



UNIVERSIDADE DE ÉVORA

ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL

Estudo da influência da cobertura do solo nas condições ambientais, na produção e na ocorrência de *Botrytis cinerea* numa cultura de tomate em estufa

Bruno Luís Santos Pereira

Orientador: Prof^a. Doutora Fátima de Jesus Folgôa Baptista

Co-orientador: Prof. Doutor Jorge Ferro Meneses

Mestrado em Engenharia Agronómica

Dissertação

Évora, 2015

Agradecimentos

Em particular quero agradecer à Prof^a. Doutora Fátima Baptista, pela sua simpatia e amizade demonstrada durante todo o curso, assim como pelo grande auxílio e orientação que me deu na elaboração deste trabalho, sem o qual teria sido impossível realizar.

Agradecer também ao meu Co-orientador Prof. Doutor Jorge Ferro Meneses pela sua disponibilidade e orientação neste trabalho.

À minha família, nomeadamente à minha mãe, pois sem o seu apoio nunca teria conseguido estar neste momento a concluir um curso conducente ao grau de mestre.

Em especial quero agradecer à minha mulher Cristina, que muitas vezes assumiu em simultâneo os papéis de mãe e de pai, e aos meus filhos Joana, João e Maria, por todo o carinho, paciência, ajuda e motivação que me deram durante esta etapa tão especial e difícil das nossas vidas. Pedir-lhes desculpa de certa forma pela minha ausência durante alguns momentos, devido a esta fase académica da minha vida.

Ao meu colega Etevaldo uma palavra de apreço pela sua amizade e pelos momentos que partilhámos em conjunto durante o curso.

Agradecer ainda a todas as pessoas que estiveram envolvidos nos trabalhos experimentais, em particular ao Prof. Jorge Meneses, Dr. Paulo Abreu, Eng. António José Peniche e Prof^a. Fátima Baptista.

Resumo

A cobertura do solo é comum em horticultura extensiva, sendo por vezes também usada na produção em estufa. Esta técnica afeta as condições ambientais dentro das estufas.

Os principais objetivos deste trabalho consistem em estudar a influência da cobertura do solo nas condições ambientais, na produção e na ocorrência de *Botrytis cinerea* numa cultura de tomate em estufa

Os ensaios experimentais foram realizados em duas estufas com ventilação natural e permanente, localizadas no Instituto Superior de Agronomia, em Lisboa. Numa das estufas efetuou-se a prática de cobertura do solo com filme plástico de dupla face de cores branca e preta.

As temperaturas do solo e da cultura foram mais elevadas na estufa sem cobertura do solo, na qual a produção de tomate foi ligeiramente superior. Na estufa com cobertura do solo a humidade relativa foi ligeiramente superior e conseqüentemente a doença, a podridão cinzenta, mais elevada.

Influence of soil covering on environmental conditions, production and occurrence of *Botrytis cinerea* in a greenhouse tomato crop.

Abstract

Soil covering is common in extensive horticulture and sometimes also used in greenhouse production. This technique affects environmental conditions inside greenhouses.

The main goals of this work were to study the effect of soil covering on environmental conditions, productivity and occurrence of *Botrytis cinerea* in a tomato crop grown in greenhouse.

Experiments were realised in two greenhouses with natural and permanent ventilation, located at ISA-High Institute of Agronomy, Lisbon. In one of the greenhouses the soil was covered with a white/black double face plastic film.

Soil and crop temperatures were higher in the greenhouse without plastic mulch, in which slightly higher tomato production was verified. In the greenhouse with plastic mulch the relative humidity was slightly higher, being consequently higher the grey mould disease.

Índice

1.	Introdução	1
1.1.	Definição do problema.....	1
1.2.	Estudo das hipóteses e resultados esperados.....	2
2.	Revisão bibliográfica	4
3.	Material e métodos	15
3.1.	Caracterização climática do local dos trabalhos experimentais.....	15
3.2.	Caracterização das estufas utilizadas.....	17
3.3.	A cultura do Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>).....	19
3.4.	Descrição da metodologia experimental	20
3.4.1.	Equipamentos de medição e registo.....	20
3.4.2.	Programa de ventilação	23
3.4.3.	Cobertura de solo	24
3.4.4.	Avaliação da <i>Botrytis cinerea</i> e dos parâmetros de desenvolvimento da cultura.....	25
3.5.	Metodologia de análise estatística	26
4.	Resultados e discussão.....	28
4.1.	Caracterização das condições ambientais.....	28
4.1.1.	Radiação Solar	29
4.1.2.	Temperatura do ar	32
4.1.3.	Humidade relativa	34
4.1.4.	Temperatura do solo	35
4.1.5.	Temperatura da cobertura	37
4.1.6.	Temperatura da cultura.....	40
4.1.7.	Ventilação.....	42
4.2.	Nível de ataque da <i>Botrytis cinerea</i>	46
4.3.	Desenvolvimento da cultura.....	50
4.4.	Análise estatística.....	54

4.4.1. Condições ambientais.....	54
4.4.2. Nível de ataque da doença e desenvolvimento da cultura.....	58
5. Conclusão	61
6. Bibliografia.....	63

Lista de Figuras

Figura 1	Gráfico termopluviométrico Lisboa (1981-2010)	16
Figura 2	Posição das estufas e localização da estação meteorológica exterior	17
Figura 3	Esquemática dos alçados frontais e laterais das estufas, com dimensões aproximadas	18
Figura 4	Equipamentos de medição e registo de dados utilizados	22
Figura 5	Localização dos sensores nas estufas	23
Figura 6	Estufas com e sem cobertura de solo	25
Figura 7	Representação esquemática da posição relativa dos grupos nas estufas	25
Figura 8	Integral diário da radiação solar global no exterior e interior das estufas	29
Figura 9	Médias horárias da radiação fotossintética ativa	31
Figura 10	Integral diário da radiação fotossintética ativa das estufas e exterior	31
Figura 11	Evolução das temperaturas do ar, médias, máximas e mínimas diárias	33
Figura 12	Humidade relativa média diária	35
Figura 13	Temperatura média diária do solo a 20 cm de profundidade	36
Figura 14	Amplitude térmica diária do solo a 20 cm de profundidade	37
Figura 15	Temperatura média da cobertura das estufas nos períodos noturnos, diurnos e diário	39
Figura 16	Temperaturas médias diárias da cultura e do ar.	41
Figura 17	Médias da taxa de ventilação estimada (V) das estufas e da velocidade do vento (v_w) exterior, nos períodos noturno, diurno e diário	44
Figura 18	Nível de incidência da doença nas estufas	47
Figura 19	Severidade da doença, níveis de risco de ocorrência da doença e temperatura média do ar das estufas	49
Figura 20	Números médios de flores e frutos vingados por inflorescência/cacho	51
Figura 21	Peso médio dos frutos e número médio de frutos colhidos (produção) por cacho	52
Figura 22	Produção de tomate nas estufas nas observações efetuadas entre 28 de maio e 22 de julho	53

- Figura 23 Regressão linear simples RLS, variáveis relativas ao desenvolvimento da cultura 60
- Figura 24 Regressão linear simples RLS, variáveis relativas à doença podridão cinzenta 60

Lista de Tabelas

Tabela 1	Possíveis relações entre as hipóteses e os parâmetros em estudo	3
Tabela 2	Tipologia de dados, intervalos entre medições, tipos de sensores utilizados e a sua localização	21
Tabela 3	Características dos sensores utilizados, marca, modelo, quantidades, intervalos de medição e calibrações / monitorizações dos sensores	21
Tabela 4	Programa de ventilação das estufas	24
Tabela 5	Temperaturas médias mensais do ar ocorridas no período de ensaio no exterior das estufas e das normais climatológicas de 30 anos (1981 – 2010) para o mesmo período e região	28
Tabela 6	Integral mensal e total da radiação solar global e percentagem de transmissividade registada no interior das estufas relativamente à radiação solar global exterior	29
Tabela 7	Temperaturas médias mensais do ar interior e exterior das estufas	32
Tabela 8	Somatório de horas, mensais e totais, com humidade relativa superior a 90 %	34
Tabela 9	Temperatura média mensal do solo a 20 cm, média, máxima e mínima	36
Tabela 10	Diferenças médias das temperaturas das coberturas das estufas, antes e depois do branqueamento da cobertura da estufa “CC”	38
Tabela 11	Temperaturas máxima e mínima mensal da cultura	41
Tabela 12	Principais parâmetros utilizados para a determinação da taxa de ventilação	43
Tabela 13	Renovações do ar das estufas, média, máximo e mínimo mensal de renovações horárias	45
Tabela 14	Níveis de risco diário a que as estufas estiveram sujeitas no período compreendido entre os dias 120 e 167	48
Tabela 15	Correspondência entre as observações e severidade da doença e os dos níveis de risco ocorridos 14 - 15 dias anteriores às observações	50
Tabela 16	Números de flores e frutos vingados nas estufas	51
Tabela 17	Produção total (peso e frutos colhidos), peso dos frutos e relação entre frutos colhidos e vingados nas estufas	52
Tabela 18	Relação entre a produção e a incidência média e severidade total da doença podridão cinzenta na cultura	53
Tabela 19	Estatística descritiva das variáveis/parâmetros das condições ambientais	55

Tabela 20	Análise de variância ANOVA das variáveis dependentes condições ambientais relativamente ao fator cobertura de solo	57
Tabela 21	Estatística descritiva de variáveis da doença podridão cinzenta e desenvolvimento da cultura.	58
Tabela 22	Análise de variância ANOVA das variáveis dependentes severidade da doença e produção da cultura relativamente ao fator cobertura de solo.	59

Símbolos e Abreviaturas

<i>A</i>	área de abertura (m ²)
<i>AR</i>	área das aberturas de cumeeira (m ²)
<i>AS</i>	área de aberturas laterais (m ²)
<i>b</i>	relação entre as aberturas de cumeeira e lateral, relativamente à abertura lateral
<i>CC</i>	com cobertura de solo
<i>C_d</i>	coeficiente de descarga
<i>Csa</i>	clima mesotérmico húmido
<i>C_w</i>	coeficiente de pressão do vento
<i>DDA</i>	dia do ano
<i>e_a</i>	pressão parcial de vapor (hPa)
<i>e_s</i>	pressão de vapor saturado (hPa)
<i>F_c</i>	fator de correção da temperatura de cobertura (°C)
<i>g</i>	a aceleração da gravidade (m s ⁻²)
<i>h</i>	distância vertical que separa os centros das aberturas de cumeeira e laterais (m)
<i>H</i>	largura da abertura (m)
<i>HR</i>	humidade relativa (%)
<i>n</i>	número de renovações (ren h ⁻¹)
<i>Nfl</i>	número de flores
<i>Nfr</i>	número de frutos
<i>PAR</i>	radiação fotossintética ativa (mPPFD)
<i>Pfr</i>	peso médio dos frutos (g)
<i>RB</i>	risco baixo
<i>RE</i>	risco elevado
<i>R_g</i>	radiação global (W m ⁻²)
<i>RM</i>	risco moderado
<i>Sev.</i>	severidade da doença
<i>SC</i>	sem cobertura de solo
<i>T₀</i>	temperatura exterior (K)
<i>Tar</i>	temperatura do ar (°C)
<i>tbh</i>	temperatura do bolbo húmido (°C)
<i>tbs</i>	temperatura do bolbo seco (°C)
<i>Tcult.</i>	temperatura da cultura (°C)

V	taxa de ventilação ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)
V_i	volume interior das estufas (m^3)
v_w	velocidade do vento (m s^{-1})
t	diferença de temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
	importância relativa das áreas das aberturas de cumeeira e laterais

1. Introdução

1.1. Definição do problema

O tomate (*Solanum lycopersicum*) é uma cultura de grande importância económica, atingindo em 2012 uma produção mundial de 161.793.834 toneladas (FAO, 2015).

Segundo o Eurostat, com uma produção de 1,2 milhões de toneladas, Portugal foi em 2014 o terceiro produtor europeu de tomate, depois da Itália (5,2 milhões de toneladas) e de Espanha (3,8 milhões de toneladas) e acima da Grécia (1,1 milhões de toneladas). A Itália produziu mais de um terço (35%) da produção de tomate na UE e Portugal 8% (JN, 2015).

A indústria do tomate é um setor que exporta 95% da produção, estando Portugal no 4º lugar do ranking dos maiores exportadores mundiais. A nível nacional, a fileira do tomate é uma das principais indústrias agroalimentares do país (OT, 2014).

Na União Europeia a maior parte do tomate para consumo em fresco é produzido em estufa. Em Portugal, no ano de 2013, a produção de tomate para consumo em fresco foi de aproximadamente 97,3 mil toneladas para uma área total cultivada de 1 628 hectares, em que, 76,8 mil toneladas foram produzidas em estufa/abrigo alto, o que corresponde a 90,6% da produção total de tomate para consumo em fresco (INE, 2014).

No ano de 2013, no Continente, a produção em estufa/abrigo alto representou 15,7% da produção total de hortícolas, ainda que este modo de produção ocupe apenas 6% da área base destas culturas (INE, 2014).

Atualmente as estufas continuam a ser na sua maioria estruturas simples, em que os materiais da estrutura e cobertura são principalmente o metal e o plástico, a maioria das quais não são aquecidas sendo a ventilação a principal técnica de controlo ambiental, tendo-se evoluído muito do ponto de vista tecnológico, especialmente no que se refere ao controlo automatizado dos sistemas de rega e da ventilação.

Nas estufas não aquecidas verificam-se frequentemente condições de elevada humidade, o que tem efeitos negativos no desenvolvimento das culturas e favorece a ocorrência de doenças criptogâmicas.

A cobertura de solo com filme plástico influencia as condições ambientais no interior das estufas, bem como as condições de temperatura e humidade do solo, podendo contribuir desta forma, através da menor evaporação da água do solo, para a redução da humidade relativa no interior das estufas, e assim, restringir a ocorrência de algumas doenças criptogâmicas. No entanto, existem poucos estudos sobre a influência da cobertura do solo em estufas de produção de tomate.

No seguimento de outros trabalhos experimentais efetuados no âmbito de controlo ambiental em estufas e sobre a sua influência na produção e doenças das culturas, neste trabalho pretende-se estudar o efeito da cobertura do solo em estufas de produção de tomate, nomeadamente:

- Ñ Nas condições ambientais do solo e do ar da estufa;
- Ñ Nos diferentes parâmetros relativos ao desenvolvimento da cultura e produção;
- Ñ Ao nível da incidência da podridão cinzenta;
- Ñ Relacionar a produção com as condições ambientais;
- Ñ Relacionar o nível de ataque da doença com as condições ambientais.

Para a realização do referido trabalho, foram usados dados de duas estufas de produção de tomate, em que, uma encontrava-se com cobertura de solo com um filme plástico de dupla face (cor branca virada para cima) e a outra sem qualquer tipo de cobertura de solo.

1.2. Estudo das hipóteses e resultados esperados

Como em qualquer trabalho experimental, na organização e estruturação dos estudos efetuados, com base em revisões bibliográficas e análises empíricas, são avaliadas as possíveis variáveis e hipóteses de estudo, como também os resultados previsíveis e as conclusões possíveis de serem obtidas. Desta mesma forma, neste trabalho experimental foram avaliadas as possíveis relações entre as hipóteses e os parâmetros em estudo conforme apresentado na tabela 1.

Tabela 1 - Possíveis relações entre as hipóteses e os parâmetros em estudo.

Hipótese	Parâmetros
A cobertura do solo influencia as condições ambientais do solo e do ar da estufa.	Temperatura do ar Humidade relativa do ar Temperatura do solo Temperatura da cultura
A cobertura do solo tem influência nos diferentes parâmetros relativos ao desenvolvimento da cultura e produção.	Número de flores por inflorescência Número de frutos vingados por inflorescência Produção de frutos.
A cobertura do solo influencia o nível de ataque da podridão cinzenta.	Observações da incidência e severidade da doença, número de folíolos com lesões.

Igualmente, depois da análise e tratamento estatístico dos dados recolhidos durante o procedimento experimental, espera-se que os resultados causados pelo efeito da cobertura de solo sejam:

- Ñ Temperatura do solo mais baixa, devido à reflexão da radiação pelo filme plástico utilizado na cobertura do solo;
- Ñ Temperaturas do ar e da cultura superiores, devido à reflexão da radiação pelo plástico;
- Ñ Humidade relativa do ar inferior, devido a uma menor evaporação de água do solo e ao aumento da temperatura do ar;
- Ñ Ocorrência e grau de severidade da doença inferiores (humidade relativa mais baixa);
- Ñ Aumento da produtividade da cultura (temperatura da cultura superior, menor influência da doença sobre a produção da cultura, menor competição de infestantes).

Em conclusão, a confirmarem-se as suposições apresentadas, poder-se-á concluir que existem vantagens na utilização da prática de cobertura de solo com filme plástico de dupla face (cor branca virada para cima) na produção da cultura de tomate em estufa.

2. Revisão bibliográfica

Como em qualquer trabalho académico, é indispensável efetuar uma perspicaz pesquisa bibliográfica sobre os assuntos em estudo, pois só assim se poderá conhecer em que estado se encontra a investigação relativamente ao nosso problema, mais frágil ou mais desenvolvida, ou seja, o seu “estado da arte”.

No desenvolvimento da dissertação a revisão bibliográfica incidiu principalmente em temas relacionados com:

- Ñ Produção de tomate em estufas, panorama nacional e internacional e principais fatores agronómicos que influenciam a produção da cultura;
- Ñ Condições ambientais em estufas;
- Ñ Tipos de coberturas de solo e os efeitos destas nas condições ambientais das estufas, na ocorrência de doenças e na produção das culturas;
- Ñ A doença podridão cinzenta causada pelo fungo *Botrytis cinerea* na produção de tomate em estufa, condições ambientais que influenciam a ocorrência e o desenvolvimento da doença.

O tomate (*Solanum lycopersicum*) é uma das culturas mais comuns no mundo, sendo uma fonte importante de vitaminas e uma cultura comercial importante para pequenos agricultores e agricultores comerciantes de escala média (Naika *et al.*, 2006).

Originário do Perú – Equador, o tomate estendeu-se posteriormente à América Central e Meridional e foi introduzido na Europa no século XVI. O seu nome deriva dos termos aztecas “tomalt“, “xitomate “ e “ xitotomate “. Inicialmente era usado como planta ornamental mas em meados do século XVIII já era cultivado para fins alimentares, principalmente em Itália (Disqual, 2003).

A cultura do tomate para consumo em fresco é uma das mais vulgarizadas no Continente, sendo a par da alface, uma das espécies com maior valor comercial. Em termos de área, o cultivo em estufa predomina sobre o cultivo ao ar livre (INE, 2014). É no Centro e Sul do país que se produz a maioria do tomate em fresco, assumindo maior importância, as regiões do Oeste e Algarve com, respetivamente, 51% e 31% do total da produção do Continente. De referir que o Entre-Douro e Minho, embora com muito menor expressão, produz cerca de 9% do total (INE, 2002).

Das culturas hortícolas, a cultura do tomate é a que tem maior importância económica e é a mais divulgada em todo o território nacional. O tomate é produzido sem grandes dificuldades desde que sejam devidamente seleccionadas as variedades mais adequadas a cada situação e tidos os cuidados necessários para controlo do ambiente, nomeadamente em cultura protegida (Disqual, 2003).

Em termos de características morfológicas, a cultura do tomate possui um sistema radicular amplo, constituído por uma raiz principal, que pode alcançar os 50-60 cm de profundidade, e por uma grande quantidade de ramificações secundárias, reforçadas pela presença de um grande número de raízes “adventícias” que surgem na base dos caules. O caule do tomateiro é anguloso, coberto em toda a sua superfície de pelos perfeitamente visíveis que, devido à sua natureza glandular, libertam uma substância líquida responsável pelo aroma característico da planta. No início do crescimento o porte do caule é ereto, mas à medida que a planta cresce, o seu peso fá-lo tender para um porte prostrado, tornando necessário proceder à sua tutoragem. O fruto de tomateiro, o tomate, é uma baga, com os lóbulos carpelares claramente delimitados, de cor geralmente vermelha após maturação, apesar de algumas variedades poderem apresentar outras colorações como o amarelo ou violeta. O diâmetro dos frutos varia entre 3 e 16 cm (Disqual, 2003).

A temperatura do solo é um dos fatores mais importantes para o desenvolvimento das plantas. O solo, além de armazenar e permitir os processos de transferência de água, solutos e gases, também armazena e transfere calor. A capacidade de um solo de armazenar e transferir calor é determinada pelas suas propriedades térmicas e pelas condições climáticas que, por sua vez, influenciam todos os processos químicos, físicos e biológicos do solo. O desenvolvimento vegetativo das plantas pode ser condicionado se o solo não se apresentar dentro de uma faixa de temperatura adequada para a manutenção dos processos fisiológicos envolvidos. As propriedades físicas da água e do ar do solo, bem como os seus movimentos e disponibilidade no solo, e muitas reações químicas que liberam nutrientes para as plantas, são influenciados pela temperatura do solo. Ademais, o calor armazenado próximo da superfície do solo tem grande influência sobre a evaporação (Prevedello, 1996).

A temperatura do solo é consequência dos processos de transferência de calor que podem ocorrer por condução e convecção, com ou sem transferência de calor latente, entre a superfície do solo e a atmosfera. Nas trocas de calor entre a superfície do solo e a atmosfera, além dos processos de condução e convecção, ocorre ainda através da radiação. A condução é

geralmente o processo mais importante de transferência de calor nos solos, sujeita às propriedades térmicas do solo, que por sua vez são dependentes da umidade do solo. A convecção ocorre por fluxo de massa e é geralmente o processo mais importante de transferência de calor em solos úmidos (Prevedello, 1996).

Assis (2001), refere que temperaturas do solo extremamente elevadas têm efeitos prejudiciais sobre as raízes e podem causar lesões destrutivas nos caules. Por outro lado, as temperaturas baixas impedem a absorção de nutrientes. Refere também que o desenvolvimento radicular sofre considerável influência da temperatura do solo, e que a temperatura do solo é continuamente alterada principalmente devido ao ciclo de radiação, que produz flutuações diárias significativas.

A diminuição da umidade relativa proporciona o aumento do déficit de pressão de vapor que tem sido frequentemente relacionado com a resposta estomática, em que, aumentos desta estão associados à redução na abertura dos estomas, o que contribui para o aumento da temperatura foliar (Tribuzy, 2005).

