286,5	95,1	1,23	2,79	0,88	100
C0d	305,8	96,5	0,59	2,42	0,49	100

Na análise da anova não se observam diferenças, na comparação da % da maturação à colheita, os valores encontrados para fruto vermelho em termos percentuais são muito próximos, sendo realizado teste estatístico Anova entre os três níveis para confirmar a referida igualdade.

Da análise com Anova a um fator (anexo 9) conclui-se o que tinha sido observado no quadro anterior, não há evidências de haja diferenças entre % de maturação entre os três níveis, p-value (2,46) $>\alpha$ (0,05), aceita-se a hipótese nula de igualdade entre % de maturação, não há efeito no nível de tratamento na concentração de frutos vermelhos de qualidade comercial à colheita

4.2.2 – Produtividade

Com base na amostras e níveis de tratamento da alínea anterior foi estimada a produtividade em função do nível de tratamento, dias de corte da rega. Analisando os valores encontrados notam-se diferenças entre níveis de fator na produtividade, a fim de avaliar se essa diferenças tinham efeito do nível de fator, efetuou-se teste estatístico anova a um fator (A.10).

Da análise ao teste verificamos que o valor de p-value (0,34) $>\alpha$ (0,05), o que leva a aceitar a hipótese de igualdade entre as produtividades. Os cortes de rega não influenciaram a produtividade comercial.

4.2.3 – Efeito no teor de °Brix

Com base em subamostras obtidas a partir das amostras utilizadas nas avaliações das duas alíneas anteriores, observou-se se os cortes de rega tiveram influência no brix em comparação com um valor obtido sem corte de rega como testemunha,

Os dados, apresentam semelhanças quanto ao nível de sólidos solúveis, a fim de confirmar se existem diferenças efetuou-se teste estatístico anova a um fator

Da análise do teste observa-se que o valor para p- value (0,97) > α (0,05), valores que suportam a hipótese nula de igualdade entre os valores médios do brix, o que se conclui que os valores são estatisticamente iguais não havendo influencia dos níveis de fator (corte de rega) nos valores do °Brix.

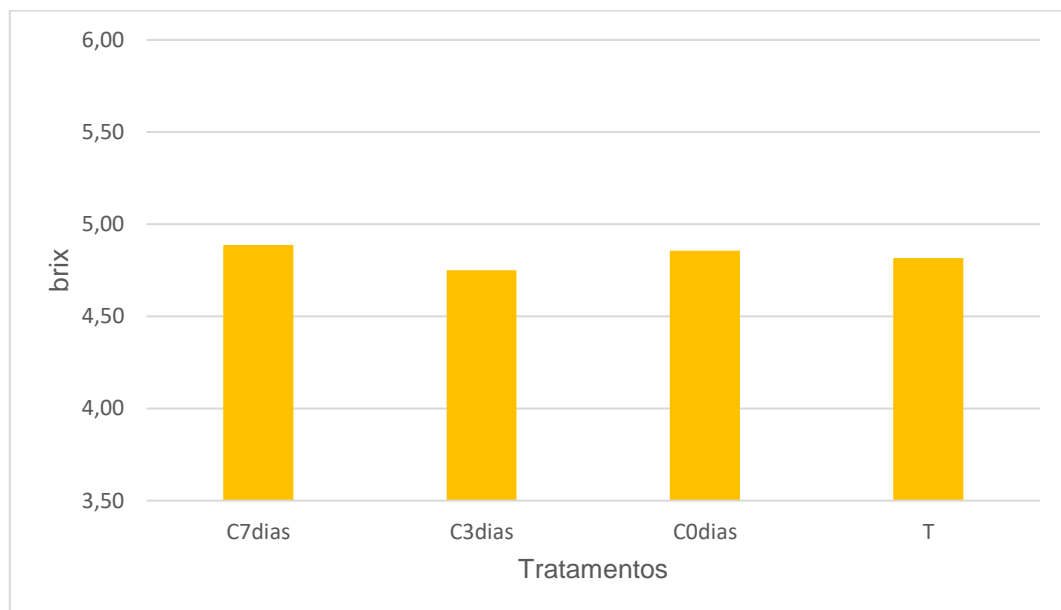


Figura 29: Teores de Brix para corte de rega aos 0,3, 7 dias e tetemunha

5 – Conclusões

Sabendo de antemão que as procuras de soluções não se resumem a um ano de trabalho experimental, mas que este deve ser o início da busca de alternativas aos atuais conceitos de gestão de rega, apresentam-se as seguintes notas conclusivas:

