



Influência do substrato na fenologia, na biometria, na produtividade e qualidade do fruto das cultivares de morangueiro Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola

Joana Filipa Oliveira Lisboa

Dissertação para obter o grau de mestre em

Engenharia Agronómica – Hortofruticultura e Viticultura

Orientadores: Professora Doutora Cristina Maria Moniz Simões de Oliveira

Doutora Maria da Graça Sequeira Palha Mendonça

Júri:

Presidente: Doutor Henrique Manuel Filipe Ribeiro, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.

Vogais: Engenheiro Pedro Nogueira Brás de Oliveira, Investigador no Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária

Doutora Maria da Graça Palha Mendonça, Investigadora no Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária

AGRADECIMENTOS

À Investigadora Doutora Maria da Graça Palha, orientadora desta dissertação, pelo valioso apoio científico, por toda a dedicação, rigor, olhar crítico, por toda a disponibilidade e críticas e sugestões pertinentes na fase de revisão do texto.

À Professora Doutora Cristina Oliveira, orientadora desta dissertação, pela dedicação, pelo rigor e apoio científico, pela compreensão e por toda a motivação transmitida ao longo da execução deste trabalho.

Ao Doutor Pedro Oliveira, pela melhor compreensão da fertirrega e sugestões pertinentes.

Ao Francisco Barreto, pela incansável ajuda em todas as técnicas culturais, colheita dos frutos e medições efetuadas ao longo do ensaio, pela simpatia e pelos conselhos sinceros.

À Alexandra, à Francisca, à Fernanda, e todos os funcionários do INIAV que de alguma forma me ajudaram.

À engenheira Beatriz de Sousa pela disponibilidade para a realização da análise sensorial dos frutos.

Ao professor Henrique Ribeiro por toda a disponibilidade e ajuda na realização das análises do substrato.

À minha irmã Ana por todo o companheirismo, pela ajuda incansável nas análises de qualidade e por me apoiar em todos os momentos.

Aos meus pais, por toda a força, pelo enorme apoio e compreensão ao longo de todo o meu percurso académico.

A todos os meus amigos e família, com quem aprendi e que contribuíram para o meu desenvolvimento pessoal e académico.

Muito obrigada!

RESUMO

A produção do morangueiro em substrato tem vindo a aumentar nos últimos anos, registando-se um incremento no número de cultivares (cvs.) de morangueiro disponíveis no mercado, quer de dias curtos (DC) quer de cvs. indiferentes (ID). Numa fase em que há uma maior consciencialização do produtor de morangos quanto aos riscos do uso indiscriminado de produtos químicos, o substrato vem ajudar numa maior redução da quantidade de químicos na cultura e assegurar a rentabilidade da atividade.

Com o objetivo de avaliar a adaptabilidade de cultivares de morangueiro em cultura de substrato e avaliar o comportamento das cvs. ID em plantação de inverno instalou-se um ensaio em estufa com quatro cultivares, Camarosa e Rábida (DC), e San Andreas e Portola (ID), cultivadas em dois substratos comerciais, substrato M1 (mistura de casca de pinheiro, turfa e fibra de coco) e substrato Coco (fibra de coco). Foram analisados vários parâmetros de crescimento e desenvolvimento ao longo do ciclo vegetativo da planta.

Verificou-se que o fator 'cultivar' destacou-se como elemento fundamental para as diferenças no vigor vegetativo, produtividade e qualidade do fruto, enquanto o fator 'substrato' influenciou apenas alguns parâmetros, como a precocidade de floração e a produção total.

As cvs. Rabida, San Andreas e Portola apresentaram um menor vigor vegetativo (número de coroas e de folhas; e área foliar) que a 'Camarosa'. A maior precocidade registou-se nas cvs. Rabida e San Andreas, que apresentaram igualmente a maior produção total de frutos. A produtividade das cultivares foi maior no substrato Coco do que no substrato M1.

Na qualidade do fruto, a cv. Rábida produziu frutos com melhor avaliação tanto laboratorial como sensorial aos níveis de sabor e textura, no entanto, os frutos da cv. Portola foram avaliados com a melhor cor, comparativamente com os frutos das restantes cultivares.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa*, cultivares DC, cultivares ID, plantação de inverno

ABSTRACT

During the past few years, strawberry production in substrate system is increasing rapidly worldwide and replacing traditional soil cultures in regions where the practice of monoculture with contaminated soils prevails or the available surface is limited. In addition a wide range of new short-day (SD) and day-neutral (DN) varieties are continuously released and their performance in this production system is not always available or inexistent.

To evaluate plant growth, yield and fruit quality of SD and DN strawberries in a substrate production system with winter plantation an experiment was established in a randomized block design, with six replications and two treatments (cultivar x substrate). Plants of SD cultivars Camarosa and Rabida and of DN 'San Andreas' and 'Portola' were established in two commercial substrates M1 (mixture of pine bark, peat and coconut fiber) and Coco (coconut fiber) under a glasshouse.

Vegetative plant growth and fruit production were assessed during the growing and crop cycle and the quality of fruits were evaluated at the peak of production.

Cultivar effect was more evident than substrate effect, by affecting almost all the vegetative and fruiting parameters. Substrate affected flower initiation and total fruit yield, with plants in Coco substrate showing higher productivity than plants of M1.

Early and total fruit yield was significantly higher in 'Rabida' and 'San Andreas' plants followed by 'Portola' despite this last one had a smaller cropping cycle compared with other cultivars, due to later planting. 'Rabida' produced fruits with good flavor and firmness and like 'Camarosa' fruits with highest SS/AT value.

Concerning strawberry fruit quality and productivity the cv. Rabida revealed promising in alternative to 'Camarosa' (a standard variety). The use of DN cultivars in the winter planting system was also successful.

Keywords: *Fragaria xananassa*, SD cultivars, DN cultivars, winter planting

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	i
RESUMO.....	ii
ABSTRACT	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE QUADROS.....	x
LISTA DE ANEXOS.....	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. A cultura do morangueiro.....	3
2.2. O morangueiro.....	6
2.2.1. Taxonomia e origem.....	6
2.2.2. Descrição morfológica da planta.....	6
2.2.3. Ciclo Fisiológico.....	8
2.2.4. Qualidade do morango	11
2.2.5. Cultivares de morangueiro.....	12
2.3. A cultura em substrato.....	13
2.4. Os substratos	14
2.4.1. Características dos substratos.....	14
2.4.1.1. Propriedades físicas.....	16
2.4.1.2. Propriedades químicas.....	16
2.4.1.3. Propriedades biológicas.....	16
2.4.2. Principais materiais constituintes do substrato.....	17
2.4.2.1. Fibra de coco.....	17
2.4.2.2. Turfa.....	18
2.4.2.3. Casca de pinheiro.....	19
3. MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1. O ensaio.....	21
3.1.1. Localização do ensaio.....	21
3.1.2. Condições climáticas.....	22
3.2. Delineamento experimental	23
3.3. O substrato.....	24
3.3.1. Análise físico-química do substrato	24
3.3.2. Temperatura do substrato.....	25

3.4.	As cultivares	26
3.4.1.	Caracterização do material vegetal.....	26
3.4.1.1.	'Camarosa'	26
3.4.1.2.	'Rábida'	26
3.4.1.3.	'San Andreas'	26
3.4.1.4.	'Portola'	27
3.5.	Instalação e condução do ensaio.....	27
3.5.1.	Preparação das plantas e plantação.....	27
3.5.2.	Monda de flores.....	28
3.5.3.	Rega e fertilização	28
3.5.4.	Proteção fitossanitária	29
3.6.	Registos e observações efetuadas	30
3.6.1.	Análise da fenologia	30
3.6.2.	Análise do crescimento e de desenvolvimento	31
3.6.2.1.	Análise biométrica	31
3.6.2.2.	Matéria Seca	33
3.7.	Os frutos.....	33
3.7.1.	Colheita	33
3.7.2.	Análise da produção e produtividade.....	34
3.7.3.	Análise da qualidade do morango.....	34
3.7.3.1.	Análise física e química dos morangos.....	34
3.7.3.1.1.	Peso, comprimento e diâmetro	34
3.7.3.1.2.	Firmeza.....	34
3.7.3.1.3.	Sólidos Solúveis totais (SST).....	35
3.7.3.1.4.	Potencial hidrogénio (pH)	35
3.7.3.1.5.	Acidez titulável (AT).....	35
3.7.3.1.6.	Cor.....	36
3.7.3.2.	Avaliação sensorial.....	37
3.8.	Tratamento estatístico	37
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1.	Condições Ambientais	38
4.2.	Uniformidade das plantas à plantação.....	40
4.3.	Fenologia.....	41
4.4.	Análise do crescimento e desenvolvimento das plantas	42
4.4.1.	Coroas.....	42
4.4.2.	Folhas.....	44

4.4.3.	Área Foliar	45
4.4.4.	Inflorescências e flores	47
4.5.	Partição da matéria seca	50
4.6.	Análise quantitativa da produção	53
4.6.1.	Produção precoce e produção total	53
4.6.2.	Número e peso dos frutos.....	55
4.6.3.	Produção mensal.....	56
4.6.4.	Produção total por calibre	57
4.7.	Análise qualitativa da produção	59
4.7.1.	Análise das características físicas dos frutos.....	59
4.7.2.	Análise das características químicas dos frutos.....	60
4.7.3.	Avaliação sensorial.....	62
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
	ANEXOS.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução da balança comercial de Portugal relativa ao ano de 2012.....	5
Figura 2 - a) Planta após a plantação; b) Início da floração; c) Flor aberta.....	7
Figura 3 - Representação esquemática do ciclo anual de uma variedade de morangueiro de dias curtos em regiões de Inverno ameno.....	10
Figura 4 - Esquema do complexo de estufas do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV), onde foi implementado o ensaio.....	21
Figura 5 - Esquema da instalação e condução do ensaio, com representação das quatro cultivares de morangueiro (A, B, C, D) e dos dois substratos (Coco e M1).	23
Figura 6 - a) Substrato M1 (composto por 40 % de casca de pinheiro compostada, 40% turfa e 20% de fibra de coco); b) Substrato Coco (substrato proveniente da desfibração do fruto da planta <i>Cocos nucifera</i>).	25
Figura 7 - a) Potenciómetro Orion Star A2012 para medição do pH. b) Processo de filtragem do extrato com filtro de banda branca nas quatro repetições de cada substrato (Coco e M1);	25
Figura 8 - a) Cultivares de morangueiro nos substratos Coco e M1, na data de plantação; b) Cultivares de morangueiro nos substratos Coco e M1, um mês após a plantação.....	28
Figura 9 - a) Depósito de água e nutrientes para a fertirrega. b) Depósito de nutrientes fornecidos às plantas através da fertirrega.	29
Figura 10 - a) Marcação de uma inflorescência de morangueiro para obtenção do número de dias entre os diferentes estados de desenvolvimento (três semanas após a plantação). b) Plantas de morangueiro em produção.....	30
Figura 11 - a) Cultivares de morangueiro em crescimento vegetativo; b) Cultivares de morangueiro na fase de frutificação; c) Planta de morangueiro preparada para análise biométrica.....	31
Figura 12 - Medição da área foliar com o 'Delta –T Type WDIGC-2'.....	33
Figura 13 - Aparelho para medir a firmeza do fruto, Durofel- digital firmness tester.	35
Figura 14 - Filtragem do sumo de morango das quatro cultivares e substratos para a determinação do pH e da acidez titulável.	36
Figura 15 - Medição do pH com o potenciómetro HANNA pH213.....	36
Figura 16 - Determinação da cor do fruto através do colorímetro Minolta CR 400	37
Figura 17 - Salas de prova onde foram realizadas as provas organoléticas aos morangos das cultivares Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola, nos substratos Coco e M1.....	37
Figura 18 - Valores da temperatura máxima, mínima e média no interior da estufa	39
Figura 19 - Valores da humidade relativa média, máxima e mínima, no interior da estufa	39
Figura 20 - Número de dias desde a plantação até início da floração nas cultivares Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola nos substratos Coco e M1.....	41
Figura 21 - Número de dias desde a plantação até ao início de colheita nas cultivares Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola.	42

Figura 22 - Evolução do número de coroas por planta ao longo do ensaio nas cultivares Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola.	43
Figura 23 - Evolução do diâmetro da coroa ao longo do ensaio nas cultivares Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola. * p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001	43
Figura 24 - Evolução do número de coroas por planta nos substratos Coco e M1.	44
Figura 25 - Evolução do diâmetro das coroas, nos substratos Coco e M1.	44
Figura 26 - Evolução do número médio de folhas por planta nas cultivares Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola.	45
Figura 27 - Evolução do número médio de folhas por planta nos substratos Coco e M1.	45
Figura 28 - Evolução da área foliar (cm/planta) nas cultivares Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola, ao longo do ensaio.....	46
Figura 29 - Evolução da área foliar nos substratos Coco e M1.	47
Figura 30 - Evolução do número médio de inflorescências por planta ao longo do ensaio nas cvs. Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola.....	48
Figura 31 - Evolução do número médio de inflorescências por planta nos substratos Coco e M1.....	48
Figura 32 - Evolução do número de flores/planta nas cvs. Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola.	49
Figura 33 - Evolução do número médio de flores por planta nos substratos Coco e M1.	50
Figura 34 - Repartição do peso seco dos órgãos da planta (raiz, coroa, folhas, inflorescências e frutos) nas cvs Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola e nos substratos Coco e M1 a 60, 90, 120, 150, 180 e 210 dias após a plantação.	52
Figura 35 - Média da produção precoce e total (g planta ⁻¹) nas cvs. Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola.....	54
Figura 36 - Média da produção precoce e total (g planta ⁻¹) nos substratos Coco e M1.	54
Figura 37 - Média do peso e número de frutos por planta nas cvs Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola.....	55
Figura 38 - Evolução, ao longo dos meses, do peso fresco dos frutos/planta nas cvs. Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola	56
Figura 39 - Evolução, ao longo dos meses, do peso fresco dos frutos/planta nos substratos Coco e M1.	57
Figura 40 - Percentagem de produção por calibre das cvs. Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola.	58
Figura 41 - Percentagem de frutos comercializáveis e de refugo (não comercializáveis), nas cvs Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola.....	58
Figura 42 - Frutos com deformação devido à deficiente polinização.....	58
Figura 43 - Frutos colhidos das quatro cultivares: A- Camarosa; B - Rábida; C- San Andreas; D- Portola.	59
Figura 44 - Parâmetros físicos peso, firmeza e forma dos frutos das cvs. Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola nos substratos Coco e M1.	60

Figura 45 - Parâmetros da cor do fruto (luminosidade, tonalidade e saturação) dos frutos das cvs. Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola nos substratos Coco e M1.	60
Figura 46 - Parâmetros químicos dos frutos das cvs. Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola nos substratos Coco e M1.	61
Figura 47 - Valores médios de SS/AT nas cultivares Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola.	62
Figura 48 - Comparação do perfil sensorial das quatro cultivares (Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola) no substrato M1.	63
Figura 49 - Comparação do perfil sensorial das quatro cultivares (Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola) no substrato Coco.	63
Figura 50 - Morfologia do morangueiro	75
Figura 51 - Secção longitudinal da flor: a) receptáculo; b) pistilos; c) anteras; d) sépalas; e, pétalas	76

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Produção (t), área (ha) de morangueiro, e quantidade de morango exportada e importada no ano 2013, ao nível mundial, da Europa e União Europeia, dos dez maiores produtores da Europa e de Portugal	4
Quadro 2 - Equilíbrio dos elementos minerais na solução nutritiva.	28
Quadro 3 - Tratamentos efetuados nas plantas de morangueiro, ao longo do ensaio.	30
Quadro 4 - Data das colheitas e respetivos dias após a plantação de cada colheita nas cvs. Camarosa, Rábida e San Andreas.	31
Quadro 5 - Data das colheitas e respetivos dias após a plantação de cada colheita na cv. Portola.	32
Quadro 6 - Média e desvio padrão do diâmetro da coroa e do peso verde e seco da parte subterrânea e aérea à data de plantação, das cvs. Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola	40
Quadro 7 - Teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e sódio (Na) nos substratos (mg L^{-1}) e condutividade elétrica (mS cm^{-1}).....	76
Quadro 8 – Temperaturas dos substratos registadas no programa de controlo da temperatura da estufa.....	77
Quadro 9 - Quadro para a avaliação do perfil sensorial do parâmetro cor.....	78
Quadro 10 - Quadro para avaliação do perfil sensorial dos parâmetros da textura, sabor e aroma em morango.	78
Quadro 11 - Avaliação organolética da cor em morango.....	79
Quadro 12 - Avaliação organolética da textura, sabor e aroma.....	79
Quadro 13 - Valores médios, máximo e mínimos da temperatura no exterior da estufa ($^{\circ}\text{C}$) e da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e humidade relativa (%) no interior da estufa. Média de 25 repetições \pm erro padrão da média.	80
Quadro 14 - Efeito da interação cultivar x substrato no número de dias até ao início da floração.	81
Quadro 15 - Efeito da cultivar e do substrato no número de dias entre a floração e maturação e entre a plantação e início de colheita.....	82
Quadro 16 - Efeito da cultivar e do substrato no número de coroas ao longo do ensaio.	83
Quadro 17 - Efeito da cultivar e do substrato no diâmetro das coroas ao longo do ensaio.	84
Quadro 18 - Efeito da cultivar e do substrato no número de folhas, ao longo do ensaio.	85
Quadro 19 - Efeito da cultivar e do substrato na área foliar, ao longo do ensaio.	86
Quadro 20 - Efeito da cultivar e do substrato no número de inflorescências por planta, ao longo do ensaio.	87
Quadro 21 - Efeito da cultivar e do substrato no número de flores, ao longo do ensaio.	88
Quadro 22 - Efeito da cultivar e do substrato na partição da matéria seca pelos diferentes órgãos de planta, aos 60 DAP	89

Quadro 23 - Efeito da cultivar e do substrato na partição da matéria seca pelos diferentes órgãos de planta, aos 90 DAP	90
Quadro 24 - Efeito da cultivar e do substrato na partição da matéria seca pelos diferentes órgãos de planta, aos 120 DAP	91
Quadro 25 - Efeito da cultivar e do substrato na partição da matéria seca pelos diferentes órgãos de planta, aos 150 DAP.	92
Quadro 26 - Efeito da cultivar e do substrato na partição da matéria seca pelos diferentes órgãos de planta, aos 180 DAP	93
Quadro 27 - Efeito da cultivar e do substrato na partição da matéria seca pelos diferentes órgãos de planta, aos 210 DAP	94
Quadro 28 - Efeito da cultivar e do substrato na produção precoce (g planta^{-1}), e total (g planta^{-1} ; Kg m^{-2})	95
Quadro 29 - Efeito da cultivar e do substrato no número e peso meso dos frutos ao longo do ensaio	96
Quadro 30 - Efeito da cultivar e do substrato, na produção mensal (g planta^{-1}).....	97
Quadro 31 - Efeito da cultivar e do substrato na produção de frutos por calibre da produção.	98
Quadro 32 - Valores médios das características físicas do morango, forma, firmeza e peso, nas cultivares Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola e no substrato M1 e Coco.	99
Quadro 33 - Valores médios das características físicas, tonalidade, saturação e luminosidade dos morangos nas cultivares Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola e no substrato M1 e Coco.	100
Quadro 34 - Valores médios das características químicas do morango: Acidez, °Brix e pH nas cultivares Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola e no substrato M1 e Coco.	101
Quadro 35 - Valores médios de SS/AT nas cultivares Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola e no substrato M1 e Coco.....	102

ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AF - Área foliar

AT - Acidez titulável

CTC - Capacidade de troca catiónica

Cv. - Cultivar

DAP - Dias após a plantação

DC - Dias curtos

FAO - Food and Agriculture Organization

IAF - Índice de área foliar

ID – Indiferentes ao fotoperíodo

INIAV - Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária

MS - Matéria Seca

pH - Potencial de hidrogénio

RFA - Radiação fotossinteticamente ativa

SS - Sólidos solúveis

p. - Página(s)

Ø - Diâmetro

LISTA DE ANEXOS

Anexo I - Representação esquemática da planta do morangueiro.	75
Anexo II - Análises aos substratos Coco e M1.	76
Anexo III - Temperaturas do substrato.	77
Anexo IV – Fichas de prova para análise sensorial do fruto	78
Anexo V - Condições Ambientais	80
Anexo VI – Fenologia da planta de morangueiro.....	81
Anexo VII - Análise do crescimento e desenvolvimento das plantas	83
Anexo VIII - Partição da matéria seca pelos diferentes órgãos da planta	89
Anexo IX - Análise quantitativa da produção	95
Anexo X - Análise qualitativa da produção	99

1. INTRODUÇÃO

O morangueiro cultivado (*Fragaria x ananassa* Duch.), pertencente à família das *Rosaceae*, é uma planta rasteira, propagada vegetativamente por estolhos. Esta planta tem grande interesse comercial em muitos países do mundo, pois a coloração, o aroma e o sabor especiais do fruto assim como as suas propriedades nutritivas, fazem do morango um produto apreciado para o consumo, tanto *in natura* como em múltiplas formas de processamento (Hancock, 1999). O fruto do morangueiro possui alto conteúdo de vitamina C e ácido fólico, grande poder antioxidante devido aos componentes fenólicos e também uma elevada quantidade de ácido elágico, um constituinte com propriedades antimutagénicas e anticancerígenas (Mass *et al.*, 1991; Testoni & Lovati, 1998).

A qualidade do produto português é altamente apreciada pelos mercados, tanto ao nível nacional como internacional. No entanto, o consumidor, motivado por uma crescente consciencialização, valoriza a condução do processo produtivo e revela-se mais exigente quanto à sustentabilidade e à segurança alimentar associadas à produção, tornando-se estes critérios cada vez mais determinantes no momento da escolha do produto. Importa, portanto, dotar os atuais sistemas de produção agrícola de uma sustentabilidade acrescida. A valorização da sustentabilidade aplicada às atividades económicas humanas, em geral, e à atividade agrícola, em particular, resulta da manifestação de uma problemática de escassez de recursos naturais, relativamente recente, que se deve à sustentabilidade do atual modelo de desenvolvimento social adotado globalmente. Nos países produtores mais competitivos onde se inclui Portugal, a cultura do morango é baseada em sistemas intensivos de produção no solo, com plantações anuais e em sistema de monocultura. Os problemas desencadeados por este tipo de produção, entre os quais o aumento das doenças do solo, a maior suscetibilidade das cultivares a estas doenças e a recente proibição do uso do brometo de metilo na desinfecção do solo têm levado ao desenvolvimento de novas tecnologias de produção de modo a manter viável a produção do morango com boas produtividades (Palha, 2005a; López-Aranda *et al.*, 2011).

Os sistemas de cultivo sem solo têm sido considerados como potenciais alternativas ao sistema de cultivo no solo, pois prescindem a desinfecção do solo. Por outro lado, a gestão mais eficiente da água e de nutrientes fornecidos à planta associado às altas produtividade obtidas, levam a que diversos países adotem este tipo de produção.

A cultura sem solo no nosso país tem vindo a aumentar com predomínio do sistema de cultivo em substrato. São comuns os sistemas abertos, com drenagem perdida de solução nutritiva, com plantas cultivadas em sacos de formato retangular contendo diferentes tipos de substrato e colocados em estruturas apoiadas ou suspensas. A turfa tem sido utilizada maioritariamente como um dos constituintes do substrato. Sendo este material um recurso não renovável, vários

outros materiais de origem renovável têm sido avaliados na busca de uma produção mais sustentável, como a fibra de coco e a casca de pinheiro compostada.

A gama de cultivares de morangueiro utilizadas a nível nacional é relativamente restrita, sendo a 'Camarosa' a predominante. Porém, vários organismos que se dedicam ao melhoramento do morangueiro têm lançado no mercado novas cultivares. Algumas destas novas cultivares têm possibilidade de competir ou exceder a cultivar Camarosa, uma vez que a igualam em termos de precocidade, possuem boas características organolépticas, ao longo de todo o ciclo de cultivo, sem esquecer outros fatores como a produção e a resistência a doenças (Cano, 2003).

A adaptabilidade de cultivares de morangueiro a uma determinada região de produção ou sistema de produção tem sido objeto de vários estudos sobre o comportamento vegetativo e produtivo da planta (Pérez de Camacaro *et al.*, 2002; Palha *et al.*, 2012; Menzel & Smith, 2014). Baseia-se em avaliar o crescimento vegetativo e reprodutivo, a produtividade e a qualidade do fruto através do estudo de vários parâmetros de crescimento e desenvolvimento ao longo do ciclo vegetativo da planta, tais como o vigor vegetativo, o padrão de floração e de frutificação, a precocidade e produtividade, tempo e uniformidade de maturação e resistência a doenças e pragas. Para a qualidade do fruto analisam-se várias características como: *flavor* (sabor e aroma), tamanho, simetria, formato, firmeza e cor da polpa e da epiderme, brilho, fácil separação do cálice, teor de vitaminas, teor de sólidos solúveis, acidez e resistência a podridões (Sousa *et al.*, 2014).