As diferenças entre as temperaturas da folha e do ar podem ser substancialmente elevadas e estão relacionadas com a capacidade que as folhas têm de dissipar calor por condução ou transpiração (Tribuzy, 2005).

A temperatura foliar está relacionada com a radiação fotossintética ativa, e é indicadora do grau de absorção da radiação solar que será convertida em fluxos de calor em longo comprimento onda para a atmosfera, também contribuindo para a evapotranspiração (Costa *et al.*, 2007).

Existem dificuldades em medir a temperatura de uma cultura, diferentes partes da planta podem ter períodos de temperaturas diferentes, dependendo do órgão (folha, fruto, flor, caule) e da sua orientação relativamente à radiação solar incidente e fluxo de ar (Baptista, 2007).

Normalmente as plantas de ambientes áridos possuem folhas mais pequenas que as plantas de ambientes mais úmidos. O tamanho foliar varia igualmente com o perfil vertical de uma planta, sendo geralmente mais pequenas na parte superior das copas, podendo ocorrer variações no ângulo de inclinação foliar ao longo do perfil vertical. Estas características assim como a presença de algumas formações cuticulares, pelos ou pequenos espinhos, têm influência no balanço energético foliar.

A compreensão do balanço energético foliar é fundamental para se entender as adaptações das folhas às características do ambiente em que vivem (Gracia, 2006).

A emissão de radiação eletromagnética é o mecanismo pelo qual a planta transfere energia radiante sem necessidade de um meio transmissor. A radiação emitida por qualquer corpo é função da sua própria temperatura. Segundo a Lei Stefan-Boltzmann a radiação emitida por uma folha depende apenas da sua temperatura, a perda de calor por radiação depende da diferença de temperatura entre a folha e o ar (Gracia, 2006).

O fundamento da análise do crescimento é a medida sequencial da acumulação de matéria orgânica e a sua determinação é feita, normalmente, considerando a massa seca das plantas ou de partes das plantas. Devido ao facto de ser um procedimento destrutivo, as plantas selecionadas como amostra, a cada período de tempo, devem conseguir representar a população em estudo, a fim de que as técnicas estatísticas apropriadas possam ser utilizadas. Além das determinações da massa seca, as áreas foliares também são usualmente utilizadas como parâmetro de medida do crescimento das culturas (Oliveira *et al.*, 2006).

A determinação da área foliar é importante porque as folhas são as principais responsáveis pela captação de energia solar e pela produção de matéria orgânica por meio da fotossíntese. Se a superfície foliar é conhecida, e a alteração do peso da planta, durante certo período de tempo, é calculada, torna-se possível avaliar a eficiência do aparelho fotossintético e sua contribuição para o crescimento da planta como um todo (Oliveira *et al.*, 2006).

Na análise do crescimento do tomateiro em ambiente protegido no período de verão, Heuvelink (1995) verificou que do total da matéria seca produzida 60% pertencia aos frutos, 28% às folhas e 12% às hastes das plantas.

A utilização da técnica de cobertura de solo com materiais orgânicos ou sintéticos tem trazido enormes benefícios para a agricultura (Sampaio e Araújo, 2001). Na investigação, com diferentes objetivos de estudo, têm sido escolhidos diferentes tipos de materiais para a cobertura do solo, utilizados de forma independente ou combinados.

A utilização da cobertura do solo na produção ao ar livre tornou-se importante e bastante difundida na produção de diversas espécies de hortícolas, constituindo-se, inclusive, como condição básica para que muitas delas apresentem produtos com qualidade aceitável, em níveis rentáveis de produtividade. Essa prática tem-se mostrado como um fator determinante

na produção de hortícolas, contribuindo para a melhoria da produção e qualidade dos produtos (Lopes, 2010).

Para o desenvolvimento de um modelo capaz de simular a temperatura e a humidade do solo em estufas com ventilação natural na Tailândia, Tuntiwaranuruk *et al.* (2006) escolheram a casca de arroz como material para a cobertura de solo. Concluíram que a utilização de casca de arroz como cobertura de solo teve influência na temperatura e conservação de humidade do solo, dado que a temperatura do solo diminuiu e o teor de humidade do solo aumentou.

Liang *et al.* (2011) avaliaram a influência de diferentes materiais de cobertura de solo, no desenvolvimento da cultura do pimento (*Capsicum annuum* L.) e nas características físicas do solo. Como cobertura utilizaram palha de trigo, filme plástico transparente e palha de trigo combinada com filme plástico. Verificaram que as características físicas do solo melhoraram independentemente do material utilizado, e que existem diferentes influências na temperatura e na conservação da humidade do solo com a utilização de diferentes materiais. Por exemplo, verificaram que a utilização de palha de trigo e de filme plástico tiveram efeitos inversos na temperatura do solo, diminuiu com a utilização de palha de trigo e aumentou com a utilização de filme plástico. Relativamente à cultura, também verificaram que a taxa fotossintética líquida, a transpiração e o rendimento da cultura aumentaram com as práticas de cobertura de solo utilizadas, comparativamente com as estufas onde não foi efetuada qualquer cobertura de solo.

Shtienberg *et al.* (2010) avaliaram a eficácia da cobertura de solo com polietileno bicolor aluminizado (cor cinza-prateado virado para a parte superior e cor preta virada para a parte inferior) no controlo de míldio em culturas de tomate e de pepino (*Cucumis sativus*). Estudaram os efeitos individual e combinado da cobertura do solo e da utilização de fungicidas. Na cultura do tomate a aplicação de fungicidas verificou-se inconsistente e insuficiente no controlo do míldio ($34,5 \pm 14,3\%$), enquanto que a cobertura do solo com polietileno conduziu a um controlo da doença consistente e significativamente superior ($83,6 \pm 5,5\%$). Quanto à utilização das duas medidas de forma combinada, cobertura de solo e tratamento fitossanitário, verificaram que o efeito foi cumulativo. Relativamente à eficácia da cobertura de solo no controlo da doença na cultura de pepino, verificaram que esta não foi tão significativa como na cultura de tomate (34,9 % de eficácia).

Dos resultados obtidos nas duas culturas, também concluíram que aparentemente os mesmos devem-se à redução da frequência de noites com ocorrência de orvalho nas folhas das

culturas, como também à diminuição do número de horas por período aquando da sua formação. Também verificaram que a prática de cobertura de solo contribuiu para a redução da humidade relativa.

Durante o período experimental, num segundo conjunto de trabalhos experimentais, Shtienberg *et al.* (2010) para além de avaliarem a eficácia da cobertura de solo no controlo do míldio, também verificaram que, com a utilização de diferentes tipos de polietileno, bicolor aluminizado (cores cinza-prata lado superior, preto lado inferior), claro e escuro, não se obtêm resultados significativamente diferentes.

A escolha adequada do tipo de cobertura é fundamental para se atingir os objetivos propostos, sendo o clima e as práticas culturais essenciais para a adoção desta técnica (Sampaio e Araújo, 2001).

Existe uma panóplia de tipos de filmes plásticos disponíveis no mercado que podem ser usados na prática de cobertura de solo. Diferenças existentes nas propriedades radiométricas de filmes de diversas cores conduzem a diferentes comportamentos desses filmes. Os filmes transparentes permitem a passagem de maior quantidade de radiação ultra-violeta, que é interceptada pelos filmes pretos e opacos. A radiação visível é totalmente absorvida pelos filmes pretos e opacos e em menor proporção por filmes transparentes. Em radiações com curtos comprimentos de onda, as maiores percentagens de transmissão são obtidas com os filmes transparentes e as menores com os filmes pretos. Filmes que permitem a passagem de maior quantidade de radiação visível possibilitam o crescimento de infestantes, apesar da temperatura sob a cobertura se elevar bastante em períodos de grande intensidade luminosa. Outro aspeto importante é que, dependendo da cobertura plástica, pode haver mudanças na composição espectral da radiação refletida. Este facto pode ser importante para os processos fisiológicos da planta conforme a faixa em que se encontra a radiação refletida. Na faixa do azul (430-500 nm) há um aumento do crescimento vegetativo da planta e, quando se encontra na faixa do vermelho-alaranjado (600-690 nm), ocorre um melhor desenvolvimento reprodutivo (Bueno, 1984).

Streck *et al.* (1995) estudaram o efeito da cobertura do solo com polietileno transparente, preto, branco e coextrudido branco/preto sobre a produtividade do tomateiro em estufas de plásticos (polietileno transparente com 100mm de espessura), em duas zonas do Brasil. Verificaram que a temperatura máxima e média diária do solo foi superior com a utilização de polietileno transparente. A amplitude máxima diária da temperatura do solo foi menor com a

utilização de materiais opacos do que com transparentes. A produtividade média foi maior com plásticos opacos do que com plásticos transparentes. Entre os plásticos opacos, a maior produtividade foi obtida com plásticos brancos, os quais refletem maior radiação global incidente do que os plásticos escuros.

A ventilação é dos parâmetros mais importantes no controlo das condições ambientais em estufas de produção agrícola. A troca de ar entre o interior e exterior de uma estufa influencia as condições ambientais da mesma, nomeadamente a temperatura, a humidade, a concentração de dióxido de carbono. Estes parâmetros afetam o rendimento e a qualidade de quase todas as culturas. Ventilação insuficiente pode causar temperaturas muito altas, humidade muito elevada e redução grave de CO₂, com ventilação excessiva pode haver a necessidade de aquecer ou arrefecer as estufas nos períodos de inverno e verão, levando ao consumo adicional de energia (Baptista, 2007).

O desempenho da ventilação é um fator importante na produção em estufas no Mediterrâneo, influenciando tanto o controlo das condições ambientais como também a qualidade da produção das culturas em grande parte do ano (Boulard *et al.*, 1997).

Segundo Parra *et al.* (2004) um dos mais graves problemas em estufas Mediterrâneas é o facto das temperaturas internas excessivamente elevadas ocorrerem durante o dia, desde o início da primavera até o final do outono, tendo efeitos negativos sobre o rendimento e qualidade de quase todas as culturas em estufa.

Níveis baixos de CO₂ na composição do ar interior reduzem o crescimento das plantas e consequentemente a produtividade. Humidade relativa elevada aumenta o risco de doenças fúngicas e distúrbios nutricionais, como consequência da transpiração reduzida. A ventilação natural é um método barato e prático, o qual é vulgarmente muito utilizado para assegurar um clima favorável nas estufas dependendo das condições atmosféricas (Parra *et al.*, 2004).

Menezes e Monteiro (1990), Menezes *et al.* (1994), Baptista *et al.* (2001) e Baptista (2007) demonstraram que a ventilação natural permanente é uma forma eficaz de reduzir a humidade relativa elevada no interior de estufas e que é a única opção em estufas não aquecidos. Além disso, Baptista *et al.* (2001a) demonstraram que não houve diferenças significativas no número total de flores por planta, número de frutos colhidos e rendimento de peso fresco total, entre estufas com ventilações natural permanente e clássica.

Na ventilação natural, duas forças são responsáveis pela diferença de pressão: o vento, que resulta de uma modificação do campo de pressão em torno de um edifício ou obstáculo, causando diferenças de pressão positiva ou negativa, e a impulsão térmica ou o efeito de chaminé, que ocorre devido ao gradiente de densidade do ar resultante da diferença entre as temperaturas do ar interior e exterior.

Os mecanismos envolvidos na ventilação natural são complexos, envolvendo diferentes e independentes princípios físicos que devem ser analisados separadamente, contribuindo para esta complexidade, o facto do fluxo de ar ser influenciado pela localização e tipo de estufas utilizadas, da localização e tamanho das aberturas de ventilação e das características climáticas (velocidade do vento, direção do vento e da diferença de temperatura).

Na ventilação devido ao vento, o vento em torno de um edifício cria um campo de pressão que induz a diferentes pressões nas aberturas provocando fluxos de ar através delas. As diferenças de pressão podem ser positivas ou negativas. Pressões positivas forçam o ar para dentro da estufa, enquanto as negativas, forçam o ar para fora da estufa.

O efeito do vento é normalmente dividido em dois componentes: um efeito estático, induzido por uma distribuição de pressão estática relacionada com a velocidade média do vento e um efeito de turbulência, induzido pela distribuição de pressão flutuante, ligado com as características de turbulência do vento que interagem com a estufa ou com o ambiente.

O efeito estático do vento explica o movimento do ar em estufas com aberturas localizadas em zonas com diferentes coeficientes de pressão, que é o caso da maioria das estufas construídas nas regiões mediterrânicas, equipadas com aberturas laterais e na cumeeira.

Os campos de pressão criados por esses fenómenos têm sido caracterizados por coeficientes de pressão médios e de turbulência. No entanto, devido a dificuldades na determinação da contribuição relativa de cada um, a maioria dos autores assumem um coeficiente de pressão global do vento, que é o resultado de ambos os efeitos (Boulard e Baille, 1995; Kittas *et al.*, 1996; Baptista *et al.*, 1999; Bailey, 2000; Fatnassi *et al.*, 2002).

Em locais onde o vento é forte, a ventilação devido ao vento prevalece, no entanto, na inexistência de vento a impulsão térmica é a responsável pela troca de ar, e a ventilação ocorre devido à impulsão térmica. O tamanho e localização das aberturas e a diferença de temperatura entre o interior e o exterior determinam a eficiência da convecção natural.

Durante o dia o ar dentro de uma estufa pode ganhar calor diretamente do sistema de aquecimento, e indiretamente da radiação solar através das plantas e do solo. Se existirem diferentes aberturas a diferentes alturas, o ar quente do interior sai através da abertura superior, enquanto que a mesma massa de ar frio entra através da abertura inferior. A pressão do ar varia com a altura e é diferente no interior e exterior da estufa. O movimento de ar por convecção natural através de uma abertura é causado por esta diferença de pressão (Bruce, 1973; Baptista, 2007).

Com ventilação natural, geralmente a ventilação ocorre devido aos efeitos combinados do vento e da impulsão térmica, quando ambas as forças estão presentes. A impulsão térmica pode ser desvalorizada quando o vento é forte. Pelo contrário, com ausência de vento, a impulsão térmica torna-se responsável pela ventilação. Como descrito por Baptista (2007), não existe consenso sobre o limite de velocidade do vento acima do qual a impulsão térmica pode ser desvalorizada e os valores diferem entre os autores.

Boulard e Baille (1995) estudaram vários modelos para estimar as taxas de ventilação e concluíram que, aqueles que somam as diferenças de pressão provocadas pelo vento e impulsão térmica e que em seguida determinam o fluxo de ar, se obtém uma melhor concordância com os valores medidos, do que com aqueles que somam os fluxos devido aos efeitos individuais. Para estufas equipadas apenas com abertura de cumeeira ou aberturas laterais, estes autores mostraram que a taxa de ventilação pode ser simulada com boa precisão por um modelo que combina os efeitos do vento e da impulsão térmica.

Boulard *et al.* (1997) referem que em casos onde a ventilação é efetuada com aberturas de cumeeira e lateral, a taxa de ventilação neste caso, é estimada a partir de uma expressão semelhante ao modelo anteriormente descrito por Boulard e Baile (1995), onde o efeito de chaminé depende da importância relativa das áreas das aberturas de cumeeira e laterais relativamente à área de ventilação total e da distância vertical que separa os centros das aberturas de cumeeira e laterais.

Nas estufas, para o desenvolvimento das culturas é frequente a utilização de rega. Rega excessiva ou deficiente, têm consequências económicas e produtivas negativas. A rega localizada (gota a gota) é considerada um bom método para o fornecimento de água às culturas em estufa. Um método de rega programada adequado consistirá na aplicação de água em função da evapotranspiração e da disponibilidade de água no solo.

O tipo de sistema de rega também pode afetar o desenvolvimento de diversos agentes patogénicos responsáveis por doenças provenientes do solo. Aissat *et al.* (2008) estudaram o efeito da rega localizada (gota a gota) e da rega de superfície (por sulcos) no desenvolvimento da podridão cinzenta causada pelo fungo *Botrytis cinerea*, na cultura do tomate. A cinética da infeção nos caules, folhas e frutos foi superior na rega de superfície relativamente à rega localizada.

A podridão cinzenta, é uma das doenças mais importantes que afetam a cultura do tomate em estufas não aquecidas. Como medida profiláctica e curativa os produtores geralmente recorrem à aplicação de grandes quantidades de fungicidas químicos.

A *Botrytis cinerea*, é um fungo saprófita e polífago, está sempre presente na natureza e ataca folhas, caules, flores e frutos. No caule pode provocar danos que provocam a morte da planta, e desenvolvem-se nos frutos a partir dos restos florais. No tomate, induz um sintoma característico denominado "ghost spot", que é caracterizado por pequenas lesões necróticas, geralmente rodeado por um halo brilhante (Verhoeff, 1970), o que pode fazer com que o fruto não seja comercializável. Pode penetrar diretamente nos tecidos vegetais, desenvolvendo-se a temperaturas superiores a 15 °C e humidade relativa elevada. É significativa em cultura sob abrigo no período outono-inverno, quando as condições exteriores não permitem que o arejamento seja suficiente para controlar as condições de humidade (Pereira e Silva,1999).

As condições ótimas para o desenvolvimento de *Botrytis cinerea* são temperaturas entre 15 - 23 °C e humidade relativa superior a 90%, ou quando existe água livre microscópica na superfície das plantas devido à temperatura do tecido da planta ser inferior à temperatura de ponto de orvalho do ar (Major Greenhouse Diseases, 2015).

Este fungo infeta mais de 200 espécies vegetais distintas, determinando significativas perdas económicas antes e depois da colheita. Pode atacar a cultura em qualquer estado de desenvolvimento e pode infetar qualquer parte da planta. Devido à considerável incidência e às repercussões económicas que tem nas culturas da vinha, tomate, morangos e ornamentais, são muitos os estudos que se têm realizado sobre a biologia de *Botrytis cinerea* nas interações em que participa e sobre os possíveis métodos de controlo. A maior parte das estratégias de controlo utilizadas até ao momento são baseadas na utilização de agentes químicos. No entanto, a utilização de fungicidas é cada vez menos recomendável e mais restringida devido aos problemas de contaminação ambiental e ao desenvolvimento de resistências aos fungicidas utilizados. As possibilidades de desenvolver estratégias de controlo com base em

genótipos resistentes são reduzidas, já que ainda não foram descritos genes resistentes nas espécies que infeta (Benito *et al.*, 2000). No entanto, estudos desenvolvidos por Walz *et al.* (2008) demonstraram que as folhas de tomateiro transgênicas inoculadas com *Botrytis cinerea*, mostraram uma redução na gravidade da doença em comparação com os tecidos de plantas de origem não transgênica.

Segundo Baptista *et al.* (2012) a ventilação permanente é uma forma eficaz de reduzir elevados níveis de humidade relativa no interior das estufas e conseqüentemente uma ferramenta útil para minimizar o uso de produtos químicos em estufas não aquecidas. Desenvolveram um sistema de aviso com base no grau de severidade da doença, que fornece informações úteis sobre como e quando agir para evitar, ou pelo menos minimizar, a ocorrência da doença. Para uma aplicação mais prática os níveis de risco de doença foram definidos em função do tempo de duração com a humidade relativa superior a 90% no interior das estufas. Nos trabalhos experimentais verificaram que os resultados obtidos relativamente aos níveis de humidade relativa e severidade da doença foram mais satisfatórios em estufas com ventilação permanente (cerca de metade) do que em estufas com ventilação clássica.

Devido ao elevado número de fatores que influenciam o padrão de uma epidemia, é bastante difícil desenvolver um modelo generalizado para uma cultura e agente patogénico específicos (Jewett e Jarvis, 2001). No entanto, Baptista (2007) com base em parâmetros das condições ambientais desenvolveu e validou o modelo “BOTMOD”, capaz de prever a severidade da podridão cinzenta na cultura do tomate em estufa. Relacionou a severidade da doença com as condições ambientais que ocorreram nas estufas vários dias antes das observações da doença, tendo sido selecionados para validação os modelos que apresentaram maior r^2 e menor RMSE (raiz quadrada do erro médio). Verificou-se que a severidade da doença é altamente correlacionada positivamente com as horas acumuladas de humidade relativa superior a 90 % e temperaturas do ar entre 20 e 25 °C, obtendo correlação negativa para valores de humidade relativa < 90 % e < 10 °C, que são os mais desfavoráveis para a ocorrência da doença.

3. Material e métodos

Neste capítulo pretende-se descrever e caracterizar os materiais e métodos utilizados nos trabalhos experimentais.

Desde já, importa referir que o presente trabalho se baseou em dados recolhidos durante trabalhos experimentais realizados no ano de 1998 e que não haviam sido analisados anteriormente.

Os trabalhos de campo foram realizados em duas estufas com uma cultura de tomate para consumo em fresco, localizadas no Instituto Superior de Agronomia em Lisboa (38° 42' N, 9° 11' W), entre os finais dos meses de fevereiro e julho. Uma das estufas encontrava-se com cobertura de solo através de um filme plástico com a face branca voltada para cima e a outra sem qualquer tipo de cobertura de solo.

Em ambas as estufas a ventilação era natural e permanente, dia e noite, sendo as áreas de ventilação definidas em função das exigências da cultura e das condições climatéricas exteriores.

Foram recolhidos dados climáticos no exterior e no interior das estufas, tais como: a temperatura e humidade relativa do ar, a radiação solar global, a temperatura do solo e a temperatura das folhas, designada daqui em diante por temperatura da cultura.

Para a recolha de informação relativa ao desenvolvimento e produção da cultura, e de sintomas causados pela *Botrytis cinerea*, doze plantas foram selecionadas aleatoriamente e permanentemente acompanhadas ao longo de todo o ciclo cultural.