- Os tratamentos não influenciaram a produtividade comercial;
- No que respeita à eficiência hídrica não houve diferença entre tratamentos, para RE e RS;
- Os tratamentos não influenciaram o crescimento, nem o IAF, embora se tenham ganhos de biomassa ligeiramente superiores em RE;
- Os tratamentos também não influenciaram o número de frutos por planta e a concentração da maturação à colheita;
- Não houve efeito tratamento, nos parâmetros de qualidade dos frutos (°Brix, cor, pH e teor de licopeno) embora o valor médio do °Brix em RE tenha sido superior, o que levou a uma maior valorização do preço pago por kg;
- Em relação ao corte de rega e sua influência na produtividade, número de frutos, % da maturação à colheita assim como nos parâmetros de qualidade, não se fez sentir o efeito do nível de tratamento (corte de rega), sendo os valores estatisticamente iguais.

6 – Perspetivas de continuação dos estudos

Em próximas experiências a colocação da fita de rega deve ser precedida da avaliação da condutividade hidráulica do solo, por forma que a água aplicada seja próxima ao valor aconselhado, de acordo com o valor da ETc. Deve ser introduzido um outro fator de estudo, que inclua reduções da água aplicada relativamente à ETc, de modo a dar indicações não só do sistema mais eficiente, mas também qual a % da ETc para o qual o valor da receita será superior com o menor kg de tomate por ha, maximizando assim os parâmetros de qualidade.

7 – Referências Bibliográficas

- A.R.Al-Harbi, A.M:Al-Omram, F. I. E.-A. (2008). *Effect of Drip Irrigation Levels and Emitters Depth on Okra (Abelmoschus esculentu*. Department of soil science.
http://ijrowa.khuisf.ac.ir/article_675709_cd6d5a2a0d5cb28691ad0b3c0abf69e6.pdf
- A água na agricultura — Agência Europeia do Ambiente*. (2012).
<http://www.eea.europa.eu/pt/articles/a-agua-na-agricultura>
- Agencia Europeia do Ambiente. (2018). Emissões de gases com efeito de estufa por país e setor (Infografia) | Atualidade | Parlamento Europeu. In *Atualidade / Em destaque / Sociedade*.
<https://www.europarl.europa.eu/news/pt/headlines/society/20180301STO98928/emissoes-de-gases-com-efeito-de-estufa-por-pais-e-setor-infografia8/emissoes-de-gases-com-efeito-de-estufa-por-pais-e-setor-infografia>
- anpromis. (2014). *ANPROMIS - IV*. <https://www.anpromis.pt/projectos-de-investigacao/2-uncategorised/172-sanimilho.html?highlight=WyJzYW5pbWlsaG8iXQ==ga.html?highlight=WyJyZWdhliwic3VidGVyclx1MDBIMm5lYSJd>
- Brief, I. (2018). *WATER , SECURITY , AND CONFLICT*.
<https://www.thegpsc.org/sites/gpsc/files/watersecurityconflict.pdf>
- C. J. Phene, R.B. Hutmacher, and K. R. D. (1990). *Subsurface Drip Irrigation offers the Right Advantages – Geoflow*. USDA–ARS.
<https://geoflow.com/subsurface-drip-irrigation/>
- C.PatanèaS.L.Cosentino. (2010). *Effects of soil water deficit on yield and quality of processing tomato under a Mediterranean climate - ScienceDirect*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377409002492>
- CARDOSO, J.C; BESSA, M. T; MARADO, M. B. (1973). (1973). “*Carta dos Solos de Portugal (1:1 000 000)*”. 2.
<https://siaia.apambiente.pt/AIADOC/AIA2232/rs20196595152.pdf>
- Chalmers, et al. (2002). *Deficit Irrigation Practices - Food and Agriculture Organization, Lee K*.