O presente ensaio tem como objetivo principal a comparação da adaptabilidade, desenvolvimento, produção e qualidade do fruto de quatro cultivares de morangueiro 'Camarosa', 'Rábida', 'San Andreas' e 'Portola' conduzidos em dois substratos distintos, o substrato M1 (mistura) e o substrato Coco (fibra de coco) de modo a eleger a cultivar e o substrato mais adequados ao sistema de produção sem solo do morangueiro em cultura protegida.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A cultura do morangueiro

A produção de morango localiza-se principalmente nas regiões temperadas do Hemisfério Norte, nos continentes americano, europeu e asiático, em mais de 75 países (Hummer *et al.*, 2008).

Segundo os dados da FAOSTAT relativos ao ano 2013 (Quadro 1) a área de produção de morango situava-se em aproximadamente 362 mil ha, ocupando os países europeus cerca de 162 mil ha. Em 2013, o país da comunidade europeia com maior área de produção foi a Polónia, seguida da Alemanha, Espanha e Reino Unido. O volume de produção total ultrapassou os 7,5 milhões t ao nível mundial, correspondendo 1,5 milhões t à produção europeia.

Ao nível da União Europeia, os países com maior volume de produção foram Espanha, Polónia e Alemanha. É importante referir que, apesar de Espanha ter uma menor área de produção, é o país com maior produção de morangueiro, o que pode ser justificado com o facto deste país estar a aumentar a sua produção de morangueiro em substrato que produz maior quantidade de fruto numa menor área e também pelas maiores produtividades da cultura no solo (40t/ha).

Em 2013, Espanha foi o maior exportador de morango, seguida da Holanda e Bélgica. Quanto à importação, os países com maior expressão foram a Alemanha, seguida da França e Reino Unido. Espanha é o maior exportador de morango para consumo em fresco, enviando a fruta maioritariamente para outros países da UE e alguns países terceiros (Fepex, s.d).

Quadro 1 - Produção (t), área (ha) de morangueiro, e quantidade de morango exportada e importada no ano 2013, ao nível mundial, da Europa e união europeia, dos dez maiores produtores da Europa e de Portugal (FAOSTAT, 2016).

	Produção (t)	Área (ha)	Exportação (t)	Importação (t)
Mundial	7 739 622	361 662	839 151	887 968
Europa	1 484 987	162 315	486 756	546 692
União Europeia	1 125 552	109 792	475 875	455 022
Portugal	12 800	400	3 622	16 113
França	55 754	3 235	17 128	92 967
Espanha	312 500	8 000	266 450	6 642
Alemanha	149 680	15 577	13 284	112 105
Itália	40 116	2 338	16 935	36 994
Suécia	13 800	2 200	699	6 976
Polónia	192 647	55 020	14 174	14 962
Bélgica	35 900	1 600	42 999	29 055
Reino Unido	94 373	4 606	710	46 187
Holanda	51 000	1 765	53 349	23 347
Áustria	14 946	1 285	1 474	20 592

Desde há muito tempo que o morango é apreciado como fruto de consumo em fresco em Portugal, possuindo a cultura uma tradição que remonta desde os anos 30 do século passado (Natividade,1940). Existe um conjunto de recursos naturais e uma capacidade produtiva já instalada em algumas regiões que permitem a produção de morango durante todo o ano. Contudo, desde 2000 que as áreas se estabilizaram entre 400 a 500 ha, mas mantendo a produtividade da cultura.

As principais zonas de produção localizam-se nas regiões do Ribatejo e Oeste, Alentejo (litoral), Algarve e Trás-os-Montes.

A balança comercial nacional é negativa, verificando-se que Portugal é um país consumidor de morango, pois importou cerca 16000 t e exportou cerca de 3600 t. Os meses em que a importação foi significativamente maior que a exportação foram janeiro, fevereiro, março, abril, maio e junho, atingindo um valor máximo de 5000 t de morangos no mês de maio (Fig. 1). O morango é maioritariamente importado de Espanha e é exportado em maior volume para França, Reino Unido e Holanda.

O reconhecimento da qualidade do morango nacional pelos consumidores e operadores (nacionais e estrangeiros) poderá facilitar um posicionamento mais vantajoso de Portugal nos mercados face a outros países produtores. Existem, assim, grandes margens de crescimento para a cultura.

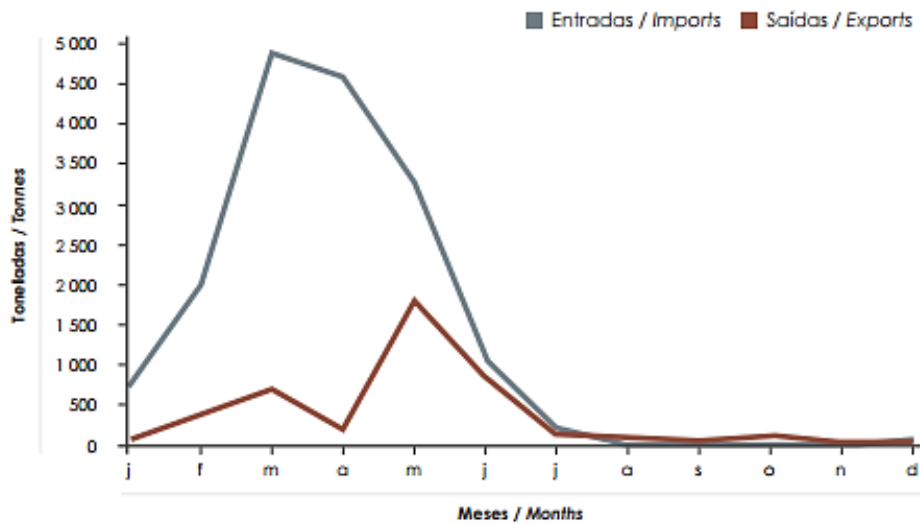


Figura 1 - Evolução da balança comercial de Portugal relativa ao ano de 2012. (Fonte: GPPAA, 2015)

2.2. O morangueiro

2.2.1. Taxonomia e origem

O morangueiro cultivado atualmente teve origem no cruzamento natural das espécies *Fragaria virginiana* e *Fragaria chiloenses*, originárias respectivamente da América do Norte e do Chile, plantadas lado a lado em jardins europeus, com finalidades ornamental e medicinal, no século XVIII (Santos, 2003). Da hibridação natural entre estas duas espécies surgiram, na Europa, plantas de morango com características morfológicas distintas. O botânico francês Antoine Nicholas Duchesne reconheceu essas plantas como híbridos de duas espécies *Fragaria chiloensis* x *F. virginiana* e designou-as por *Fragaria* x *ananassa* (Hancock, 1999).

Pelo sistema de Classificação Vegetal de Cronquist (1988) cit in Branco (2011), o morangueiro pertence à divisão *Magnoliophyta* (*Angiospermae*), classe *Magnoliopsida* (*Dicotyledoneae*), subclasse *Rosidae*, ordem *Rosales*, família *Rosaceae*, gênero *Fragaria* L. e espécie *Fragaria* spp.

Fragaria x *ananassa* Duch é uma planta perene, que possui hábito de crescimento rasteiro e características de uma planta herbácea. Apesar da característica de planta perene, a cultura comercial é feita anualmente, devido à acumulação de doenças de um ciclo para o outro, as quais podem reduzir a produtividade. A propagação utilizada comercialmente é a vegetativa, enquanto que as sementes são usadas com a finalidade de melhoramento genético (Darrow, 1966; Hancock *et al.*, 1999; Strand, 1994).

2.2.2. Descrição morfológica da planta

O morangueiro é uma planta de pequeno porte (Anexo I, Fig. 49 A), com um sistema radicular fasciculado e superficial, constituído por raízes laterais longas e fibrosas com origem na coroa sendo divididas em primárias e secundárias, em que 50 a 90% das raízes localizam-se nos primeiros 15 a 20 cm do solo e 25 a 50% nos primeiros 7,5 cm (Palha, 2005a). Para além da absorção de água e nutrientes, as raízes possibilitam a acumulação de reservas de amido, durante o Inverno, têm longos pecíolos e estão inseridas na coroa através das estípulas, formando uma roseta. As raízes novas formam-se acima das raízes velhas na coroa, que deverão estar igualmente em contacto com o solo, para emergirem.

O caule é um rizoma estolhoso, que se ramifica e do qual emergem, em roseta, as folhas trifoliadas, formando o conjunto a que vulgarmente se designa por "coroa" (Anexo I, Fig. 50 B). No gomo vegetativo terminal existem normalmente cinco a sete primórdios foliares. Na base de cada folha, sob proteção das estípulas, forma-se um gomo axilar que geralmente se mantém no estado de dormência, no entanto, poderá produzir uma nova coroa ou um estolho, dependendo do fotoperíodo e das temperaturas a que a planta é submetida. A formação de estolhos é estimulada por temperaturas elevadas e dias longos, com um ótimo a 16h de luz e

24°C, no entanto, requer também uma intensidade luminosa elevada (Heide, 1977; Guttridge, 1985; Rissel e Navatel, 1997).

A iniciação da inflorescência ocorre quando o meristema apical se alonga e o ápice se torna achatado (Durner e Poling, 1985). Estes órgãos possuem um pedúnculo ligeiramente alongado onde se desenvolvem as flores (Anexo I, Fig. 50 C). As inflorescências mais longas facilitam a colheita, uma vez que os frutos se encontram mais expostos no exterior das folhas. Assim, uma inflorescência típica apresenta uma flor primária, que é a mais velha, duas flores secundárias, quatro flores terciárias e oito flores quaternárias (Darrow, 1929).

As flores classificam-se como perfeitas e imperfeitas, as perfeitas ou hermafroditas, apresentam órgãos femininos e masculinos (pistilos e estames). As imperfeitas ou unissexuais, apresentam apenas o órgão feminino ou masculino e por este motivo precisam de pólen de outras plantas, transportado pelos insetos, de flores perfeitas (Anexo I, Fig.51). Algumas cultivares apresentam pistilo e estame atrofiados, que produzem pólen estéril (pseudo-hermafroditas), nestas é necessário que a flor seja polinizada com pólen de outras cultivares que tenham órgãos masculinos desenvolvidos e férteis para, produzir frutos. Na flor os estigmas já estão recetivos antes do pólen da mesma flor estar disponível e, portanto, fecundação cruzada, é quase sempre entomófila (Branzanti,1989). Na maioria das cultivares atuais as flores são hermafroditas, em que os estames (20 a 30) estão dispostos em redor do recetáculo onde os pistilos (60 a 600) se inserem em espiral (Hancock, 1999) (Fig. 2).

A fecundação dos óvulos é realizada tanto por pólen da mesma flor como de flores da mesma planta ou de plantas diferentes, como já referido anteriormente, tendo como resultado o desenvolvimento do morango, o órgão comestível da planta. Os frutos verdadeiros são os aquênios duros e superficiais, vulgarmente conhecidos como sementes, que podem chegar até 200, ou ainda, em frutos maiores, até 400 aquênios. Mas para comercialização, o fruto é o conjunto formado pelo recetáculo carnudo sobre o qual se desenvolvem os aquênios.

O tamanho e forma do fruto dependem da uniformidade da fertilização dos vários ovários, pois após a fertilização do óvulo, produzem-se hormonas de crescimento através do efeito de 'sink' que irão aumentar o recetáculo na área imediatamente adjacente ao aquénio em desenvolvimento (Nitsch, 1950).



Figura 2 – a) Planta após a plantação; **b)** Início da floração; **c)** Flor aberta.

2.2.3. Ciclo Fisiológico

Uma planta, para atingir o estado reprodutivo, passa por várias transformações entre os estados de desenvolvimento. O desenvolvimento do morangueiro depende da evolução do gomo terminal e dos gomos axilares, que evoluem de uma forma dependente entre si. A dominância apical regula o desenvolvimento dos gomos axilares, de modo que os gomos axilares basais são os primeiros gomos a desenvolverem-se (Phillips, 1975).

Segundo Duarte F. *et al.* (1999), na fase vegetativa, os meristemas apicais, com a sua atividade mitótica, seguida dos processos de alongamento celular e diferenciação determinam os pontos de crescimento vegetativo e, formam os diferentes tecidos e órgãos da planta. Já na floração (fase reprodutiva) ocorre a diferenciação do meristema vegetativo para o floral, originando os componentes da flor (pétalas, estames e pistilo), ao invés dos órgãos vegetativos (folhas, caule e estolhos). Assim, um meristema pode encontrar-se em três estados:

- Fase vegetativa, onde produz folhas, coroas e estolhos;
- Fase reprodutiva, onde o gomo evolui para inflorescência;
- Fase de dormência, e, portanto, não evoluindo (Guttridge, 1985; Roudeillac *et al.*, 1987).

Em condições naturais, o crescimento e o desenvolvimento do morangueiro é controlado essencialmente pela ação do fotoperíodo e temperatura. Contudo, outros fatores como a intensidade luminosa e a fertilização têm também influência neste processo. Desta forma, o morangueiro cresce e desenvolve-se consoante as épocas do ano (Fig. 3), apresentando um ciclo fisiológico anual onde se sucedem períodos de crescimento vegetativo, reprodutivo e dormência (Mendonça, 1998).

Durante a fase vegetativa para a formação das raízes, a temperatura ótima ao nível das raízes varia entre os 17 e os 30°C (Roudeillac *et al.*, 1987). Acima dos 30°C, as temperaturas são prejudiciais ao desenvolvimento do sistema radical. No outono, uma vez estabelecido o sistema radical, as temperaturas abaixo dos 15°C são favoráveis à acumulação das reservas nas raízes e no rizoma (Guttridge, 1955).

A formação de estolhos é estimulada por temperaturas elevadas e dias longos (Heide, 1977), para além de uma intensidade luminosa elevada. Quando as condições ambientais são desfavoráveis à sua diferenciação, os gomos diferenciam-se em novas coroas (Guttridge, 1955). Nas cultivares de dias curtos, quando os dias ainda são demasiado curtos para a formação de estolhos, a ramificação das coroas ocorre antes da formação de estolhos (Darrow & Waldo, 1934).

O crescimento das folhas consiste principalmente no incremento na área foliar (AF), o qual determina a evolução do índice de área foliar (IAF), um dos parâmetros fisiológicos mais utilizados nos estudos de análise de crescimento das plantas e nos modelos de simulação da produtividade de diversas culturas agrícolas, uma vez que o IAF influencia diretamente na interceção de radiação solar e fotossíntese e assim determina, em grande parte, a produtividade da cultura (Streck *et al.*, 2003; Streck *et al.*, 2005a, b; Xue *et al.*, 2004).

As condições favoráveis ao desenvolvimento das folhas são os dias longos e as temperaturas crescentes. Quanto mais longo for o hemeroperíodo maior o tamanho das folhas. Por exemplo, Borthwick & Parker, 1952), testaram o efeito do fotoperíodo de 8,11,14,17 e de 20h no desenvolvimento foliar de 7 variedades. Verificaram que o tamanho das folhas nas plantas sujeitas a 20 h era o dobro do das folhas das plantas que cresceram sob o regime de 8 e 11h.

Na fase reprodutiva, a iniciação floral é caracterizada por mudanças físicas e químicas que ocorrem no meristema, a partir de estímulos florais detetados pelas folhas. No período de transição para a floração, o ápice do sistema caulinar vegetativo é transformado em reprodutivo, através da diminuição da produção de giberelinas. Bueno *et al.* (2002) observaram que o potencial de floração do morangueiro é afetado por fatores internos, pela temperatura, pelo fotoperíodo, ou pelos três fatores conjuntamente. Porém, esta sensibilidade varia de acordo com as cultivares. O fotoperíodo é o principal fator ambiental que controla a transição do crescimento vegetativo para o reprodutivo.

Nos morangueiros não remontantes, a indução floral ocorre no outono, em condições de dias curtos (DC), quando o hemeroperíodo é inferior a 14 horas (horas de luz/dia), ou quando a temperatura se encontra abaixo dos 15°C (Darrow, 1936; Guttridge, 1985; Larson, 1994). A maioria das cultivares de dias curtos reflorescem mais de uma vez, se crescerem a temperaturas baixas ou frescas (Guttridge, 1985). Assim, são cultivadas com sucesso nas regiões em que o clima de Inverno é ameno, como é o caso de Portugal (Palha, 2005b).

Os morangueiros remontantes são plantas de dias longos ou indiferentes. As plantas de dias longos florescem quando o fotoperíodo crítico é superior a 12 horas de luz enquanto que as indiferentes (ID) florescem independentemente do fotoperíodo (Palha, 2005a).

Quando ocorre o desenvolvimento dos órgãos florais ou das flores numa inflorescência, dá-se a chamada diferenciação floral. É esta fase que determina o número de flores por inflorescência e portanto, o número de frutos (Guérineau *et al.*, 2003).

A intensidade e a qualidade da luz também são importantes para a produção do morangueiro. Segundo Kirschbaum (1998) a produção de flores e frutos pode ser melhorada com intensidade de luz entre 400 a 450 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de radiação fotossinteticamente ativa (RFA). Durante o verão, o fotoperíodo aumenta e a temperatura é mais elevada, o que favorece a emissão de estolhos o que indica o fim do período produtivo da cultura.

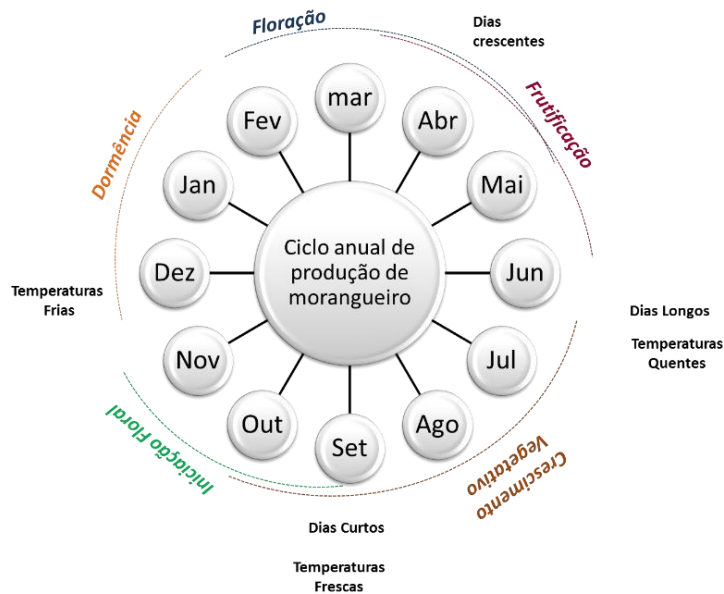


Figura 3 - Representação esquemática do ciclo anual de uma variedade de morangueiro de dias curtos em regiões de Inverno ameno.

A fase de dormência do morangueiro ocorre durante o Outono/Inverno, sob influência de dias curtos e temperaturas frescas (Darrow, 1936). Neste período a taxa de iniciação floral e de produção de folhas diminui. No entanto, este estado é parcialmente uma dormência imposta ou ecodormência, pois o crescimento das folhas diminui, devido principalmente a fatores ambientais desfavoráveis (Lang, 1987). Se as plantas dormentes forem transferidas para condições ambientais favoráveis, a emergência das folhas é rapidamente restabelecida. No entanto, se as necessidades de frio não forem completas, a planta em dormência apresenta um vigor vegetativo muito baixo, produzindo folhas pequenas com pecíolos curtos e uma reduzida produção de frutos. Segundo Lang (1987), este facto pressupõe a existência de uma verdadeira dormência, ou endodormência, subjacente à dormência imposta para a quebra de dormência é necessário expor as plantas a baixas temperaturas (Darrow, 1936). A exposição das plantas a um determinado número de horas de frio a temperatura inferior a 7°C inverte o efeito da dormência, conduzindo ao recomeço do crescimento vegetativo da planta, sendo tanto mais intenso quanto maior for o comprimento do dia e a temperatura, a floração e, por fim, frutificação.

As necessidades em frio para a quebra de dormência variam de cultivar para cultivar. Fisiologicamente, as plantas frigoconservadas (frigo) têm necessidades em frio completamente satisfeitas uma vez que, após o seu arranque nos viveiros, permanecem em câmaras frigoríficas durante vários meses (Palha, 2005a).

2.2.4. Qualidade do morango

A avaliação da qualidade de frutos do morangueiro tem em consideração aspetos como aparência (cor, tamanho, forma, ausência de defeitos), firmeza, sabor (sólidos solúveis, acidez titulável), e o valor nutritivo (Kader, 1991).

Os atributos sensoriais cor, textura, aroma, doçura e acidez são fatores importantes na qualidade do fruto. O sabor do morango é um dos mais importantes aspetos de qualidade exigidos pelo consumidor, sendo condicionado em parte pelo balanço teor de sólidos solúveis/acidez do fruto.

O teor de sólidos solúveis (SS) indica a quantidade de todas as substâncias dissolvidas na polpa das frutas, sendo constituído maioritariamente por açúcares, principalmente sacarose, frutose e glicose (Chitarra, 2005).

A acidez dos frutos foi determinada por dois métodos, a acidez titulável (AT), por titulometria, e o potencial de hidrogénio (pH). O primeiro método representa todos os ácidos encontrados (ácidos orgânicos livres, na forma de sais e compostos fenólicos), enquanto que o segundo determina a concentração de hidrogénio da solução (Lucena, 2006), a qual pode variar entre 3,18 e 4,10, no morango.

A relação entre os valores de sólidos solúveis e acidez titulável, conhecida como relação SS/AT, é uma das variáveis mais representativas na avaliação do sabor dos frutos, sendo mais representativo que a medição isolada de açúcares ou da acidez. A estimativa desta variável permite a obtenção de informação mais segura em relação ao sabor do fruto, pois demonstra o equilíbrio entre os teores de açúcares e acidez presentes. Desta forma, o doce do fruto está relacionado com a relação SS/AT, pois quanto maior for esta relação, maior será o grau de doce do fruto (Chitarra, 2005). Neste sentido, morangos com sabor aceitável devem apresentar um mínimo de 7,0 °Brix de sólidos solúveis e um máximo de 0,8% de acidez titulável (Kader, 1991).

A análise sensorial é uma ciência interdisciplinar na qual se convidam avaliadores que são avaliados “à priori” no que respeita aos seus órgãos dos sentidos, para medir as características sensoriais de aceitabilidade dos produtos alimentares. (Watts *et al.*, 1992). O objetivo desta avaliação é detetar diferenças entre os produtos baseado nas diferenças perceptíveis na intensidade de alguns atributos (Ferreira *et al.*, 2000).

2.2.5. Cultivares de morangueiro

O desenvolvimento de novas cultivares de morangueiro é uma das atividades de desenvolvimento mais ricas da fruticultura.

Atualmente existem 60 programas de melhoramento de morangueiro em todo o mundo e são vários os países portadores de direitos: Austrália, Bélgica, Canadá, França, Alemanha, Hungria, Israel, Itália, Japão, Espanha, Suíça, Holanda, Reino Unido e Estados Unidos. A disponibilidade de certas cultivares de morango pode ser restringida por uma série de fatores, incluindo logística e organização comercial (isto é, a presença do melhorador, da organização do viveirista, exclusividade na multiplicação e direitos de exploração concedidos), adaptação agronómica e ambiental de cultivares, tipos de cultivares e estratégias de diferentes indústrias de morangos (López-Aranda *et al.*, 2011).

As cultivares (cvs.) de morangueiro são muito sensíveis às diversas condições ambientais. Em particular, a latitude é um fator essencial na adaptação do morango. No entanto, é muito difícil estabelecer uma fronteira geográfica. A resposta ao comprimento do dia (fotoperíodo), à temperatura e à interação entre os dois fatores produz diferentes tipos de cultivares: principalmente as cultivares de dias curtos (DC) e as indiferentes (ID). As cultivares DC formam botões florais (indução, iniciação e diferenciação) quando os dias se tornam mais curtos e as temperaturas são baixas. Isto significa que as flores só iniciam quando o comprimento do dia é abaixo de um ponto crítico, chamado ponto de indução. Quando o comprimento do dia é inferior a 13,5 horas, as plantas da maioria das cultivares DC começam a iniciar o primórdio das flores. (Darrow, 1936)

Por outro lado, as cultivares ID não são afetadas pelo comprimento do dia. Em regiões com invernos e verões suaves, as cultivares ID são plantadas na primavera para produção precoce no verão, outono e inverno.

As cultivares predominantes em Portugal são: 'Sabrosa-Candonge', 'Camarosa', 'Ventana', 'Chiflón', todas de DC; 'Diamante', 'Albion', 'Selva', 'Seascape' cvs. ID; e algumas cultivares de uso restrito do setor privado (Driscoll's). Duarte *et al.* (2003), relataram que a 'Camarosa' tem vindo a ser cultivada na maioria dos países produtores de morango por possuir uma boa adaptação.

2.3. A cultura em substrato

A produção de morango em sistemas sem solo iniciou-se em 1980, na Holanda e na Bélgica, depois de já terem sido realizados vários trabalhos de experimentação noutras culturas, como o tomate e o pepino, e durante a última década esta técnica expandiu-se para a Europa central (Reino Unido, França e Itália), numa tentativa de reduzir o peso da importação de Espanha. (Guérineau *et al.*, 2003).

Recentemente assistiu-se a uma expansão no Sul do Continente Europeu (região de Huelva, Sul de França e Itália), como uma alternativa à produção de morango no solo, após as restrições à utilização de brometo de metilo na desinfeção do solo. Esta restrição permite a implementação e certificação de práticas de proteção integrada, normas ISO e Eurepgap e assim, chegar mais facilmente a mercados mais exigentes como são os do Norte da Europa.