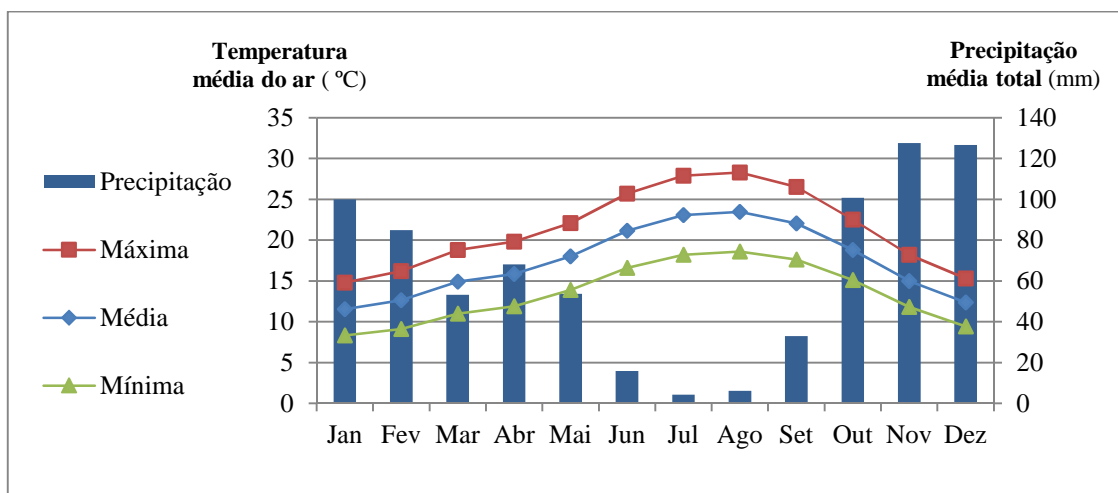
3.1. Caracterização climática do local dos trabalhos experimentais

Após a análise ao regime anual de variação dos principais elementos de um clima, deverá ser feita a classificação climática da zona em causa. Contudo, importa salientar que a nível local podem ocorrer importantes variações espaciais segundo os condicionalismos de diversos fatores físicos (Pereira, 2011) tais como:

- Ñ Altitude;
- Ñ Orientação;
- Ñ Distância ao litoral;
- Ñ Coberto vegetal.

A ação do Homem nestas variações, nomeadamente no que respeita a espaços urbanizados, espaços de implementação industrial e vias de circulação, também não pode ser menosprezada (Pereira, 2011).

Como referido anteriormente, os trabalhos experimentais foram realizados na cidade de Lisboa, onde, através da observação da figura 1, conclui-se que, como em todo o país, o clima é marcado pela coincidência dos valores mais elevados de precipitação com os meses mais frios. Ao contrário, os meses mais quentes apresentam-se como os menos pluviosos.



Fonte: IPMA Instituto do Português do Mar e da Atmosfera - Temperaturas do ar, normais climatológicas Lisboa, Geofísico, 1981-2010 (provisórias).

Figura 1 – Gráfico termopluviométrico Lisboa (1981-2010).

Segundo a classificação de Köppen, que apenas considera a temperatura e a precipitação, a zona insere-se no clima **Csa**, ou seja, mesotérmico húmido com uma estação seca no Verão, sendo este quente (temperatura média mensal do mês mais quente, superior a 22°C) (Classificação climática de Köppen- Geiger, 2009).

Relativamente ao vento, este é predominante do quadrante Norte, embora os ventos dos rumos Noroeste e Nordeste apresentem igualmente algum significado. Ventos predominantes de Norte durante a época de Verão, ventos de Nordeste na estação de Inverno e ventos de Sudoeste, Oeste e Noroeste durante as estações intermédias (Câmara Municipal de Lisboa, 2010).

3.2. Caracterização das estufas utilizadas

As estufas utilizadas nos trabalhos experimentais eram compostas por dois corpos, com estrutura em aço galvanizado e teto em arco abatido com cobertura de filme transparente, polietileno co-extrudido com três camadas (PE-EVA-PE), do tipo “Triclair” com 200 µm de espessura. As estufas estavam dispostas topo a topo ao longo de um eixo com orientação Norte-Sul, conforme representado em planta na figura 2. Os materiais de cobertura das estufas, com e sem cobertura de solo, encontravam-se na 3ª e 1ª campanha, respetivamente.

Conforme esquematizado na figura 2, as estufas foram identificadas como “CC” e “SC”, com e sem cobertura de solo, respetivamente.

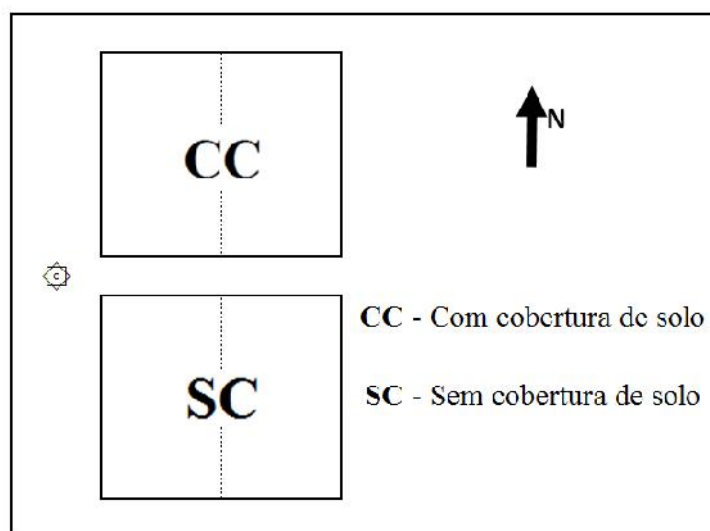


Figura 2 – Posição das estufas e localização da estação meteorológica exterior (☉).

As estufas não possuíam quaisquer sistemas de aquecimento nem de ventilação forçada, sendo o controlo ambiental efetuado apenas por ventilação natural, através da regulação manual das aberturas laterais presentes ao longo das suas fachadas e, quando necessário, pela abertura das frestas de cumeeira presentes em cada corpo ao longo de todo o seu comprimento.

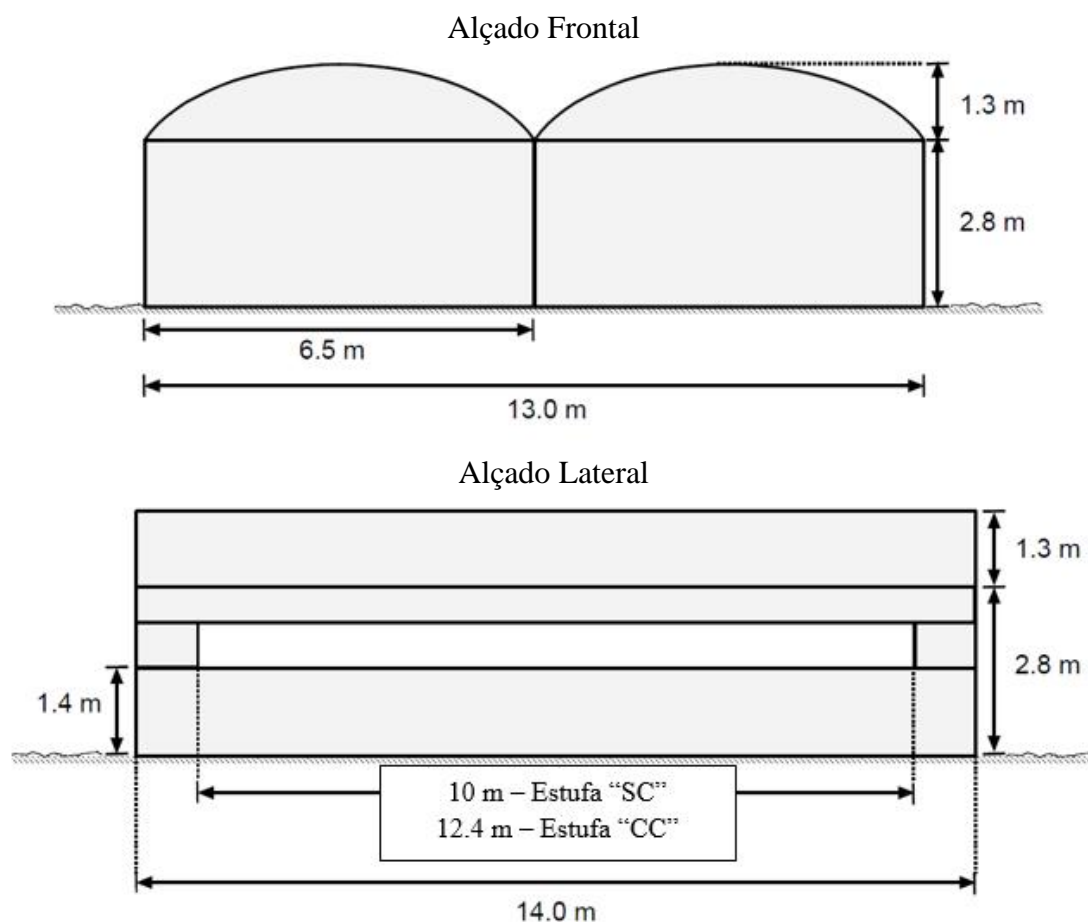


Figura 3 – Esquemática dos alçados frontais e laterais das estufas, com dimensões aproximadas.

As estufas tinham dois corpos de 6,5 m de largura cada, ou seja, uma largura total de 13 m, com um comprimento de 14,0 m e um pé direito de 2,8 m (figura 3). Cada estufa cobria uma superfície de solo de 182,0 m² e tinha um volume interno aproximado de 672,3 m³, com uma superfície exterior de filme de aproximadamente 375,3 m² (Abreu, 2004).

As aberturas laterais da estufa "SC" tinham 10,0 m de comprimento, enquanto que, na estufa "CC" tinham 12,4 m.

No dia 17 de junho (dia 168) procedeu-se à pintura da cobertura (branqueamento) da estufa "CC" com uma formulação comercial designada por "Varishade". A cobertura da estufa "SC" não foi modificada.

Nas estufas onde se realizaram os trabalhos experimentais, foram instalados sistemas de rega do tipo localizada (gota-a-gota), com origem em ramais de cabeceira, um por cada estufa. Foram instaladas rampas com gotejadores auto-compensantes, colocadas ao centro de cada

camalhão entre as linhas duplas de plantação da cultura. A instalação do sistema de rega teve por objetivo o fornecimento de água e nutrientes à cultura.

3.3. A cultura do Tomate (*Solanum lycopersicum*)

Para a instalação da cultura de tomate nas estufas, recorreu-se à técnica da transplantação de plantas de tomate da cultivar “Zapata” da “Western Seed”, com origem em viveiro e fornecido em placas alveoladas, sendo as plantas da cultivar escolhida utilizadas recorrentemente na produção em estufa e ao ar livre. As plantas foram plantadas na terceira semana de fevereiro, com 3-4 folhas correspondendo a uma altura de 12 a 15 cm e uma área foliar média de aproximadamente 70 cm² por planta, tendo sido mantidas em produção até ao final de julho.

A preparação do solo foi previamente realizada em camalhões no sentido do comprimento das estufas, com um espaçamento entre camalhões de 0,7 m e dimensões de 0,85 m de largura e 0,15 m de altura. As plantas foram dispostas em linhas pareadas com um espaçamento de 0,5 m na linha e 0,5 m entre linhas, ou seja, com uma densidade de plantação de 2,6 plantas m⁻², ficando assim cada estufa com quatro camalhões por corpo.

A frequência de regas foi entre 1-3 regas semanais, dependendo da evapotranspiração da cultura, que é função dos parâmetros do clima, características da cultura e das condições ambientais (Allen *et al.*, 1998). Adicionalmente, foram também utilizados tensiómetros de cana, com o bolbo de cerâmica colocado a 0,20 m de profundidade, como auxiliares na condução da rega. Em termos práticos considerou-se que foi sempre assegurado o abastecimento hídrico das plantas, de modo que este não constituísse um fator limitante ao seu desenvolvimento, tal como descrito em Baptista (2007).

Com base em análises de solo das estufas e do ciclo produtivo da cultura, foi efetuado o programa de fertilização da cultura. Inicialmente realizou-se uma adubação de cobertura, tendo sido efetuadas as restantes fertilizações através do sistema de rega (fertirrega) com auxílio de um doseador. A fertirrega foi realizada uma a duas vezes por semana, consoante as necessidades. Adicionalmente também foi utilizada uma solução de micronutrientes uma vez por semana, bem como uma solução de cálcio durante o período de colheita.

As plantas foram podadas a uma haste tendo-se eliminado os rebentos auxiliares, tendo sido também orientadas em redor de um eixo vertical, o qual estava seguro a um cabo de aço colocado acima das plantas, a uma altura de cerca de 2,5 m, e junto à base das plantas.

Não se utilizaram reguladores de crescimento, mas duas vezes por semana procedeu-se à vibração mecânica das inflorescências, recorrendo-se a um vibrador elétrico. O tempo de vibração foi de alguns segundos, dependendo da dimensão das inflorescências.

Com vista a aumentar a circulação de ar ao nível do solo, realizaram-se diversas desfolhas a partir da base das plantas. Em geral, foram retiradas folhas senescentes ou folhas atacadas por doenças. As folhas foram retiradas quando os frutos das inflorescências adjacentes se encontravam perfeitamente formados, tendo-se deixado sempre um mínimo de quatro unidades vegetativas a contar do topo da planta.

Durante o ciclo da cultura realizaram-se três desfolhas, as quais ocorreram a 12 de maio, 5 de junho e 22 de junho. Foram retiradas em média cinco, três e sete folhas por planta na primeira, segunda e terceira desfolhas, respetivamente. Quando da segunda desfolha, a 5 de junho, foi ainda realizada a despona da planta, cortando-se o topo da planta pela segunda folha acima da sétima inflorescência.

Os tratamentos fitossanitários foram iguais para as duas estufas. Contra o míldio foram efetuados a nível preventivo de acordo com as condições climáticas, ou seja, com vista a diminuir a frequência desta doença. Contra a podridão cinzenta realizou-se apenas um tratamento após o aparecimento desta doença nas plantas.

3.4. Descrição da metodologia experimental

3.4.1. Equipamentos de medição e registo

Para obtenção dos dados climáticos dos diferentes ambientes em estudo (ambiente e solo) no interior e exterior das estufas, foram utilizadas três estações meteorológicas, duas localizadas no interior das estufas e uma no exterior.

Na tabela 2 estão indicados os sensores utilizados para a obtenção e registo dos diversos dados em estudo e na tabela 3 estão indicadas as características de cada sensor, nomeadamente a precisão e o intervalo de medição admissível para cada sensor.

Tabela 2 – Tipologia de dados, intervalos entre medições, tipos de sensores utilizados e a sua localização.

Tipologia de dados	Sensores utilizados	Intervalo entre medições	Localização
Temperatura do Bolbo Seco	Psicrómetros	10 minutos	Altura (relativamente ao solo) Interior e exterior - 1,5 m
Temperatura do Bolbo Húmido			
Radiação Global	Piranómetros	10 segundos	Altura (relativamente à cultura) Interior - 2,8 m Exterior - 4,3 m
Radiação Fotossintética Activa			
Velocidade do vento	Anemómetro	10 segundos	Altura Exterior – 4.5 m
Medição da temperatura do solo	Termistores	10 minutos	Profundidade no solo Interior e exterior - 20 cm;
Temperatura da Cultura	Termómetros de infravermelhos	1 minuto	Cultura (folhas)
Temperatura da Cobertura	Termopares	1 minuto	Superfície interior da cobertura

Tabela 3 – Características dos sensores utilizados, marca, modelo, quantidades, intervalos de medição e calibrações / monitorizações dos sensores.

Tipo de sensor	Marca / Modelo	Quant.	Precisão	Intervalo de medição	Calibração / Monitorização
Psicrómetros ventilados	Thies Clima 1.1130.10.000	3	0,15 °C		Calibração de fábrica; Ensaio prévios (homogeneidade leitura entre os 3 aparelhos)
Piranómetros “starpyranometer”	P.Schenk 8101	3		0,3-3,0 µm	Ensaio prévios
Anemómetro de conchas	Thies Clima 4.3400.30.000	1		0,5 – 35 m s ⁻¹	Não realizada, equipamento novo, calibrado de fábrica
Termistores	Thies Clima ST1	5	0,2 °C	- 20 – 70 °C	Regularmente aferidos em relação a um termómetro de bolbo de mercúrio com precisão de 0,1 °C.
Termómetros de infravermelhos	Everest Interscience 4000.4GL	2		- 40 – 100 °C	Ensaio prévios

De forma a garantir o normal e correto funcionamento dos sensores referidos nas tabelas 2 e 3, antes de serem instalados, os mesmos foram alvo de calibrações e testes.

Todos os dados foram registados e armazenados numa base horária, usando-se para o efeito dois sistemas de Data Logger, da Delta - T Devices.

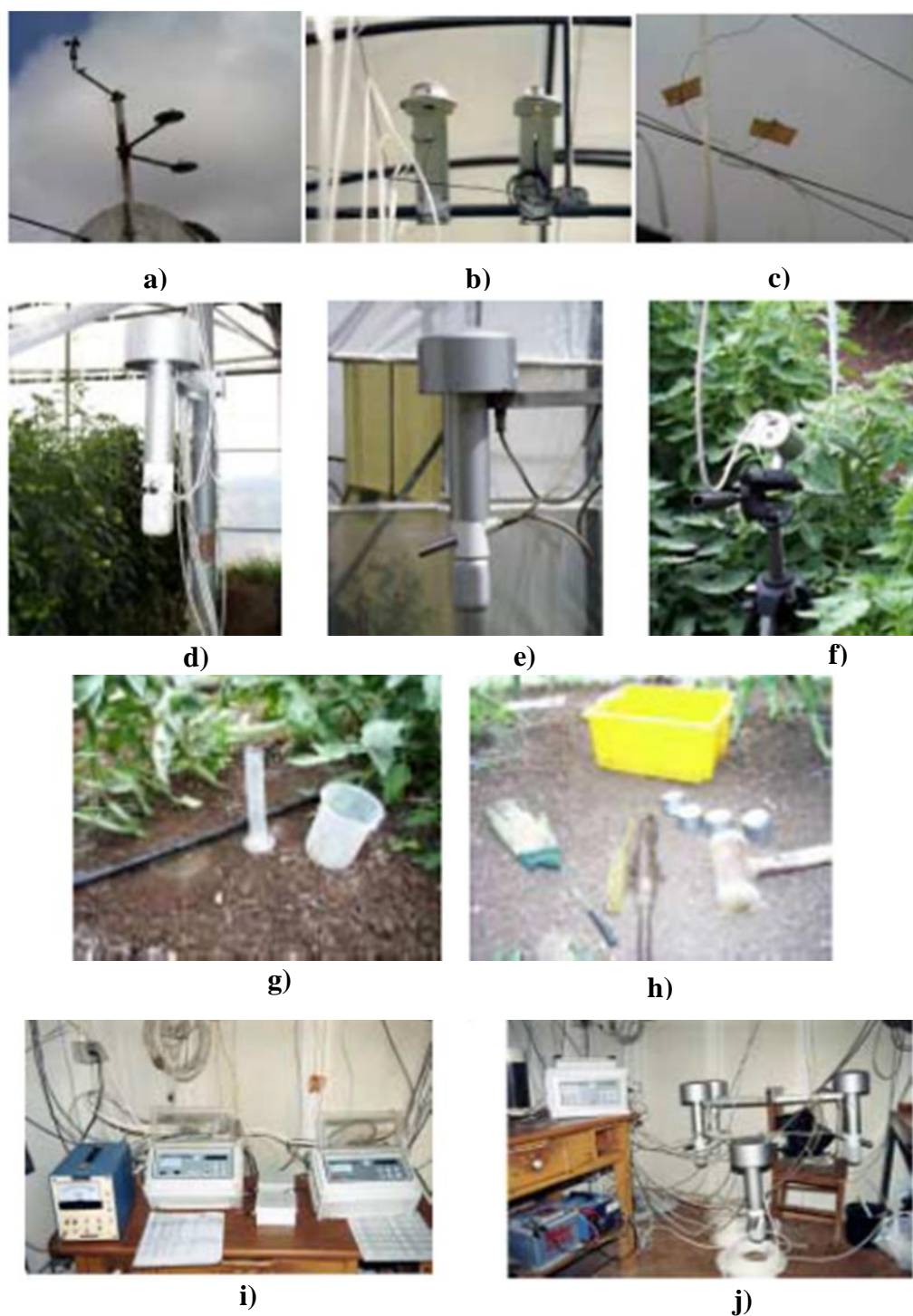


Figura 4 – Equipamentos de medição e registo de dados utilizados: **a)** piranómetro, sensor de radiação PAR e anemómetro exterior; **b)** piranómetro e sensor de radiação PAR interior; **c)** termopares da cobertura; **d)** psicrómetro interior; **e)** psicrómetro exterior; **f)** termómetro de infravermelho, **g)** verificação da taxa de gotejamento; **h)** amostragem de solo; **i)** data loggers; **j)** verificação de psicómetros.

Fonte: (Baptista, 2007).

Na figura 5 ilustram-se as localizações de alguns sensores utilizados relativamente às estufas.

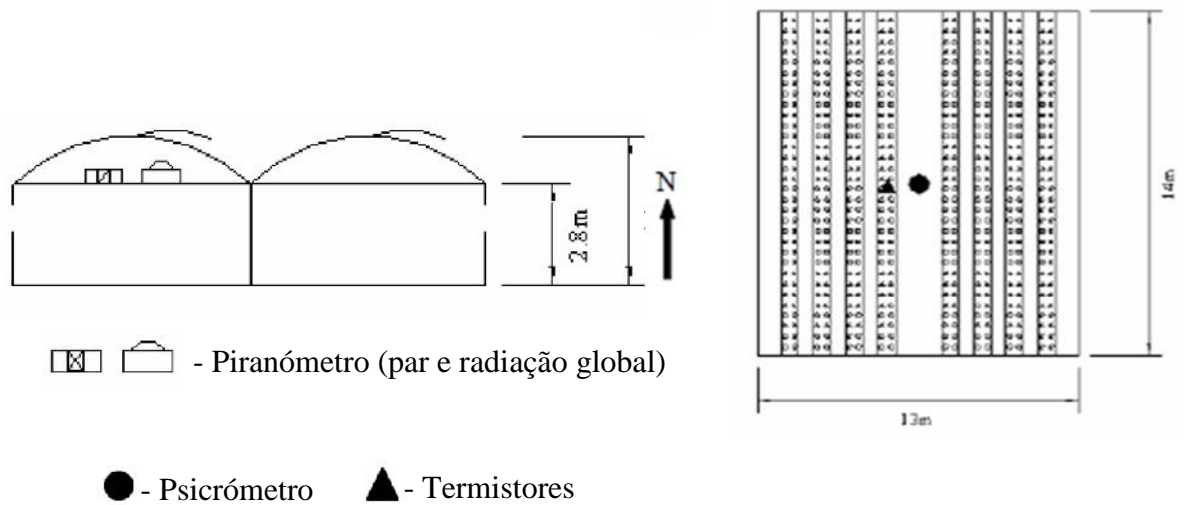


Figura 5 – Localização dos sensores nas estufas.