- https://books.google.pt/books?id=K6Yfxaa3_LsC&pg=PA76&lpg=PA76&dq=Chalmers,+D.J.+1986.+R
- Correia, J. C. (n.d.). *Heinz 1015* __ Nextera, Lda. Catalogo Heinz de variedades de tomate. <https://www.nextera-agri.pt/products/heinz-1015-vffnp-cm/>
- D. Reich, R. Godin, J.L. Chávez, I. B. (2014). *Subsurface Drip Irrigation (SDI)*. 4. <https://extension.colostate.edu/topic-areas/agriculture/subsurface-drip-irrigation-sdi-4-716/7>
- Department of Earth Sciences. (2012). *Applicability, advantages and disadvantages of subsurface drip irrigation • Integrated Water Resource Management - from traditional knowledge to modern techniq.* https://www.geo.fu-berlin.de/en/v/iwrm/Implementation/technical_measures/Irrigation-systems/subsurface_irrigation/applicability_advantages_disadvantages/index.html
- D.R.A.P.L.V.T. (2009). *CARACTERIZAÇÃO E EVOLUÇÃO DAS CULTURAS TEMPORÁRIAS DA D . R . A . P . L . V . T . ENTRE OS RECENSEAMENTOS AGRÍCOLAS DE 1989 E 2009 DOCUMENTO TÉCNICO Nº 3 “ Agricultura Presente , um Projecto com Futuro .”* http://www.draplvt.mamaot.pt/DRAPLVT/CaracterizacaoInfoTecnica/Documents/20120322_dt3.pdf
- Deirdre Griffin. (2018). *Researchers study pros and cons of drip irrigation - Tomato News.* tomatonews. http://www.tomatonews.com/en/researchers-study-pros-and-cons-of-drip-irrigation_2_457.html
- FAO. (n.d.). *Sección 6.* <https://www.fao.org/3/x8234s/x8234s0b.htm>
- Fertilizer Application Innovation at California Dairies _ NRCS.* (n.d.). <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/national/programs/financia/cig/?cid=nrcseprd1657020>
- Florido, M., & Bao, L. (2014). *Revisión bibliográfica TOLERANCIA A ESTRÉS POR DÉFICIT HÍDRICO EN TOMATE (Solanum lycopersicum L .) Review Water stress tolerance in tomato (Solanum lycopersicum L .).* 35(3), 70–88. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v35n3/ctr08314.pdf>
- G, A. R. ;Luis S. P. R. S. (1998). *Table of Contents.* FAO - Food and Agriculture Organization. <https://www.fao.org/3/x0490e/x0490e00.htm>

- Gaudin, Amelie, R. R. B. (2016). *Department of Plant Sciences - Pros and Cons of Using Subsurface Drip Irrigation*.
<https://www.plantsciences.ucdavis.edu/news/2426>
- Geoflow. (1995). *agriculture-SDI – Geoflow*. <https://geoflow.com/agriculture-root>
- Goorahoo, D., Goorahoo, D., & Mazzei, A. (2016). *A PILOT STUDY ON THE IMPACT OF A IR INJECTED by : January 2002*.
https://www.researchgate.net/publication/292596728_Using_air_in_sub-surface_drip_irrigation_SDI_to_increase_yields_in_bell_peppers
- Green, T. R., Ahuja, L. R., & Benjamin, J. G. (2003). *Advances and challenges in predicting agricultural management effects on soil hydraulic properties*. 7061(March 2019), 2–27. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00091-0](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00091-0)
- Hack et al., 1992. (2001). *Growth stages of mono-and dicotyledonous plants BBCH Monograph Edited by Uwe Meier Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry*.
<https://www.politicheagricole.it/flex/AppData/WebLive/Agrometeo/MIEPFY800/BBCHengl2001.pdf>
- Heiffig, L. S., Miguel, G. I. L., Câmara, D. E. S., & Aparecida, L. (2002). *FECHAMENTO E ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DA CULTURA DA SOJA*. 285–295.
https://www.researchgate.net/publication/250022887_Fechamento_e_indice_de_area_foliar_da_cultura_da_soja_em_diferentes_arranjos_espaciais
- Hidrosoph. (n.d.). *Equipamentos*.
<http://www.hidrosoph.com/PT/equipamentos.html>
- Hortaliças, E. (2006). *Clima*.
https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial_2ed/clima.htm
- IFAP. (2021). *estatísticas do setor do tomate*.
<https://www.investinazores.com/index.php/pt/porque-acoresh/setor-do-turismo>
- INE. (2021). *Rendimento da atividade agrícola deverá aumentar 11,1% em 2021*. d. file:///C:/Users/acer/Downloads/13ContEconAgric20211E.pdf
- Instituto Português do Mar e da Atmosfera. (n.d.). *Área educativa - CLIMA DE PORTUGAL CONTINENTAL*.
<https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/>