Tendo em conta a concorrência do morango espanhol, que chega ao mercado nacional cedo e a preços muito competitivos (Soares, 2001), Portugal também sentiu necessidade de comercialização de fruta de qualidade e obtida ao longo de todo o ano. Com a produção fora de época que é possível com a cultura em substrato sob cultura protegida, o recrutamento de mão-de-obra para a colheita é feita durante um período maior e o pico de mão-de-obra menos acentuado (Lieten *et al.*, 2004). O adensamento da plantação, com o conseqüente aumento da produção por unidade de área contribui significativamente para a diminuição dos custos unitários de produção e, portanto, amortizar mais facilmente a estrutura de produção. O aumento de densidade tem um limite que se prende principalmente com o espaço disponível para os trabalhos culturais e com a disponibilidade em luz. Nas plantações no solo o limite fica pelas 5 ou 6 plantas por m², enquanto que para a produção em substrato em bancadas elevadas este valor aumenta para 10 ou 14 plantas por m².

Existem inúmeras vantagens da produção de morango em substrato quando comparada com a cultura em solo, nomeadamente o uso de substratos isentos de agentes patogénicos e sais com menor risco de surgimento de doenças do sistema radicular, a homogeneidade do substrato como meio de desenvolvimento das plantas que leva a uma maior uniformidade cultural, melhor polinização e maior produção por m².

Para além das vantagens já apresentadas, este sistema de cultura possibilita um melhor controlo das necessidades de água e nutrientes com melhor eficiência na utilização da água e possibilita reutilizar drenados em culturas alternativas ou na própria cultura.

No entanto, a planta exige um bom manuseamento da rega de forma a assegurar um adequado nível hídrico e oxigenação do substrato. Para isso é importante haver um conhecimento em fertilização, de forma a não afetar a produção. É imprescindível conhecer a composição qualitativa da água de rega assim como a concentração dos sais dissolvidos. Desta forma é possível fazer o cálculo correto da solução nutritiva a aplicar, assim como o

despistar de possíveis problemas fitossanitários que possam ocorrer pela presença em excesso de alguns elementos (Miranda *et al*, 2004).

A água a usar na fertirrega deverá ter uma condutividade inferior a 0,8 mS/cm, antes da adição dos fertilizantes. Águas com a condutividade relativamente alta devido a concentrações elevadas de Ca, Mg ou sulfatos podem favorecer a economia do adubo. Águas com condutividade alta devido a concentrações elevadas de Na e Cl implicam o aumento da percentagem de drenados por forma a provocar a lavagem do substrato e, portanto, tem de se aumentar o consumo de fertilizantes (Martim, 1987).

A solução nutritiva aplicada deverá ter um pH compreendido entre 5,5 e 6,0 (Miranda *et al*, 2004).

2.4. Os substratos

A origem das plantas de coco e os tipos de processamento e de armazenamento aplicados às fibras extraídas, determinam as especificidades de cada uma destas (Abad *et al.*, 2002). É por isso muito importante avaliar as características de cada fibra de coco antes da sua utilização. No entanto, é aconselhado verificar-se as características físicas e químicas de todos os substratos antes da sua reutilização, através de análises laboratoriais, para fazer ajustes da quantidade de nutrientes a aplicar na fertirrega e detetar a presença de fitopatogénicos. O conhecimento do pH e da condutividade elétrica do substrato é importante para verificar a ocorrência de anomalias (Pardossi *et al.*, 2011).

2.4.1. Características dos substratos

O substrato corresponde à matéria-prima ou mistura de matérias-primas que substituem o solo na cultura. Brito (2012) define substrato como um material, natural ou artificial, onde se desenvolvem as raízes das plantas cultivadas na ausência de solo, em recipientes, e que deve servir para fixá-las e suprir as suas necessidades de ar, água e nutrientes. Quer o substrato apresente fertilidade inicial, quer não, deve permitir um adequado fornecimento de oxigénio ao sistema radicular e ao mesmo tempo facilitar a saída de dióxido de carbono de modo a que seja assegurada a respiração radicular e microbiana (Asiah *et al.*, 2004).

A utilização do substrato, que vem substituir a utilização do solo nas culturas, está relacionada com a necessidade de transportar as plantas de um local para o outro, ou com a existência de fatores que limitam a produção intensiva no solo, como salinização, ou a transmissão de organismos patogénicos. O morangueiro, neste caso, se for plantado no mesmo solo por um longo período de tempo, sem ser realizada rotação da cultura, pode ficar com as raízes fortemente atacadas por fungos. Além disso, para a desinfeção do solo, utilizava-se o produto químico brometo de metilo, que atualmente é proibido, por ser um gás potencialmente destruidor da camada de ozono.

Atualmente existem substratos com diversas origens, o substrato pode ser de origem natural, sintética ou residual, podendo ainda ser mineral ou orgânico e constituído por um único material ou por uma mistura de dois ou mais materiais (López, 2005).

Apesar da origem, o substrato ideal deve ter as seguintes características (Brito, 2012):

- Propriedades físicas adequadas para garantir a estabilidade da cultura;
- Baixa densidade para facilitar a instalação da cultura;
- Alta porosidade (50-85%);
- Distribuição consistente de ar (oxigênio) e água para sustentar a atividade radicular;
- pH entre 5,0 e 6,5, ou facilmente ajustável;
- Baixo conteúdo de sais solúveis;
- Inércia química, ou seja, o substrato não deve interferir com a solução nutritiva por liberação de iões inorgânicos e exsudatos de raiz tóxicos, ou pela imobilização de nutrientes;
- Capacidade de manter as características originais durante a cultura;
- Ausência de organismos patogénicos e pragas, apesar do substrato não dever ser necessariamente estéril;
- Disponibilidade em lote padronizado e uniforme para permitir o uso de fertilização consistente e programas de irrigação para cada cultura sucessiva.

O bom desenvolvimento de uma planta, no seu todo, está fortemente relacionado com o bom desenvolvimento do sistema radicular e, portanto, é essencial que o substrato permita a existência de uma adequada quantidade de água facilmente disponível às raízes.

Um substrato é formado por três fases, cada uma desempenhando um papel específico (Lemaire, 1995):

1. Uma fase sólida que suporta o sistema radicular e assim assegura a estabilidade da planta;
2. Uma fase líquida que assegura o fornecimento de água e nutrientes;
3. Uma fase gasosa que assegura o transporte de oxigênio e dióxido de carbono entre as raízes e o ar externo.

Assim sendo, a avaliação de um substrato para a produção de plantas com o objetivo de obter bons resultados durante a germinação, enraizamento, crescimento e produtividade das plantas, deve ter em conta um conjunto de propriedades químicas, físicas e biológicas cujos valores se devem manter dentro de uma gama de valores considerada adequada (Batista & Batista, 2007).

2.4.1.1. Propriedades físicas

As propriedades físicas de um substrato são impossíveis de alterar assim que este é posto no saco de filme. Como tal, o conhecimento das propriedades físicas é crucial para que sejam controláveis atempadamente, de modo a que o substrato utilizado dê o máximo rendimento (López, 2005).

Estas propriedades afetam o desenvolvimento das plantas, pois condicionam não só a disponibilidade de água e ar, mas também as propriedades térmicas, a atividade biológica e a disponibilidade de nutrientes para as plantas.

As propriedades físicas indispensáveis para a caracterização fundamental do material podem ser resumidas em: granulometria, porosidade total, capacidade de retenção de água, a porosidade ocupada pelo ar e a compactação. A partir dessas propriedades é possível indicar a qualidade e sugerir usos e limitações dos substratos.

2.4.1.2. Propriedades químicas

As propriedades químicas do substrato e a relação estabelecida entre elas têm importantes consequências no crescimento das plantas. Estas propriedades determinam o tipo de reações que ocorrem no substrato, a mobilidade dos elementos (hidrólise e dissolução de elementos minerais, intercâmbio de iões e biodegradação da matéria orgânica) (López, 2005) e, conseqüentemente, o nível de desenvolvimento da planta e as possíveis medidas a aplicar.

É portanto, de grande importância saber quais as propriedades químicas mais importantes na caracterização de um substrato e os seus valores para se tirar o máximo partido de um substrato a utilizar na produção de morangueiros. As propriedades químicas mais importantes são a capacidade de troca catiónica, o pH, a disponibilidade dos nutrientes e a salinidade.

2.4.1.3. Propriedades biológicas

Muitas vezes, as características físicas e químicas são consideradas como os únicos parâmetros que influenciam o comportamento das plantas no meio de crescimento onde estas estão plantadas. No entanto, as propriedades biológicas têm muitas vezes tanta importância no sucesso ou insucesso das culturas como as propriedades físicas e químicas (Batista & Batista, 2007).

Nas condições ambientais do cultivo em estufa, e depois de eventuais regas, fertilização e ajustamento de pH, o substrato torna-se um habitat ideal para o desenvolvimento de microrganismos, sobretudo se este for constituído por matéria orgânica.

Os materiais orgânicos, antes do seu uso como substrato para as plantas, podem estar fortemente ou debilmente colonizados pelos microrganismos. No entanto, durante o cultivo, é comum que estes se reestabeleçam no material. Estes substratos orgânicos são, portanto,

passíveis de degradação biológica, podendo este processo provocar (Lemaire, 1995; Ribeiro *et al.*, 2001, cit. in Matos, 2011; Abad *et al.*, 2004):

- Alteração do tamanho das partículas e compactação do substrato (com perda de volume e de porosidade);
- Decréscimo do conteúdo em ar e aumento do conteúdo em água a 1 kPa de tensão;
- Utilização de azoto por parte dos microrganismos, o qual fica indisponível para as plantas;
- Modificação da composição da fase gasosa pela produção do dióxido de carbono podendo a oxigenação dos substratos tornar-se insuficiente e limitante para a respiração radicular;
- Aumento de pH e CTC (capacidade de troca catiónica);
- Aumento da salinidade devido à produção de elementos minerais durante a mineralização;
- Síntese de novos materiais orgânicos com efeitos fitotóxicos ou estimulante.

Assim, a decomposição da matéria orgânica nos substratos é considerada, de uma forma geral, como desfavorável do ponto de vista hortícola (Abad *et al.*, 2004).

Os constituintes inorgânicos, tais como perlite, vermiculite e lã de rocha, que no geral são totalmente estéreis antes do uso, podem estar sujeitos a introdução de microrganismos patogénicos através do transplante, da contaminação durante o manuseamento ou da transmissão aérea, podem causar doenças no sistema radicular que comprometem o normal desenvolvimento da planta. Entre os mais encontrados, Carlile & Wilson (1991) indicam: *Pythium*, *Phytophthora* e *Fusarium*.

Por outro lado, existe uma série de microrganismos que podem ser introduzidos no substrato e que se revelam úteis por promover a supressão de agentes patogénicos (ex. microrganismos dos géneros *Trichoderma* e *Gliocladium*) ou úteis no posterior crescimento das plantas como a inoculação com microrganismos que estabelecem associações micorrízicas com as raízes das plantas (Brito, 2012).

2.4.2. Principais materiais constituintes do substrato

2.4.2.1. Fibra de coco

A fibra de coco é constituída pelo mesocarpo fibroso do coco. Esta é processada, obtendo-se fibras maiores, que serão utilizadas em cordas e outros produtos e fibras mais pequenas e pó que constituem um resíduo com elevado interesse, como o substrato (López, 2005).

A fibra de coco é um bom substituto da turfa pois, embora com maior variabilidade, apresenta características físicas idênticas à turfa e características químicas, não muito parecidas às da turfa, mas também adequadas ao cultivo de muitas espécies (Correia, 2006).

Por ter origem em zonas geograficamente distintas, a fibra de coco pode apresentar propriedades físicas e químicas diferentes.

Num estudo de comparação entre fibras de coco de diversas proveniências, desenvolvido por Abad et al. (2002), observaram-se valores de condutividade elétrica significativamente diferentes entre as amostras, com níveis que, em alguns casos, podem ter efeitos adversos em plantas mais sensíveis à salinidade.

Este teor de sais pode ser elevado por várias razões: as plantações de coqueiros são perto do mar, a lavagem das fibras no processo de obtenção das maiores é por vezes feito com águas salobras ou pela presença de compostos fenólicos na fibra “fresca”. Quando isto acontece, o material tem de ser lixiviado para diminuir a salinidade. Inicialmente esta lavagem era feita apenas com água, depois verificou-se que se encontrava algum sódio no complexo de troca, pelo que se passou a fazer a lavagem com água que continha um anião, o que permite uma maior redução do teor de sódio da fibra de coco. As propriedades físicas também variam, estando relacionadas com a dimensão das partículas que é controlada quando o material é triturado durante o processamento (Maher et al., 2008).

Na opinião de Nichols (2007), dentro dos substratos mais usados, a fibra de coco, por ser de natureza hidrófila, apresenta algumas vantagens. Assim, por comparação com a turfa, ela pode-se reidratar sem perda de estrutura. A lâ de rocha, por sua vez, para se tornar hidrófila conduz a gastos de energia, inexistentes com a fibra de coco.

2.4.2.2. Turfa

A turfa tem origem na decomposição lenta de musgos do género *Sphagnum*, plantas herbáceas ou lenhosas em condições propícias à acumulação de biomassa devido a condições de baixo pH e baixo teor de oxigénio, que são pouco favoráveis à atividade microbiana (Maher et al., 2008). Os depósitos naturais de turfa (turfeiras) localizam-se maioritariamente nas regiões subárticas e boreais, embora existam alguns depósitos tropicais e subtropicais que permanecem inexplorados (López, 2005).

É um material muito utilizado quer em viveiros quer em estufas devido às suas propriedades muito favoráveis (Mejias & Ruano, 1990). Possui elevada porosidade, bom arejamento e ao mesmo tempo uma elevada capacidade de retenção de água. Quando esta retenção é diminuta, a turfa é muitas vezes utilizada em misturas com outros materiais para aumentar a retenção de água e diminuir a densidade aparente. (Robbins & Evans, s.d).

Tem uma boa estabilidade física quando usada como substrato. O seu pH é baixo, mas é fácil corrigi-lo para valores adequados através da adição de calcário. O teor de nutrientes é variável, mas com uma adequada fertirrega é possível fornecer teores adequados de nutrientes às

plantas. A existência de um complexo de troca também facilita o fornecimento de nutrientes às plantas pois evita que estes se percam por lixiviação. Em termos biológicos, é praticamente livre de patogénicos embora possa conduzir ao seu rápido desenvolvimento ao longo do ciclo cultural. A baixa densidade aparente da turfa torna o seu transporte económico (Maher *et al.*, 2008).

As suas propriedades normalmente são vantajosas, no entanto, para tirar o máximo proveito das turfas, deve ser tido em conta que as propriedades variam bastante. Estas variações estão relacionadas com a composição botânica, as condições de formação, a grau de decomposição o procedimento utilizado na extração, o tamanho das partículas e o nível de nutrientes.

Apesar das qualidades atribuídas a este material, a continuação do seu uso no futuro está condicionada pois a perda de material das turfeiras, por decomposição natural ou consumo humano, para uso na agricultura ou produção de energia, excede largamente a sua reposição, o que torna a exploração deste material não sustentável a longo prazo (López, 2005). Para além da não sustentabilidade do consumo de turfa, existem ainda as questões ambientais associadas ao uso da turfa, por serem as turfeiras um habitat natural de espécies de plantas e animais, além de “arquivo” arqueológico e reservatório de carbono, a sua exploração tem sido alvo de grupos de defesa ambiental. Existe ainda o problema associado ao sequestro de carbono, dado que as turfeiras acumulam vastas quantidades deste elemento e a decomposição da turfa liberta dióxido de carbono para a atmosfera, contribuindo para o efeito de estufa (Alexander *et al.*, 2008).

Tendo em conta estes problemas associados à utilização da turfa, verifica-se, a nível global uma tendência para encontrar materiais que a substituam. Tomando como exemplo Inglaterra, na qual já existe uma forte consciencialização sobre os problemas associados ao uso da turfa. Como tal, a par de incentivos à substituição da turfa por materiais alternativos, já está prevista uma proibição gradual do seu uso em vários sectores, em 2020 este material será proibido no mercado amador de jardinagem e em 2030 será proibida no mercado profissional.

2.4.2.3. Casca de pinheiro

A casca de pinheiro é uma alternativa à substituição da turfa. Os troncos de pinheiro possuem em média de 12 a 20% de seu volume ocupado pela casca, esta casca é compostada e forma o substrato.

Embora a sua utilização como componente de substrato ocorra há décadas, a casca de árvores, subproduto de produção das indústrias de madeira é, ainda hoje, frequentemente queimada ou enterrada, sendo considerada como resíduo sem valor (Ribeiro *et al.*, 2001; Naasz *et al.*, 2008).

Este substrato tem a vantagem de ser muito económico e biodegradável, quando comparado com a turfa.

A casca de pinheiro mais utilizada é a casca das coníferas (Naasz *et al.*, 2008; Handreck & Black, 2010). Dentro destas, a casca de pinheiro fresca é um produto orgânico instável e, com o tempo, verifica-se uma modificação da sua granulometria com conseqüente redução da porosidade e tendência à compactação, para além de constituir um inconveniente para as cascas frescas pois os microrganismos, durante a decomposição, consomem oxigénio e azoto em detrimento da planta. A compostagem melhora a bioestabilidade da casca de pinheiro, mas, pela razão acima exposta, deve ser acompanhada por um acréscimo de azoto (Ribeiro *et al.*, 2001).

Uma boa compostagem permite, ainda, suprimir os microrganismos patogénicos e reduzir as substâncias fitotóxicas como terpenos, fenóis e ácidos orgânicos (Maher *et al.*, 2008; Naasz *et al.*, 2008).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. O ensaio

3.1.1. Localização do ensaio

O ensaio foi realizado no complexo de estufas de vidro do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, situado na Quinta do Marquês em Oeiras, mais propriamente à latitude de 38° 69.631 N e longitude 09° 32.037 W. Decorreu no compartimento 3, com uma área de cerca de 150 m² e situado na ala poente do complexo (Fig. 4).

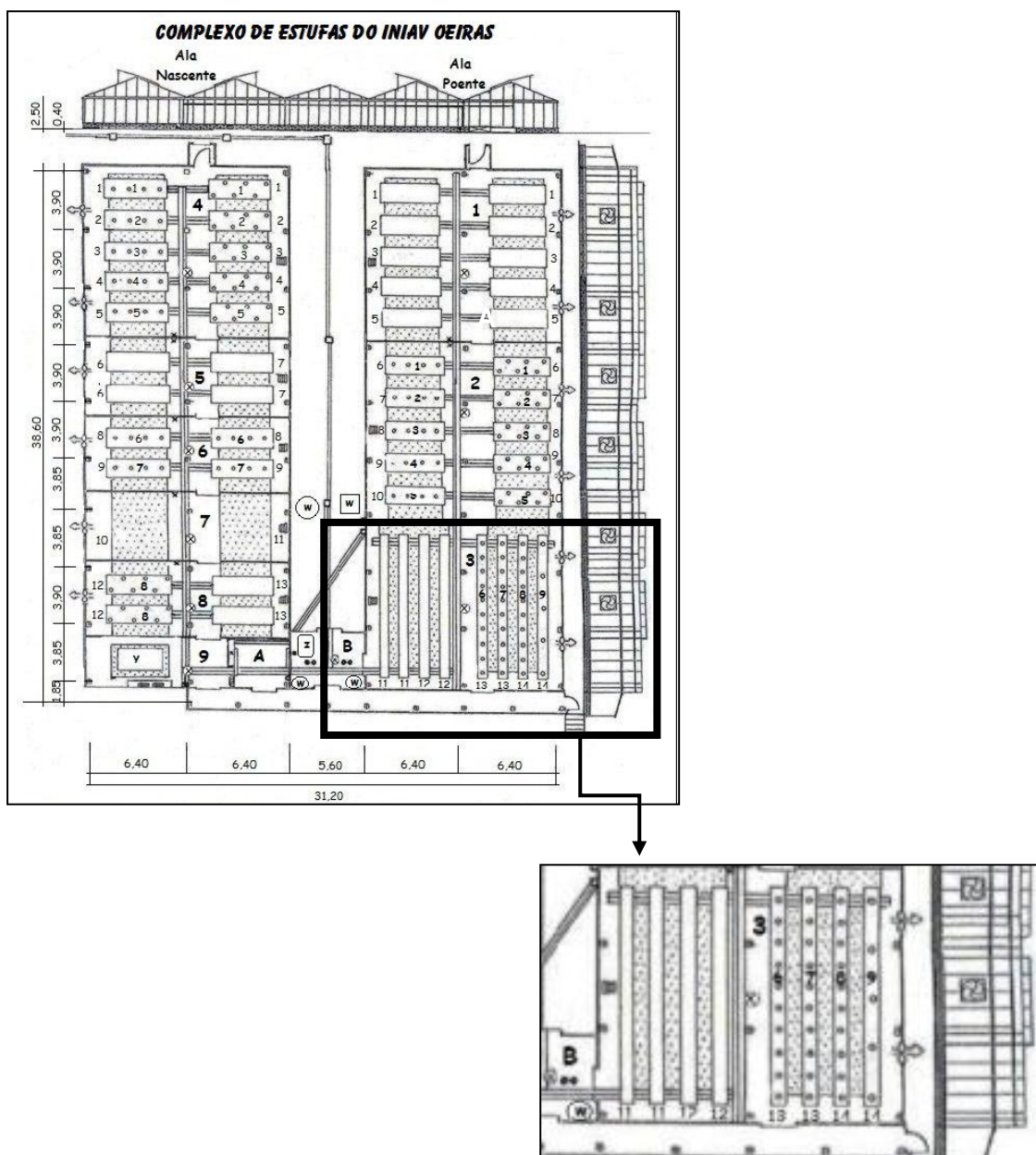


Figura 4 - Esquema do complexo de estufas do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV), onde foi implementado o ensaio.

3.1.2. Condições climáticas

As condições ambientais durante o ensaio, temperatura do ar e humidade relativa no interior do compartimento de estufa, foram registadas pelo sistema automático de dados climáticos do complexo de estufas. Os dados fornecidos são referentes aos valores médios com os horários das 0,00h às 23,00h de cada dia. Assim, foram calculadas as médias semanais para os diferentes elementos climáticos.

No compartimento onde decorreu o ensaio existe um:

- Sistema de arrefecimento (claraboias e painéis de 'cooling') controlado pela temperatura (painéis: 1x0,60x0,10m);
- Sombreamento (tipo de tela Phormium PH77 Open), controlado pela temperatura.

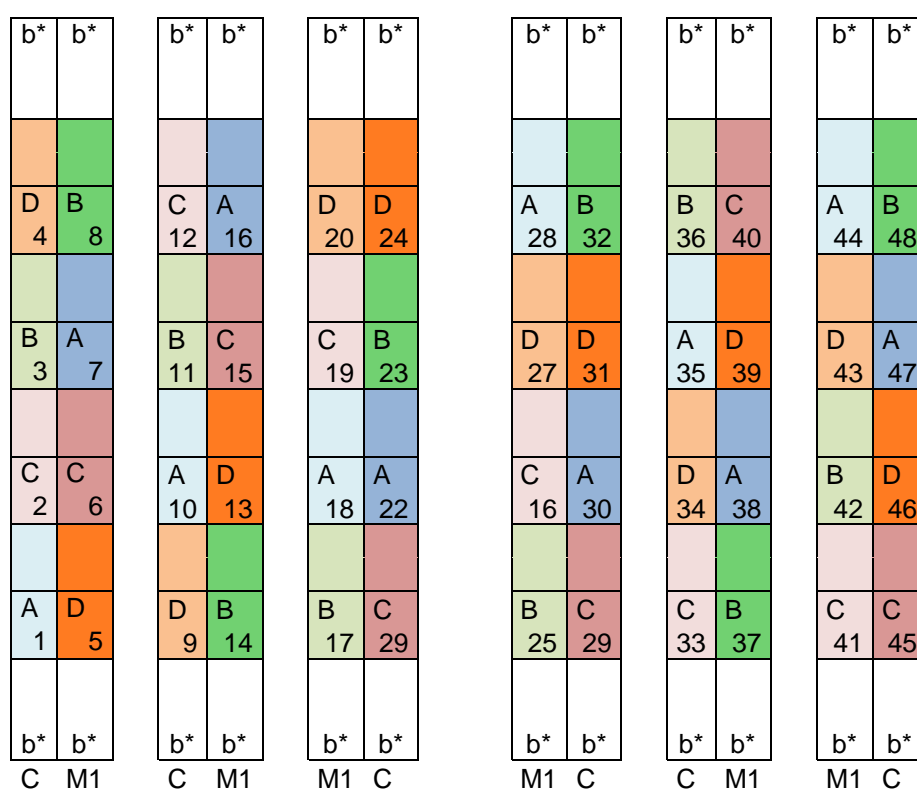
O clima na região de Lisboa é classificado como Csa de acordo com a Köppen e Geiger:

- C: clima temperado quente ou subtropical, em que a temperatura média do ar nos 3 meses mais frios estão compreendidas entre os -3°C e os 18°C e a temperatura média nos meses mais quentes é $> 10^{\circ}\text{C}$. tem uma temperatura média de 27°C ;
- s: Precipitação anual média $> 250\text{ mm}$;
- a: Temperatura média do ar no mês mais quente $\geq 22^{\circ}\text{C}$; temperatura média do ar no mês mais frio $> 10^{\circ}\text{C}$; Inverno brando e verão quente.