Fonte: (Baptista, 2007).

Para o cálculo da quantidade de água fornecida, foram medidos e registados os dados de dotação e duração das regas. A taxa de gotejamento do sistema de rega foi verificada várias vezes durante o trabalho experimental, em diferentes localizações no interior das estufas, de acordo com Baptista (2007).

Foram também recolhidas amostras de solo no interior das estufas, para análise das propriedades físicas do solo, com o objetivo de se obter a curva característica da humidade do solo, que relaciona o teor volumétrico da água com a tensão de água no solo. As análises foram realizadas no Laboratório de Física do Solo da Universidade de Évora.

3.4.2. Programa de ventilação

Como referido anteriormente em 3.2, ambas as estufas estiveram sob ventilação natural permanente, dia e noite, sendo esta definida em função das exigências da cultura e das condições climáticas exteriores. Assim, o programa de ventilação foi variando ao longo do ensaio de acordo com o esquema indicado na tabela 4.

Tabela 4 – Programa de ventilação das estufas.

DDA	Período	Hora	Altura de Abertura (m)		Superfície de Abertura (m ²)			
			Laterais	Cumeeira	Estufa “CC”	Estufa “SC”		
63-69	1	Diurno	10:00	18:00	0,30	7,4	6,0	
		Noturno	18:00	10:00	0,20	5,0	4,0	
70-90	2	Diurno	09:00	18:00	0,41	10,2	8,2	
		Noturno	18:00	09:00	0,10	2,5	2,0	
91-123	3	Diurno	09:00	18:00	0,41	10,2	8,2	
		Noturno	18:00	09:00	0,30	7,4	6,0	
124-152	4	Diurno	09:00	18:00	0,52	12,9	10,4	
		Noturno	18:00	09:00	0,30	7,4	6,0	
153-169	5	Diurno	09:00	19:00	0,52	12,9	10,4	
		Noturno	19:00	09:00	0,20	5,0	4,0	
170-181	6	Diurno	09:00	19:00	0,52	0,25	19,9	17,4
		Noturno	19:00	09:00	0,20	0,25	12,0	11,0
182-211	7	-			0,52	0,25	19,9	17,4

As janelas laterais das estufas estiveram abertas dia e noite, mas com uma abertura menor entre o final da tarde e o início da manhã do dia seguinte, em todos os períodos com exceção do 7º, em que estiveram abertas em permanência com a mesma área durante o dia e noite. Observa-se também que, devido a diferenças nas dimensões das janelas, a estufa “CC” teve sempre uma área de ventilação superior à estufa “SC”, e que, a partir do 6º período (inclusive) ambas as estufas passaram a ter uma abertura de cumeeira de 0,25 m de altura.

3.4.3. Cobertura de solo

Como referido anteriormente, neste trabalho experimental pretende-se analisar a influência da cobertura de solo nas condições ambientais no interior da estufa e do solo. Para isso, optou-se pela prática de cobertura de solo numa das estufas experimentais, ficando a outra sem qualquer tipo de cobertura de solo (figura 6).

Na estufa experimental em que se praticou a cobertura de solo, utilizou-se um filme plástico de polietileno de dupla face, em que, uma das faces possuía cor preta e outra cor branca. A cobertura de solo foi instalada na totalidade da área da estufa, com a face de cor preta virada para o solo (baixo) e a face de cor branca para o interior da estufa (cima), conforme ilustrado em **b)** na figura 6.



a) b)
Figura 6 – a) Estufa sem cobertura de solo; b) Estufa com cobertura de solo.

3.4.4. Avaliação da *Botrytis cinerea* e dos parâmetros de desenvolvimento da cultura

Em cada estufa foram selecionados aleatoriamente grupos de plantas (3 grupos, cada com 4 plantas) de forma condicionada, tendo sido eliminados os camalhões junto às janelas, bem como os dois primeiros metros de cada camalhão. Os grupos selecionados foram utilizados para observar os sintomas da doença e os parâmetros do desenvolvimento da cultura, os quais foram considerados como representativos da cultura (figura 7).



Figura 7 – Representação esquemática da posição relativa dos grupos nas estufas

As observações da podridão cinzenta tiveram início quando as plantas tinham 10 folhas. Os folíolos com lesões foram contados e removidos das estufas, com o objetivo de reduzir a quantidade de inóculo e evitar erros em observações futuras. As observações da ocorrência da doença foram realizadas aproximadamente uma vez por semana, entre 14 de maio e 22 de junho. Através das mesmas determinou-se a incidência e severidade da doença.

Abreu (2004) refere que, como a cultura iria ser conduzida utilizando um número mínimo de tratamentos fitossanitários, especialmente em relação à podridão cinzenta, cujos tratamentos estavam previstos apenas após o aparecimento de plantas atacadas, e com base na experiência adquirida em ensaios similares anteriores, optou-se por escolher doze plantas por estufa, apesar de se considerar que seriam suficientes apenas nove a dez plantas por estufa. Isto devido à possibilidade de virem a existir danos em algumas destas plantas causados por ataques de podridão cinzenta, de insetos, ou mesmo danos causados pelas atividades culturais mais críticas como o enrolamento das plantas em torno do fio tutor, principalmente a queda de flores e de frutos recém-vingados, que têm repercussões amplificadas no tempo.

A informação relativa ao desenvolvimento da cultura, como seja: o número de flores (totalmente abertas) por inflorescência, o número de frutos vingados por inflorescência (\emptyset 1 cm) e a produção de frutos, foi recolhida várias vezes durante o ciclo da cultura. Ao longo de todo o ensaio, foi mantida uma base de dados com a informação por cada planta, permitindo seguir com exatidão a evolução de cada unidade experimental.

Segundo Abreu (2004) a medição do número total de frutos por planta com diâmetro igual ou superior a 1 cm, foi realizada no final de cada semana e serviu para quantificar a carga de frutos por planta e para obter o número de frutos vingados por semana. Enquanto que a medição do número e peso dos frutos colhidos por inflorescência foi realizada uma a duas vezes por semana, mas agregada no final de cada semana.

3.5. Metodologia de análise estatística

Com recurso a diversos métodos estatísticos descritivos e inferenciais, é possível consolidar e justificar os resultados obtidos dos diferentes parâmetros/variáveis em estudo.

Para o tratamento dos dados a nível estatístico, recorreu-se à estatística descritiva, considerada como um conjunto de métodos estatísticos que visam sumariar e descrever os atributos mais

proeminentes aos dados, e à estatística inferencial, conjunto de métodos estatísticos que visam caracterizar (ou inferir sobre) uma população a partir de uma parte (a amostra).

No que diz respeito à estatística inferencial, optou-se pela utilização de modelos como a regressão linear simples (RLS) e a análise de variância (ANOVA). A regressão linear visa modelar uma variável resposta numérica (quantitativa) à custa de uma ou mais variáveis preditoras, igualmente numéricas. A ANOVA permite-nos modelar a mesma variável de resposta numérica se esta depender de uma ou mais variáveis qualitativas (categóricas), ou seja, de um ou mais fatores.

A análise estatística foi efetuada com recurso a “softwares”, nomeadamente o “SPSS” e “Excel” da Microsoft Office.

4. Resultados e discussão

4.1. Caracterização das condições ambientais

A presente caracterização tem por objetivo evidenciar as principais diferenças das condições ambientais entre as duas estufas e as estufas e o exterior. Consideramos que o ensaio foi realizado em condições climáticas próximas da situação mais comum encontrada no nosso país.

Na tabela 6 pretende-se comparar as temperaturas médias mensais do ar exterior, ocorridas no período de ensaio, com as normais climatológicas de 30 anos (1981-2010) da mesma região (Lisboa). Pode-se observar que a temperatura do ar exterior durante o período de ensaio, exceto em março, foi ligeiramente inferior comparativamente com as normais climatológicas. Verifica-se também, que o mês de abril é o que apresenta maiores diferenças entre as situações, tendo mesmo apresentado valores inferiores aos de março nas médias exteriores do ensaio.

Tabela 5 – Temperaturas médias mensais do ar ocorridas no período de ensaio no exterior das estufas e das normais climatológicas de 30 anos (1981 – 2010) para o mesmo período e região.

Mês	Exterior	Climatológicas 30 anos ⁽¹⁾
Março	15,0	14,9
Abril	12,8	15,9
Mai	15,8	18,0
Junho	19,6	21,2
Julho	22,4	23,1

⁽¹⁾ **Fonte:** IPMA Instituto do Português do Mar e da Atmosfera - Temperaturas do ar, normais climatológicas Lisboa, Geofísico, 1981-2010 (provisórias).

Foram ainda medidos e monitorizados outros parâmetros climáticos no exterior e interior das estufas, de forma a se avaliar a influência dos mesmos sobre a cultura, a permitir a aplicabilidade de alguns modelos utilizados, como também para definir durante o período de ensaio o programa de ventilação natural utilizado nas estufas, conforme mencionado anteriormente no ponto 3.4.2..

4.1.1. Radiação Solar

No ensaio, a radiação solar global foi medida em unidades de densidade de fluxo radiante ($W m^{-2}$).

Na figura 8 e na tabela 6 estão mencionados os resultados obtidos da radiação solar global, onde se pode constatar a notória influência do branqueamento da cobertura da estufa “CC” (dia 168) na transmissividade da cobertura, a partir da qual a radiação registada na estufa relativamente ao exterior caiu cerca de 30%, ou seja, de 62% para 32% de transmissividade antes e depois do branqueamento, respetivamente.

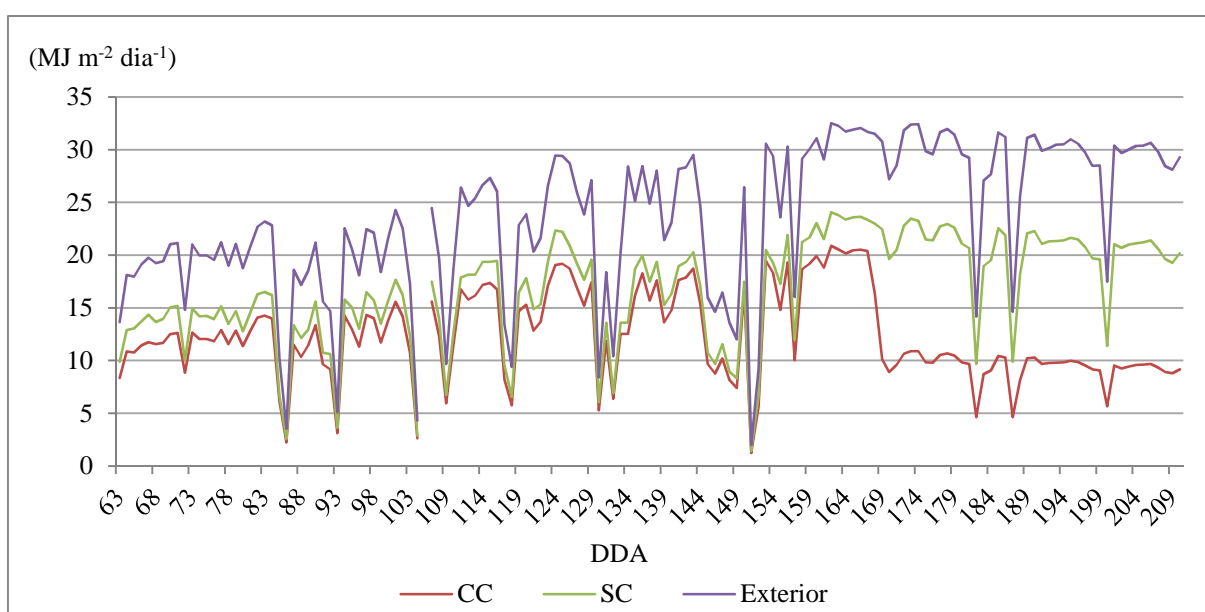


Figura 8 – Integral diário da radiação solar global no exterior e interior das estufas.

Tabela 6 – Integral mensal e total da radiação solar global e percentagem de transmissividade registada no interior das estufas relativamente à radiação solar global exterior.

Mês	Integral mensal ($MJ m^{-2} mês^{-1}$)			% R_g das estufas / R_g exterior	
	CC	SC	Exterior	CC	SC
Março	318	372	524	61	71
Abril	347	393	548	63	72
Maio	426	476	682	62	70
Junho	435	635	878	50	72
Julho	262	571	818	32	70
Total	1789	2447	3450	52	71

Verifica-se também na figura 8 e tabela 6 que antes do branqueamento da cobertura da estufa “CC”, a radiação solar global registada nas estufas foi sempre superior na estufa “SC”, facto imputável à maior transmissividade do material de cobertura, devido a tratar-se de plástico no primeiro ano de utilização e por isso com menor degradação e sujidade, conforme referido no ponto 3.2.. Registam-se diferenças de transmissividade diária da radiação entre estufas, antes e depois do branqueamento, de 3 a 10 % e de 33 a 40 %, respetivamente.

A radiação fotossinteticamente ativa (PAR) compreende a faixa espectral da radiação solar de comprimento de onda de 0,4 a 0,7 μm (Monteith, 1972). Apresenta grande importância em estudos sobre a taxa de crescimento vegetal, taxa fotossintética e condutância estomatal, por ser a radiação que excita as moléculas de clorofila das plantas, iniciando o fluxo de energia durante o processo de fotossíntese (Frisina *et al.*, 2003).

No ensaio, a radiação fotossinteticamente ativa foi medida em unidades de densidade de fluxo fótonico de radiação fotossinteticamente ativa.

Após a análise das figuras 9 e 10, verifica-se que a radiação fotossintética ativa tem um comportamento idêntico ao da radiação solar global. Assim, constata-se que a radiação fotossintética ativa foi:

- Ñ Superior no exterior, com valores mais elevados das médias horárias (1,48 mPPFD), do integral diário (15,82 mPPFD) e do integral total (1 268 mPPFD);
- Ñ Inferior na estufa “CC” em comparação com a estufa “SC”, com integrais totais de 661 e 959 mPPDF, respetivamente;
- Ñ Com transmissividade superior na estufa “SC”, obtendo-se o valor médio de transmissividade relativamente ao exterior de 76 % na estufa “SC” e 52 % na estufa “CC”.

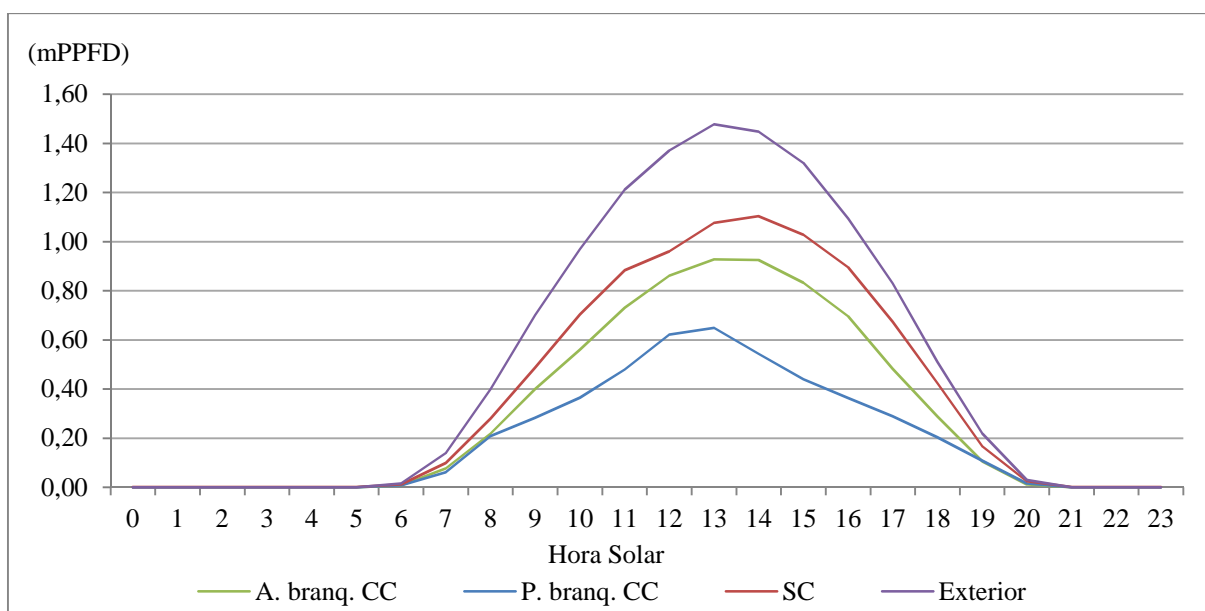


Figura 9 – Médias horárias da radiação fotossintética ativa. Sendo, **A. branq.** – anterior ao branqueamento e **P. branq.** – posterior ao branqueamento da estufa “CC”.

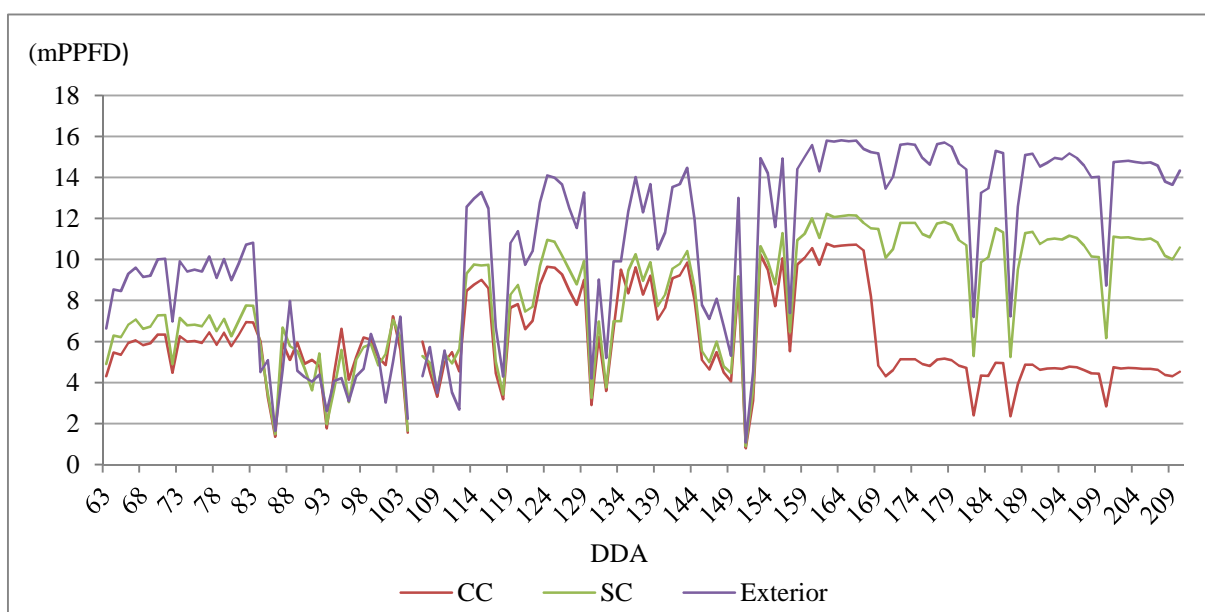


Figura 10 – Integral diário da radiação fotossintética ativa das estufas e exterior.

Igualmente ao ocorrido para a radiação solar global, o branqueamento da cobertura da estufa “CC” teve um efeito drástico no comportamento da transmissividade da radiação fotossintética ativa, verificando-se que esta desce abruptamente após a pintura da cobertura.

4.1.2. Temperatura do ar

As temperaturas do ar exterior e interior das estufas foram medidas (temperatura de bolbo seco, t_{bs} , em °C) com recurso a três psicrómetros ventilados e protegidos da radiação direta.

Na tabela 7 e na figura 11 estão representadas as evoluções das médias mensais e diárias, das temperaturas do ar mínimas, máximas e médias, ocorridas no período de ensaio, verificando-se que a temperatura do ar interior das estufas teve a mesma tendência que a temperatura do ar exterior. Relativamente às temperaturas médias e máximas, verifica-se que ao longo do período experimental, de um modo geral as temperaturas mais elevadas ocorreram no interior das estufas, verifica-se também que a partir do branqueamento da cobertura da estufa “CC”, as temperaturas médias e máximas dessa mesma estufa passaram a ser notoriamente inferiores à da estufa “SC” e praticamente coincidentes com as do exterior. No que diz respeito às temperaturas mínimas, considera-se que as mesmas foram coincidentes em ambas as situações ao longo do período experimental, interior das estufas e exterior.

Tabela 7 – Temperaturas médias mensais do ar interior e exterior das estufas (°C).