- Jian-jun, Z., Jiu-sheng, L. I., Bing-qiang, Z., & Yan-ting, L. I. (2015). Simulation of water and nitrogen dynamics as affected by drip fertigation strategies. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(12), 2434–2445.
[https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(15\)61231-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61231-X)
- Jones*, H. G. (2004). *Irrigation Scheduling to Improve Water and*.
<https://watermark.silverchair.com/erh213.pdf?token>
- Lamm, F. R. (2019). *Advances in sdi fertigation for corn*. 108–121.
<https://agfuse.com/article/the-advantages-of-subsurface-drip-irrigation-in-corn-production>
- Lamm, F. R., Rogers, D. H., & Aguilar, J. P. (2018). *ADDRESSING THE BASIC DESIGN ISSUES OF SUBSURFACE DRIP IRRIGATION (SDI)*. 56–68.
<https://content.ces.ncsu.edu/design-and-installation-of-sdi-systems-in-north-carolina>
- Lamm, F. R., Rogers, D. H., Alam, M., & Clark, G. A. (1991). *Design Considerations for Subsurface Drip Irrigation (SDI) Systems*. AG-452-2. *North Carolina Cooperative Extension*.
<https://fyi.extension.wisc.edu/cropirrigation/files/2015/12/Design-considerations-for-SDI-KS-mf2578.pdf>
- Levidow, L., Zaccaria, D., Maia, R., Vivas, E., Todorovic, M., & Scardigno, A. (2014). Improving water-efficient irrigation : Prospects and difficulties of innovative practices. *Agricultural Water Management*, 146, 84–94.
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.07.012>
- Machado, Rui; Oliveira, M. (n.d.). *Biblioteca Digital do Portal Bolsas de Estudo*. Efeito da profundidade de colocação do tubo de rega gota-a-gota na uniformidade de rega e na eficiência do uso da água em tomate de indústria. <https://biblioteca.portalbolsasdeestudo.com.br/?q=rega+gota-a-gota>
- Marouelli, W. A., Oliveira, Á. S. de, Coelho, E. F., Nogueira, L. C., & Sousa, V. F. de. (n.d.). *Manejo da água de irrigação*.
[file:///C:/Users/acer/Documents/Trabalho tomate/Novas referencias bibliograficas/Manejo da agua de irrigação/IRRIGACAO-e-FERTIRRIGACAO-cap5.pdf](file:///C:/Users/acer/Documents/Trabalho%20tomate/Novas%20referencias%20bibliograficas/Manejo%20da%20agua%20de%20irriga%C3%A7%C3%A3o/IRRIGACAO-e-FERTIRRIGACAO-cap5.pdf)
- Martinez & Reça. (2014). *Water use efficiency in irrigated agriculture*.
[file:///C:/Users/acer/Documents/Trabalho tomate/Novas referencias](file:///C:/Users/acer/Documents/Trabalho%20tomate/Novas%20referencias)