3.2. Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados de 2 fatores (substrato e cultivar), com 6 repetições, num total de 48 talhões. Utilizaram 2 substratos comerciais, o CH-M1, composto por casca de pinheiro compostada (40%), turfa (40%) e fibra de coco (20%) desenvolvido especialmente para o morango e o substrato CH-Coco, um substrato proveniente da desfibração do fruto da planta *Cocos nucifera* e 4 cultivares de morangueiro: 'Camarosa' e 'Rábida', cultivares de dias curtos (DC) e as cultivares Portola e San Andreas, indiferentes ao fotoperíodo. Cada talhão era constituído por 2 sacos com 7 plantas/saco, o que conduziu a uma densidade de plantação de 14 plantas/m linear. A bordadura foi constituída por um saco, nos dois topos do ensaio (Fig. 5).

A ocupação da estufa decorreu no período de 8 meses, tendo o ensaio iniciado no dia 5 de novembro e terminado no dia 14 de junho.



Cultivar	Substrato Coco		Substrato M1	
A- Camarosa	1,10,22	30,35,47	7,16,18	28,38,44
B- Rábida	3,11,23	32,36,48	8,14,17	25,37,42
C- San Andreas	2,12,21	29,33,45	6,15,19	26,40,41
D- Portola	4,9,24	31,34,46	5,13,20	27,39,43

Figura 5 - Esquema da instalação e condução do ensaio, com representação das quatro cultivares de morangueiro (A, B, C, D) e dos dois substratos (Coco e M1). * Bordadura

3.3. O substrato

3.3.1. Análise físico-química do substrato

Os sacos de substrato já tinham sido utilizados anteriormente durante uma campanha de morango, sendo esta a segunda utilização.

Começou-se por recolher uma amostra dos dois substratos, Coco e M1, (Fig. 6) e de seguida efetuou-se a análise das características físicas e químicas no laboratório do Instituto Superior de Agronomia.

Efetuar-se 4 repetições por substrato, antes da plantação e 3 repetições após o ensaio correspondendo a 8 e 6 repetições, respetivamente.

Para cada amostra começou por se preparar num frasco um extrato na proporção 1:5. Foi utilizada uma proveta de 2000 ml e, para uniformizar o método de enchimento, este levava substrato até ao rebordo, era compactado cinco vezes e depois medido o nível a que ficava o substrato. Seguidamente o substrato foi pesado para que assim se calculasse a densidade aparente. Esta análise foi feita de acordo com a Norma Europeia EN 13040 (CEN, 1999a).

De seguida colocou-se 50 ml de substrato no frasco com o auxílio de um funil largo e a cada frasco foram adicionados 250 ml de água desionizada. Os frascos foram depois colocados no agitador uma hora para uniformizar o extrato. O passo seguinte foi a leitura do pH, diretamente do frasco com o extrato utilizando o potenciómetro Orion Star A2012 (Fig. 7, a).

Quanto à condutividade elétrica, esta foi lida após filtragem, apesar de se ter verificado que não havia interferência das partículas flutuantes. O pH e a condutividade elétrica foram determinados de acordo com as Normas Europeias EN 13037 (CEN, 1999b) e EN 13038 (CEN, 1999 c), respetivamente.

Após a leitura do pH e condutividade, o extrato foi centrifugado (8 min. cada amostra) e filtrado com filtro de banda branca para outros frascos (Fig. 7 b). O líquido filtrado serviu para fazer as análises aos elementos minerais.

Retirou-se uma porção do líquido filtrado para tubos de plástico que foram colocados a refrigerar e posteriormente foi medido o teor de cálcio, magnésio e potássio no espectrofotómetro de absorção atômica de chama e o teor de fósforo por espectrofotometria de absorção molecular, pelo método do vanadato-molibdato de amónio (análise antes do ensaio). Na segunda análise dos substratos (depois do ensaio), todos estes componentes foram medidos no espectrofotómetro de absorção atômica de chama.

Comparando os valores obtidos nas análises efetuadas (Anexo II, Quadro 7), podemos observar que há diferenças significativas entre os substratos Coco e M1, havendo ligeiras alterações na quantidade de nutrientes antes e depois da plantação. As quantidades de nutrientes foram fornecidas às plantas com base nos teores de nutrientes observados nas análises dos substratos e com base em dados bibliográficos.



Figura 6 - a) Substrato M1 (composto por 40 % de casca de pinheiro compostada, 40% turfa e 20% de fibra de coco); **b)** Substrato Coco (substrato proveniente da desfibração do fruto da planta *Cocos nucifera*).



Figura 7 – a) Potenciômetro Orion Star A2012 para medição do pH. **b)** Processo de filtragem do extrato com filtro de banda branca nas quatro repetições de cada substrato (Coco e M1);

3.3.2. Temperatura do substrato

Com auxílio de termômetros digitais MT-220 Mimipa com precisão de $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$ ($0^{\circ}\text{C} \sim 34^{\circ}\text{C}$) e $\pm 2,0^{\circ}\text{C}$ ($34^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$) instalados no substrato, foram diariamente anotadas as temperaturas. Os dados obtidos foram transformados em médias diárias, temperaturas máximas e mínimas, considerando o período de cultivo dos morangueiros.

Verificou-se que as temperaturas não apresentaram diferenças entre os substratos (Anexo III, Quadro 8), registrando temperaturas entre os 10°C e os 28°C , favoráveis ao crescimento da parte subterrânea e aérea da planta.

3.4. As cultivares

3.4.1. Caracterização do material vegetal

Para a realização deste ensaio foram utilizadas quatro cultivares de morangueiro: 'Camarosa', e 'Rábida', cultivares DC e 'Portola' e 'San Andreas', cultivares ID. Quanto à origem, a 'Rábida' é espanhola e a 'Portola', 'San Andreas' e 'Camarosa' são cultivares que tiveram origem na Califórnia. As plantas utilizadas foram plantas frescas de altitude de raiz nua, adquiridas no viveiro.

3.4.1.1. 'Camarosa'

Origem: Universidade da Califórnia Davis.

Características:

- Cultivar de dias curtos
- Consegue produzir tanto precocemente com elevada produtividade, como numa época mais tardia.
- As plantas são vigorosas e as folhas grandes, de coloração verde-escura.
- Os frutos são de grande calibre e uniformes, de forma cónica, a coloração da epiderme é vermelho-escura, polpa firme e sabor subácido, sendo indicado tanto para consumo *in natura*, como para a industrialização (Universidade da Califórnia Davis, 2017).

3.4.1.2. 'Rábida'

Origem: Criada pela empresa "Fresas Nuevos Materiales S.A." sediada em Huelva.

Características:

- É uma cultivar de dias curtos
- Produção precoce e muito regular.
- Frutos de grande calibre e uniformes com uma cor vermelha brilhante. Em geral, os frutos produzidos por esta cultivar são frutos pouco deformados, a não ser que haja problemas extrínsecos à cultivar como a falta de polinização e o clima (Fresas Nuevos Materiales).

3.4.1.3. 'San Andreas'

Origem: Universidade da Califórnia Davis.

Características:

- Cultivar indiferente ao fotoperíodo, própria para consumo *in natura*.
- Possui um bom desenvolvimento radicular e tem uma curva de produção estável, não apresentando picos de produção ao longo do ciclo produtivo.
- Boa adaptabilidade a diversos tipos de clima e ao sistema semi-hidropónico.

- Boa produtividade, mantendo a planta em produção por dois anos consecutivos.
- Os frutos são de cor vermelha, de grande calibre e forma alongada, com características de pós-colheita semelhantes à Albion.
- Tem um bom perfil de resistência a doenças (Universidade da Califórnia Davis, 2017).

3.4.1.4. 'Portola'

Origem: Universidade da Califórnia Davis.

Características:

- Cultivar indiferente ao fotoperíodo, própria para consumo *in natura*.
- Plantas vigorosas, de alto rendimento.
- Produzem frutos de grande calibre de forma cônica e de cor brilhante.
- O fruto é semelhante em tamanho à cultivar Albion, mas de cor mais clara e um pouco mais brilhante.
- O sabor do fruto é excelente, durante toda a época de frutificação.
- Tem um bom perfil de resistência a doenças (Universidade da Califórnia Davis, 2017).

3.5. Instalação e condução do ensaio

3.5.1. Preparação das plantas e plantação

Nesta etapa foi efetuada a limpeza das plantas, retirando algumas zonas de material vegetal já deteriorado. Realizou-se uma poda ligeira das raízes quando estas se encontravam com um comprimento demasiado grande que pudesse afetar a sua plantação.

Antes da plantação, as plantas foram mergulhadas numa solução de Fosetil de Alumínio a 80%, para proteção destas contra possíveis contaminações.

A plantação foi feita no dia 5 de novembro de 2015, à exceção da 'Portola' que foi plantada no dia 21 de dezembro de 2015, devido a atrasos por parte do viveirista.

As plantas foram plantadas em sacos, com um volume de 28 litros (100 x 20 x 14 cm) para o substrato M1 e com 28,8 l (100 x 18 x 16 cm) para o substrato Coco, em linhas duplas e alternadamente com um distanciamento de 0,25 m na linha e 0,125 m na entrelinha (Fig. 8). Após a plantação, regaram-se todas as plantas para melhorar as condições de enraizamento. No dia 16 de novembro de 2015 foram feitas retanchas nas três primeiras cultivares, sendo substituídas 6 plantas na cultivar Camarosa e duas nas cultivares Rábida e San Andreas. Na cultivar Portola não foi necessário efetuar retanchas, as plantas vinham em bom estado de desenvolvimento e fitossanitário.



Figura 8 – a) Cultivares de morangueiro nos substratos Coco e M1, na data de plantação; **b)** Cultivares de morangueiro nos substratos Coco e M1, um mês após a plantação.

3.5.2. Monda de flores

Duas semanas após a plantação, as cultivares indiferentes ao fotoperíodo ('Portola' e 'San Andreas') começaram a emitir flores. Estas foram sendo periodicamente mondadas até finais de dezembro. Com este procedimento tentou evitar-se um desgaste precoce das plantas, que iriam gastar as suas reservas na emissão de flores e frutos, em detrimento do seu desenvolvimento vegetativo e radical, com consequentes repercussões na produção seguinte.

3.5.3. Rega e fertilização

A fertirrega foi feita por um sistema de rega automática, utilizando-se 6 gotejadores por cada saco de substrato, com um débito 1,1 l/hora. Foi estabelecido um programa de rega fixa, em que os horários das regas eram definidos *a priori*, em função da temperatura do ar, da fase de desenvolvimento da planta e da quantidade de escorrência (Quadro 2). A água utilizada na fertirrega foi água da rede, com pH 7,1 e condutividade elétrica 0,200 mS cm⁻¹.

Na fertilização foram utilizados os seguintes adubos líquidos da Tecnoferti: Nitrato de cálcio, adubo ternário NPK, Humifosfato 2 e micronutrientes (Fig. 9).

Os níveis de nutrientes injetados no sistema de rega e o nível de condutividade elétrica foram ajustados no decorrer do ciclo de desenvolvimento da cultura de acordo com Guérineau *et al.* (2003) para a cultura do morangueiro em substrato.

Quadro 2 -Equilíbrio dos elementos minerais na solução nutritiva.

Fase	Azoto (N)	Fósforo (P)	Potássio (K)	Cálcio (Ca)	Magnésio (Mg)
Vegetativa	1,0	0,8	3,0	1,0	0,1
Floração e frutificação	1,0	0,8	4,0	1,2	0,2

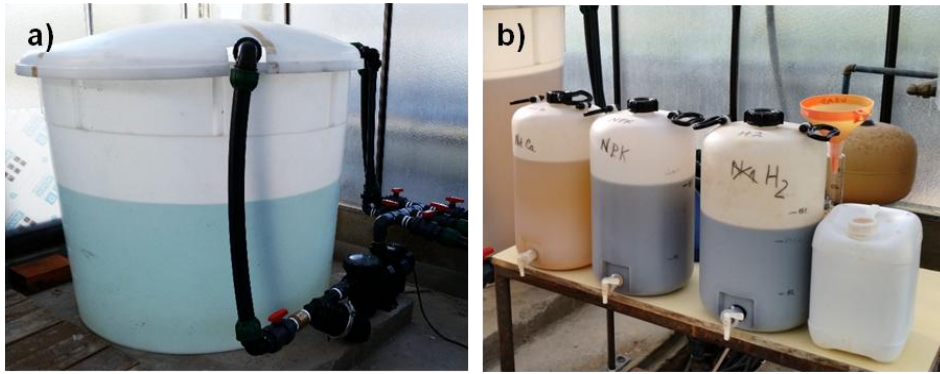


Figura 9 - a) Depósito de água e nutrientes para a fertirrega. **b)** Depósito de nutrientes fornecidos às plantas através da fertirrega.

3.5.4. Proteção fitossanitária

Ao longo do ciclo cultural efetuaram-se observações aleatórias semanalmente, registando a ocorrência de pragas, doenças e auxiliares. Desta forma, foi possível averiguar a necessidade de efetuar tratamentos e, portanto, agir perante o agente de forma atempada, sem causar grandes estragos à cultura.

Os produtos fitossanitários foram utilizados numa ótica de proteção integrada, sendo efetuados tratamentos químicos, com substâncias de síntese e de origem natural e tratamentos biológicos. Todas as intervenções foram registadas (Quadro 3).

No primeiro mês realizou-se, semanalmente, uma poda de limpeza e renovação em todas as plantas com a retirada de folhas secas e com sintomas de doenças e foram retirados os estolhos, encerrando o primeiro ciclo produtivo e dando início ao segundo.

Ao longo do ensaio, as principais pragas observadas foram afídeos e nas doenças o oídio. Começou-se por fazer tratamentos aos afídeos, com a lavagem de todas as folhas do morangueiro que se encontravam afetadas com sabão. Este tratamento não apresentou resultados visíveis e, portanto, procedeu-se à aplicação do produto cuja substância ativa é lambda-cialotrina, da marca comercial é Judo.

Para o controlo de infestantes procedeu-se ao arranque manual das plantas que se encontravam no substrato, a competir com as plantas de morangueiro.

Quadro 3 - Tratamentos efetuados nas plantas de morangueiro, ao longo do ensaio.

Data	Praga/Doença	Tipo de tratamento	Substância Ativa	Dose
29 nov. 2015	Oídio	Curativo	azoxistrobina	8 ml / 10 l
11 dez. 2015	Oídio	Curativo	enxofre	20 g /10 l
8 jan. 2016	Oídio	Curativo	enxofre	20 g /10 l
14 jan. 2016	Afídeos	Curativo	álcool diluído	Localizado
21 jan. 2016	Afídeos	Curativo	álcool diluído	Localizado
01 fev. 2016	Afídeos	Curativo	calda de sabão azul	Localizado
11 fev. 2016	Oídio	Curativo	azoxistrobina	Localizado
16 fev. 2016	Afídeos	Curativo	calda de sabão azul	Localizado
22 fev 2016	Botrytis	Curativo	fenehexamida	7,5 g / 10 l
1 mar 2016	Afídeos	Curativo	lambda-cialotrina	125 ml/10l
7 mar 2016	Afídeos	Curativo	lambda-cialotrina	125ml/10l

3.6. Registos e observações efetuadas

3.6.1. Análise da fenologia

A análise de alguns estados fenológicos teve como objetivo comparar o comportamento das cvs. DC e ID nos dois tipos de substrato ao longo do ciclo vegetativo.

Foram registados o início da floração (estado fenológico 57 da escala BBCH) e início da frutificação (1º fruto maduro colhido em 50% das plantas / modalidade). Determinou-se também o número de dias entre a 1ª flor aberta até à maturação completa do fruto. Para isso, foi marcada a 1ª flor aberta da inflorescência da primeira floração de uma planta de cada repetição, constituindo-se de 6 plantas de cada cultivar e de cada substrato (Fig. 10).

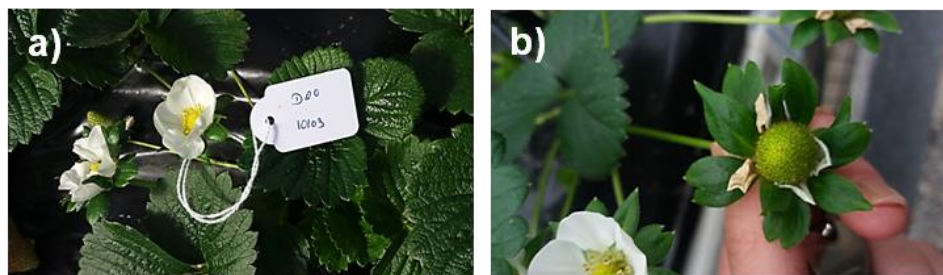


Figura 10 – a) Marcação de uma inflorescência de morangueiro para obtenção do número de dias entre os diferentes estados de desenvolvimento (três semanas após a plantação). **b)** Plantas de morangueiro em produção.

3.6.2. Análise do crescimento e de desenvolvimento

3.6.2.1. Análise biométrica

Antes da plantação, realizou-se uma análise biométrica de 12 plantas de cada cultivar em cada substrato. Foi então medido o diâmetro da coroa e determinaram-se os pesos verde e seco da planta (parte aérea e subterrânea). A parte aérea englobou as folhas e coroas aéreas e a parte subterrânea as raízes e a coroa subterrânea. A secagem do material foi feita na camara de secagem a 60°C. Todas as plantas utilizadas nos ensaios tinham uma só coroa na data de plantação.

O estudo do crescimento e desenvolvimento da cultura baseou-se em análises destrutivas com a periodicidade de 4 semanas. Para as cultivares Camarosa, Rábida e San Andreas fizeram-se 6 colheitas (Quadro 4) e para a 'Portola' 5 colheitas (Quadro 5) (Fig.11).



Figura 11- a) Cultivares de morangueiro em crescimento vegetativo; b) Cultivares de morangueiro na fase de frutificação; c) Planta de morangueiro preparada para análise biométrica.

Quadro 4 - Data das colheitas e respectivos dias após a plantação de cada colheita nas cvs. Camarosa, Rábida e San Andreas.

Nº Colheita	Data	Dias após a plantação
1 ^a	11/01/2016	60
2 ^a	11/02/2016	90
3 ^a	14/03/2016	120
4 ^a	11/04/2016	150
5 ^a	9/05/2016	180
6 ^a	14/06/2016	210

Quadro 5 - Data das colheitas e respectivos dias após a plantação de cada colheita na cv. Portola.

Nº Colheita	Data	Dias após a plantação
1 ^a	11/02/2016	60
2 ^a	14/03/2016	90
3 ^a	11/04/2016	120
4 ^a	9/05/2016	150
5 ^a	14/06/2016	180

Utilizou-se uma amostra de cada repetição, o que correspondeu a 6 plantas da mesma cultivar de substrato de fibra de coco e 6 plantas de substrato M1, o que corresponde a 12 plantas de cada cultivar, dando um total de 48 plantas.

A escolha das plantas para a análise biométrica foi feita de forma aleatória, mas tendo em conta uma planta que representasse o tamanho médio em cada substrato.

A amostragem iniciou-se quando as plantas, de todas as cultivares apresentavam, pelo menos, um trifólio aberto. Como a 'Portola' foi plantada mais tarde, as análises de crescimento e desenvolvimento também iniciaram mais tarde, para esta cultivar.

As plantas foram arrancadas inteiras, manualmente e cuidadosamente, de forma a não partir a raiz e postas em sacos de plástico. Seguidamente, no laboratório do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV), mediram-se as coroas de cada planta com uma craveira e separou-se a parte aérea da parte subterrânea, seccionando a planta ao nível da superfície do substrato. A parte subterrânea incluiu não só o sistema radical como a parte da coroa que se encontrava no substrato. A parte aérea englobou a coroa aérea, as folhas, as inflorescências e os frutos.

Ao longo do ciclo cultural efetuaram-se mensalmente medições do diâmetro total da coroa, do número de coroas, da área foliar e do número de inflorescências, flores por inflorescência e frutos. A área foliar foi determinada planta a planta e somente nas folhas fotossinteticamente ativas (folhas de cor verde), utilizando o medidor de área foliar 'Delta -T Type WDIGC-2' (Fig.12).

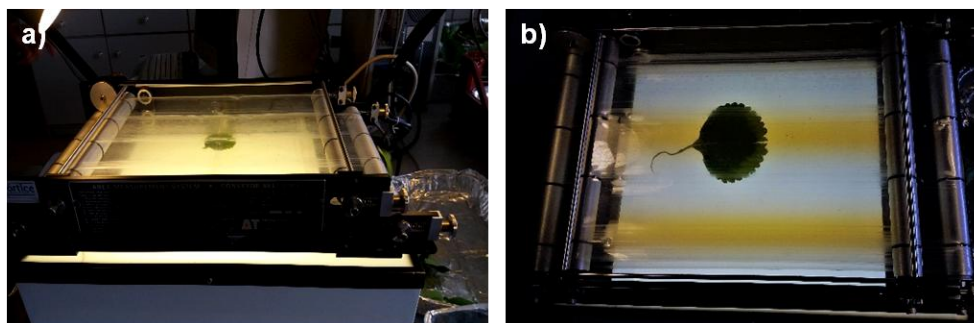


Figura 12 - Medição da área foliar com o 'Delta –T Type WDIGC-2'

Na contagem do número de flores por inflorescência contabilizaram-se todas as flores formadas, ou seja, desde botões até às flores vingadas (em que se destacam os frutos). O número médio de flores foi obtido pelo produto do número médio de inflorescências pelo número médio de flores por inflorescência.

3.6.2.2. Matéria Seca

Os pesos secos da parte aérea da planta (folhas, inflorescências, coroas aéreas e frutos) e da parte subterrânea (raiz e coroa subterrânea) foram determinados após a sua secagem em câmaras de secagem 'Memmert', com ventilação forçada, a 60°C até peso constante. As pesagens foram feitas na balança 'Mettler' de precisão 1 g. O peso seco das inflorescências incluiu os pedúnculos, os pedicelos, os botões e as flores propriamente ditas. Na análise dos dados da matéria seca total da planta não se inclui o peso seco dos estolhos.

A avaliação da matéria seca dos frutos (colhidos) foi feita em duas épocas de colheita, uma no início da produção e outra em plena produção. Por tratamento, os frutos foram pesados em verde (frutos frescos), seguindo-se a sua secagem em estufa de secagem a 40 °C até peso constante e a determinação dos pesos secos. Estimou-se, assim, a percentagem de matéria seca dos frutos ao longo do ciclo produtivo.

A repartição da matéria seca entre os diferentes órgãos da planta foi expressa em percentagem de matéria seca total da planta ao longo do ensaio.

3.7. Os frutos

3.7.1. Colheita

A colheita dos frutos foi realizada duas vezes por semana, iniciando no dia 26 de janeiro de 2016, sendo sempre feita da parte da manhã e quando os morangos se encontravam na fase ideal de maturação comercial. A cultivar Portola só começou a produzir a 25 de fevereiro, pois também foi plantada mais tarde.

3.7.2. Análise da produção e produtividade

Os frutos foram acondicionados em caixas e de imediato transportados para o Laboratório de Biometria do INIAV, onde se determinou o peso e o número de frutos por cada classe de calibre e por modalidade. De acordo com as normas portuguesas do morango para fresco (NP 2231), os frutos foram divididos em 4 classes de calibre:

1. Categoria extra: $\varnothing > 35$ mm
2. Categoria I e II: $25 \text{ mm} < \varnothing < 35$ mm
3. Categoria III: $\varnothing < 25$ mm
4. Refugo

A calibragem do fruto foi determinada pelo diâmetro máximo da seção equatorial de cada fruto e a sua pesagem fez-se numa balança de precisão 0.01 g 'Mettler'.

As variáveis analisadas foram: produção por planta e massa média dos frutos (g). A produção total por planta foi determinada a partir do somatório da massa da fruta obtida em todas as colheitas ao longo do ensaio dividindo pelo número de plantas em cada parcela experimental. A massa média do fruto calculou-se dividindo a massa total de frutos por planta pelo número de frutos por planta.

3.7.3. Análise da qualidade do morango

3.7.3.1. Análise física e química dos morangos

Os frutos foram cuidadosamente acondicionados em caixas e transportados para o Laboratório de Tecnologia do Instituto Superior de Agronomia, onde foram analisados. As análises físicas e químicas foram efetuadas em amostras de 7 frutos/tratamento e com 4 repetições.

3.7.3.1.1. Peso, comprimento e diâmetro

Os parâmetros comprimento e diâmetro foram medidos com o auxílio de uma craveira e o parâmetro peso foi com o auxílio de uma balança. Importa referir que tanto as pesagens como as medições de comprimento e diâmetro foram feitas individualmente. A forma foi determinada através da razão comprimento longitudinal/comprimento transversal. Este valor, quanto mais próximo de 1 indica uma forma mais esférica e maior que 1 indica uma forma mais alongada.

3.7.3.1.2. Firmeza

Utilizou-se o aparelho Durofel - digital firmness tester, Agro Technologie, ponta 10 (Fig. 13). As unidades do aparelho variaram entre 0 unidades Durofel e 100 unidades Durofel.



Figura 13- Aparelho para medir a firmeza do fruto, Durofel- digital firmness tester.

3.7.3.1.3. Sólidos Solúveis totais (SST)

O teor de sólidos solúveis está relacionado com o grau de maturação e com a data de colheita, aumentando progressivamente com o desenvolvimento do fruto. Este parâmetro é expresso em °Brix, e traduz-se na percentagem de sólidos solúveis por 100 g de fruto fresco.