		Março	Abril	Maio	Junho	Julho
Média	CC	16,4	14,4	17,3	20,2	22,4
	SC	16,7	14,8	17,6	20,9	23,9
	Exterior	15,0	12,9	15,8	19,6	22,4
Máxima	CC	33,1	29,4	28,7	34,7	36,4
	SC	33,3	30,5	29,2	36,3	39,8
	Exterior	26,1	25,0	25,3	35,7	36,7
Mínima	CC	7,4	4,5	7,7	10,2	12,2
	SC	7,7	4,9	8,0	10,4	12,3
	Exterior	7,9	4,4	7,9	10,0	11,1

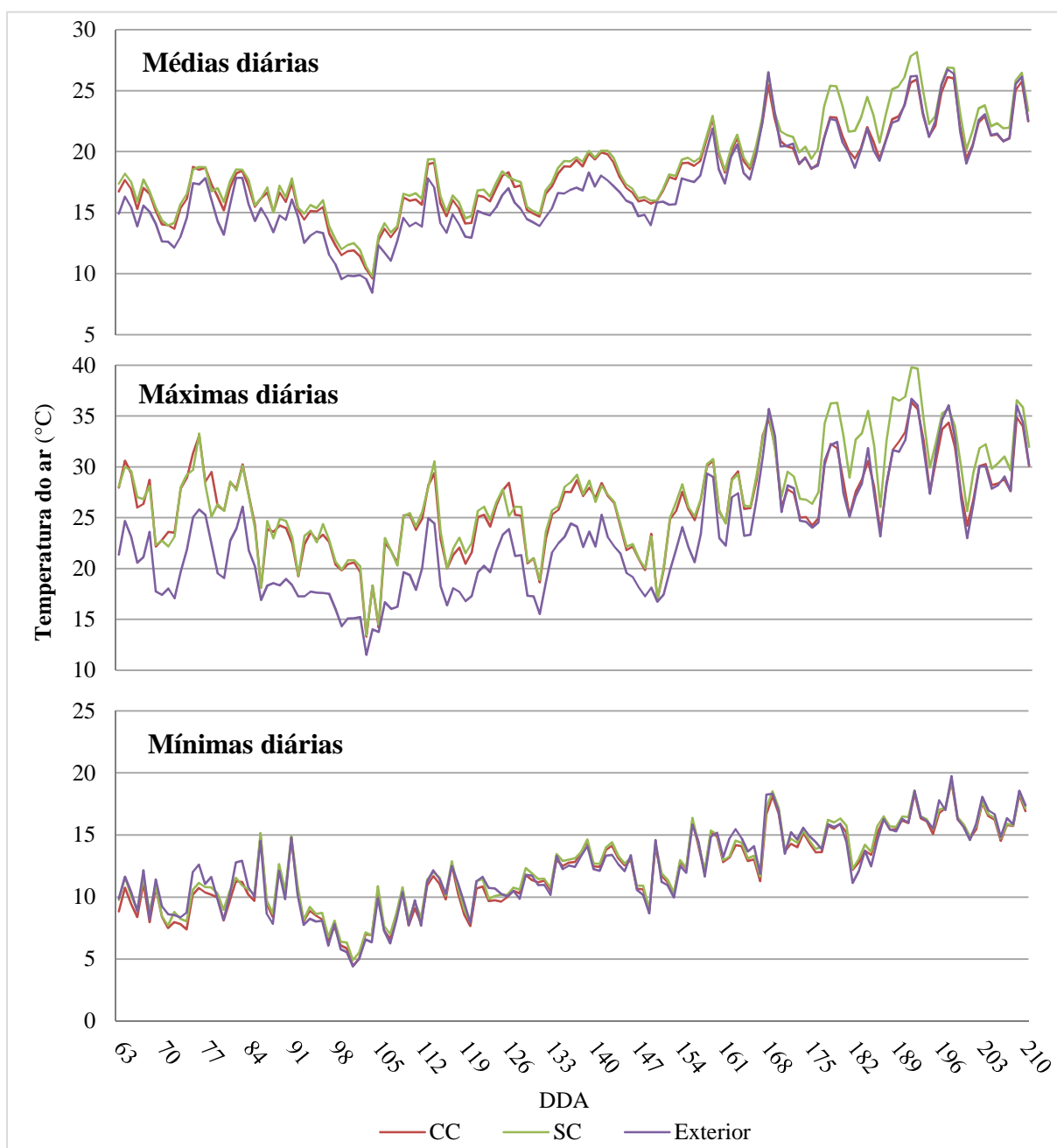


Figura 11 – Evolução das temperaturas do ar, médias, máximas e mínimas diárias.

Verifica-se ainda que os valores de abril são bastante baixos, principalmente considerando que a temperatura mínima biológica se situa entre 8 e 10 °C. Já quanto à temperatura máximas de 39,8 e 36,3 °C em julho, são temperaturas elevadas que carecem que os níveis hídricos do solo sejam suficientemente adequados para compensar as perdas de água das plantas devido à evapotranspiração. De referir ainda que após o branqueamento da cobertura da estufa “CC” a diferença das temperaturas máximas entre estufas aumentou para cerca de 3,5 °C.

4.1.3. Humidade relativa

A humidade relativa (**HR**) é definida como sendo a razão entre a pressão de vapor de água existente no ar a uma dada temperatura e a pressão máxima a essa temperatura e pressão. Foi obtida a partir do algoritmo apresentado por Allen *et al.*, (1994), recorrendo às leituras das temperaturas de bolbo seco e bolbo húmido (**tbh**). O algoritmo permitiu a determinação da pressão de vapor saturado (**e_s**) e a pressão parcial de vapor (**e_a**), ambos em hPa, sendo a **HR** neste caso definida pela equação [1].

$$HR = 100 \frac{e_a}{e_s} \quad [1]$$

Onde,

$$e_s = 0,611 e^{\frac{17,27 \text{ tbs}}{\text{tbs} + 237,3}} \quad [2]$$

e

$$e_a = 6,11 e^{\frac{17,4 \text{ tbh}}{\text{tbh} + 239}} - 0,623 (\text{tbs} - \text{tbh}) \quad [3]$$

A frequência de períodos com **HR** superior a 90 % tem sido usada como critério para a determinação de períodos com presença de água no estado livre sobre a superfície das folhas (Zhang *et al.*, 1997), sendo esta uma condição importante para a ocorrência de problemas fitossanitários causados pelo fungo *Botrytis cinerea* (Nicot e Baille, 1996).

Tabela 8 – Somatório de horas, mensais e totais, com humidade relativa superior a 90 %.

Mês	Estufa	
	CC	SC
Março	36	22
Abril	96	37
Maio	140	64
Junho	107	69
Julho	170	122
Σ	549	314

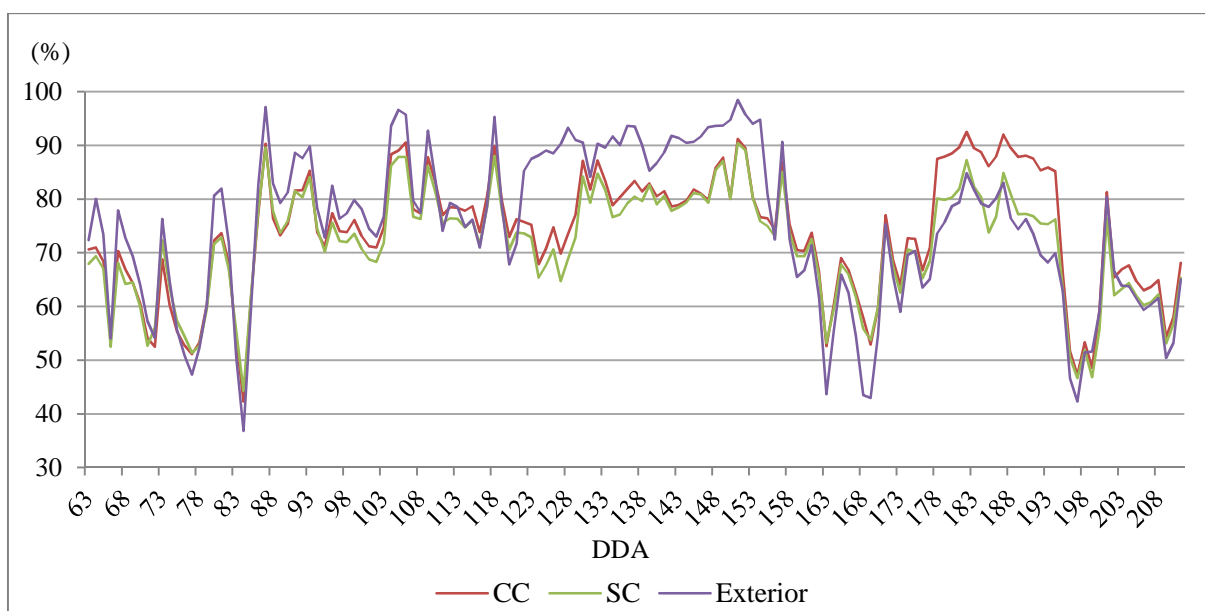


Figura 12 – Humidade relativa média diária.

Os dados referidos na tabela 8 demonstram que a estufa “CC” apresentou maior número de horas com **HR** superior a 90% em todos os meses do ensaio. Através da análise da figura 12, também se observa que de um modo geral a **HR** média diária foi geralmente superior na estufa “CC” que na estufa “SC”. Além disso, verifica-se um aumento notório dessa diferença a partir do branqueamento da cobertura, especialmente visível, mais ou menos, entre os dias 173 e 193, justificado pelo acréscimo da diferença da temperatura do ar entre estufas (inferior na estufa “CC”) no mesmo período.

Este resultado contraria o esperado e o obtido por Shtienberg *et al.* (2010). De facto, seria expectável que a cobertura de solo contribuísse para a redução da evaporação de água do solo na estufa “CC”, contribuindo para o balanço de calor latente. Por outro lado, os resultados obtidos estão de acordo com trabalhos anteriores de Seginer (2002), que considera que a evaporação de água do solo pode ser negligenciada em casos de elevada cobertura vegetal e quando a rega é efetuada por um sistema de rega localizado (gota a gota).

4.1.4. Temperatura do solo

Para a medição da temperatura do solo foram utilizados termistores colocados no centro de um dos camalhões centrais de cada estufa e no exterior a 20 cm de profundidade, tendo sido registadas as médias horárias em intervalos de 10 minutos.

Verifica-se através das figuras 13 e 14 e da tabela 9 que ao longo do período de ensaio, a temperatura do solo foi mais constante nas estufas que no exterior, tendo-se verificado que as temperaturas mais baixas e elevadas ocorreram no solo exterior, obtendo-se a temperatura mais baixa de 11,7 °C em abril e a mais elevada de 30,6 °C em julho. Relativamente às amplitudes térmicas, constataram-se os valores médios do período total de ensaio de 1,3 °C e 1,6 °C nas estufas “CC” e “SC”, respetivamente.

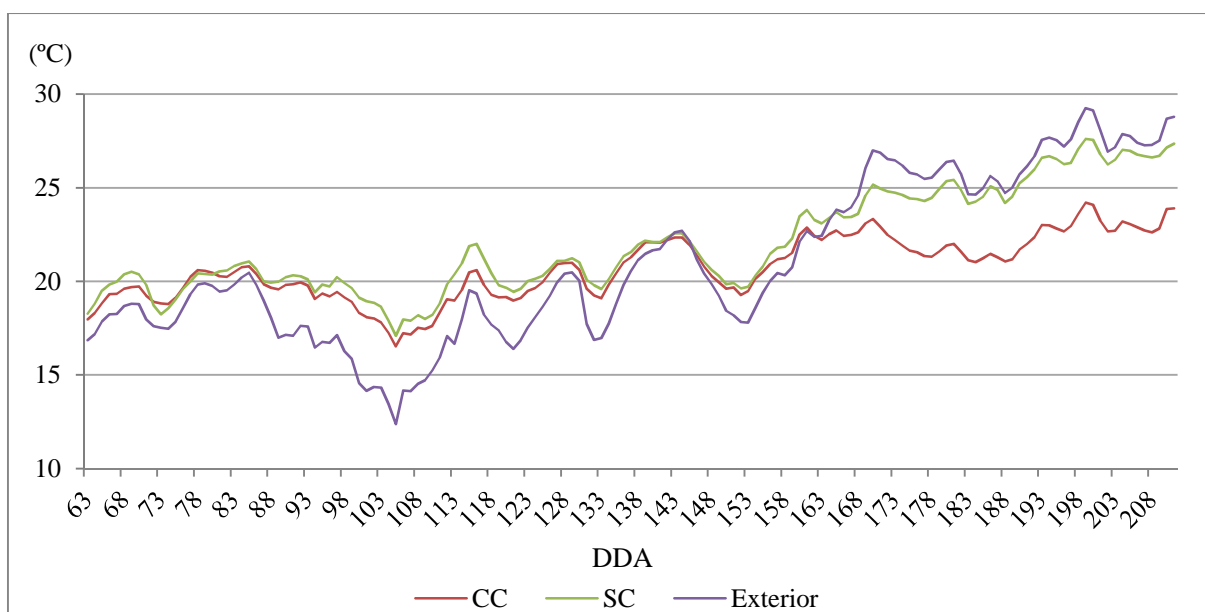


Figura 13 – Temperatura média diária do solo a 20 cm de profundidade.

Tabela 9 – Temperatura média mensal do solo a 20 cm, média, máxima e mínima.

Mês	Média			Máxima			Mínima		
	CC	SC	Exterior	CC	SC	Exterior	CC	SC	Exterior
Março	19,7	19,9	18,6	20,6	20,9	19,7	18,9	19,1	17,6
Abril	18,7	19,5	16,1	19,4	20,2	17,2	18,2	18,9	15,1
Mai	20,7	20,9	19,7	21,4	21,6	20,9	20,0	20,4	18,5
Junho	21,8	23,4	23,5	22,5	24,2	24,8	21,3	22,6	22,2
Julho	22,5	26,1	27,0	23,2	27,1	28,3	22,0	25,1	25,6

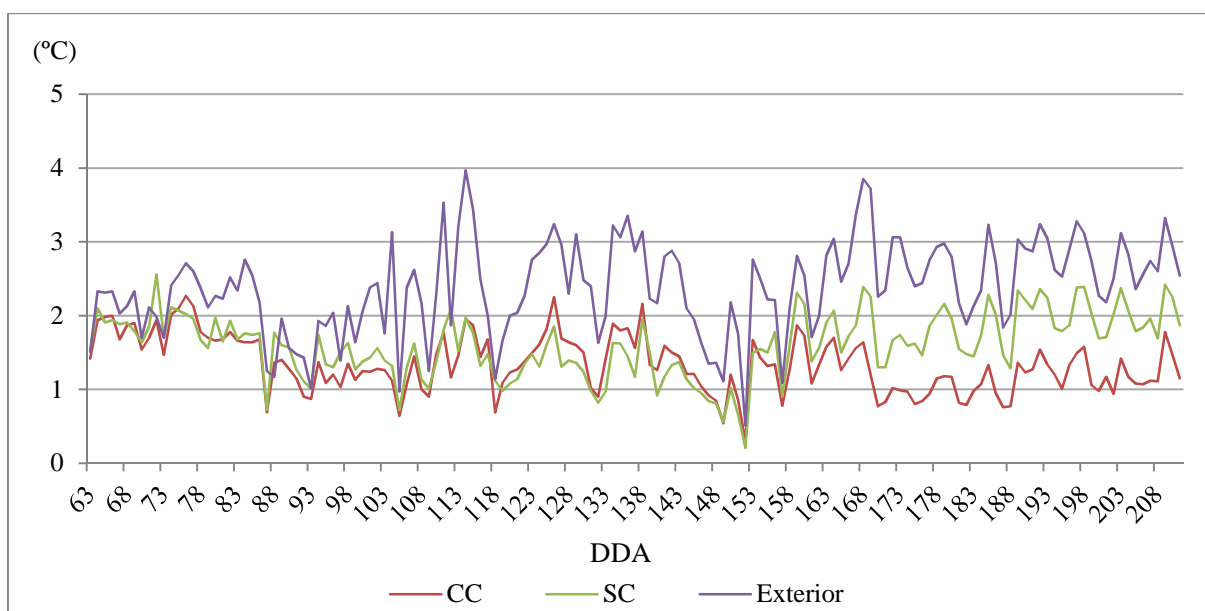


Figura 14 – Amplitude térmica diária do solo a 20 cm de profundidade.

De uma forma geral, a estufa “CC” apresentou valores de temperatura do solo inferiores aos observados na estufa “SC”, esta diferença é atribuída à menor absorção de radiação pelo solo na estufa “CC” devido à reflexão causada pelo plástico branco usado na cobertura do solo nesta estufa e também pela menor radiação solar no interior desta estufa, devido à menor transmissão do material de cobertura, já mencionada. Também é perceptível que após o branqueamento da cobertura da estufa “CC” (dia 168) a diferença aumentou significativamente. Esta diferença é mais uma vez justificada pelo menor nível de radiação solar global observado no interior da estufa a partir do dia 168.

Verifica-se também que, em ambas as estufas, a temperatura do solo se encontrou sempre dentro de valores adequados ao desenvolvimento da cultura, considerando-se por isso não ter sido um fator limitante.

4.1.5. Temperatura da cobertura

A temperatura da cobertura foi medida com recurso a termopares instalados junto à cobertura no interior das estufas e protegidos da radiação (pintado de branco).

Baptista (2007) refere que a medição da temperatura da cobertura é dificultada por fatores como a transparência do material utilizado na cobertura, pelas radiações solares e térmicas e pelo efeito do vento na superfície da cobertura. Diversos autores referem que os valores obtidos por sensores expostos a estes fatores, necessitam ser corrigidos. Papadakis, *et al.*

(1992) sugeriram um fator de correção para minimizar o efeito da radiação solar quando esta é superior a 120 W m^{-2} . Mais tarde, Abdel-Ghany, *et al.* (2006) apresentaram uma outra expressão, que inclui também o efeito da radiação térmica, sendo o fator de correção (F_c) expresso pela equação [4] ($r^2 = 0,92$), sendo a radiação solar (R_g) expressa em W m^{-2} .

$$F_c = -0,0922 + 2,9 (1 - e^{-0,003 R_g}) \quad [4]$$

A temperatura média da cobertura corrigida pela equação [4], foi superior na estufa “CC” (figura 15) até se proceder ao branqueamento da cobertura (dia 168), verificando-se que a partir dessa data, a temperatura dessa cobertura nessa estufa passou a ser inferior relativamente à outra (“SC”).

A primeira situação pode ser justificada pelos diferentes tempos de utilização das coberturas das estufas, conforme referido anteriormente, encontrando-se a cobertura da estufa “CC” com maior degradação das propriedades radiométricas com o seu envelhecimento, o que pode ter originado uma superior absorção das radiações visível e de curto comprimento de onda. A segunda, pode ser justificada pela superior reflexão da radiação solar na cobertura da estufa “CC” devido ao branqueamento da mesma, havendo desta forma uma notória inversão da situação.

Tabela 10 – Diferenças médias das temperaturas ($^{\circ}\text{C}$) das coberturas das estufas, antes e depois do branqueamento da cobertura da estufa “CC”, em que, **PN** corresponde ao período noturno e **PD** ao período diurno.

Anterior ao branqueamento		Posterior ao branqueamento	
PN	PD	PN	PD
0,3	3,5	0,3	2,7

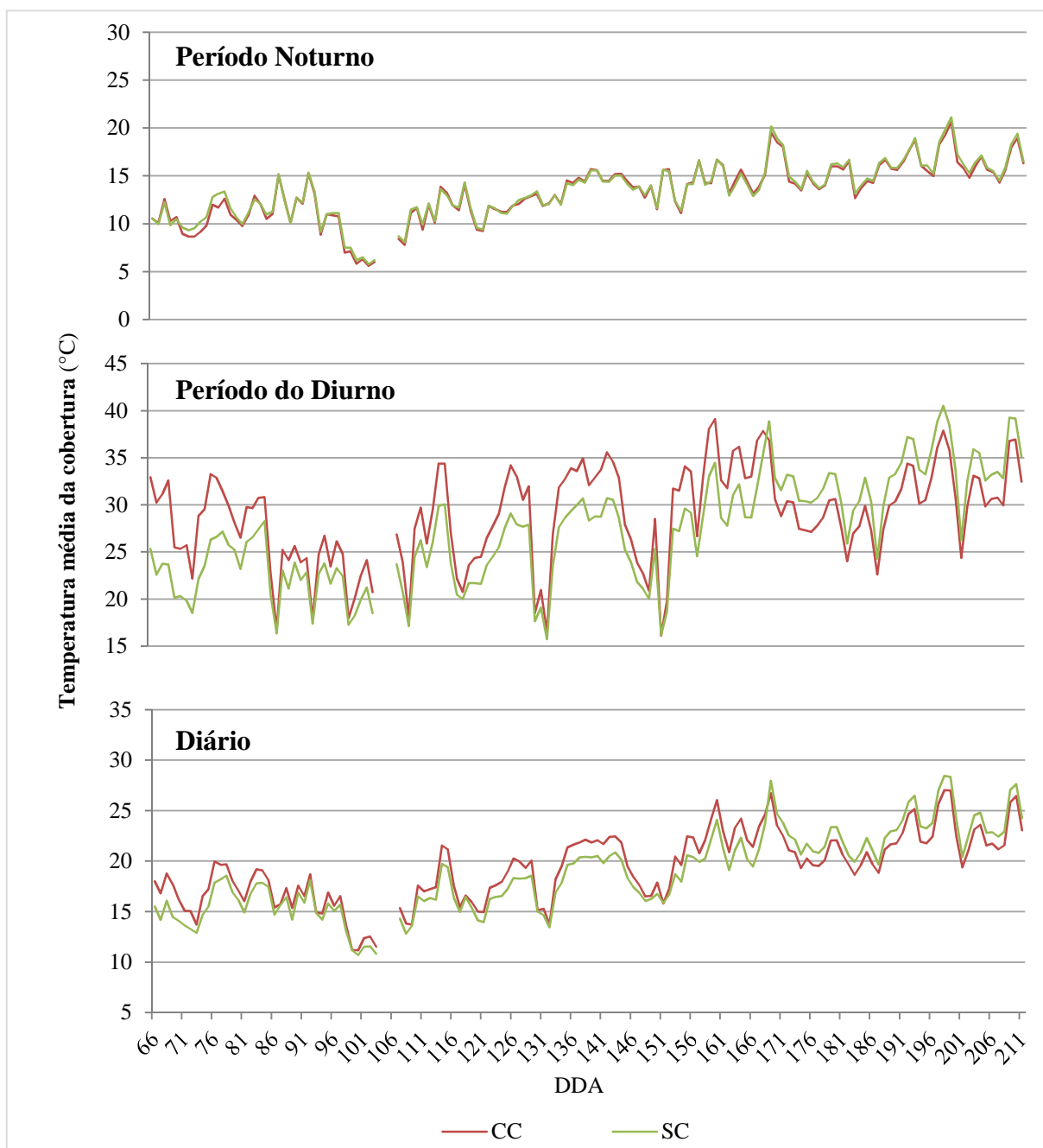


Figura 15 – Temperatura média da cobertura das estufas nos períodos noturnos, diurnos e diário.

Ao contrário do período diurno, no período noturno não se verificaram diferenças significativas na temperatura da cobertura (tabela 10 e figura 15), sendo os valores obtidos muito equivalentes em ambas as estufas. Em resumo, concluímos que a temperatura da cobertura é fortemente influenciada pela radiação solar e pela capacidade de absorção e reflexão dessa mesma radiação por parte do material utilizado na cobertura.

4.1.6. Temperatura da cultura

Para a análise da evolução da temperatura da cultura, medida nas folhas, foram utilizados dois termômetros de infravermelhos, um em cada estufa, os dados foram registados entre o dia 96 e o dia 211.

A temperatura da cultura varia em função de alguns fatores. As funções fisiológicas nas plantas ocorrem em intervalos de temperatura adequadas e tendem a manter uma temperatura de equilíbrio nas diferentes partes das plantas de forma a maximizar a sua utilidade. Dependendo de determinadas circunstâncias a cultura pode apresentar temperaturas superiores ou inferiores às do meio ambiente. Muitos processos biológicos respondem de uma forma não linear à temperatura. A temperatura foliar influi sobre a pressão de vapor de saturação na superfície da folha, sobre a respiração, a fotossíntese e sobre muitos outros processos (Pereira, 2012).