- bibliograficas/Ganhos de eficiencia hidrica/(ASCE)IR.1943-4774.0000745.pdf
- Martínez, J., & Reza, J. (2014). *Water Use Efficiency of Surface Drip Irrigation versus an Alternative Subsurface Drip Irrigation Method*. 140(10), 1–9.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IR.1943-4774.0000745](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000745)
- Mengel, K. and Kirkby, E. A. (2003). *Sustainability _ Free Full-Text _ Aerated Irrigation of Different Irrigation Levels and Subsurface Dripper Depths Affects Fruit Yield, Qualit*. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute, Bern.
[https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1276028](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1276028)
- Miskolczi, N., Bartha, L., & Angyal, A. (2009). Pyrolysis of polyvinyl chloride (pvc)-containing mixed plastic wastes for recovery of hydrocarbons. In *Energy and Fuels* (Vol. 23, Issue 5, pp. 2743–2749).
<https://doi.org/10.1021/ef8011245>
- Mitchell, J. P., & Sciences, P. (2009). *Classification of Conservation Tillage Practices in California Irrigated Row Crop Systems*. February.
<https://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/8364.pdf>
- Pascale, S. De, Costa, L. D., & Vallone, S. (2011). *Increasing Water Use Efficiency in Vegetable Crop Production : From Plant to Irrigation Systems Efficiency*. 21(June).
- Phene, C. J., Hutmacher, R. B., & Davis, K. R. (2018). Two Hundred Tons Per Hectare of Processing Tomatoes—Can We Reach It? *HortTechnology*, 2(1), 16–22. <https://doi.org/10.21273/horttech.2.1.16>
- Phene, C.J., Davis, K. R., Hutmacher, R. B., & McCormick, R. L. (1987). Advantages of Subsurface Irrigation for Processing Tomatoes. In *Acta Horticulturae* (Issue 200, pp. 101–114).
<https://doi.org/10.17660/actahortic.1987.200.9>
- Phene, C.J., Davis, K. R., Hutmacher, R. B., & McCormick, R. L. (2001). Advantages of Subsurface Irrigation for Processing Tomatoes. In *Acta Horticulturae* (Issue 200, pp. 101–114).
<https://doi.org/10.17660/actahortic.1987.200.9>
- Phene, Claude J. (2000). *Subsurface Drip Irrigation and Fertigation*.
<https://www.netafimusa.com/4aeae4/globalassets/cstom-tomato-case->

study.pdf

- Region, W., & Sales, R. (2005). *Tomato agronomics workshop*.
<https://www.netafimusa.com/4aeae4/globalassets/tomato-agronomics-workbook.pdf>
- Rodrigues, C. M. (2012). *Hidrologia Agrícola*.
https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/22180/1/Livro_Hidrologia_Agricola.pdf
- Rui M. A. Machado & Maria do Rosario G. Oliveira. (2005). *Tomato root distribution , yield and fruit quality under different subsurface drip irrigation regimes and depths*. 760823. <https://doi.org/10.1007/s00271-005-0002-z>
- RUSKIN, R (2005). *SDI and Yields – Geoflow*. GEOFLOW, INC.
<https://geoflow.com/sdi-and-yields/>
- Sammis, T. (n.d.). <https://doi.org/10.2134/agronj1980>
- Schwankl, L. R. G., & Miyao, G. (1991). *Applicability, advantages and disadvantages of subsurface drip irrigation • Integrated Water Resource Management - from traditional knowledge to modern techniques • Department of E. UC Davis*.
<http://calag.ucanr.edu/Archive/?article=ca.v045n06p21>
- Shahidian, S. (2012). *Capítulo 9 Gestão da água no Regadio*. 225–243.
https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/7213/1/Capitulo_9_Gestao_da_água_no_regadio.pdf
- Souza, S. R. De, Saldanha, C. S., & Kusdra, J. F. (2020). *O Uso*. 115–121.
<https://gulbenkian.pt/programas/programa-desenvolvimento-sustentavel/gulbenkian-agua/>
- Stauffer. (2012). *Applicability, advantages and disadvantages of subsurface drip irrigation • Integrated Water Resource Management - from traditional knowledge to modern techniq*. https://www.geo.fu-berlin.de/en/v/iwrm/Implementation/technical_measures/Irrigation-systems/subsurface_irrigation/applicability_advantages_disadvantages/index.html
- Viskelis, P., & Bobinas, C. (2008). *Quality and physiological parameters of tomato (Lycopersicon esculentum Mill .) fruits of Lithuanian selection. January*. <https://doi.org/10.2478/v10054-008-0022-8>
- Zanon, A. J., Streck, N. A., Richter, G. L., Eduardo, J., Winck, M., Cardoso, Â.