A determinação dos sólidos solúveis totais foi realizada a partir das amostras de frutos, obtidas por trituração de 7 frutos, que posteriormente foram filtradas (Fig.14) e medidos com um refractómetro digital (Hanna instruments modelo H1 96801).

3.7.3.1.4. Potencial hidrogénio (pH)

A determinação do pH foi efetuada por potenciometria, da polpa, obtida por trituração de 7 frutos (Fig.15). Foi utilizado um elétrodo para sólidos (potenciómetro HANNA pH213), sendo o equipamento previamente calibrado com base na temperatura ambiente e com soluções tampão pH= 7 e pH= 4.

3.7.3.1.5. Acidez titulável (AT)

A acidez titulável foi determinada pela titulação de 10 ml de sumo com 0,1 N de NaOH até pH=8,1 e expressa em ácido cítrico (g/L de sumo).

Efetuarão-se 4 repetições e os resultados foram calculados através da equação:

$$ml NaOH \times 0,64 = \frac{g}{l} de sumo$$

Sendo o resultado expresso em litros de ácido cítrico por 100 gramas de fruto fresco.



Figura 14 – Filtragem do sumo de morango das quatro cultivares e substratos para a determinação do pH e da acidez titulável.

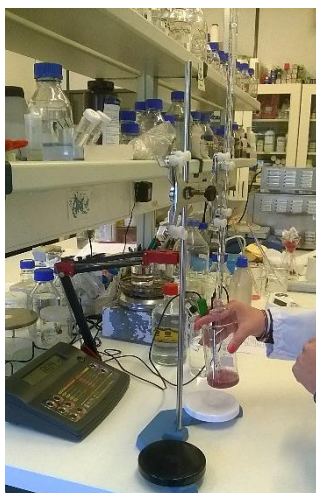


Figura 15 – Medição do pH com o potenciômetro HANNA pH213.

3.7.3.1.6. Cor

A cor foi determinada num colorímetro Minolta CR 400 (Fig.16). Foram realizadas duas leituras em partes opostas do fruto, segundo as coordenadas do sistema L^* , a^* b^* , designadas por sistema de Hunter CIELAB (Commission Internationale de l'Eclairage, 1976). Em que L^* corresponde à luminosidade e representa a diferença entre claro ($L^*=100$) e escuro ($L^*=0$), sendo o valor 100 correspondente à cor branca e o valor 0 à cor preta. Os valores a e b são uma forma de quantificar a característica cor, sendo que a^* varia entre verde ($-a^*$), vermelho ($+a^*$), e o 0 corresponde à cor cinza, correspondendo, portanto, à tonalidade e b^* representa a diferença entre amarelo ($+b^*$) e azul ($-b^*$), que corresponde à saturação. O padrão branco para calibração foi standard.



Figura 16 - Determinação da cor do fruto através do colorímetro Minolta CR 400

3.7.3.2. Avaliação sensorial

A avaliação sensorial foi efetuada por um painel de provadores, realizada numa sala de prova no INIAV, constituído por 8 pessoas treinadas na apreciação de morango, dentro de várias categorias (Fig. 17). É uma análise de qualidade tão importante como as determinações efetuadas por métodos físicos, químicos e microbiológicos.

A avaliação foi feita com recurso a uma ficha descritiva quantitativa, em que as características cor, textura, sabor e aroma foram classificadas numa escala linear continua (Anexo IV).

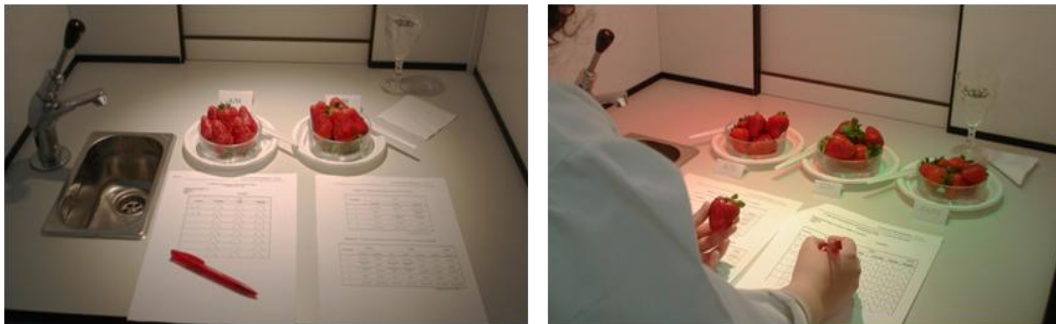


Figura 17 - Salas de prova onde foram realizadas as provas organoléticas aos morangos das cultivares Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola, nos substratos Coco e M1.

3.8. Tratamento estatístico

O ensaio seguiu um delineamento fatorial de dois fatores ('Cultivar' e 'Substrato'). Os dados foram submetidos a uma análise de variância (ANOVA) e, posteriormente, a um teste de comparações múltiplas de médias, utilizando o teste da diferença mínima significativa a um nível de significância de 5% (Teste de Tukey). O software utilizado nestas análises foi Statistix 9 (Analytical Software, Tallahassee, Florida).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Condições Ambientais

O crescimento e o desenvolvimento do morangueiro são controlados essencialmente pela ação do fotoperíodo e temperatura, conforme referido anteriormente.

O ensaio decorreu entre os meses de novembro e junho do ano seguinte. No local de plantação, as plantas foram sujeitas a temperaturas decrescentes até princípios de janeiro (Fig. 18). No entanto, a instalação e a condução da cultura em ambiente protegido com sistema de climatização programado (aquecimento para $t < 7^{\circ}\text{C}$ e arrefecimento para $t > 30^{\circ}\text{C}$), permitiu que o crescimento das plantas fosse contínuo, não as deixando entrar em fase de dormência total. A temperatura média mensal do ar no interior da estufa atingiu o máximo no mês de maio (32°C) e o mínimo nos meses de janeiro e março, com o valor de 14°C (Anexo V, Quadro 13). Heide (1977) relatou que o desenvolvimento do morangueiro sofre influência desta variável climática, verificando que temperaturas entre os 12°C e os 18°C favorecem a floração da cultura e o intervalo entre 20°C e 24°C favorecem o desenvolvimento de folhas e a frutificação, enquanto a emissão de estolhos é favorecida por temperaturas elevadas, acima dos 24°C .

Desta forma, as temperaturas observadas durante o ensaio favoreceram o desenvolvimento do morangueiro, sendo que não foram registadas observações com valores abaixo da temperatura basal mínima para a cultura, que foi considerada como 7°C .

A humidade relativa registada no interior da estufa atingiu o máximo de 85% no mês de fevereiro e o mínimo de 20% no mês de maio (Fig. 19). Podemos verificar que o aumento da humidade relativa levou a um aumento do ataque de oídio na cultura, nos meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro. A diminuição da humidade relativa teve bastante impacto na diminuição de doenças na cultura.

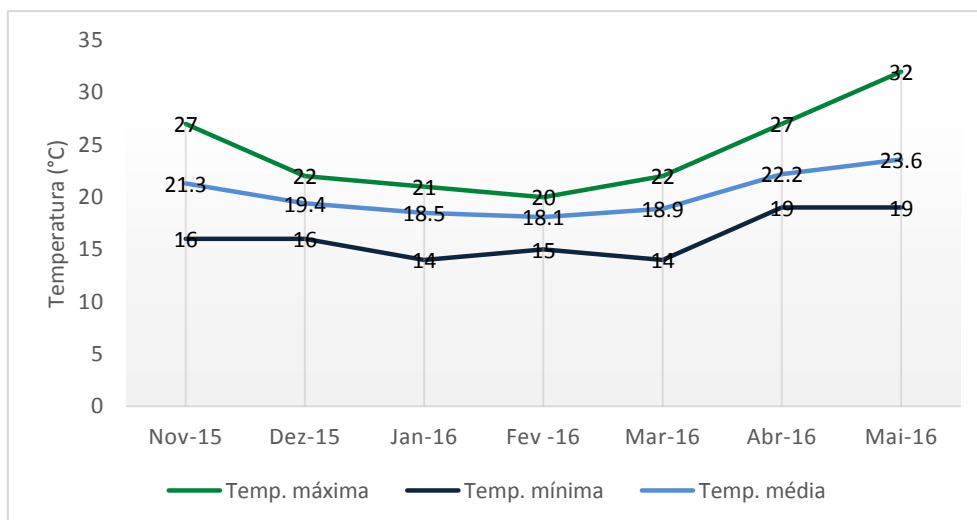


Figura 18 - Valores da temperatura máxima, mínima e média no interior da estufa

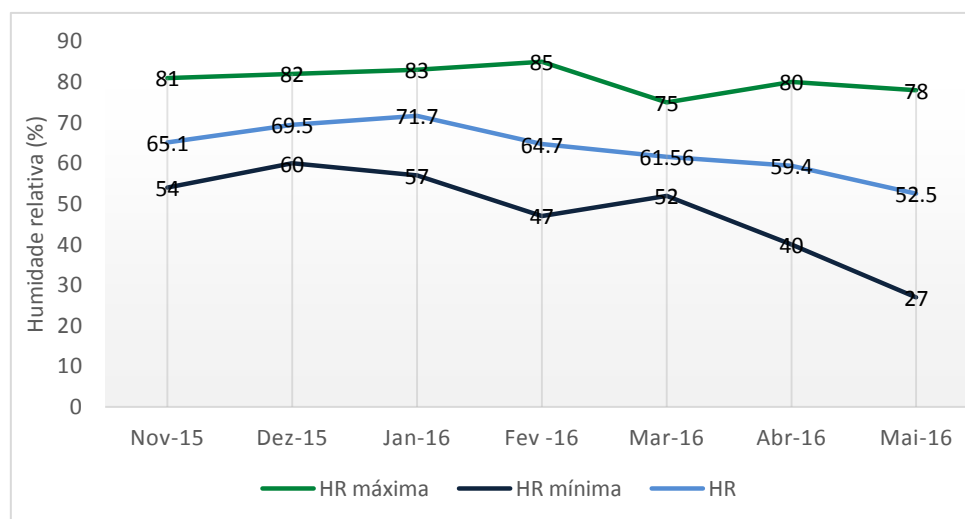


Figura 19 - Valores da humidade relativa média, máxima e mínima, no interior da estufa

4.2. Uniformidade das plantas à plantação

A cv. Rábida registou o maior valor médio de diâmetro da coroa à data de plantação, cerca de 11mm/coróa (Quadro 6). Verificou-se alguma heterogeneidade entre as plantas das cultivares, no diâmetro da coroa e nos pesos secos e verdes das partes aéreas e subterrâneas. A 'Portola' apresentou, em relação às restantes cultivares, maior peso tanto na parte subterrânea como na parte aérea da planta, o que se deveu ao fato das plantas desta cultivar permanecerem mais tempo no viveirista e portanto à data de plantação registaram maior porte. A cv. San Andreas registou menor diâmetro de coroa e peso da parte aérea e subterrânea.

Quadro 6 - Média e desvio padrão do diâmetro da coroa e do peso verde e seco da parte subterrânea e aérea à data de plantação, das cvs. Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola

	Diâmetro da coroa (mm)	Peso Verde (g)		Peso seco (g)	
		Parte subterrânea	Parte aérea	Parte subterrânea	Parte aérea
Camarosa	9,1 ± 0,36	3,7 ± 0,06	1,9 ± 0,09	0,72 ± 0,00	0,4 ± 0,02
Rábida	10,8 ± 0,45	4,6 ± 0,11	1,9 ± 0,13	0,9 ± 0,02	0,3 ± 0,02
San Andreas	8,9 ± 0,42	3,8 ± 0,18	1,9 ± 0,05	0,69 ± 0,04	0,3 ± 0,01
Portola	9,8 ± 0,46	8,1 ± 0,56	2,1 ± 0,11	2,2 ± 0,20	0,5 ± 0,03

4.3. Fenologia

O conhecimento da fenologia das cultivares de morangueiro é importante para definir o escalonamento da produção e, com isso, ampliar o período de colheita, possibilitando mais vantagens na comercialização. Para analisar este parâmetro procedeu-se à análise do número de dias desde o início da plantação até à floração, entre a floração e a maturação e o número de dias desde a plantação até ao início de colheita.

No início da floração, a interação “Cultivar x Substrato” foi significativa, verificando-se que as plantas da cv. Rábida no substrato Coco foram mais precoces (18 DAP) seguida da cv. San Andreas (21 DAP) (Anexo VI, Quadro 14).

As cvs. ‘Portola’ e ‘Camarosa’ foram menos precoces, a ‘Portola’ por ter sido plantada um mês depois e a ‘Camarosa’ devido a problemas fitossanitários. O início da floração nestas cultivares ocorreu ao 51 e ao 46 DAP, respetivamente (Fig. 20).

A ‘Portola’ (cultivar ID) registou menor número de dias entre a floração e a maturação e a atingir a plena produção (diferença estatisticamente significativa a $p < 0,05$), em comparação com a cv. Camarosa (Cultivar DC), o que está de acordo com o fato das cultivares indiferentes serem capazes de diferenciar gomos florais independentemente do comprimento do dia. Estes dados confirmam as observações de Bueno *et al.* (2002), quando observaram que o potencial de floração do morangueiro é afetado por fatores internos, pela temperatura, pelo fotoperíodo, ou pelos três fatores em simultâneo.

O comportamento das cvs. Rábida, San Andreas e Camarosa foi semelhante no número de dias entre a floração e maturação que foi, em média de 47,3 dias (Anexo VI, quadro 15). A cv. Portola destacou-se das restantes, registando o menor número de dias neste parâmetro (34 dias). Apesar de ter iniciado a floração mais tarde, a diferenciação das flores foi mais rápida, o que levou a uma maior precocidade na colheita (Fig. 21).

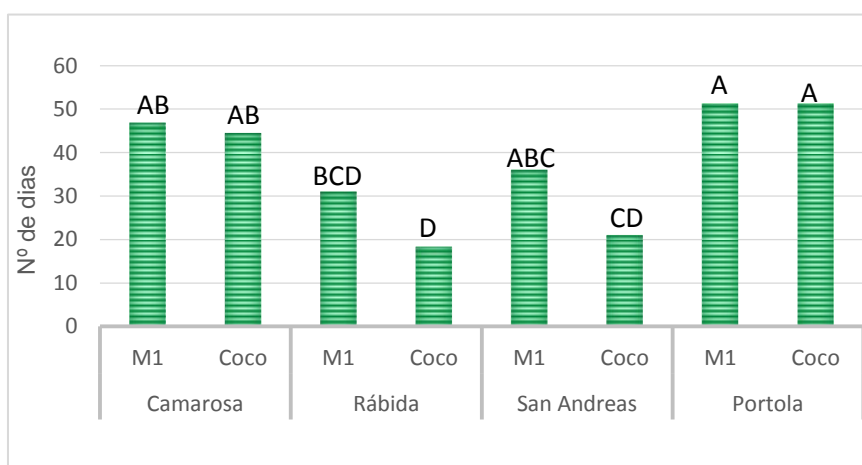


Figura 20- Número de dias desde a plantação até início da floração nas cultivares Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola nos substratos Coco e M1. *Barras com letras diferentes são significativas a $p < 0,05$.

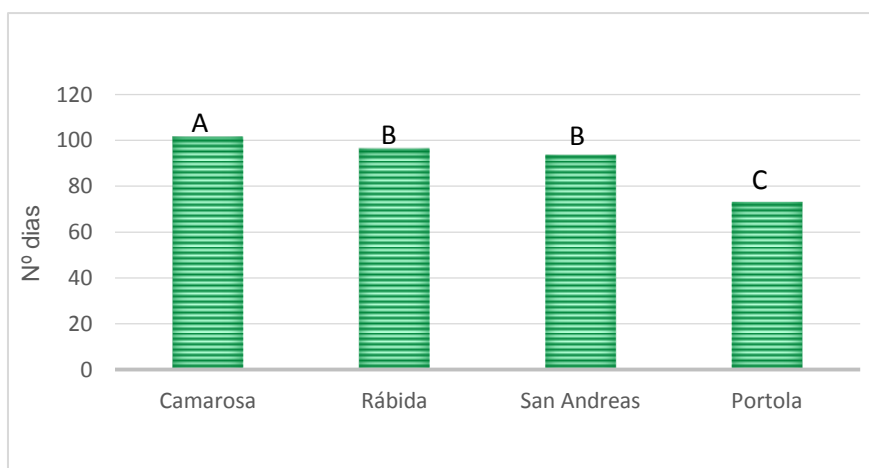


Figura 21 - Número de dias desde a plantação até ao início de colheita nas cultivares Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola. *Barras com letras diferentes são significativas a $p < 0,05$.

4.4. Análise do crescimento e desenvolvimento das plantas

4.4.1. Coroas

A coroa é a componente central de onde se formam as folhas, as inflorescências e as novas coroas e, portanto, fatores que favoreçam a formação de novas coroas beneficiam direta ou indiretamente a formação de outros órgãos.

O número e o diâmetro das coroas foram influenciados apenas pelas cultivares. No número de coroas houve diferenças significativas entre cultivares a 150 e 180 dias após a plantação, destacando-se a cv. Camarosa com maior número de coroas (3,5 coroas/planta e 2,5 coroas/planta, respetivamente), comparativamente com as restantes cultivares ($p < 0,05$) (Fig. 22) (Anexo VII, Quadro 16). No entanto, a 180 DAP, a cv. Portola não apresentou diferenças significativas em relação á cv. Camarosa.

No diâmetro das coroas verificou-se heterogeneidade entre cultivares a 120, 150, 180 e 210 dias após a plantação. Nestas datas, destacaram-se as cvs. Camarosa e Portola, com o maior diâmetro da coroa, atingindo o máximo de diâmetro a 210 DAP, a 'Camarosa' com 43,5mm/coróa e a 'Portola' com 40,3mm/coróa (Anexo VII, quadro 17).

Na Figura 22 está representada graficamente a evolução do número de coroas por planta, para cada cultivar ao longo do ciclo cultural. À data de plantação todas as plantas tinham uma só coroa, que se manteve até aos 60 DAP. A partir desta data o número de coroas aumentou em todas as cultivares, tal como o diâmetro que foi aumentando de uma forma semelhante nas quatro cultivares (Fig. 23).

Destacou-se a cv. Camarosa, que desde março apresentou um aumento mais acentuado do número de coroas/planta e a cv. Rábida que teve um crescimento do diâmetro e do número de coroas muito pouco acentuado.

O maior número de coroas é um potencial indicador de maior vigor vegetativo e produtividade do morangueiro (Mendonça, 1998). De acordo com Savini *et al.* (2005), o número de coroas pode ser utilizado como indicador de rendimento da planta, uma vez que cada coroa pode ser uma zona potencial para a iniciação floral. Podemos considerar, a partir destes dados que as cultivares Camarosa e San Andreas (registaram maior número de coroas na última colheita) poderão ter um maior desenvolvimento vegetativo e melhores valores de produtividade relativamente às restantes cultivares, em ambos os substratos, no entanto, este fato não se verificou na 'Camarosa' devido a problemas fitossanitários.

A evolução do número e diâmetro de coroas das plantas foi semelhante nos dois substratos (Coco e M1), aumentando de forma linear, ao longo do ensaio (Fig. 24, Fig. 25), não se revelando estatisticamente diferentes ($p \geq 0,05$).

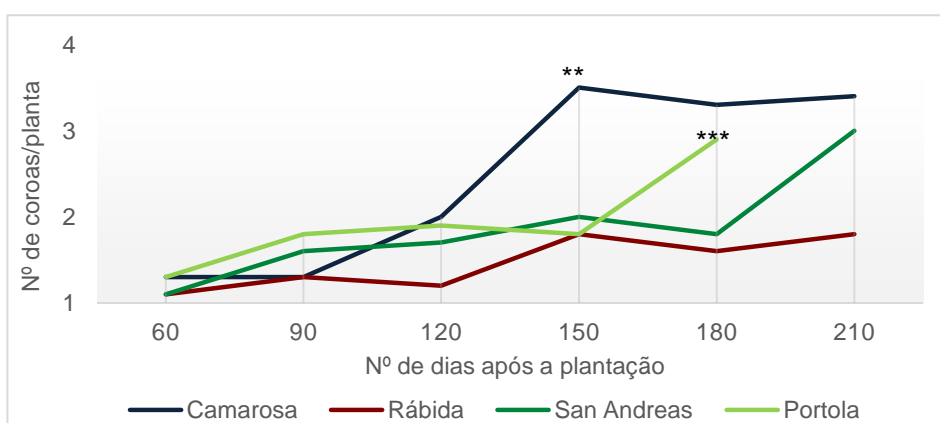


Figura 22 - Evolução do número de coroas por planta ao longo do ensaio nas cultivares Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola. ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

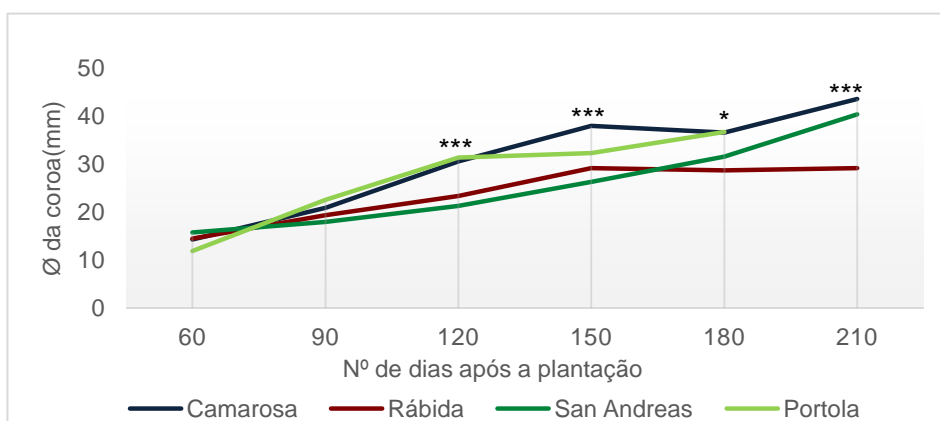


Figura 23 - Evolução do diâmetro da coroa ao longo do ensaio nas cultivares Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

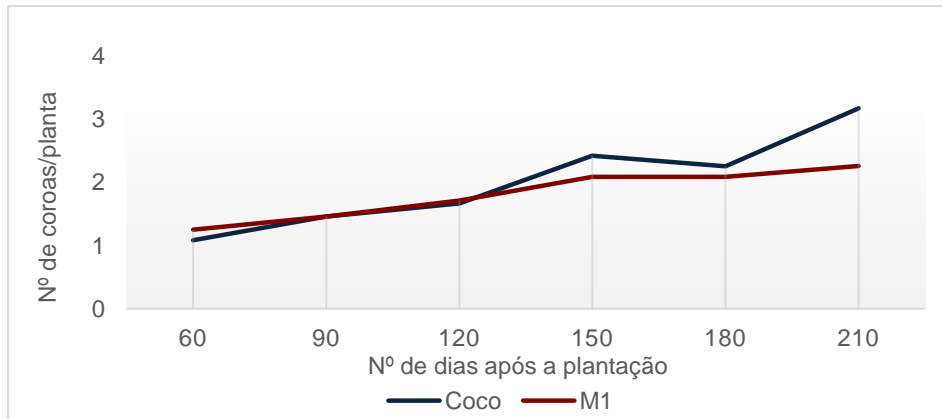


Figura 24 - Evolução do número de coroas por planta nos substratos Coco e M1.

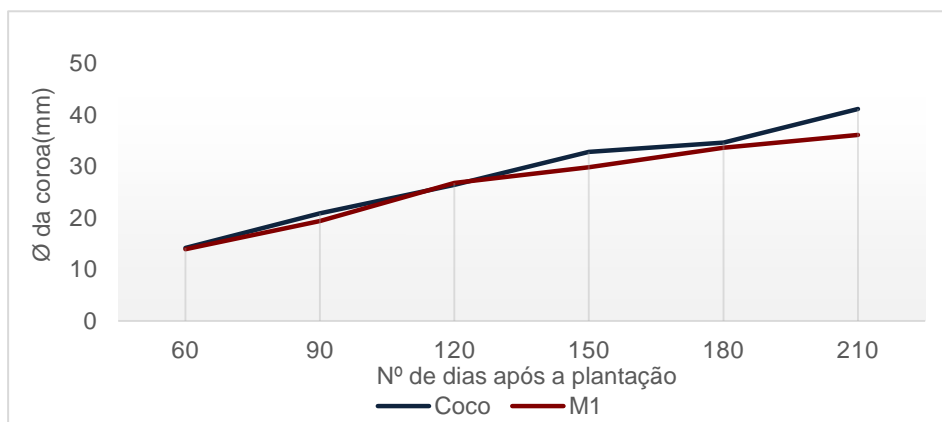


Figura 25 - Evolução do diâmetro das coroas, nos substratos Coco e M1. Ø: Diâmetro

4.4.2. Folhas

Para o número de folhas o fator “Cultivar” foi significativo ($p < 0,05$), a 120, 150 e 180 DAP. A cv. San Andreas registou o menor número de folhas nestas datas, com 10,2, 13,3 e 14,6 folhas por planta, respetivamente. A ‘Camarosa’ produziu o maior número de folhas nas mesmas datas de colheita (14,5, 21,5 e 20,7 folhas/planta), (Anexo VII, Quadro 18).