De uma forma geral a evolução da temperatura média diária da cultura seguiu a evolução da temperatura do ar. No entanto, a temperatura da cultura foi normalmente inferior à temperatura do ar (figura 16), o que é explicado pela transformação de calor sensível em calor latente, por ação da transpiração. Esta tendência da evolução da temperatura das folhas de tomateiro em estufa tem sido observada por diversos autores (Yang, 1995; Kempkes *et al.*, 2000).

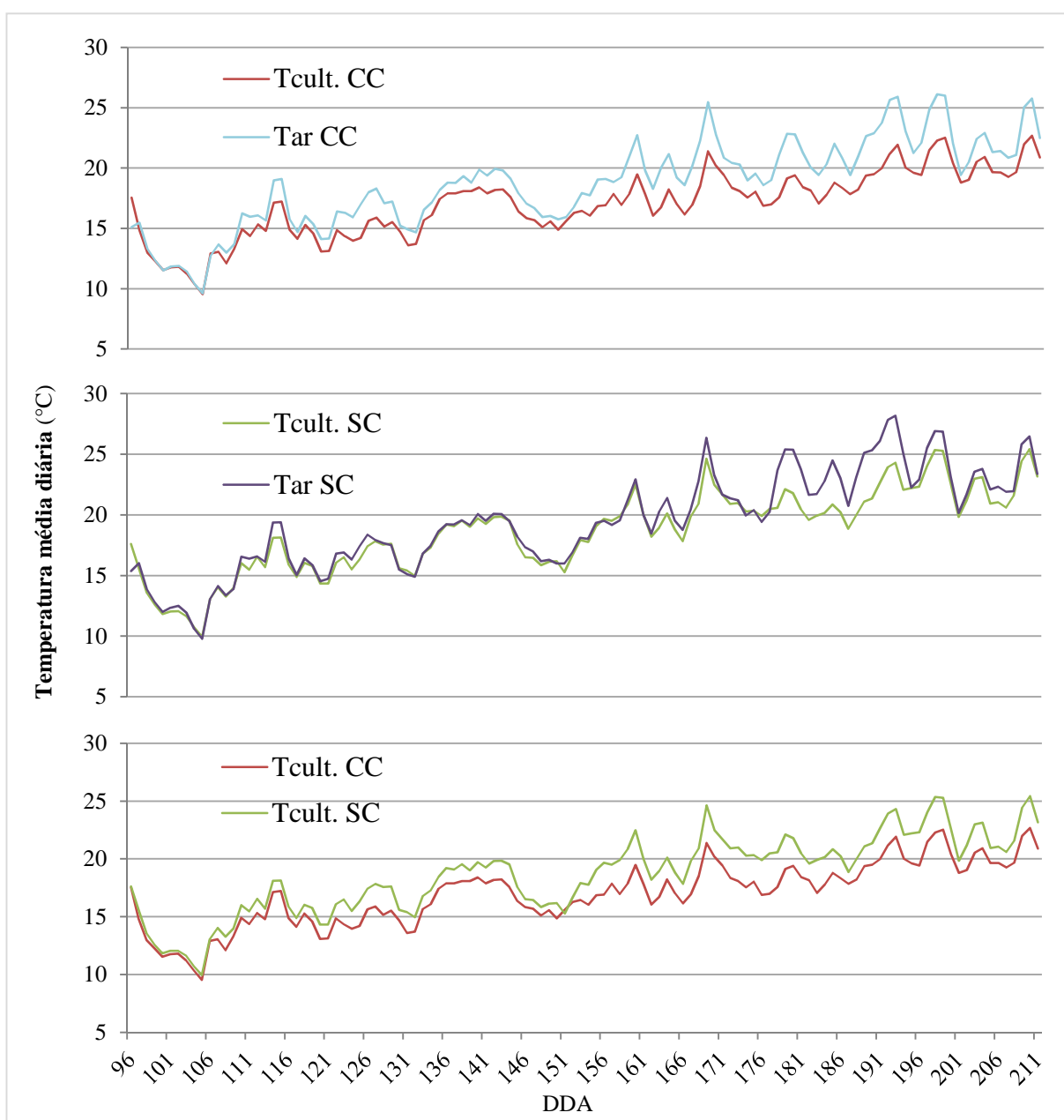


Figura 16 – Temperaturas médias diárias da cultura e do ar. **Tcult.** – temperatura da cultura e **Tar** – temperatura do ar.

Tabela 11 – Temperaturas máxima e mínima mensal da cultura (°C).

Estufa	Abril	Mai	Junho	Julho
<u>Máximas</u>				
CC	24,5	27,3	26,6	28,0
SC	26,5	29,8	31,7	31,4
<u>Mínimas</u>				
CC	4,7	7,5	9,6	11,7
SC	4,9	8,0	10,2	12,4

Igualmente ao ocorrido para a temperatura do ar, na estufa “CC” obtiveram-se as temperaturas da cultura mais baixas e as mais elevadas na estufa “SC” (tabela 11). No entanto, ao contrário da temperatura do ar, não é notória a influência do branqueamento da cobertura da estufa “CC” sobre a temperatura da cultura, ou seja, consideramos que as diferenças de temperatura da cultura entre as estufas mantiveram-se homogêneas ao longo do ensaio.

4.1.7. Ventilação

Devido a erros verificados na medição da velocidade do vento exterior, no período entre os dias 04/3 e 22/4, a taxa de ventilação não foi estimada para esse período.

Através da expressão [5] com origem no modelo proposto por Boulard e Bailie (1995) para estufas equipadas apenas com abertura de cumeeira ou aberturas laterais, que soma as diferenças de pressão provocadas pelo vento e impulsão térmica para em seguida determinar o fluxo de ar, foi calculada a taxa de ventilação das estufas nos períodos em que as aberturas de cumeeira se encontraram fechadas e as laterais abertas, períodos de 3 a 5, conforme mencionado no capítulo 3.4.2..

$$V = \frac{A}{2} C_d \left(2g \frac{t}{T_0} \frac{H}{4} + C_w v_w^2 \right)^{0,5} \quad [5]$$

O primeiro termo entre parênteses, representa o efeito térmico e o segundo o efeito do vento.

Para os períodos 6 e 7 do programa de ventilação em que as aberturas de cumeeira e laterais se encontravam ambas abertas, a taxa de ventilação foi calculada a partir de uma expressão [6] dada por Boulard *et al.* (1997) semelhante à anterior. Nesta expressão o efeito de chaminé depende da importância relativa () das áreas das aberturas de cumeeira (**AR**) e laterais (**AS**) relativamente à área de ventilação total (**A**) e da distância vertical que separa os centros das aberturas de cumeeira e laterais (**h**).

$$V = \frac{A}{2} C_d \left(2g \left(\frac{AR}{A} \right)^2 \frac{t}{T_0} \frac{h}{2} + C_w v_w^2 \right)^{0,5} \quad [6]$$

onde,

$$= \frac{2 \sqrt{2b}}{(1+b) \sqrt{1+b^2}} \quad [7]$$

e

$$b = \frac{A_R}{A_S} \quad [8]$$

Nas expressões anteriormente apresentadas, V ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) corresponde à taxa de ventilação, A (m^2) à área de abertura, C_d ao coeficiente de descarga, g (m s^{-2}) à aceleração da gravidade, t à diferença de temperatura interior e exterior, T_0 (K) à temperatura exterior em Kelvin, H (m) à largura da abertura, h (m) à distância vertical que separa os centros das aberturas de cumeeira e laterais, C_w ao coeficiente de pressão do vento, v_w (m s^{-1}) à velocidade do vento, ao fator relativo das áreas de abertura de cumeeira e lateral, A_R e A_S (m^2) às áreas das aberturas de cumeeira e lateral, respetivamente, sendo que, C_d , C_w e b são parâmetros adimensionais.

Segundo Baptista (2007), os coeficientes de ventilação, C_d e C_w , são característicos do desempenho de ventilação de cada tipo de estufa e foram estimados por vários autores. Para a estimativa da taxa de ventilação através das expressões apresentadas anteriormente, selecionaram-se os coeficientes de descarga (C_d) e de pressão do vento (C_w) com base no definido por Boulard *et al.* (1997) para o tipo de estufas idêntico às utilizadas nos trabalhos experimentais.

Na tabela 12 apresentam-se os principais parâmetros utilizados para determinar a taxa de ventilação nos diferentes períodos definidos no capítulo 3.4.2..

Tabela 12 – Principais parâmetros utilizados para a determinação da taxa de ventilação (V). **L** – lateral e **C** – Cumeeira.

DDA	Período	Tipo de Abertura	Superfície de Abertura (m^2)				C_d	C_w
			Estufa “CC”		Estufa “SC”			
			Dia	Noite	Dia	Noite		
113-123	3	L	10,17	7,44	8,20	6,00	0,67	0,15
124-152	4	L	12,90	7,44	10,40	6,00	0,67	0,15
153-169	5	L	12,90	4,96	10,40	4,00	0,67	0,15
170-181	6	L+C	19,90	11,96	17,40	11,00	0,67	0,08
182-211	7	L+C	19,90		17,40		0,67	0,08

Na figura 17 apresentam-se as médias diárias estimadas para a taxa de ventilação e da velocidade do vento exterior medida, para diferentes períodos do dia (dia, noite e diária) ao longo dos trabalhos experimentais.

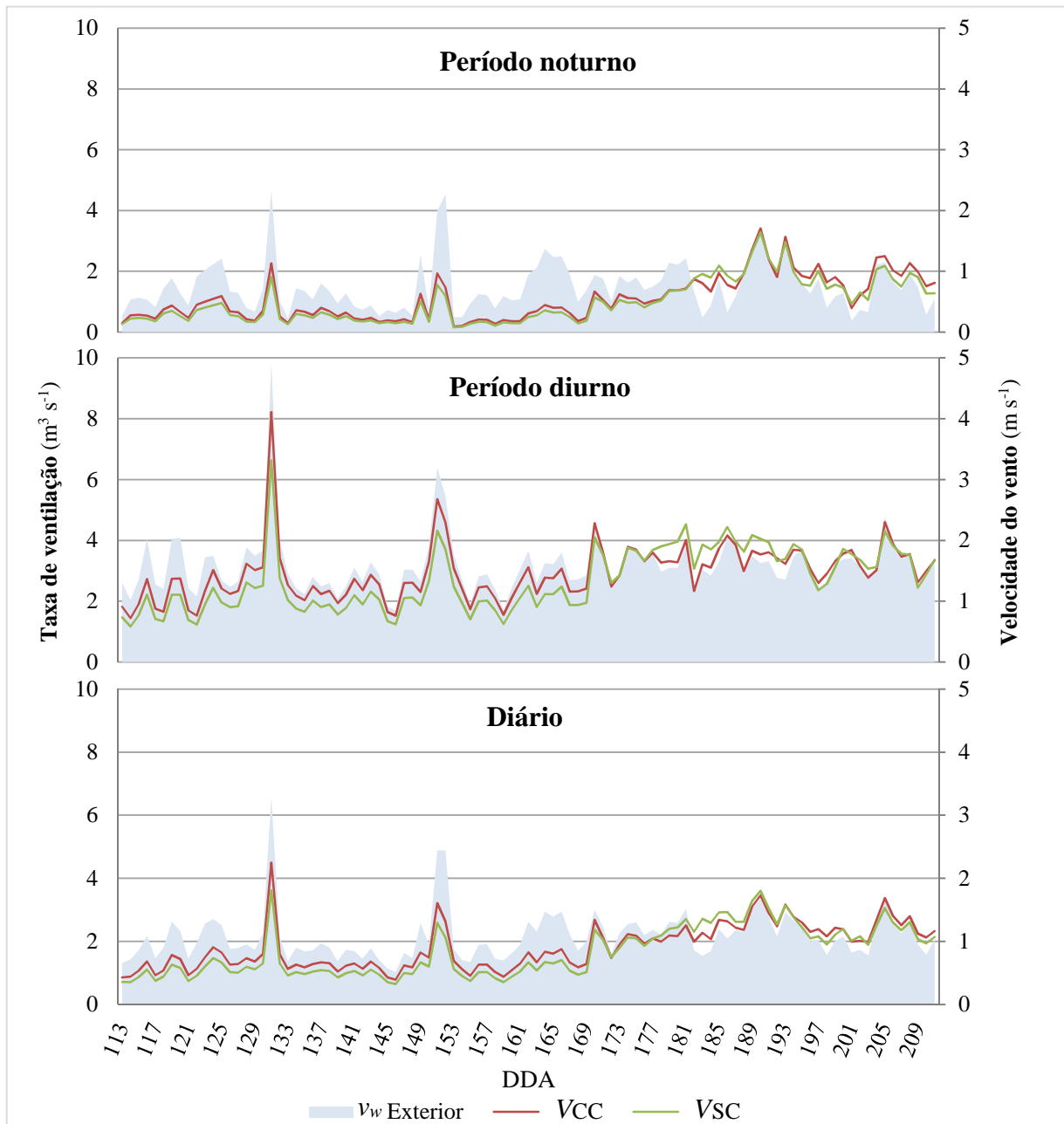


Figura 17 – Médias da taxa de ventilação estimada (V) das estufas e da velocidade do vento (v_w) nos períodos noturno, diurno e diário.

Segundo Boulard *et al.*, (1997), as taxas de troca de ar mais elevadas são observadas quando ambas as aberturas laterais e de cumeeira estão abertas em simultâneo, que correspondem aos registos de dados com a maior superfície relativa de abertura de ventilação, o que se veio a

confirmar através da análise da figura 17. No entanto, também se verifica que as taxas de ventilação máximas, nos períodos diurno e diário, correspondem a momentos em que a velocidade do vento foi máxima.

Também pela análise da figura 17, verifica-se que a determinado momento nos períodos noturno e diário, a taxa de ventilação aumentou para os mesmos valores do vento exterior, situação justificada pelo aumento significativo da área de abertura das estufas no período noturno, nos períodos de programa de ventilação 6 e 7.

Através da taxa de ventilação das estufas (V), pode-se obter o número de renovações de ar (n) das estufas a partir da equação [9]

$$n = \frac{V 3600}{Vi} \quad [9]$$

Sendo, n (ren h⁻¹) o número de renovações de ar das estufas por unidade de tempo e Vi (m³) o volume interior das estufas.

Desta forma, com a taxa de ventilação estimada das estufas através dos modelos anteriormente descritos e com o volume interior das estufas (672,3 m³), obteve-se o número de renovações.

Com base nos dados da tabela 13 conclui-se que a renovação do ar na estufa “CC” foi superior cerca de 9 % relativamente à estufa “SC”. Verifica-se também que os valores máximos de renovações obtidos nas estufas de 52,89 e 42,64 ren h⁻¹, coincidem com os momentos em que foi máxima a velocidade do vento registada no exterior das estufas no período experimental, 5,89 m s⁻¹, tendo o mesmo ocorrido no dia 131.

Tabela 13 – Renovações do ar das estufas, média, máximo e mínimo mensal de renovações horárias.

Mês	n (ren h ⁻¹)					
	Média		Máximo		Mínimo	
	CC	SC	CC	SC	CC	SC
Abril (23/4 - 30/4)	6,16	4,99	17,28	13,95	0,22	0,27
Maio	7,82	6,34	52,89	42,64	0,25	0,30
Junho	8,95	8,14	40,90	32,98	0,22	0,16
Julho	13,48	13,51	32,46	28,93	0,31	0,88

4.2. Nível de ataque da *Botrytis cinerea*

Como já referido anteriormente, a podridão cinzenta é uma doença com bastante importância e significado na produção de tomate em estufa, pode influenciar de forma significativa o rendimento da cultura, podendo mesmo fazer com que o fruto não seja comercializável. Em estufas não aquecidas, a ventilação é uma forma eficaz de reduzir a humidade relativa no interior das estufas e conseqüentemente a incidência da doença (Baptista, 2007).

Durante os trabalhos experimentais, conforme referido no ponto 3.4.4., foram seleccionados grupos de plantas que possibilitaram a avaliação da incidência e severidade da doença. As observações da doença foram realizadas a partir do momento em que as plantas tinham 10 folhas e com a frequência aproximada de uma semana entre 14 de maio e 22 de junho. Com o objetivo de reduzir a quantidade de inóculo e evitar erros em observações futuras, os folíolos infetados foram contabilizados e eliminados das estufas.

Em cada observação, a incidência da doença foi calculada com base na percentagem de plantas identificadas com lesões provocadas pela doença, e a severidade da doença foi estimada através do número total de folíolos detetados com lesões.

Na figura 18 verifica-se que, com exceção das duas primeiras observações, em todas as outras a incidência da doença foi superior na estufa “CC” em comparação com a estufa “SC”, obtendo-se a diferença média entre estufas de 34,7 %. De salientar que a incidência é um indicador que deve ser visto com algum cuidado, uma vez que basta que um folíolo esteja atacado para ser considerada uma planta doente, independentemente do tamanho da lesão, grande ou pequena, num ou em vários folíolos. De qualquer modo, é um indicador para o nível de ataque da doença.

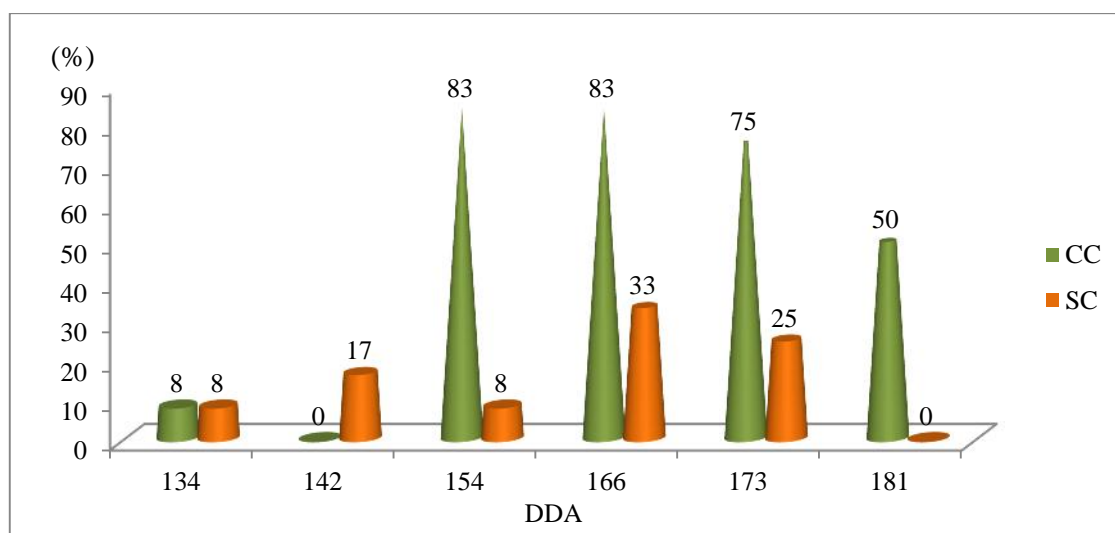


Figura 18 – Nível de incidência da doença nas estufas.

Baptista (2007) desenvolveu um modelo “BOTMOD” capaz de prever a severidade da doença com base nas condições ambientais das estufas, ou seja, verificaram que a doença está diretamente relacionada com as condições ambientais verificadas em dias antecedentes à manifestação dos sintomas da doença, obtendo os melhores resultados entre 14 e 15 dias. Definiu também níveis de riscos da doença com base nas condições ambientais e nos resultados obtidos da severidade da doença durante os trabalhos experimentais, e apresentou também as medidas de ação preventivas para cada situação:

- Risco elevado, somatório de horas com $HR > 90\%$ superior a 9 h dia^{-1} :
 - Utilização de medidas profiláticas (aumentar a ventilação, medidas culturais, pulverizações químicas ou biológicas);
- Risco moderado, somatório de horas com $HR > 90\%$ entre 4 e 9 h dia^{-1} :
 - O aumento de ventilação deverá ser suficiente para reduzir a humidade relativa, dependendo das condições ambientais exteriores;
- Risco baixo, somatório de horas com $HR > 90\%$ inferior a 4 h dia^{-1} ou $HR < 90\%$:
 - Desprezível, sem necessidade de aplicação de medidas.

Com base nos níveis definidos por Baptista (2007), constata-se através da tabela 14 que a cultura da estufa “CC” esteve mais exposta a condições ambientais favoráveis à ocorrência da doença. Os dados apresentados dizem respeito ao período de dias ocorridos entre catorze dias antecedentes à primeira e à última observações (dias 120 a 167), conforme definido no modelo “BOTMOD”. Verifica-se também que a estufa “CC” esteve 10,4 % do período de

análise com risco elevado e 37,5 % com risco moderado, apresentando desta forma diferenças notórias para os resultados obtidos na estufa “SC”.

Tabela 14 – Níveis de risco diário a que as estufas estiveram sujeitas no período compreendido entre os dias 120 e 167.

Nível de risco	Estufa			
	CC		SC	
	Nº de dias	%	Nº de dias	%
Elevado	5	10,4	3	6,3
Moderado	18	37,5	8	16,7
Baixo	25	52,1	37	77,1

Relativamente à severidade da doença, verifica-se na figura 19 que esta foi superior na estufa “CC”, sendo o número total de folíolos contabilizados na estufa “CC” cerca de 2,4 vezes superior aos contabilizados na estufa “SC”. Confirma-se também (figura 19 e tabela 15) a concordância dos resultados obtidos com o modelo “BOTMOD”. Ou seja, como exemplo podemos referir que, para as observações com os valores mais elevados de severidade da doença (dia 166) verifica-se que catorze dias antes (dia 152) o nível de risco em ambas as estufas encontrava-se no nível elevado. No que diz respeito à temperatura média do ar das estufas, verifica-se (figura 19) que esta esteve sempre num intervalo de valores com correlação positiva ($> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$), conforme mencionado em Baptista (2007) e Baptista *et al.* (2012).