P., & Tagliapietra, E. L. (2015). *Contribuição das ramificações e a evolução do índice de área foliar em cultivares modernas de soja.*

https://www.researchgate.net/publication/281953818_Contribuicao_das_ramificacoes_e_a_evolucao_do_indice_de_area_foliar_em_cultivares_modernas_de_soja

Zoldoske, D. F. (n.d.). *SDI: The future of Irrigation is Underground – Geoflow.*

<http://geoflow.com/sdi-the-future-of-irrigation-is-underground/>

ANEXOS

Quadro A.1

Ficha de registos das ocorrências diárias

Ordem de serviço Nº-----

Data-----

Semana Nº

Descrição da operação	Motivo	Horas

Produto	I.S	Dose Máquina	Produto Gasto

Quadro A.2

Plano de fertilização por semana e nutrientes

Semana A:P	Nutriente	Kg/ha semana	Kg/ensaio/semana	Adubo	Densidade	L/ensaio semana
3	N	30	0,57	32N Bio P	1,2	0,48
4	P2O5	5	0,095	50%	1,4	0,07
5	K2O	30	0,57	Bio K 41%	1,5	0,38
6	CaO	10	0,19	BioCa9% BioM	1,15	0,17
7	Mgo	4	0,076	6,6%	1,24	0,06
	Micro	3	0,057	Micro		
	N	50	0,95	32N Bio P	1,2	0,79
8	P2O5	6,25	0,11875	50%	1,4	0,08
9	K2O	50	0,95	Bio K 41%	1,5	0,63
10	CaO	20	0,38	BioCa9% BioM	1,15	0,33
11	Mgo	7,5	0,1425	6,6%	1,24	0,11
	Micro	3	0,057	Micro		
	N	12,5	0,2375	32N Bio P	1,2	0,20
12	P2O5	6,25	0,11875	50%	1,4	0,08
13	K2O	62,5	1,1875	Bio K 41%	1,5	0,79
14	CaO	22,5	0,4275	BioCa9% BioM	1,15	0,37
15	Mgo	10	0,19	6,6%	1,24	0,15
	Micro	3	0,057	Micro		

Quadro A.3

Tabela de preços campanha 2021

Parâmetros considerados cor e grau brix

COR*	2,00 - 2,09	66,00 €	71,00 €	75,50 €	78,50 €	82,00 €	85,50 €
	2,10 - 2,19	69,00 €	71,50 €	77,00 €	81,00 €	82,50 €	86,00 €
	2,20 - 2,30	72,00 €	81,00 €	81,00 €	83,00 €	84,50 €	87,50 €
	>2,30	74,00 €	84,00 €	84,00 €	84,00 €	87,50 €	90,00 €

		VILA FRANCA DE XIRA					
		BRIX					
		<4,10	4,10-4,39	4,40-4,79	4,80-5,19	5,20-5,50	>5,50
COR*	<1,90	57,50 €	61,50 €	67,50 €	70,50 €	70,50 €	70,50 €
	1,90 - 1,99	59,00 €	63,50 €	68,50 €	71,00 €	74,50 €	74,50 €
	2,00 - 2,09	60,00 €	65,00 €	69,50 €	72,50 €	76,00 €	79,50 €
	2,10 - 2,19	63,00 €	65,50 €	71,00 €	75,00 €	76,50 €	80,00 €
	2,20 - 2,30	66,00 €	75,00 €	75,00 €	77,00 €	78,50 €	81,50 €
	>2,30	68,00 €	78,00 €	78,00 €	78,00 €	81,50 €	84,00 €

* Maselli Misure Spectrometer Modelo UK04 Colour Scale HunterLab (L,a,b)

Estes preços estão sujeitos a IVA á taxa de 6%.