Todas as cultivares apresentaram um acréscimo progressivo até 150 DAP, (Fig. 26), coincidindo com o aumento do fotoperíodo, o que vai de encontro ao estudo realizado por Borthwick *et al.*, (1952) onde verificaram que o tamanho das folhas nas plantas sujeitas a 20h era o dobro do das folhas das plantas que cresceram sob o regime de 8 e 11h.

Na última colheita (210 DAP) todas as cultivares tiveram um aumento acentuado do número de folhas, que coincidiu com o fim do ciclo produtivo, promovendo, desta forma, o crescimento vegetativo das plantas.

O fator “Substrato” não foi significativo ($p > 0,05$) para este parâmetro, no entanto verificou-se que na última data de colheita o número de folhas das plantas no substrato Coco atingiu maiores valores em comparação com as plantas no substrato M1 (Fig. 27).

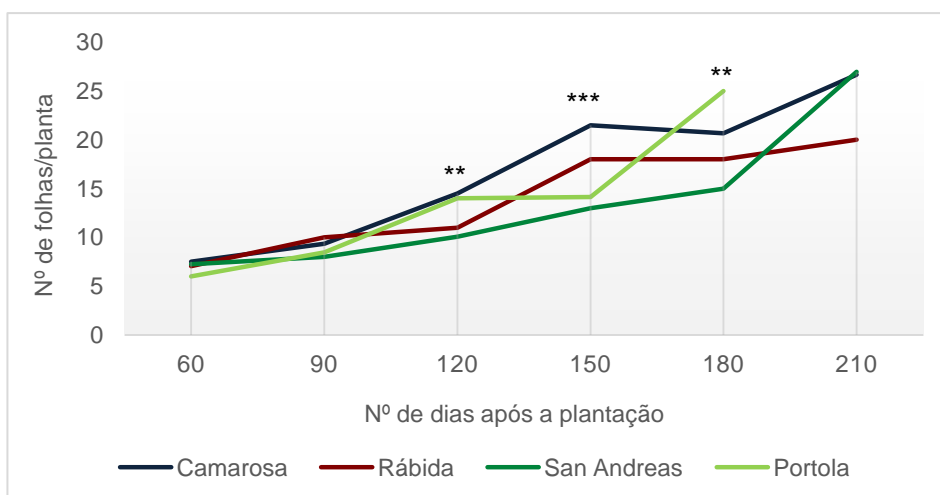


Figura 26 - Evolução do número médio de folhas por planta nas cultivares Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola. ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

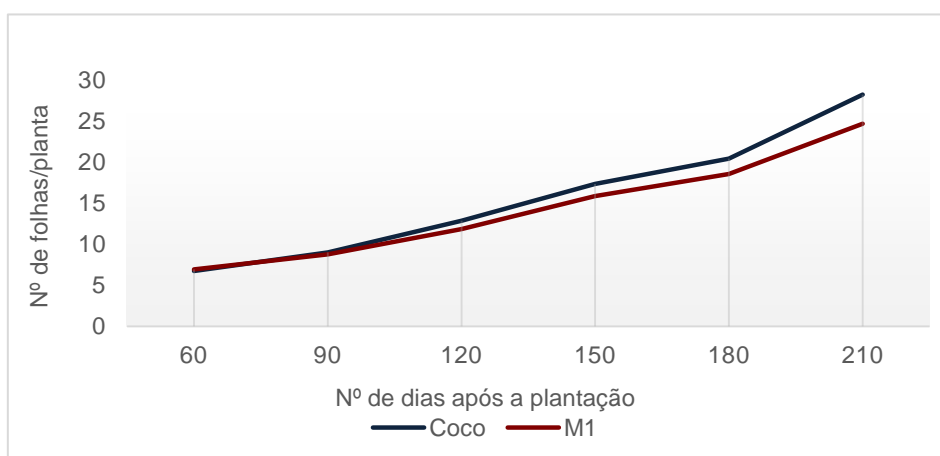


Figura 27 - Evolução do número médio de folhas por planta nos substratos Coco e M1.

4.4.3. Área Foliar

A quantidade de radiação solar interceptada e a eficiência da sua utilização pelo coberto vegetal influencia diretamente a acumulação de matéria seca total numa cultura. A sua assimilação pela fotossíntese e distribuição na planta constituem os parâmetros mais importantes na produtividade. Assim, elevados índices de área foliar, permitem à planta regenerar os teores de hidratos de carbono de reserva no sistema radicular (Whitney, 1982).

À semelhança do número de folhas, o fator “Substrato” não teve influência na área foliar das plantas das quatro cultivares ($\text{cm}^2/\text{planta}$) ao longo do ensaio ($p > 0,05$) (Anexo VII, Quadro 19).

A cv. Camarosa, à semelhança do parâmetro número de folhas, também registou maior área foliar a 120, 150 e 180 DAP, no entanto outras cultivares registaram valores estatisticamente iguais a esta cultivar ($p < 0,05$). A 180 DAP a cv. Portola não apresentou diferenças em relação à cv. Camarosa, com 1748 $\text{cm}^2/\text{planta}$, o que significa que, apesar de ter sido plantada mais tarde, conseguiu produzir uma boa área foliar.

O facto da cv. Camarosa registar maiores valores de área foliar e número de folhas leva a concluir que esta cultivar apresentou maior porte que as restantes cultivares. Nas plantas de maior porte a competição de fotoassimilados inicia-se mais cedo do que nas de porte mais pequeno, ocorrendo logo durante a iniciação floral, como se pode verificar posteriormente, na partição da matéria seca desta cultivar.

Registou-se um rápido estabelecimento da área foliar e crescimento ao longo do ensaio em todas as cultivares e substratos, o que é de extrema importância para a produtividade, pois influencia diretamente na interceção de radiação solar e fotossíntese (Fig. 28; Fig.29). A quebra no crescimento registada a 180 DAP nas cvs. Camarosa, San Andreas e Rábida (Fig. 28) teve como causa as temperaturas altas que se fizeram sentir antes desta colheita e, portanto, a área fotossinteticamente ativa (captada pelo aparelho de medição de área foliar) diminuiu.

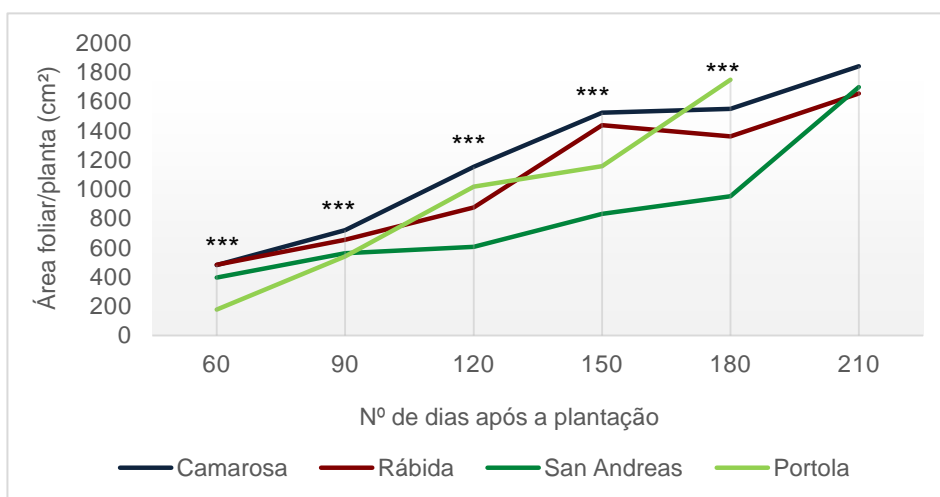


Figura 28 - Evolução da área foliar ($\text{cm}^2/\text{planta}$) nas cultivares Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola, ao longo do ensaio. *** $p < 0,001$

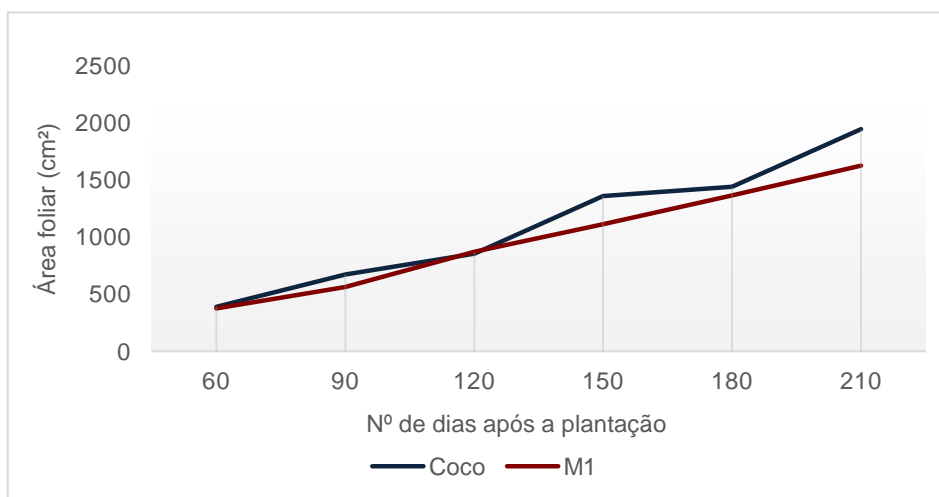


Figura 29 -Evolução da área foliar nos substratos Coco e M1.

4.4.4. Inflorescências e flores

O fator “Cultivar” influenciou o número de inflorescências por planta a partir de 120 DAP, (Anexo VII, Quadro 20).

Ao longo do ensaio, todas as cultivares foram produzindo inflorescências, verificando-se que as cultivares plantadas mais cedo diferenciaram maior número de inflorescências.

A ‘Portola’ e a ‘Camarosa’ apresentaram maior número de inflorescências. Na última data de colheita a ‘Portola’ registou 8,6 inflorescências/planta e a ‘Camarosa’ registou 6,9 inflorescências/planta. Contudo, no final do ciclo, não se registaram diferenças nesta variável entre as cultivares (Fig. 30).

Os substratos não influenciaram significativamente o número de inflorescências ($p < 0,05$). No entanto, A 210 DAP, houve uma tendência para as plantas no substrato coco produzirem mais inflorescências que as plantas no M1 (Fig. 31).

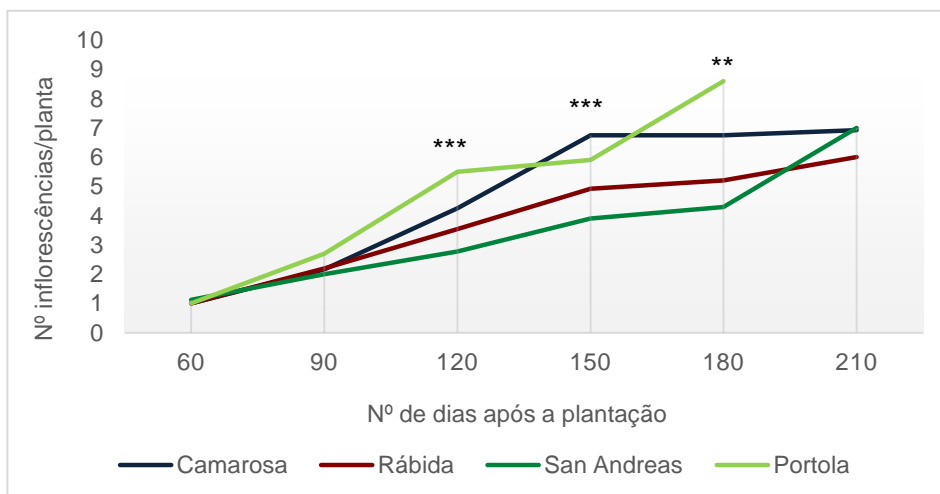


Figura 30 – Evolução do número médio de inflorescências por planta ao longo do ensaio nas cvs. Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola. ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

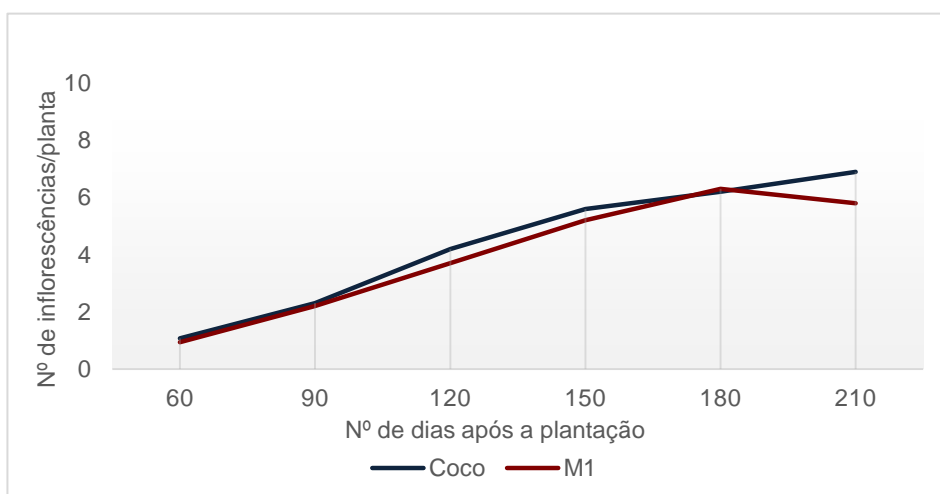


Figura 31 - Evolução do número médio de inflorescências por planta nos substratos Coco e M1.

À semelhança do número de inflorescências, o fator “Substrato” não influenciou o número de flores por planta, tal como a interação ‘Cultivar x Substrato’ também não foi significativa.

A análise dos dados deste parâmetro revelou apenas um efeito significativo do fator “Cultivar” ($p \leq 0,05$).

A cv. San Andreas registou o menor número de flores por planta, à semelhança do nº de inflorescências, que também foi menor nesta cultivar.

As plantas da cv. Rábida apesar de apresentarem menor número de inflorescências, diferenciaram maior número de flores. Verificou-se também que o número de flores não apresentou diferenças estatisticamente significativas entre esta cultivar (Rábida) e a ‘Camarosa’ ao longo de todo o ensaio ao nível de significância de 5%.

A condução do ensaio numa estufa de vidro com ambiente climatizado permitiu que as temperaturas fossem amenas que conjugado com hemeroperíodos mais curtos no outono e inverno favoreceram a iniciação floral, possibilitando ciclos de floração durante vários meses (Palha, 2005b). Durante o ciclo cultural, a temperatura média do ar foi sempre superior a 15°C, ou seja, não muito favorável à iniciação floral, no entanto o hemeroperíodo até abril foi sempre inferior a 14h, constituindo um estímulo para a indução floral. Este facto verifica-se nos gráficos do número de flores ao longo do ciclo cultural (Fig. 32). Inicialmente o número de flores foi semelhante em todas as cultivares e teve um aumento progressivo até 150 DAP, depois desta data registou-se um decréscimo do número de flores/planta em todas as cultivares à exceção da Portola.

As cvs. San Andreas e Portola tiveram um aumento acentuado do nº de flores na última data de colheita, 34,3 e 37,5 flores/planta. Esta é uma característica das cultivares ID que continuam a desenvolver flores independentemente do fotoperíodo, apresentando assim, um maior potencial reprodutivo (número de flores/planta). O número de flores evoluiu de forma semelhante nos substratos Coco e M1, apenas registaram uma diferença (não significativa ao nível de significância 5%) a 220 DAP, destacando-se o substrato Coco com maior número de flores por planta (Fig. 33).

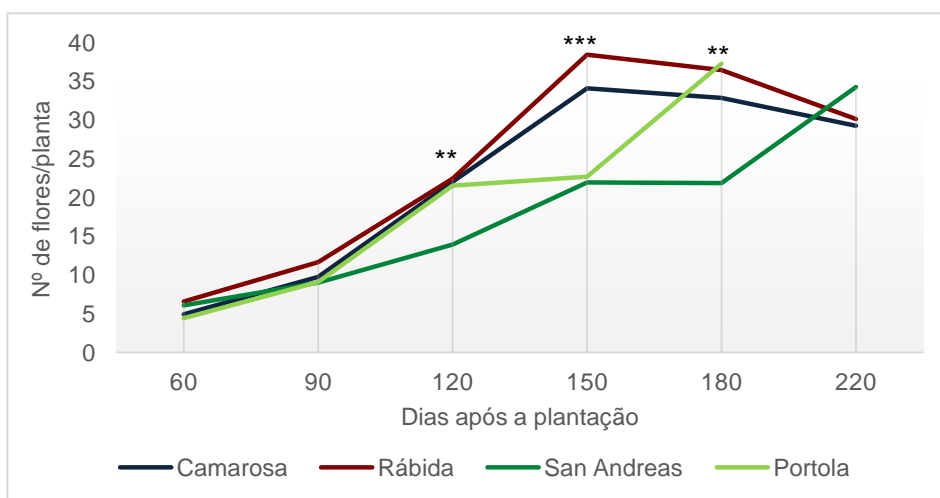


Figura 32 - Evolução do número de flores/planta nas cvs. Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola. **p<0,01; ***p<0,001

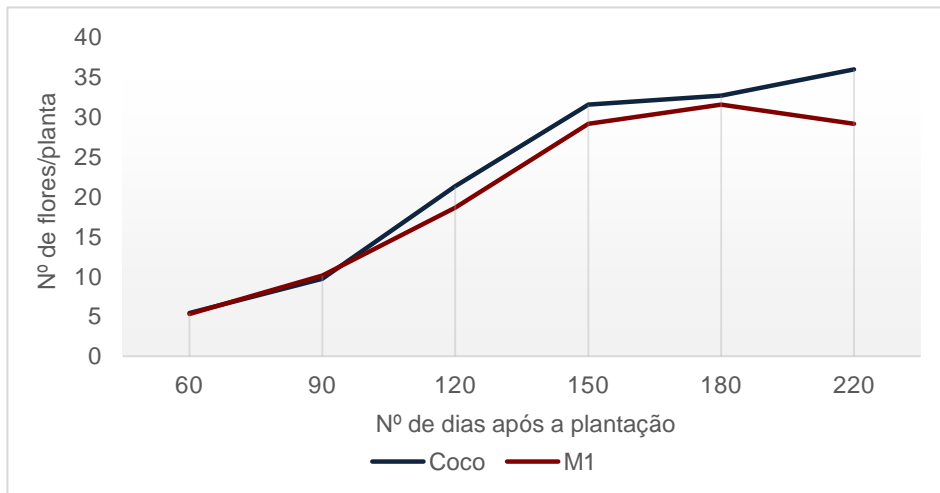


Figura 33 - Evolução do número médio de flores por planta nos substratos Coco e M1.

4.5. Partição da matéria seca

Um sistema de produção pode encontrar-se limitado pela diminuição do fornecimento em fotoassimilados ou, por outro lado, limitado pela sua capacidade em utilizar os produtos da fotossíntese. A eficiência dos sistemas de translocação dos fotoassimilados é um fator determinante da produção. É geralmente aceite que a parte aérea de uma planta se encontra em competição pelos fotoassimilados com o sistema radicular e que a parte aérea tem prioridade sobre as raízes (Flore & Layne, 1999), no entanto, é nas raízes que se encontram as maiores concentrações de hidratos de carbono de reserva (Loescher, *et al.*, 1990).

As medições de matéria seca (MS) ao longo do ensaio variaram consoante as colheitas, no entanto a 60 e 90 DAP, não houve registo de diferenças significativas na matéria seca de todas as cultivares e substratos, à exceção da matéria seca dos frutos em que os frutos da cv. Rábida registaram maior peso seco (Anexo VIII, Quadro 22, 23).

A 120 DAP, registou-se diferenças significativas em todos os parâmetros da matéria seca, à exceção das inflorescências em que não houve diferenças significativas entre cultivares e substratos. Destacou-se a cv. Camarosa e Portola com maior porte, no entanto a cv. Rábida registou o maior peso de frutos, nesta data (Anexo VIII, Quadro 24).

A 150 DAP, também se destacou a cv. Camarosa com o maior porte, o entanto foram as cvs. San Andreas e Portola que registaram maior peso da matéria seca dos frutos, nesta data (5,8 e 5,6 g planta⁻¹, respetivamente) (Anexo VIII, Quadro 25).

A partir de 180 DAP, as cultivares não apresentaram diferenças estatisticamente significativas quando ao peso da matéria seca das raízes e coroa subterrânea.

A MS dos frutos registou diferente comportamento, neste parâmetro houve registo de interação “Cultivar x Substrato” a 150, 180 e 210 DAP, destacando-se a cv. Rábida no substrato Coco com o maior peso seco dos frutos ($12,7 \text{ g planta}^{-1}$, $8,3 \text{ g planta}^{-1}$ e $6,6 \text{ g planta}^{-1}$, respetivamente).

Na figura 34 pode-se observar que ao longo do ensaio, a partição da matéria seca foi variando. No início do crescimento da planta, a MS distribuiu-se maioritariamente entre as raízes, coroa e folhas. A evolução da MS nas folhas evolui de maneira semelhante em todas as cultivares e substratos nas primeiras datas de amostragem, tendo um acentuado aumento na última fase do ciclo, em todas as cultivares.

À medida que a planta passou da fase vegetativa para a reprodutiva essa proporção foi-se alterando e a 150 DAP verificou-se um aumento da MS total da planta devido essencialmente ao aumento da MS das folhas, das inflorescências e dos frutos, indicando que não houve competição entre a parte vegetativa da planta e os frutos. Esta observação evidencia um comportamento peculiar do morangueiro, pois em culturas de crescimento indeterminado que produzem frutos, o crescimento destes exerce efeito inibidor sobre o crescimento da parte vegetativa (Andriolo *et al.*, 1998).

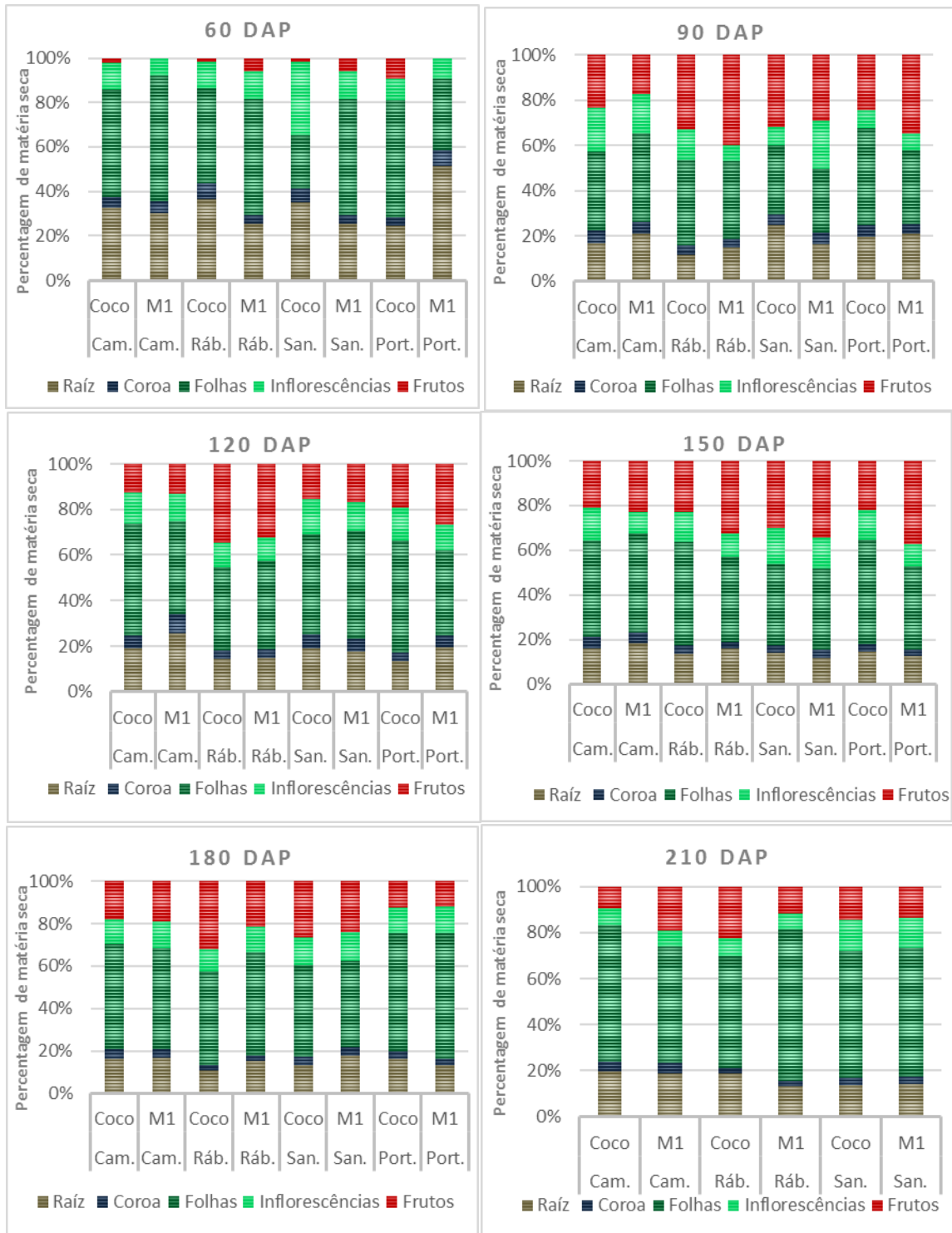


Figura 34- Repartição do peso seco dos órgãos da planta (raiz, coroa, folhas, inflorescências e frutos) nas cvs Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola e nos substratos Coco e M1 a 60, 90, 120, 150, 180 e 210 dias após a plantação. *DAP-Dias após a plantação.