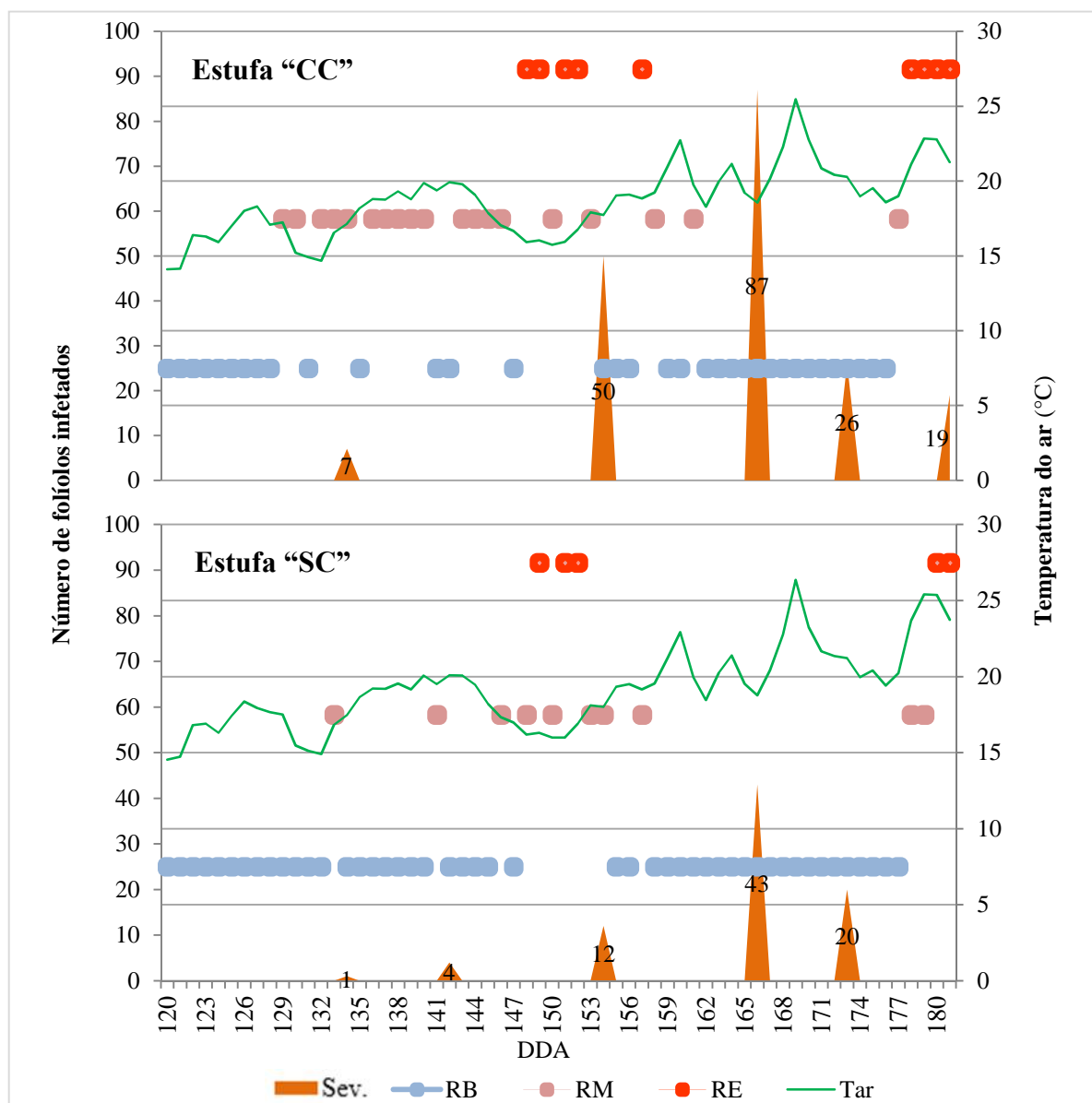


Figura 19 – Severidade da doença, níveis de risco de ocorrência da doença e temperatura média do ar das estufas. **Sev.** – severidade da doença, **RB** – risco baixo, **RM** – risco moderado, **RE** – risco elevado e **Tar** – temperatura média do ar interior das estufas

Tabela 15 – Correspondência entre as observações e severidade da doença e os dos níveis de risco ocorridos 14 - 15 dias anteriores às observações.

Observações / Severidade			Níveis de risco			
DDA	Estufa "CC"	Estufa "SC"	Dias anteriores à observação	DDA	Estufa "CC"	Estufa "SC"
134	7	1	14	120	Baixo	Baixo
142	0	4	14	128	Baixo	Baixo
			15	127	Baixo	Baixo
154	50	12	14	140	Moderado	Baixo
			15	139	Moderado	Baixo
166	87	43	14	152	Elevado	Elevado
			15	151	Elevado	Elevado
173	26	20	14	159	Baixo	Baixo
			15	158	Moderado	Baixo
181	19	0	14	167	Baixo	Baixo
			15	166	Baixo	Baixo

Face aos resultados obtidos da podridão cinzenta nas estufas utilizadas nos trabalhos experimentais, conclui-se que é notória a influência das condições ambientais das estufas na incidência e severidade da doença, nomeadamente pelo parâmetro humidade relativa.

De referir ainda que consideramos que o branqueamento da cobertura da estufa “CC” não teve qualquer influência sobre a doença, porque foi realizada num dia em que se considera que as condições ambientais já não têm influência na ocorrência da doença das observações efetuadas, ou seja, o branqueamento foi realizado em data posterior ao dia que corresponde a 14 dias antes da última observação da doença.

4.3. Desenvolvimento da cultura

A informação relativa ao desenvolvimento da cultura, como o número de flores (totalmente abertas) por inflorescência, o número de frutos vingados por inflorescência (\varnothing 1 cm) e a produção de frutos, foi recolhida várias vezes durante o ciclo da cultura nas 12 plantas selecionadas como representativas em cada uma das estufas (Abreu, 2004).

Relativamente ao número de flores e frutos vingados por inflorescência, verifica-se que a 5ª inflorescência foi a que apresentou maior número de flores abertas e que o maior número de frutos vingados correspondeu à 1ª inflorescência/cacho (figura 20). Comparativamente entre estufas, verifica-se que o valor total de flores por inflorescência/cacho foi superior na estufa “CC”, no entanto, na estufa “SC” a taxa de frutos vingados foi superior 4,3 % (tabela 16).

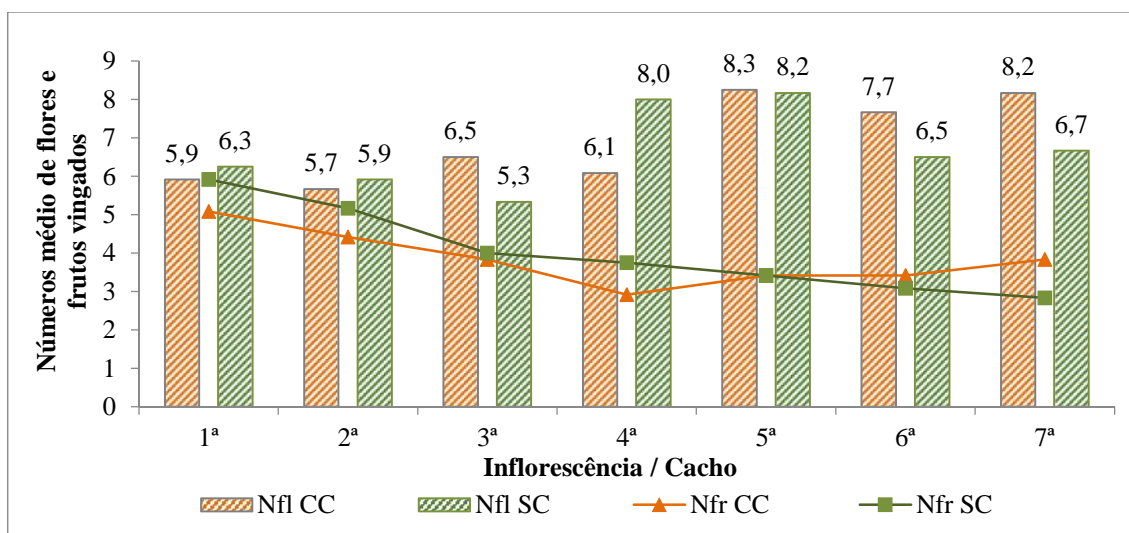


Figura 20 – Números médios de flores e frutos vingados por inflorescência/cacho. Nfl – número de flores e Nfr – Número de frutos vingados.

Tabela 16 – Números de flores e frutos vingados nas estufas.

Parâmetro / Estufa	Nº de flores por Inflorescência		Nº de frutos vingados por cacho	
	CC	SC	CC	SC
Média	6,9	6,7	3,8	4,0
Mínimo	2,0	1,0	0,0	1,0
Máximo	16,0	13,0	8,0	10,0
Σ Flores / Frutos	579	562	323 (55,8 %)*	338 (60,1 %)*

* % de frutos vingados

No que diz respeito aos valores de peso dos frutos, os mesmos foram superiores na estufa “CC” em comparação com a estufa “SC” (tabela 17). Na relação entre frutos colhidos e vingados, verifica-se que esta foi 7% superior na estufa “SC” (tabela 17). Não se verifica uma relação direta entre o número médio de frutos colhidos por cacho e o peso médio dos mesmos, observando-se diferentes tendências de desenvolvimento dos frutos entre estufas e na mesma estufa (figura 21).

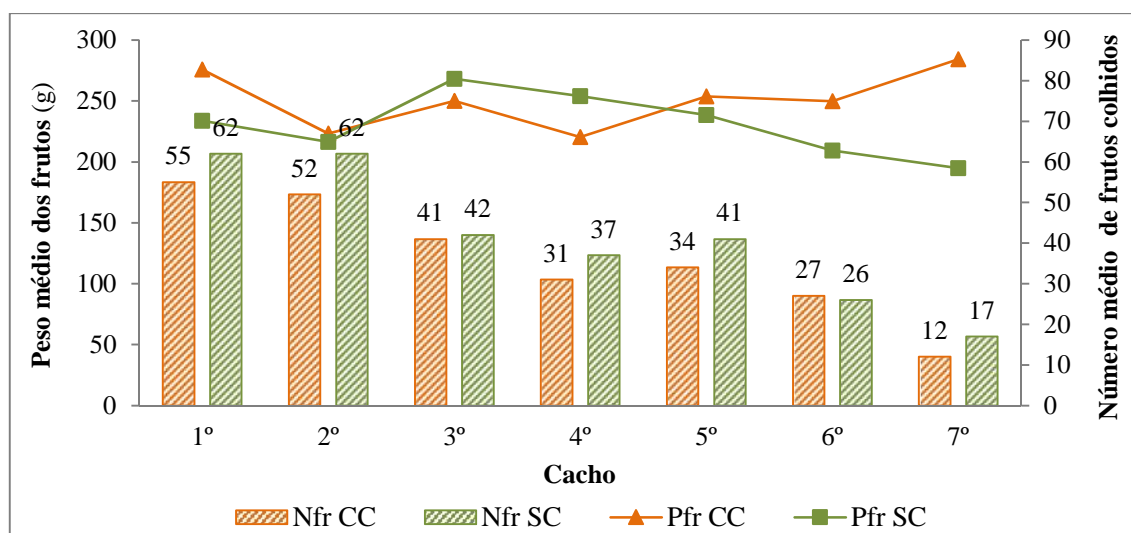


Figura 21 – Peso médio dos frutos e número médio de frutos colhidos (produção) por cacho. **Nfr** – número médio de frutos colhidos e **Pfr** – peso médio dos frutos.

Verifica-se ainda que de uma forma geral a 1ª inflorescência/cacho foi a mais produtiva, quer em número total de frutos quer em produção total peso dos frutos (figura 21).

Na tabela 17, constata-se que a produção em número de frutos e peso total dos mesmos foi superior na estufa “SC” e que os pesos médio, máximo e mínimo foram inferiores na mesma estufa.

Tabela 17 – Produção total (peso e frutos colhidos), peso dos frutos e relação entre frutos colhidos e vingados nas estufas.

Estufa	Produção (kg)	Nº total de frutos colhidos	Peso dos Frutos (g)		Relação frutos colhidos / vingados
			Médio	Máximo	
CC	63	252	Médio	249	78 %
			Máximo	628	
			Mínimo	84	
SC	67	287	Médio	234	85 %
			Máximo	434	
			Mínimo	36	

Quanto à relação entre a produção e as condições ambientais, nomeadamente com os parâmetros temperatura da cultura e radiação fotossintética ativa (figuras 10, 16 e 22), apesar de se verificar a diferença média da temperatura da cultura entre estufas de cerca de 1,22 °C (superior na estufa “SC”), aparentemente não se conclui que a mesma tenha influenciado a produção total da cultura e especificamente o peso médio dos frutos, visto que, ao contrário da temperatura da cultura que apresenta uma diferença homogénea ao longo do ensaio (figura 16),

a diferença de produção entre estufas é variável ao longo das diferentes observações (figura 22). O mesmo se passa relativamente à radiação fotossintética ativa, apesar de ter diminuído significativamente na estufa “CC” após o branqueamento da cobertura, não é evidente que a mesma tenha influenciado a produção da cultura, justificado pelo mesmo motivo apresentado para a temperatura da cultura.

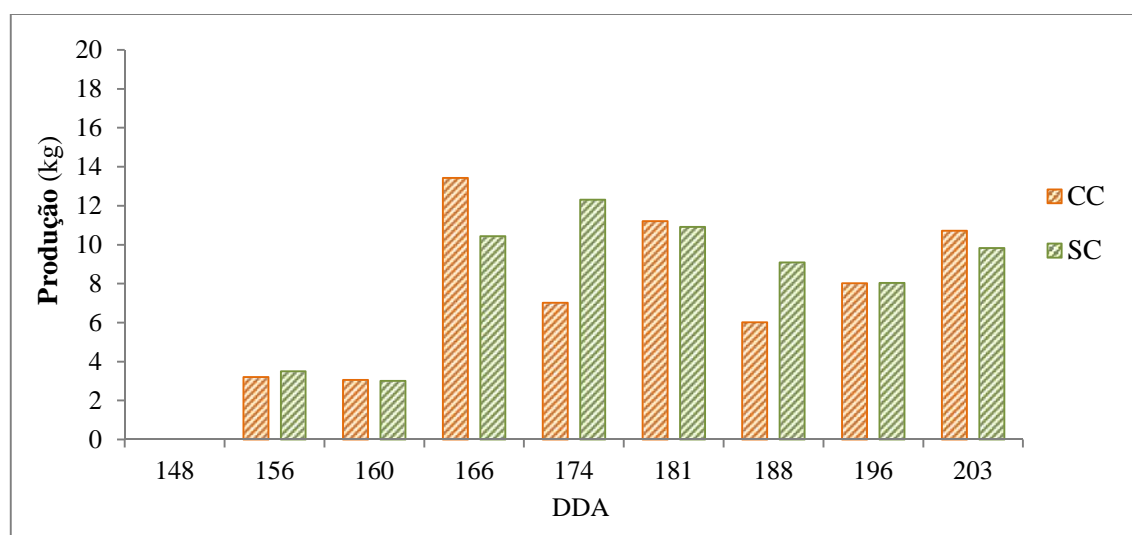


Figura 22 – Produção de tomate nas estufas nas observações efetuadas entre 28 de maio e 22 de julho.

Na sequência dos resultados obtidos para a podridão cinzenta e produção da cultura, verifica-se que a estufa com valores superiores de incidência e severidade da doença é a que se apresenta menos produtiva (tabela 18).

Tabela 18 – Relação entre a produção e a incidência média e severidade total da doença podridão cinzenta na cultura.

Estufa	Produção (kg)	Doença podridão cinzenta	
		Incidência média (%)	Severidade total
CC	63	50,0	189
SC	67	15,3	80

Em resumo, aparentemente podemos concluir que a diferença de produção ocorrida entre as estufas se deve principalmente ao maior ataque da podridão cinzenta ocorrida na cultura.

4.4. Análise estatística

Neste ponto, com recurso a diversos métodos estatísticos descritivos e inferenciais, pretende-se consolidar a constatação de factos discutidos anteriormente através da análise estatística dos resultados obtidos dos diferentes parâmetros/variáveis em estudo. Tendo a mesma sido efetuada com recurso a “softwares”, nomeadamente o programa SPSS, conforme referido anteriormente no ponto 3.5..

4.4.1. Condições ambientais

Devido ao branqueamento da cobertura da estufa “CC” no dia 168, para que esta não influenciasse as análises estatísticas dos dados das diferentes variáveis das condições ambientais, considerou-se que o período de análise corresponde ao período compreendido entre o início do registo de dados e o dia anterior ao branqueamento da cobertura (dias 63 a 167). Isto, só é possível por se considerar que o branqueamento da cobertura não teve qualquer efeito sobre a podridão cinzenta e a produção da cultura, conforme discutido anteriormente nos pontos 4.2. e 4.3..

Na tabela 19, apresentam-se os resultados de estatística descritiva das variáveis/parâmetros das condições ambientais descritas no ponto 4.1.. Os dados estudados correspondem às média diárias obtidas durante os trabalhos experimentais.

Tabela 19 – Estatística descritiva das variáveis/parâmetros das condições ambientais.

Localização		Tsolo	Tcob.	Rg	PAR	Tcult.	HR	Tar	V
Estufa "CC"	N Válidos	105	99	103	103	72	105	105	105
	N Omissos	0	6	2	2	33	0	0	0
	Valid N (listwise)	69							
	Média	19,98	18,15	13,38	6,68	15,41	74,22	16,54	4,75
	Mediana	19,81	17,72	13,35	6,26	15,62	75,77	16,55	1,65
	Moda	18,98 ¹	13,71 ¹	12,54	0,79 ¹	17,85 ¹	83,37	15,21 ¹	0,86 ¹
	Desvio padrão	1,41	3,15	4,47	2,36	2,15	10,14	2,41	6,20
	Variância	1,98	9,95	19,98	5,57	4,61	102,81	5,79	38,44
	Mínimo	16,53	11,16	1,23	0,79	9,54	42,33	9,61	0,00
	Máximo	22,88	26,03	20,89	10,77	19,47	91,17	22,72	26,13
	Somatório	2097,73	1796,36	1378,32	687,91	1109,80	7793,05	1736,96	498,97
Estufa "SC"	N Válidos	105	99	103	103	72	105	105	105
	N Omissos	0	6	2	2	33	0	0	0
	Valid N (listwise)	69							
	Média	20,45	16,89	15,22	7,22	16,48	73,01	16,87	3,84
	Mediana	20,30	16,52	15,27	7,00	16,63	73,75	16,90	1,33
	Moda	19,85 ¹	16,26 ¹	13,58	7,00	17,06 ¹	77,86 ¹	15,61 ¹	0,71
	Desvio padrão	1,43	2,78	5,01	2,70	2,39	9,63	2,36	5,00
	Variância	2,04	7,71	25,15	7,30	5,70	92,77	5,58	24,98
	Mínimo	17,09	10,69	1,42	0,90	9,95	44,28	9,77	0,00
	Máximo	23,81	24,09	24,08	12,22	21,38	90,42	22,93	21,07
	Somatório	2147,39	1672,22	1567,90	744,02	1186,26	7666,40	1771,86	402,90
Exterior	N Válidos	105		103	103		105	105	
	N Omissos	0		2	2		0	0	
	Valid N (listwise)	103							
	Média	18,61		21,40	9,19		78,61	15,13	
	Mediana	18,42		21,42	9,51		79,81	15,14	
	Moda	16,77		2,01 ¹	9,91		72,48 ¹	14,78 ¹	
	Desvio padrão	2,44		6,84	4,09		13,85	2,50	
	Variância	5,93		46,83	16,70		191,71	6,26	
	Mínimo	12,37		2,01	1,08		36,83	8,44	
	Máximo	23,95		32,50	15,82		98,48	21,90	
Somatório	1953,53		2204,10	947,00		8253,85	1588,70		

¹. Existência de múltiplos valores de moda. São apresentados os valores mais baixos.

As linhas "N" correspondem aos números de observações válidas e omissas para cada variável constante na tabela. Verifica-se alguma variação no número de observações válidas, a maior parte das variáveis tem cerca 105 observações válidas, enquanto as variáveis temperaturas da cobertura e cultura apresentam um número inferior de observações válidas. O valor de "Valid N (listwise)" indica quantos casos contêm valores válidos para todas as variáveis incluídas na tabela. Assim, existem 69 (nas estufas) e 103 (no exterior) casos com informação válida para todas as variáveis, devido às não respostas das variáveis com valores

omissos ou ausentes. Esta informação é bastante útil para avaliar o peso da não resposta, permitindo identificar que as variáveis temperaturas da cobertura e cultura são as possuem maior proporção de não respostas.

A diferença entre a média e a mediana constitui um indicador da distribuição dos valores, considerando-se que não têm uma distribuição normal se a diferença for significativa. Nos dados apresentados na tabela 19, aparentemente os valores da ventilação não apresentam uma distribuição normal.

Com recurso ao método estatístico análise de variância (ANOVA), que visa caracterizar (ou inferir sobre) uma população a partir de uma parte dela (amostra), relacionamos as diferentes variáveis/parâmetros ambientais com o fator cobertura de solo de 2 níveis: com cobertura de solo “CC” e sem cobertura de solo “SC”. Assim, estamos perante uma análise de variância a um fator de 2 níveis.

Com a análise de variância, é perceptível a existência de diferenças significativas dos resultados da variável dependente entre os níveis do fator. Na tabela 20 registamos os resultados obtidos da ANOVA para as variáveis dependentes condições ambientais, para o usual nível de significância de 5 %, sendo o valor crítico de análise (P value) preponderante na regra de decisão.

Tabela 20 – Análise de variância ANOVA das variáveis dependentes, condições ambientais, relativamente ao fator cobertura de solo.

Variável dependente	Tsolo	Tcob.	Rg	PAR	Tcult.	HR	Tar	V	
Fator	Cobertura de solo								
Níveis do fator	CC SC	CC SC	CC SC	CC SC	CC SC	CC SC	CC SC	CC SC	
Delineamento equilibrado	Sim								
P value	0,146	0,003	0,046	0,428	0,006	0,722	0,582	0,240	
Nível de significância considerado	5 %								
Fator afeta a variável dependente	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	
Validação de pressupostos	Teste de homogeneidade de variâncias								
	P value	0,000 Heterog.	0,182 Homog.	0,001 Heterog.	0,000 Heterog.	0,501 Homog.	0,000 Heterog.	0,910 Homog.	0,075 Homog.
	Independência entre erros aleatórios	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não

Através da análise da informação registada na tabela 20, constatamos que as variáveis **Tcob.**, **Rg** e **Tcult.** foram significativamente diferentes entre as estufas.