Quadro A.4

Análise Anova a um fator ao efeito dos tratamentos na produtividade

Anova: fator único

SUMÁRIO

<i>Grupos</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
Renterrada	4	666,1666667	166,541667	215,6227
Rsuperficial	4	675,0833333	168,770833	405,1314

ANOVA

<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	9,938368056	1	9,93836806	0,03202	0,863873	5,987377607
Dentro de grupos	1862,262153	6	310,377025			
Total	1872,200521	7				

O valor do F calculado é inferior ao do F crítico, por isso não podemos rejeitar a H₀ (Hipótese nula). Não há diferenças de produtividade entre os tratamentos, isto é, os tratamentos não influenciaram a produtividade.

Quadro A.5

Análise Anova a um fator ao efeito dos tratamentos na eficiência hídrica

Anova: fator único

SUMÁRIO

<i>Grupos</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
Eficacia RE	4	114,853193	28,71329826	6,409362
Eficacia RS	4	115,4273032	28,85682579	11,84399

ANOVA

<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	0,041200302	1	0,041200302	0,004514	0,948615	5,987378
Dentro de grupos	54,76006924	6	9,126678206			
Total	54,80126954	7				

Quadro A.6

Analise Anova a um fator ao efeito dos tratamentos no peso seco das plantas

SUMÁRIO

<i>Grupos</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
PS Total da planta RE	4	1926,487	481,6217	11608,89
PS Total da planta RS	4	1602,35	400,5875	2830,22

ANOVA

<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	13133	1	13133,1	1,8191	0,226097878	5,987377607
Dentro de grupos	43317	6	7219,555			
Total	56450	7				

Quadro A.7

Analise Anova a um fator do efeito dos tratamentos no número de frutos vermelhos por planta à colheita

Anova: factor único

SUMÁRIO

<i>Grupos</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
RE	4	296,6	74,15	31,03
RS	4	291,8	72,95	31,9766667

ANOVA

<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	2,88	1	2,88	0,0914189	0,772588356	5,987377607
Dentro de grupos	189,02	6	31,50333333			
Total	191,9	7				

Quadro A.8

Análise Anova a um fator ao efeito dos tratamentos no grau brix e cor

Brix

Anova: factor único

SUMÁRIO

<i>Grupos</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
Re	3	13,93	4,64333333	0,093233
Rs	3	15,09	5,03	0,3268

ANOVA

<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	0,224267	1	0,22426667	1,067852	0,359813	7,708647
Dentro de grupos	0,840067	4	0,21001667			
Total	1,064333	5				

F Não Significativo

Cor

Anova: factor único

SUMÁRIO

<i>Grupos</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
Re	3	6,42	2,14	0,0028
Rs	3	6,44	2,15	0,003033

ANOVA

<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	6,67E-05	1	6,6667E-05	0,022857	0,887147	7,708647
Dentro de grupos	0,011667	4	0,00291667			
Total	0,011733	5				

F Não Significativo

Quadro A.9

Análise Anova a um fator ao efeito dos tratamentos no pH e teor de licopeno

pH

Anova: factor único

SUMÁRIO

<i>Grupos</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
Re	3	12,92	4,306667	0,000433
Rs	3	12,86	4,286667	3,33E-05

ANOVA

<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	0,0006	1	0,0006	2,571429	0,184074032	7,708647
Dentro de grupos	0,000933	4	0,000233			
Total	0,001533	5				

F Não Significativo

Teor de licopeno

<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
3	52	17,33333	0,173333
3	55	18,33333	2,973333

<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
1,5	1	1,5	0,95339	0,384145565	7,708647
6,293333	4	1,573333			
7,793333	5				

F Não Significativo

Quadro A.10

Análise Anova a um fator no efeito da produtividade dos tratamentos corte de rega aos 7,3 e 0 dias

Anova: factor único

SUMÁRIO

<i>Grupos</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
Cd7	2	302,75	151,375	154,58681
Cd3	2	282,5	141,25	14,222222
Cd0	4	618	154,5	88,310185

ANOVA

<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	236,58594	2	118,29297	1,3636405	0,33679	5,786135
Dentro de grupos	433,73958	5	86,747917			
Total	670,32552	7				