4.6. Análise quantitativa da produção

4.6.1. Produção precoce e produção total

A produção precoce dos frutos é bastante valorizada na seleção de cultivares em ensaios de melhoramento. Esta é afetada por características próprias da cultivar, clima, época de plantação e pela qualidade das plantas vindas do viveirista (Carbonari, 1978).

Na produção precoce (o somatório do peso dos frutos colhidos por planta de janeiro a abril), não se verificou o efeito do fator “Substrato” e da interação “Cultivar x Substrato” (Anexo IX, Quadro 28). Em ambos os substratos a produção precoce foi em média de 476,8 g planta⁻¹ (Fig. 36).

A maior produção precoce verificou-se nas cvs. Rábida (589,7 g planta⁻¹) e San Andreas (563,3 g planta⁻¹) e a menor produção precoce foi registada na cv. Camarosa (362,1g planta⁻¹). Embora tendo sido planta mais tarde, a cultivar Portola apresentou uma produção precoce semelhante à cv. Camarosa, com 391 g planta⁻¹ (Fig. 35).

Dias (2005), no estudo de cultivares de morangueiro em substrato também obteve menor precocidade de produção na ‘Camarosa’, em relação às restantes cultivares estudadas, devido principalmente à maior sensibilidade ao frio desta cultivar que as restantes.

A cv. Rábida apresentou maior diâmetro de coroa à plantação e portanto levou a uma maior precocidade de produção.

A produção total (obtida somando a produção de frutos de cada cultivar e substrato em todas as colheitas) foi influenciada pelos fatores “Cultivar” e “Substrato”. A maior produtividade ocorreu igualmente (sem diferenças estatisticamente significativas) na ‘Rábida’ e ‘San Andreas’ com 897,55 g planta⁻¹ e 836,1 g planta⁻¹, respetivamente. A ‘Camarosa’ apresentou a menor produção de frutos. Todas as cultivares conduzidas no substrato Coco produziram mais comparativamente ao substrato M1 (Anexo IX, Quadro 28).

Relativamente à cv. Rábida, para além de mais precoce também registou a maior produtividade ao longo do ensaio (12,6 kg m⁻²). As maiores produções obtidas em todas as modalidades (cultivares e substratos) foram devidas às elevadas produções no mês de maio.

Webb et al. (1974), ao compararem a produção potencial de duas cultivares de dias curtos ‘Cambridge Vigour’ e ‘Gorella’, constataram que a maior produção da primeira cultivar resultou do maior número total de flores, o que é verificado na cv Rábida, que também apresentou maior número de flores durante a maioria dos registos biométricos efetuados. No entanto, outras cultivares registaram grande número de flores/planta, que não se refletiu numa maior produção, nomeadamente a cv. Portola e a cv. Camarosa, verificando-se, assim, que a taxa de vingamento do fruto nestas cultivares foi menor.

A cv. San Andreas, apesar de não ter registado o maior porte de entre as quatro cultivares, conseguiu canalizar bem os fotoassimilados para a produção dos frutos e assim atingir uma boa produção.

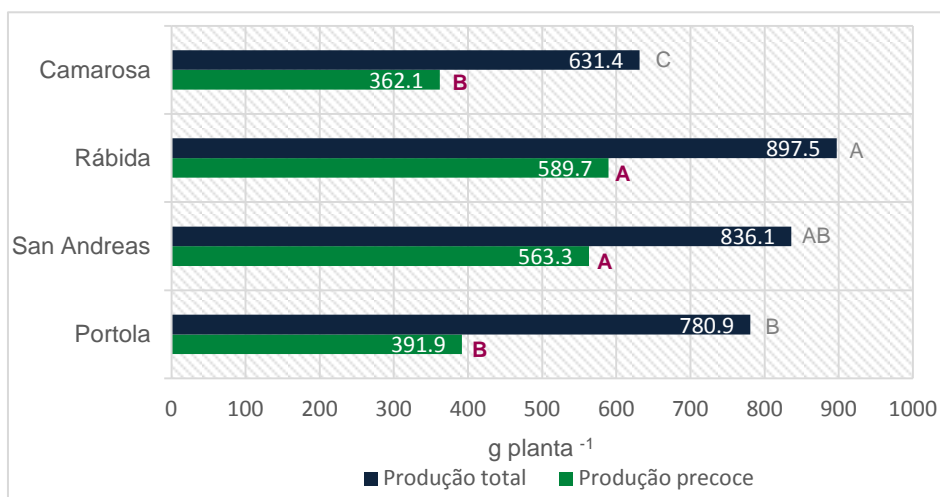


Figura 35 - Média da produção precoce e total (g planta⁻¹) nas cvs. Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola. * Barras referentes à mesma variável com letras diferentes são significativamente diferentes a $p < 0,05$

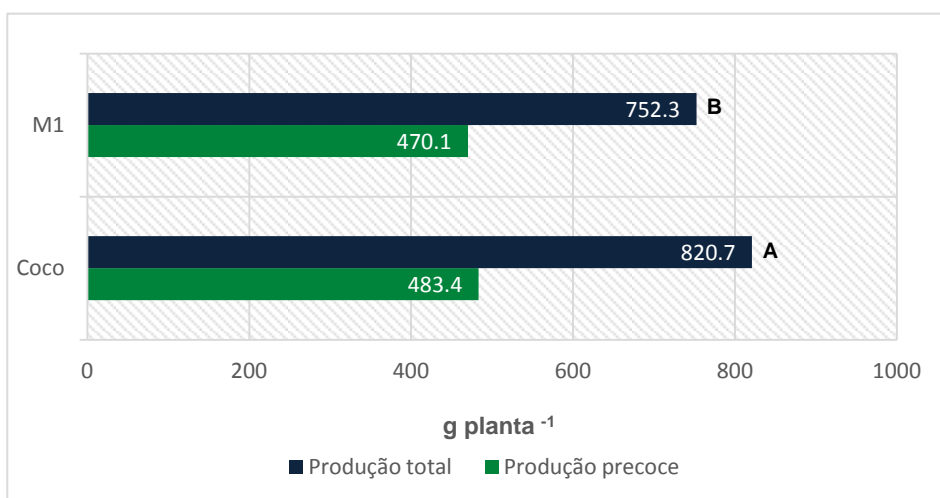


Figura 36 - Média da produção precoce e total (g planta⁻¹) nos substratos Coco e M1. * Barras referentes à mesma variável com letras diferentes são significativamente diferentes a $p < 0,05$

4.6.2. Número e peso dos frutos

O número de inflorescências, de flores e o potencial de frutos são determinados durante a fase de iniciação floral (Webb *et al.*, 1974; Strick e Proctor, 1985 cit in Palha, 1998). O aumento do número de frutos resulta da combinação de dois processos fundamentais: 1) estabelecimento de condições ótimas durante o período de iniciação floral e 2) vingamento das flores (Galletta e Bringhurst, 1990). Este último processo, que pode ter origem numa deficiente polinização, fertilização dos óvulos ou problemas fitossanitários, decorre durante o ciclo cultural da planta e está na origem da diminuição do potencial produtivo da planta.

No ensaio, o número de frutos/planta foi estatisticamente influenciado pelo fator “Cultivar”, não havendo influência do fator “Substrato” (Anexo IX quadro 29).

As cvs. Camarosa e Rábida (cultivar com maior produção total) apresentaram maior número de frutos com uma média de 61,9 e 61,5 frutos planta⁻¹, respetivamente.

A cv. Camarosa registou maior número de frutos, mas não registou maior produção total, o que se deveu ao menor peso médio dos frutos produzidos por esta cultivar (10,2g) em relação às restantes e, portanto, menor calibre.

A cv. Portola registou maior peso médio dos frutos (16,6g fruto⁻¹), no entanto o número de frutos por planta foi menor (Fig. 37), constatando que esta cultivar produz frutos de grande calibre. As restantes duas cultivares avaliadas (Rábida e San Andreas) registaram alta regularidade quanto ao número de frutos e produção, o que de acordo com Rebelo *et al.* (1997) é uma característica muito valorizada pelos produtores, e não encontrada em algumas cultivares, que apresentam floração intensa, mas periódicas (Oliveira *et al.*, 2006).

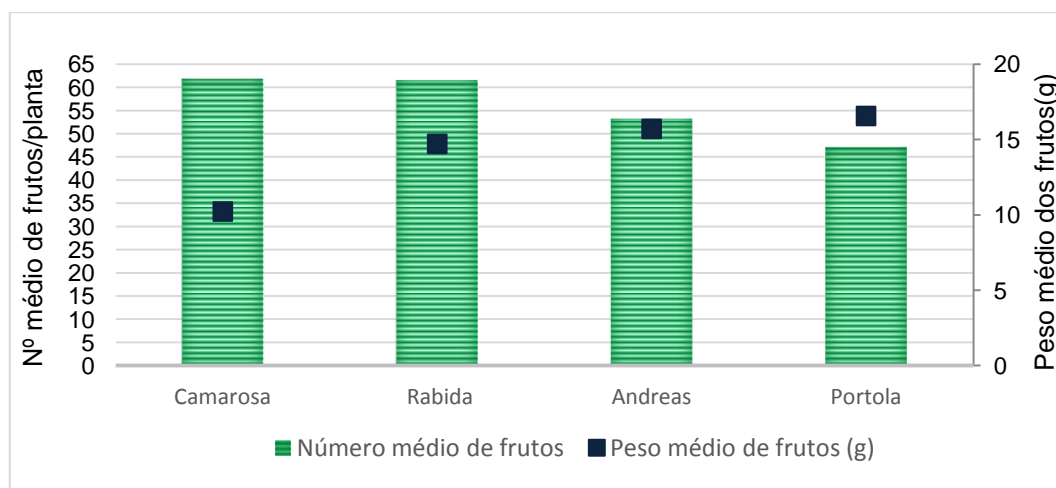


Figura 37 - Média do peso e número de frutos por planta nas cvs Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola.

4.6.3. Produção mensal

O ciclo de produção de frutos teve início no final do mês de janeiro, nas cvs. Rábida e San Andreas.

Na 'Camarosa' foram detetados problemas fitossanitários, atrasando a produção mensal (iniciou em fevereiro). A 'Portola' também só iniciou a produção em fevereiro, uma vez que foram plantadas com um mês de atraso em relação às restantes.

Nos meses de março e abril, a 'Camarosa' apresentou a menor produção (97,5 g planta⁻¹ e 188,2 g planta⁻¹, nos meses de março e abril, respetivamente). No primeiro e no último mês de produção não se registaram diferenças significativas nas cultivares e substratos ($p < 0,05$) (Anexo IX, Quadro 30).

Ao longo do ensaio a produção foi aumentando até abril e em maio houve um ligeiro decréscimo da produção em todas as cultivares, à exceção da 'Portola' que teve o seu pico de produção no mês de maio, com 317,5 g de frutos planta⁻¹. (Fig. 38). Estes resultados podem estar relacionados com o fato da cv. Portola ter sido plantada um mês mais tarde e, portanto, o seu pico de produção deu-se um mês mais tarde, relativamente às restantes cultivares.

A baixa produtividade, no final do ensaio, esteve relacionada com as flores primárias de cada inflorescência serem as primeiras a frutificarem, e a produzem frutos de maiores dimensões. As flores secundárias e terciárias, como possuem menor número de pistilos irão dar frutos de menor dimensão e, portanto, o peso do fruto por planta diminui.

A produção mensal não foi influenciada pelo substrato, como podemos observar na Fig. 39, em que não houve diferenças significativas entre o substrato Coco e o M1 ao nível de significância de 5%.

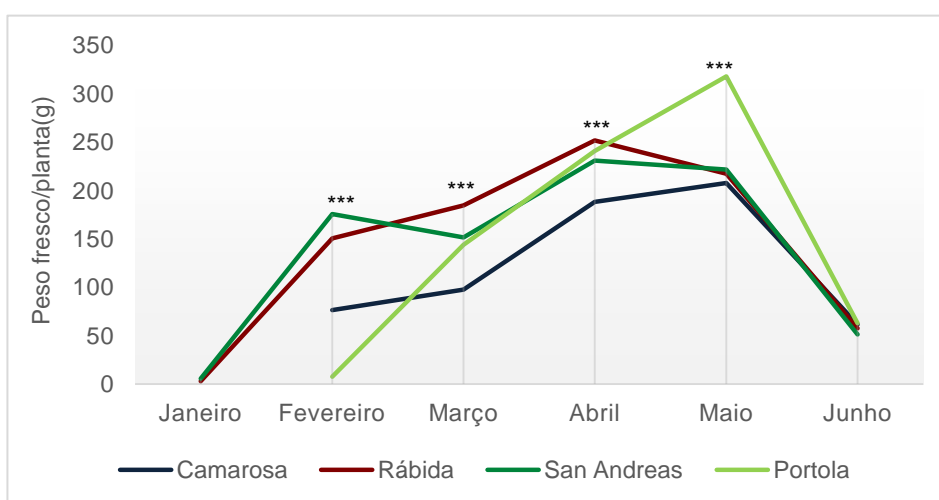


Figura 38 – Evolução, ao longo dos meses, do peso fresco dos frutos/planta nas cvs. Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola. *** $p < 0,001$

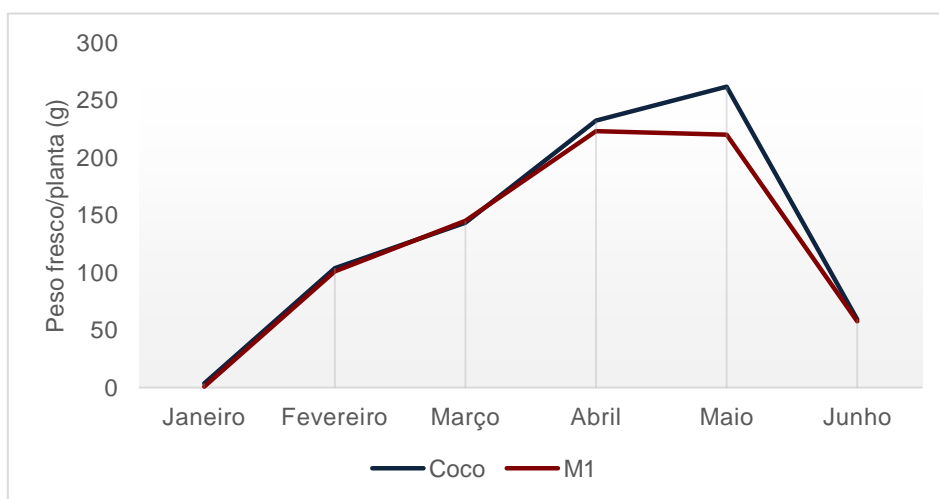


Figura 39 - Evolução, ao longo dos meses, do peso fresco dos frutos/planta nos substratos Coco e M1.

4.6.4. Produção total por calibre

O tamanho dos frutos é importante não só para tornar o processo de colheita e embalagem mais rápido, mas também para a valorização por parte do mercado consumidor, resultando em maiores ganhos para o produtor (Conti *et al.*, 2002).

Todas as cultivares, à exceção da 'Camarosa', produziram uma maior percentagem (> 50%) de frutos com calibre > 35mm (Fig. 40).

No calibre de dimensão 25-35mm, as cvs. San Andreas e Rábida registaram valores estatisticamente iguais, registando o maior peso (293,5 e 314,1 g planta⁻¹, respetivamente) (Anexo IX, Quadro 31).

A cv. Portola apresentou maior percentagem de frutos de maior calibre (55,6% de frutos de Ø > 35mm) (Fig. 40) e maior percentagem de produção comercializável (94,9 %) (Fig.41).

A percentagem de refugo foi mais elevada na 'Camarosa' (14,5%) e como tal, maior percentagem de frutos não comercializáveis, devido essencialmente a deformações do fruto. As deformações ocorrem devido a problemas de polinização que podem ter origem no número reduzido de insetos polinizadores, esterilidade das flores femininas ou pólen insuficiente. Neste ensaio a deformação dos frutos pode ter sido originada em flores que se desenvolveram no interior da canópia, ficando pouco expostas aos agentes polinizadores ou pela ocorrência de certas pragas (Afídeos) e doenças (Oídio), que prejudicaram o bom desenvolvimento dos órgãos florais (Fig. 42).

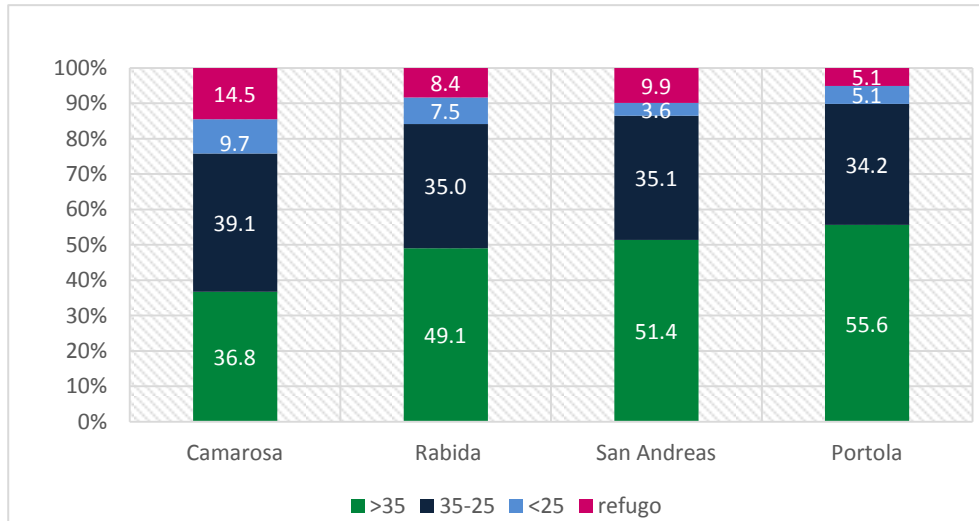


Figura 40 - Percentagem de produção por calibre das cvs. Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola.

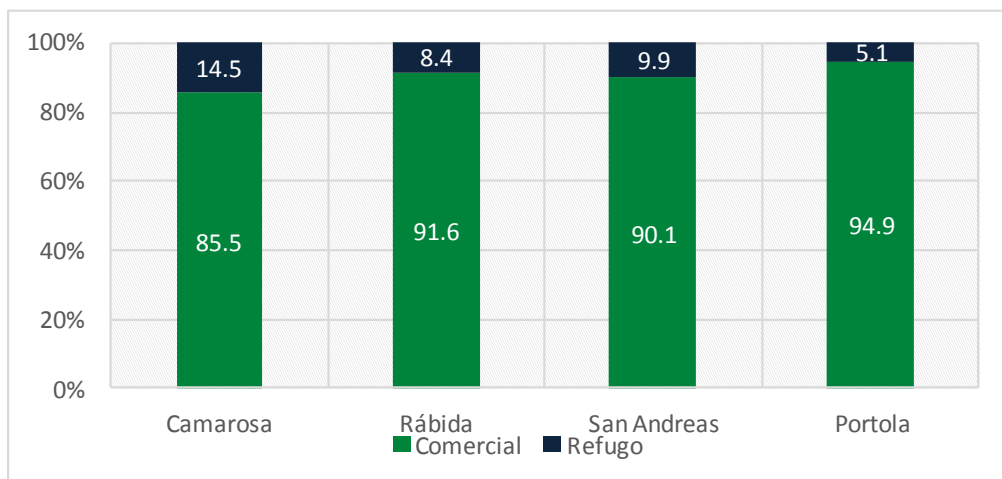


Figura 41 - Percentagem de frutos comercializáveis e de refugo (não comercializáveis), nas cvs Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola

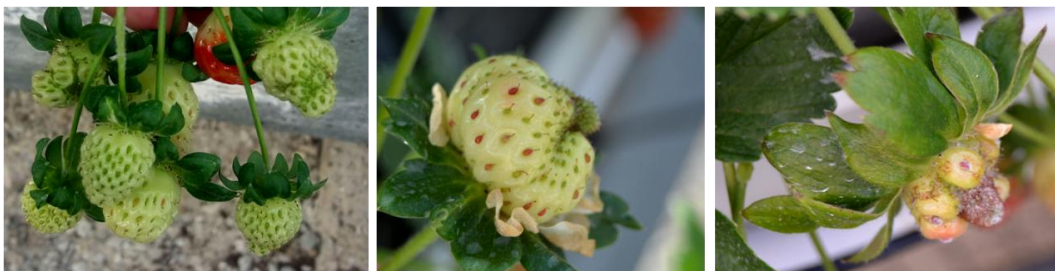


Figura 42 - Frutos com deformação devido à deficiente polinização.

4.7. Análise qualitativa da produção

A qualidade pode ser expressa por um conjunto de propriedades e características que determinam o grau de excelência e o nível de satisfação do consumidor (Sousa *et al.*, 2007). A metodologia que define os aspetos da qualidade inclui a determinação e quantificação da textura, sabor, cor, valor nutricional e segurança alimentar do fruto (Sousa *et al* 2011).

4.7.1. Análise das características físicas dos frutos

Os frutos da cv. Rábida apresentaram uma forma mais arredondada (comprimento longitudinal/comprimento equatorial mais próximo de 1), seguidos das cvs. Portola, Camarosa e San Andreas que apresentaram um formato mais cónico-alongado.

Relativamente ao peso, a cv. Portola apresentou o maior valor médio de peso dos frutos (30,2 g fruto⁻¹).

A firmeza dos frutos teve uma oscilação inexistente entre substratos, no entanto, verificou-se que as quatro cultivares registaram valores de resistência à penetração diferentes, permitindo classificar as cvs. Portola, Camarosa e Rábida como as cultivares de maior firmeza (33, 32,8 e 31,6 unidades Durofel, respetivamente) (Anexo X, Quadro 32) (Fig.44).

As coordenadas cromáticas L*, a* e b* revelaram valores de p significativos para o fator "Cultivar". Os frutos da cv. Portola apresentaram maior tonalidade, o que corresponde a um tom mais claro e os frutos da cv. Camarosa registaram menor valor, o que corresponde a uma tonalidade de vermelho mais escuro. Quanto à saturação e luminosidade, os frutos das cvs. Rábida e Portola registaram os valores mais altos, correspondendo a um vermelho mais intenso/alaranjado que as restantes cultivares (Fig. 45).

As análises do parâmetro cor estão de acordo com a Fig. 43, em que as diferenças de cor entre os frutos de cada uma das cultivares são visivelmente notórias.



Figura 43 - Frutos colhidos das quatro cultivares: A- Camarosa; B - Rábida; C- San Andreas; D- Portola.

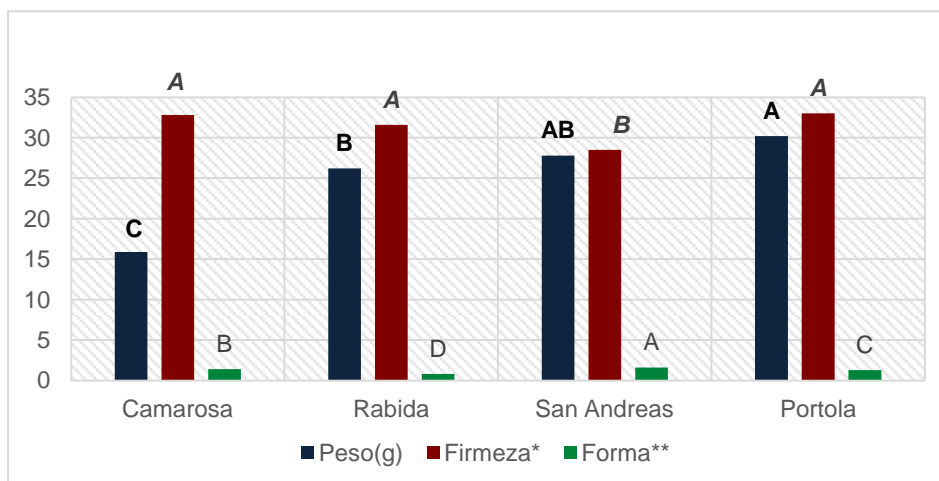


Figura 44 - Parâmetros físicos peso, firmeza e forma dos frutos das cvs. Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola nos substratos Coco e M1. * Barras referentes à mesma variável com letras diferentes são significativamente diferentes a $p < 0,05$

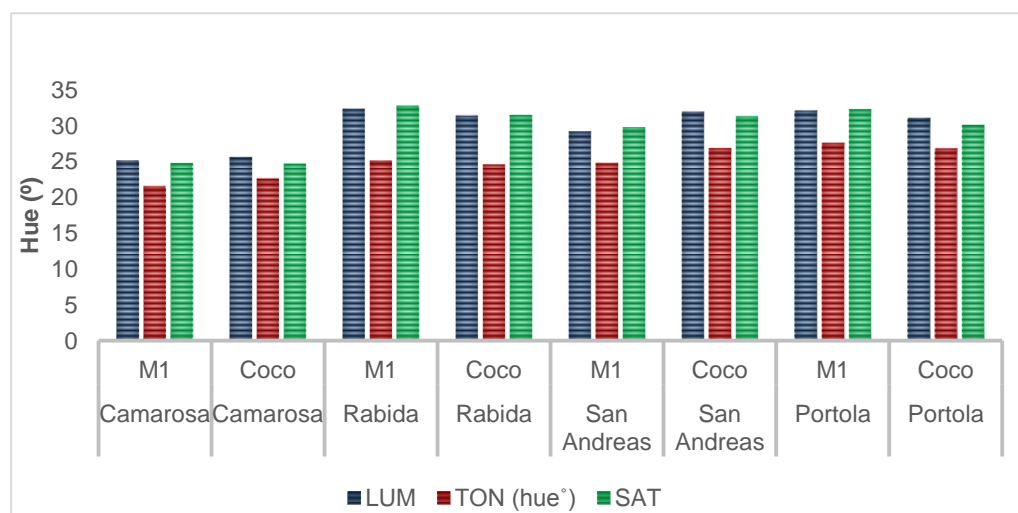


Figura 45 - Parâmetros da cor do fruto (luminosidade, tonalidade e saturação) dos frutos das cvs. Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola nos substratos Coco e M1. LUM-luminosidade; TON-tonalidade (hue°); SAT-saturação.