As violações ao pressuposto de variâncias homogêneas são em geral pouco graves no caso de delineamento equilibrado. A falta de independência entre erros aleatórios é a violação mais grave dos pressupostos e deve ser evitada.

Importa referir que, apesar de se demonstrar estatisticamente que as médias diárias da **HR** não são significativamente diferentes entre estufas, consideramos que a estufa “CC” esteve mais exposta a valores críticos de **HR**, correspondentes ao nível de risco elevado de ocorrência da doença (pontos 4.1.3. e 4.2.).

4.4.2. Nível de ataque da doença e desenvolvimento da cultura.

Para a análise estatística da doença e desenvolvimento da cultura, à semelhança do efetuado para as condições ambientais, inicialmente elaboramos uma análise descritiva e posteriormente uma análise inferencial com recurso aos métodos de análise estatística ANOVA e regressão linear simples (RLS).

Os dados tratados na análise descritiva correspondem às observações realizadas por planta, ou seja, como exemplo podemos referir que para as variáveis relacionadas com a doença foram efetuadas 6 observações nas 12 plantas selecionadas, totalizando desta forma 72 observações (N = 72).

Tabela 21 – Estatística descritiva de variáveis da doença podridão cinzenta e desenvolvimento da cultura.

Estufa			Podridão cinzenta		Desenvolvimento da cultura	
			Severidade	Incidência	Produção	Nº de frutos colhidos
CC	N	Válido	72	72	108	108
		Omisso	0	0	0	0
	Valid N (listwise)		72		108	
	Média		2,63	50,00	0,58	2,33
	Mediana		0,50	50,00	0,47	2,00
	Moda		0,00	0,00 ^a	0,00	0,00
	Desvio padrão		4,70	50,35	0,57	2,25
	Variância		22,10	2535,21	0,33	5,07
	Mínimo		0,00	0,00	0,00	0,00
	Máximo		28,00	100,00	2,30	9,00
Somatório		189,00	3600,00	62,66	252,00	
SC	N	Válido	72	72	108	108
		Omisso	0	0	0	0
	Valid N (listwise)		72		108	
	Média		1,11	15,28	0,62	2,66
	Mediana		0,00	0,00	0,50	2,00
	Moda		0,00	0,00	0,00	0,00
	Desvio padrão		3,57	36,23	0,55	2,42
	Variância		12,75	1312,60	0,30	5,83
	Mínimo		0,00	0,00	0,00	0,00
	Máximo		20,00	100,00	2,13	9,00
Somatório		80,00	1100,00	67,12	287,00	

^a. Existência de múltiplos valores de moda. São apresentados os valores mais baixos.

À semelhança da análise efetuada para as condições ambientais, verifica-se a existência de diferenças significativas entre a média e a mediana, mas desta vez para todas as variáveis, indicador da distribuição dos valores, considerando-se que não têm uma distribuição normal.

Através da ANOVA a um fator de 2 níveis, em que, as variáveis dependentes correspondem à severidade da doença e à produção da cultura e o fator à cobertura de solo, com os níveis com e sem cobertura, verificou-se a existência de diferenças significativas nas variáveis em estudo com a prática de cobertura de solo (tabela 22).

Tabela 22 – Análise de variância ANOVA das variáveis dependentes severidade da doença e produção da cultura relativamente ao fator cobertura de solo.

Variável dependente	Severidade da doença	Produção da Cultura	
Fator	Cobertura de solo		
Níveis do fator	Com cobertura Sem cobertura		
Delineamento equilibrado	Sim		
P value	0,031	0,590	
Nível de significância considerado	5 %		
Fator afeta a variável dependente	Sim	Não	
Validação de pressupostos	Teste de homogeneidade de variâncias		
	P value	0,022	0,933
		Heterogénea	Homogénea
	Independência entre erros aleatórios	Sim	Sim

A informação da tabela 23 diz-nos que a severidade da doença foi significativamente diferente e influenciada pela prática de cobertura de solo, ao contrário da produção da cultura que não apresentou diferenças significativas entre estufas.

Com recurso ao método de RLS, verifica-se a relação linear existente entre as variáveis da doença, severidade e incidência da doença, e entre as variáveis do desenvolvimento da cultura, produção e número de frutos colhidos. Para a análise foram considerados os dados agrupados das 9 (desenvolvimento da cultura) e 6 (doença) observações realizadas aos grupos de plantas.

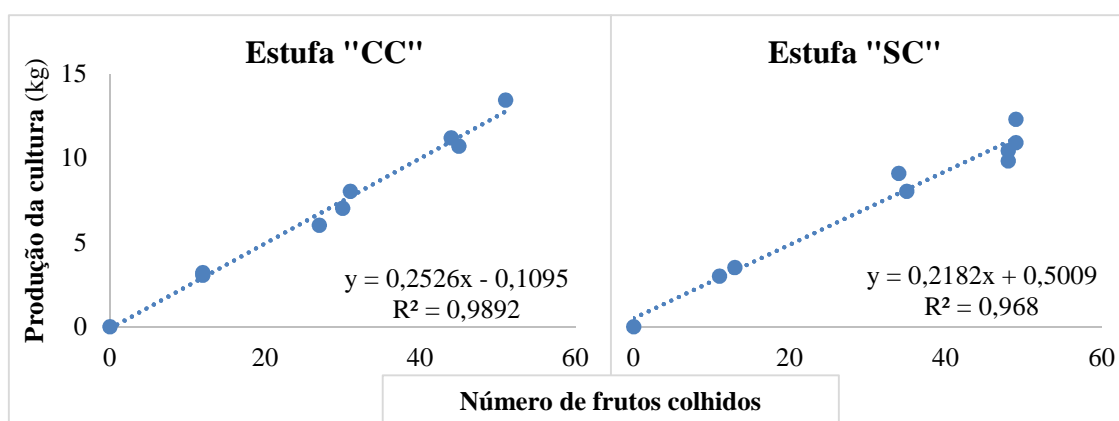


Figura 23 – Regressão linear simples RLS, variáveis relativas ao desenvolvimento da cultura.

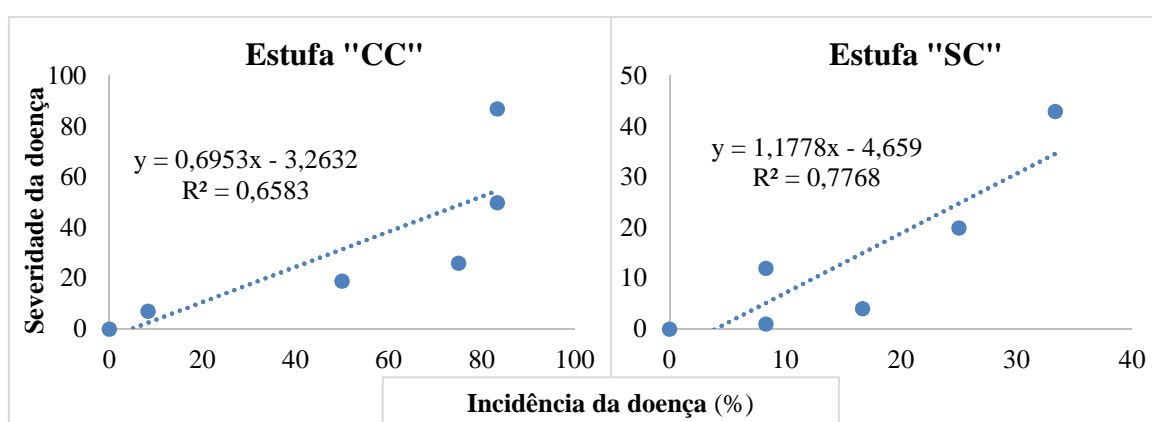


Figura 24 – Regressão linear simples RLS, variáveis relativas à doença podridão cinzenta.

As figuras 23 e 24 mostram uma forte relação linear entre as variáveis dependente/resposta (**y**) e independente/preditora (**x**) do desenvolvimento da cultura e uma menor relação linear entre as variáveis da doença. Verificam-se também diferenças na qualidade dos ajustamentos dos modelos, sendo que os mesmos serão tanto melhor quanto R^2 estiver próximo da unidade.

5. Conclusão

Como referido anteriormente, no presente trabalho pretendeu-se estudar o efeito da cobertura do solo nas condições ambientais, na produção e na incidência e severidade da podridão cinzenta provocada pelo fungo *Botrytis cinerea* numa cultura de tomate em estufas com ventilação natural e permanente.

Inicialmente com base na revisão bibliográfica e em análises empíricas, foram avaliadas as possíveis variáveis e hipóteses de estudo, como também os resultados e conclusões esperados. No entanto, após os trabalhos experimentais e o tratamento e análise dos dados recolhidos, conclui-se que nem todos os resultados expectáveis são confirmados.

Relativamente à temperatura do solo, confirmam-se os resultados esperados, ou seja, a temperatura do solo diminui com a prática de cobertura do solo, contudo, não foi estatisticamente diferente.

Quanto aos parâmetros ambientais temperatura do ar e humidade relativa, verificou-se que ao contrário do esperado, a estufa com cobertura de solo esteve mais exposta a valores críticos de humidade relativa para a ocorrência da doença.

A discordância entre os resultados esperados e obtidos, pode ser justificada principalmente pela diferença da radiação solar global, confirmada estatisticamente como sendo significativamente diferente.

A radiação solar global foi inferior na estufa com cobertura de solo, apesar de se julgar que a reflexão da radiação solar global pelo filme de plástico utilizado na cobertura de solo pudesse contribuir para o aumento da mesma no interior da estufa. Conforme mencionado, as diferenças das características radiométricas do material de cobertura das estufas são a principal causa da diferença da radiação solar global registada nas estufas.

Face aos resultados obtidos para a podridão cinzenta, conclui-se que os resultados obtidos também são contraditórios relativamente aos esperados. É notória a influência das condições ambientais das estufas e na incidência e severidade da doença, nomeadamente do parâmetro humidade relativa, ou seja, os valores mais elevados da doença e da humidade relativa ($HR > 90\%$) ocorreram na mesma estufa, com cobertura do solo. Também se verifica a validade do modelo “BOTMOD” no tipo de estufas e ventilação utilizadas nos trabalhos experimentais. É

importante ainda referir que outros fatores, como a disponibilidade de inóculo, estado de nutrição das plantas, etc. também podem ter contribuído para as diferenças discutidas.

Os resultados esperados e obtidos para o desenvolvimento e produção da cultura também são contraditórios, ou seja, foram ligeiramente inferiores com a prática de cobertura do solo, e sem diferenças significativas. Conclui-se que a menor produção na estufa com cobertura do solo se deve principalmente ao maior ataque da doença. No entanto, não devem ser menosprezados outros fatores como a temperatura da cultura que apresenta diferenças significativas entre as estufas, e outros fatores não estudados no presente trabalho.

Em resumo, segundo as constatações de factos acima mencionadas, pode-se referir que aparentemente a radiação solar global foi o fator ambiental mais importante e influente nos resultados obtidos. No entanto, considera-se que as diferenças verificadas na ocorrência da doença e da produção da cultura não se devem somente às diferenças verificadas na radiação solar global, mas sim à conjugação de diversos fatores, nomeadamente a radiação solar global, a humidade relativa, as temperaturas do ar e da cultura e a ventilação, mesmo que alguns não tenham sido significativamente diferentes entre estufas.

Com o presente trabalho é perceptível a complexidade de análise em simultâneo de diversos fatores das condições ambientais, sendo desejável confirmar em trabalhos futuros os resultados e as conclusões obtidos.

6. Bibliografia

- Abdel-Ghany A., Ishigami Y., Goto E. e Kozai T., 2006. A method for measuring greenhouse cover temperature using a thermocouple. *Biosystems Engineering* 95:99-109.
- Abreu P., 2004. Modelação da produção de tomate em estufas não aquecidas. Doutoramento em Engenharia Agronómica. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia.
- Aissat K., Nicot P., Guechi A., Bardin M. e Chibane M., 2008. Grey mould development in greenhouse tomatoes under drip and furrow irrigation. *Agronomy for Sustainable Development*, Paris, v. 28, n. 3, p.403-409.
- Allen R., Smith M., Pereira L. e Perrier A., 1994. An update for the calculation of reference evapotranspiration. *ICID BULLETIN* 43:35-92.
- Allen R., Pereira L, Raes D. e Smith M., 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Edition, 300 pp.
- Assis S., 2001. Disciplina: Agrometeorologia – Ministério da Educação Universidade Federal de Pelotas Faculdade de Meteorologia Departamento de Meteorologia.
- Bailey B., 2000. Wind driven leeward ventilation in a large greenhouse. *Acta Horticulturae* 534:309-317.
- Baptista F., 2007. Modelling the Climate in Unheated Tomato Greenhouses and Predicting *Botrytis cinerea* Infection. Thesis submitted for the degree of Doctor of Rural Engineering. Universidade de Évora.
- Baptista F., Bailey B., Randall J. e Meneses J., 1999. Greenhouse ventilation rate: theory and measurement with tracer gas techniques. *Journal of Agricultural Engineering Research* 72:363-374.
- Baptista F., Bailey B. e Meneses J., 2001. Natural ventilation of greenhouses: Comparison of measured and predicted ventilation rates. *AgriBuilding* 2001 September 3–7, 2001 – Campinas, SP, Brazil.
- Baptista F., Abreu P., Meneses J. e Bailey B., 2001a. Comparison of the Climatic Conditions and Tomato Crop Productivity in Mediterranean Greenhouses under Two Different

-
- Natural Ventilation Management Systems, Proc. of the Symposium Agribuilding 2001, Campinas, Brasil, pp. 112 e 124.
- Baptista F., B.J. Bailey B. e Meneses J., 2012. Effect of nocturnal ventilation on the occurrence of *Botrytis cinerea* in Mediterranean unheated tomato greenhouses. *Crop Protection* 32:144-149.
- Benito E., Arranz, M. e Eslava A., 2000. Factores de patogenicidad de *Botrytis cinerea*. Area de Genética, Departamento de Microbiología y Genética, Universidad de Salamanca, España. *Rev Iberoam Micol* 2000; 17: S43-S46.
- Boulard T. e Baille A., 1995. Modelling of air exchange rate in a greenhouse equipped with continuous roof vents. *Journal of Agricultural Engineering Research* 61:37-48.
- Boulard T., Feuilloley P. e Kittas C., 1997. Natural Ventilation Performance of Six Greenhouse and Tunnel Types. *J . agric . Engng Res*,67:249–266.
- Bruce J., 1973. Natural ventilation by stack effect. The elements of the theory and how they combine. *Farm Building Progress* 32:23-27.
- Bueno A., 1984. Filmes de PVC para usos agrícolas. *Ver. Plát. Mod.*, n. 333, p.323-328.
- Câmara Municipal de Lisboa, 2010. Relatório síntese de Caracterização Biofísica de Lisboa no âmbito da Revisão do Plano Director Municipal de Lisboa.
- Classificação climática de Köppen- Geiger Source, 2009. <http://pt.wikipedia.org/w/index.php?oldid=16801300>.
- Costa G., Menezes S., Nunes H., Chagas G., Ribeiro J., 2007. Comportamento das temperaturas do ar foliar e do solo em manguezal natural na Amazônia – Instituto de Ciências Atmosféricas/UFAL; Instituto de Geociências/UFPA.
- Disqual, 2003. Manual de boas práticas – Tomate. Optimização da qualidade e redução de custos na cadeia de distribuição de produtos hortofrutícolas frescos.
- FAO – Organização das nações unidas para a agricultura e a alimentação. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>. Acesso em: 25 de setembro de. 2015.
-

-
- Fatnassi H., Boulard T., Demrati H., Bouirden L. e Sappe G., 2002. Ventilation performance of a large Canarian-type greenhouse equipped with insect-proof nets. *Biosystems Engineering* 82:97-105.
- Frisina V., Escobedo J., Gomes E., 2003. Estimativa da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) em estufa de polietileno. An. 3. Enc. Energ. Meio Rural.
- Gracia C., 2006. 3. Balance energético foliar y evapotranspiración potencial. *Ecología Forestal: Estructura, Funcionamiento y Producción de las masas forestales*: 39-42.
- Heuvelink E., 1995. Growth, development and yield of a tomato crop: periodic destructive measurements in greenhouse. *Scientia Horticulturae, Netherlands*, 61:77-99.
- INE – Instituto Nacional de Estatísticas, 2002. Estatísticas da Horticultura 1995 – 2001 ISSN 1645-541X.
- INE – Instituto Nacional de Estatísticas, 2014. Estatísticas Agrícolas 2013. Estatísticas oficiais, edição de 2014.
- Jewett T., Jarvis W., 2001. Management of the greenhouse microclimate in relation to disease control: a review. *Agronomie* 21:351-366.
- JN – Jornal de Notícias, 2015. Agricultura gerou 6,5 milhões de euros. http://www.jn.pt/PaginaInicial/Economia/Interior.aspx?content_id=4411282.
- Kempkes F., Van de Braak N. e Bakker J., 2000. Effect of heating system position on vertical distribution of crop temperature and transpiration in greenhouse tomatoes. *Journal of Agricultural Engineering Research* 75: 57-64.
- Kittas C., Boulard T., Mermier M. and Papadakis G., 1996. Wind induced air exchange rates in a greenhouse tunnel with continuous side openings. *Journal of Agricultural Engineering Research* 65:37-49.
- Liang Y., Wu X., Zhu J., Zhou M. e Peng Q., 2011. Response of hot pepper (*Capsicum annuum* L.) to mulching practices under planted greenhouse condition. *Agricultural Water Management* 99:111–120
-

-
- Lopes W., 2010. Análise do crescimento de tomate 'SM-16' cultivado sob diferentes coberturas de solo. Universidade Federal Rural do Semiárido, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia: Fitotecnia.
- Major Greenhouse Diseases. 2015. Disponível em: <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/pub370/pub370ch7.pdf>. Acesso em: 25 de setembro de 2015.
- Meneses J., Monteiro A., 1990. Permanent ventilation in non heated greenhouses to reduce *Botrytis* on tomatoes. In: Proc. International Seminar and British-Israel Workshop on Greenhouse Technology, Tel-Aviv, pp. 55 e 64.
- Meneses J., Monteiro A., Abreu P., 1994. Influence of two different natural ventilation methods on greenhouse climate, tomato production and *Botrytis* control. *Plasticulture* 101:3-12.
- Monteith J., 1972. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. *Journal of Applied Ecology*, 9:747-766.
- Naika Jeude J., Goffau M., Hilmi M., e Dam B., 2006. A cultura do tomate, produção, processamento e comercialização. *Agrodok* 17.
- Nicot P. e Baille A., 1996. Integrated control of *Botrytis cinerea* on greenhouse tomatoes. In: Morris et al. (Eds.), *Aerial Plant Surface Microbiology*, p.169-189. Plenum Press, New York.
- Oliveira M., Paiva R., Alvarenga A., Nogueira C., 2006. Análise do crescimento. In: Paiva, R.; Oliveira, L. M. (Ed.) *Fisiologia e produção vegetal*. Lavras, MG: UFLA, 104p.
- OT – Observatório do Tomate, 2014. <http://www.observatoriodotomate.pt/dados-do-setor/95-industria-do-tomate-processou-1-2-milhoes-de-toneladas-em-2014.html>.
- Papadakis G., Frangoudakis A. e Kyritsis S., 1992. Mixed, forced and free convection heat transfer at the greenhouse cover. *Journal of Agriculture Engineering Research* 51:191-205.
- Parra J.; Baeza E. e Montero J., 2004. Natural Ventilation of Parral Greenhouses. *Biosystems Engineering*, 87: 355–366.
-

-
- Pereira B., 2011. Caracterização das espécies *Dactylis glomerata*, *Festuca rubra*, *Cynodon dactylon*, *Lolium perenne*, *Agrostis stolonifera* e da Zona de Implantação das Espécies – Lisboa. Maneio de Pastagens e Conservação de Forragens. Universidade de Évora.
- Pereira B., 2012. Trabalho, Avaliação Módulo III. O Biosistema Solo – Água – Planta – Atmosfera. Universidade de Évora.
- Pereira M. e Silva M. 1999. Tomateiro - protecção fitossanidade em estufa (míldio, alternariose e podridão cinzenta). DGPC – Direcção-Geral da Protecção das Culturas.
- Prevedello C., 1996. Física do solo com problemas resolvidos. Salesward-Discovery, Curitiba, 446p.
- Sampaio R. e Araújo W., 2001. Importância da cobertura plástica do solo sobre o cultivo de hortaliças. Agropecuária Técnica, 22: 1-12.
- Seginer I., 2002. The Penman-Monteith evapotranspiration equation as an element in greenhouse ventilation design. Biosystems Engineering 82:423-439.
- Shtienberg D., Elad Y., Bornstein M., Ziv G., Grava A. e Cochen S., 2010. Polyethylene Mulch Modifies Greenhouse Microclimate and Reduces Infection of *Phytophthora infestans* in Tomato and *Pseudoperonospora cubensis* in Cucumber. Disease Control and Pest Management. Phytopathology, 100(1):97-104.
- Streck N., Schneider F., Buriol G., e Heldwein A., 1995. Effect of polyethylene mulches on soil temperature and tomato yield in plastic greenhouse. Sci. agric., Piracicaba, 52(3): 587-593.
- Tribuzy E., 2005. Variações da temperatura foliar do dossel e o seu efeito na taxa assimilatória de CO₂ na Amazônia Central, Escola Superior de Agricultura, Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Ecologia de Agroecossistemas: 7,31, 58.
- Tuntiwaranuruk U., Thepa S., Tia S. e Bhumiratana S., 2006. Modeling of soil temperature and moisture with and without rice husks in an agriculture greenhouse. Renewable Energy 31:1934–1949
- Verhoeff K., 1970. Spotting of tomato fruits caused by *Botrytis cinerea*. Netherlands Journal Plant Pathogen 76:219-226.
-

- Walz, A., Zingen-Sel, I., Loeffler, M. e Sauer, M., 2008. Expression of an oxalate oxidase gene in tomato and severity of disease caused by *Botrytis cinerea* and *Scelerotinia sclerotiorum*. *Plant Pathology* 57, 453 e 458.
- Yang X., 1995. Greenhouse micrometeorology and estimation of heat and water vapour fluxes. *Journal of Agricultural Engineering Research* 61:227-238.
- Zhang Y., Mahrer Y. e Margolin M., 1997. Predicting the microclimate inside a greenhouse: an application of a one-dimensional numerical model in an unheated greenhouse. *Agriculturaland Forest Meteorology* 86:291-297.