4.7.2. Análise das características químicas dos frutos

Os morangos com sabor aceitável devem apresentar um mínimo de 7,0°Brix de sólidos solúveis e um máximo de 0,8% de acidez titulável (Kader, 1991).

No ensaio, os resultados obtidos com o teor de sólidos solúveis estimados em °Brix (Anexo X, Quadro 34) evidenciaram grande variação entre cultivares, e na interação “Cultivar x Substrato” (Fig. 46).

A cv. Camarosa registou maior TSS, com 8,3 °Brix no substrato M1. O menor valor foi registado na cv. Portola com 4,7°Brix no substrato M1.

O pH dos frutos também apresentou diferenças significativas entre as cultivares. A ‘Rábida’ produziu frutos com pH mais alto (3,5) e os frutos da cv. San Andreas registaram o menor valor (3,3). Os frutos das cultivares estudadas no ensaio apresentaram um pH ligeiramente ácido, no entanto a acidez dos frutos é também influenciada pela AT e verificou-se que a AT atenuou ligeiramente a acidez.

Os frutos das cvs. Camarosa e San Andreas registaram maior acidez que os frutos das restantes cultivares, a ‘Camarosa’ registou 8,9 g L⁻¹ e 8,1 g L⁻¹ de ácido cítrico e a San Andreas registou 9 g L⁻¹ e 8,5 g L⁻¹ de ácido cítrico nos substratos M1 e Coco, respetivamente.

A elevada acidez esteve relacionada com as elevadas temperaturas de verão que se fizeram sentir na data de colheita de frutos para a análise, nomeadamente céu nublado e temperaturas superiores a 25°C.

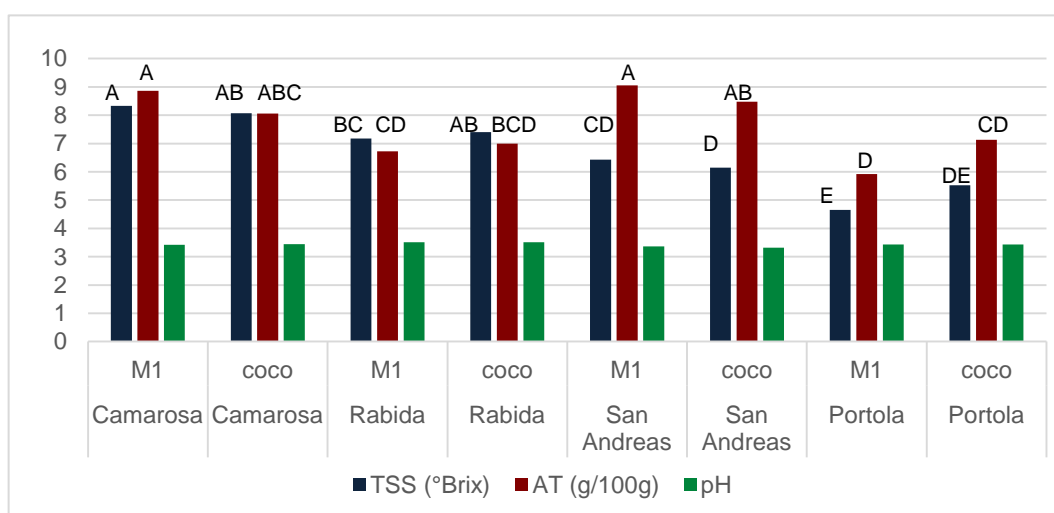


Figura 46 - Parâmetros químicos dos frutos das cvs. Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola nos substratos Coco e M1. TSS-teor de sólidos solúveis; AT-acidez titulável; pH-Potencial de hidrogénio. * Barras referentes à mesma variável com letras diferentes são significativamente diferentes a $p < 0,05$

A variável SS/AT foi influenciada apenas pelo fator “Cultivar” (Anexo X, Quadro 35). São necessários elevados teores de sólidos solúveis e acidez para os frutos terem o sabor típico do morango. A acidez elevada pode resultar em frutos menos apreciados pelo consumidor, principalmente quando não está em equilíbrio com um alto teor de sólidos solúveis, tornando o fruto com o sabor e aroma menos intensos e doces.

Os frutos das cvs. Rábida e Camarosa apresentaram a maior razão SS/AT (10,9 e 9,8, respetivamente), produzindo frutos de sabor mais doce, comparando com os frutos das cvs. San Andreas e Portola (Fig. 47).

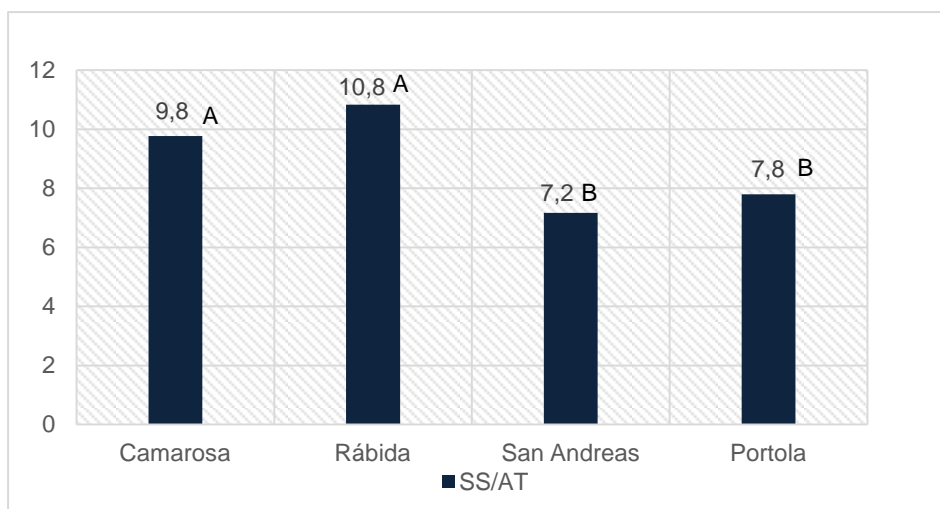


Figura 47 - Valores médios de SS/AT nas cultivares Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola. * Barras referentes à mesma variável com letras diferentes são significativamente diferentes a $p < 0,05$

4.7.3. Avaliação sensorial

As notas atribuídas pelo painel de provadores para a característica doce foram menores que as atribuídas para outros atributos sensoriais analisados. O painel avaliou os frutos das cvs. San Andreas como bastante ácidos, o que vai de acordo com as análises químicas os frutos (Fig. 48 e Fig. 49).

A firmeza e os parâmetros da cor, avaliados sensorialmente, estão correlacionados com os valores da firmeza e cor analisados nas análises laboratoriais. Mehinagic *et al.*, (2004) investigaram a possibilidade de prever a percepção sensorial da textura das maçãs por parâmetros instrumentais e concluíram que os parâmetros medidos pelos testes de penetração estavam altamente correlacionados com atributos sensoriais texturais.

De uma forma generalizada, a cv. Rábida produziu frutos com melhor avaliação ao nível de sabor e textura, no entanto, os frutos da cv. Portola foram avaliados com a melhor cor, comparativamente com os frutos das restantes cultivares.

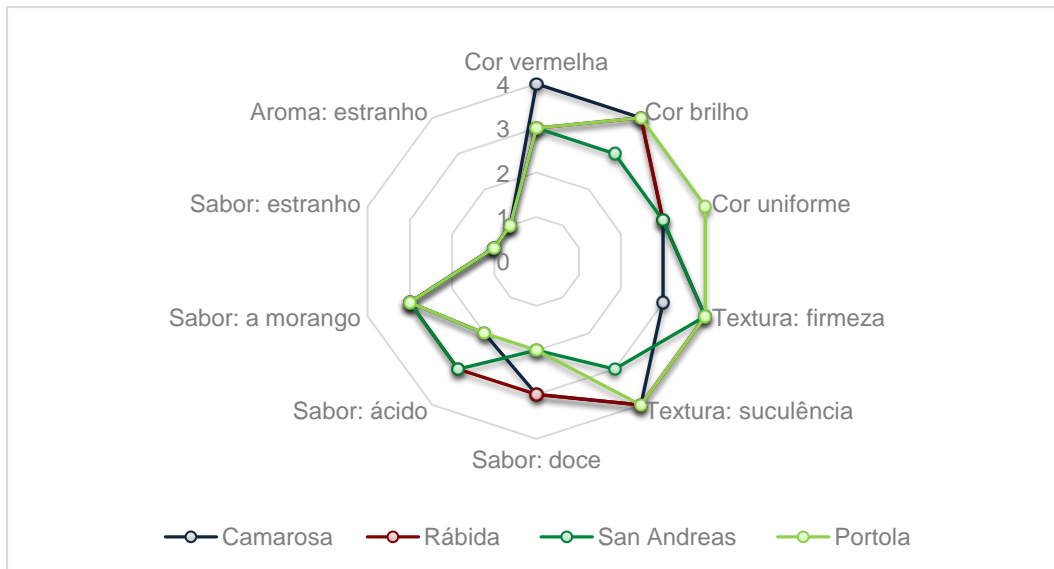


Figura 48 - Comparação do perfil sensorial das quatro cultivares (Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola) no substrato M1.

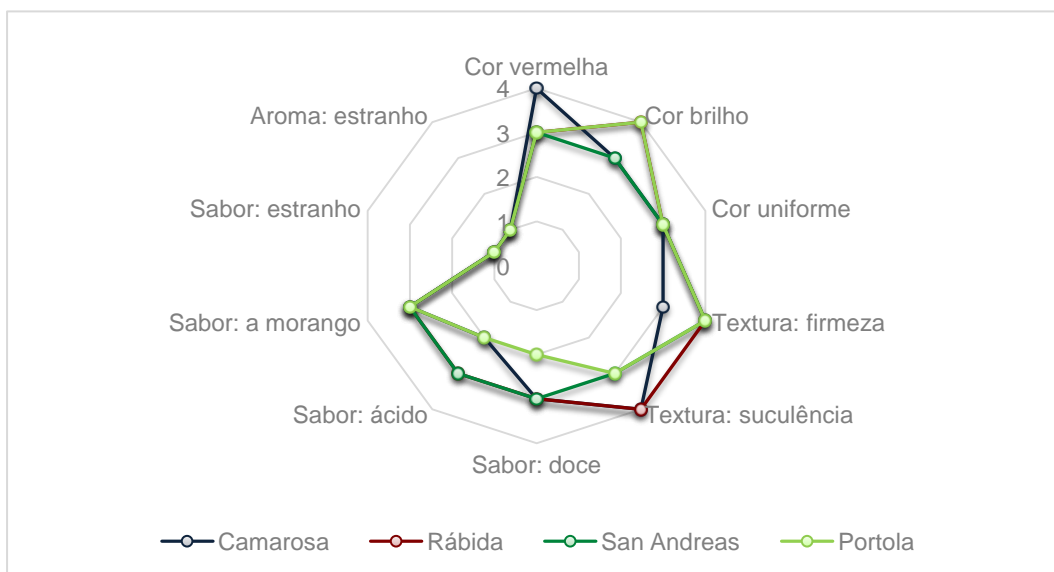


Figura 49 - Comparação do perfil sensorial das quatro cultivares (Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola) no substrato Coco.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação do crescimento vegetativo e reprodutivo, a produtividade e a qualidade do fruto das cvs. Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola em dois substratos orgânicos comerciais, M1 e Coco, foi realizada através do estudo de vários parâmetros de crescimento e desenvolvimento ao longo do ciclo vegetativo da planta, tais como o vigor vegetativo, o padrão de floração e de frutificação.

De acordo com os resultados obtidos, verificou-se que o fator “cultivar” destacou-se como o elemento fundamental para a definição do vigor vegetativo, da produtividade e qualidade dos frutos. O tipo de substrato apenas influenciou alguns parâmetros. De um modo geral, as plantas conduzidas no substrato Coco iniciaram a floração mais cedo, que foi mais evidente na ‘Rábida’ e ‘San Andreas’. A produtividade das plantas foi igualmente superior no substrato Coco, cerca de 10% em relação ao substrato M1.

Do facto da cv. Camarosa registar maiores valores de número de coroas, área foliar e número de folhas concluiu-se que esta cultivar apresenta maior porte que as restantes cultivares, no entanto, não se refletiu numa maior produção de frutos por m², sendo também a cultivar que registou maior percentagem de refugo (14,5%). Esta cultivar revelou-se mais susceptível ao oídio e ao ataque dos afídeos.

A cv. Rábida, apesar de ter registado menor número de inflorescências que as restantes cultivares, o número de flores e a taxa de vingamento foram maiores, refletindo-se numa maior produção precoce e total (589,7 g planta⁻¹ e 897,55 g planta⁻¹), concluindo-se que a produtividade desta cultivar está diretamente relacionada com o número de flores por planta.

A cultivar San Andreas registou o menor número de inflorescências e de flores por planta, no entanto a sua produção precoce e total registou valores muito próximos da cv. Rábida (563 g planta⁻¹ na produção precoce e 836 g planta⁻¹ na produção total), pelo que se conclui que a produção desta cultivar não depende somente do número de flores.

A ‘Portola’ apesar de ter iniciado a colheita mais cedo, comparativamente às restantes cultivares ($p < 0,05$), não registou maior quantidade de produção precoce e total, obtendo valores inferiores aos das cvs. Rábida e San Andreas.

Apesar de ter sido plantada mais tarde, na cv. Portola o número de inflorescências no final do ciclo foi semelhante ao das outras cultivares. A produtividade foi semelhante à da San Andreas mas inferior à da ‘Rábida. Foi a cultivar que produziu maior percentagem de produção comercializável, cerca de 95% e 5% de refugo.

Relativamente à qualidade, a cv. Rábida produziu frutos com melhor avaliação tanto na análise laboratorial como sensorial, aos níveis de sabor e textura. No entanto, os frutos da cv. Portola foram avaliados com a melhor cor, comparativamente com os frutos das restantes cultivares.

Tendo em conta os resultados obtidos, pode-se eleger a cv. Rábida como a mais produtiva, com frutos de boa dimensão e com melhores características de qualidade. A cv. San Andreas,

apesar de ter registado uma boa produção, verificou-se que não foi apreciada pelo painel de provadores devido à sua elevada acidez.

Ao longo dos anos tem-se vindo a criar novas cultivares que têm a capacidade de competir e ultrapassar a cv. Camarosa em termos de precocidade, produtividade e características sensoriais, ao longo de todo o ciclo de cultivo, sem esquecer outros fatores como a resistência a doenças. No ensaio realizado concluiu-se que as cvs. Rábida, San Andreas e Portola apresentaram melhores resultados nos parâmetros estudados, podendo substituir na plenitude a cv. Camarosa, que era considerada a cultivar com melhores características.

O fator “substrato” não afetou significativamente a maioria dos parâmetros estudados, influenciando apenas a precocidade de floração, a matéria seca dos frutos, algumas características químicas dos frutos e a produção total. Nestes parâmetros, os melhores resultados registados no substrato coco, indicam que este deverá ser o substrato a adotar. Assim, apesar de maior investimento inicial, a amortização dos custos pode ser mais rápida quando comparado com o substrato M1. Estudos futuros serão necessários para aferir a viabilidade económica deste substrato, efetuando um estudo mais aprofundado dos custos dos vários substratos e de todos os fatores de produção.

Com vista à melhoria da produtividade, poderão ser efetuados alguns ajustes, como o melhoramento na monitorização da fertirrega e do sistema de arrefecimento da estufa, bem como a colocação de colmeias no interior da estufa para facilitar a polinização e assim obter menor quantidade de frutos deformados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, M., Noguera, P., Puchades, R., Maquieira, A., Noguera, V. 2002.** Physio-chemical and chemical properties of some coconut coir dusts for use as a peat substitute for containerised ornamental plants. *Bioresource Technology* 82: 241-245
- Alexander, P. D., Bragg, N.C., Meade, R., Padelopoulos, G., Watts, O. 2008.** Peat in horticulture and conservation: the UK response to a changing world. *Mires and Peat* 3: 1-10.
- Andriolo, J.L.; Poerschke, P.L. 1998.** Cultivo do tomateiro em substratos. UFSM-Centro de Ciências Rurais. Santa Maria 12 p.
- Asiah, A., Mohd, R.I., Mohd, K.Y., Marziah, M., Shaharuddin, M. 2004.** Physical and chemical properties of coconut coir dust and oil palm empty fruit bunch and the growth of hybrid heat tolerant cauliflower plant. *Journal of Tropical Agricultural Science* 27 (2): 122-133.
- Batista, J.G., Batista, E.R. 2007.** Compostagem: Utilização de compostos em horticultura. Universidade dos Açores. Angra do Heroísmo. 252 p.
- Bortwick, H.A., Parker, M.V., 1952.** Light in relation to flowering and vegetative development. Rpt. 13. *Intl. Hort. Cong.* 2:801-810.
- Branco J. 2011.** Projeto de criação de uma empresa de produção de morango em substrato e em produção integrada. Trabalho de projeto de mestrado em agricultura sustentável. Elvas. 147 p.
- Branzanti, E.C. 1989.** La fresa. Mundi-Prensa. Madrid. 384 p.
- Brito, L. M. 2012.** Características dos substratos para Horticultura. *Agrotec* 2: 32-38
- Bueno S.C.S, Maia A.H.N, Tessarioli N. J. 2002.** Florescimento de 17 cultivares de morangueiro (*Fragaria X ananassa* Duch.), In: congresso de fruticultura. São Paulo.
- Cano, 2003.** Ventana solo una variedad. *Mercados*, 67:45-46.
- Carbonari, R. 1978.** Produção de morango (*Fragaria* spp) em função do processamento de mudas e épocas de plantio. Piracicaba: ESALQ-USP, Dissertação de mestrado-Programa de pós-graduação em Agronomia, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Universidade de São Paulo, Piracicaba. 71 p.
- Carlile, W. R., Wilson, D. P. 1991.** Microbial activity in growing media – a brief review. *Acta Horticulturae* 294: 197-206

CEN.1999a. Soil improvers and growing media, sample preparation for chemical and physical tests, determination of dry matter content, moisture content and laboratory compacted bulk density. Brussels. European Committee for Standardization. 14p.

CEN. 1999b. Soil improvers and growing media, determination of pH. Brussels. European Committee for Standardization. 9p.

CEN. 1999c. Soil improvers and growing media. Determination of electrical conductivity. Brussels. European Committee for Standardization. 9p.

Chitarra, M.I.F., Chitarra, A.B. 2005. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: ESALQ/FAEPE, 2. Ed. 785 p.

Conti, J. H., Minami, K., Tavares, F.C.A. 2002. Produção e qualidade de frutos de morango em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. Horticultura Brasileira, Brasília, v.20, n.1, 10-17 p.

Correia, C. 2006. Fibra de coco, composto e vermicomposto. Alternativas à turfa na formulação e avaliação de substratos para agricultura biológica. Relatório do trabalho de fim de curso. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa. 55p.

Darrow, G. M. 1929. Inflorescence types of strawberry varieties. Am. J. Bot., XVI:571-585p.

Darrow, G.M., Waldo, G.F. 1934. Responses strawberry varieties and species to duration of daily light period. Tech. Bull. 453:1-31

Darrow, G.M. 1936. Interrelation of temperature and photoperiodism in the production of fruit buds and runners in the strawberry. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 34:360-363

Darrow, G.M. 1966. The strawberry: History, Breeding and Phisiology. New York: Holt, Rinehart and Wiston. 447p.

Dias, R. 2005. Produtividade da cultura do morangueiro em substrato. Relatório de fim de curso de Engenharia Agronómica. Lisboa. 56 p.

Duarte F. J., Antunes, L. E. C., Pádua, J. G. 2003. Introdução e Avaliação de cultivares de morangueiro no Sul de Minas Gerais. Brasil. v. 21. 68-76 p.

Duarte F. J; Cunha R.J.P., Alvarenga D.A., Pereira G.E., Antunes L.E.C., 1999. Aspectos de florescimento e técnicas empregadas objetivando a produção precoce em morangueiros. Informe Agropecuário 20: 30-35.

Durner, E.F, Poling, E.B. 1985. Comparison of three methods of determining the floral or vegetative status of strawberry plants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110: 808-811.

- Ferreira, V.L.P., Almeida, T.C., Pettinelli, M.L., Silva, M.A., Chaves, J.B., Barbosa, E. M. 2000.** Análise sensorial: testes discriminativos e afetivos. Manual: série qualidade. Campinas
- Flore, J. A., Layne D. R. 1999.** Photoassimilate production and distribution in cherry. HortScience. 34: 1015-1019.
- Galletta G. J. & Bringhurst R. S. 1990** Strawberry Management. In: Galletta G. J. & Himelrick D. G. (Editors) Small Fruit Crop Management. 83- 156 p.
- GPPAA. 2015.** Morango. In: Anuário Vegetal. Castel-Publicações e Edições, S.A. Lisboa. 49p.
- Guérineau, C., Bigey, J., Longuesserre, J., Navatel, J.C., Pommier, J.J., Lacroix, C.R. 2003.** La culture du fraiser sur substrat. Ctifl-Ciref.Paris. 165p.
- Guttridge, C.G. 1985.** *Fragaria x ananassa*. In: CRC Handbook of Flowering, vol III. Halevy A.(ed.). CRC Press. Florida. 16-33p.
- Hancock, J.F. 1999.** Strawberries. CABI Pulishing. New York. 237p.
- Handreck, K., Black, N. 2010.** Growing media for ornamental plants and turf. University of New South Wales Press Ltd. Sydney. 551p.
- Heide, O. 1977.** Photoperiod and temperature interactions in growth and flowering of strawberry. Physiol.Plant., 40:21-26p.
- Hummer, K. E. et al. 2008.** Global Conservation Strategy for *Fragaria* (Strawberry). Scripta Horticulturae, ISHS, nº 6: 87p.
- Kader, A. A. 1991.** Quality and its maintenance in relation to postharvest physiology of Strawberry. In: LUBY. The strawberry into the 21st century, Timber Press, Portland, Oregon, EUA. 145-152p.
- Kirschbaum, D.S. 1998.** Temperature and growth regulator effects on growth and development of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). University of Florida. Florida 144 p.
- Lang.G.A. 1987.** Dormancy: a new universal terminology. Hortscience. 22:817-819
- Larson, K.D. 1994.** Strawberry. In: Schaffer. B., and Anderson, P.C. Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops. Temperate Crops. CRC Press, Boca Raton, Florida. Vol. 1. 271-297 p.
- Lemaire, F. 1995.** Physical, chemical and biological properties of growing médium. Acta Horticulturae 396: 273-284

Lieten, P., Longuessaerre, J., Baruzzi, G., Medina, J.L., Navatel, J.C, Krueger, E., Matala, V., Paroussi, G. 2004. Recent situation of the strawberry substrate culture in Europe. *Acta Hort.* 649:193-196

Loescher, W. H., McCamant, T. e Keller, J. D. 1990. Carbohydrate reserves, translocation, and storage in woody plant roots. *HortScience* 25: 274-281

López, C.C. 2005. Fertirrigación: Cultivos hortícolas , frutales y ornamentales. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 681p.

López-Aranda J.M, Soria C., Santos B. M., Miranda L., Domínguez P., Medina-Mínguez J. 2011. Strawberry Production in Mild Climates of the World: A Review of Current Cultivar Use, *International Journal of Fruit Science.* 232-244 p.

Lucena, E. M. P. 2006. Desenvolvimento e maturidade fisiológica de manga “Tommy Atkins” no vale do São Francisco. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 152 p.

Maher, M. Prasad, M. Raviv, M. 2008. Organic soilless media components. In *Soilless culture. Theory and practice*, M.Raviv (ed). Elsevier. USA. 459-496 p.

Martim, M.V. 1987. Cultivo del freson en climas templados. Ediciones Agrárias S.A. 374 p.

Mass, J.L.; Wang, S.Y.; Galletta, G.J. 1991. Evaluation of strawberry genotypes for ellagic acid, an antimutagenic and anticarcinogenic plant phenol. In: DALE, A.; LUBY, J.J. (Eds.). *The Strawberry into the 21st Century.* Portland: Timber Press, v. 29. 115-117 p.

Matos, C. M. 2011. Formulação e avaliação de substratos para a produção de plantas aromáticas envasadas em modo de produção biológico. Dissertação de mestrado. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa. 74 p.

Mehinagic, E., Royer, G., Symoneaux, R., Bertrand, D. Jourjon, F. 2004. Prediction of the sensory quality of apples by physical measurements. *Postharvet Biology and Technology* 34(3): 257-269

Mejias, R.J., Ruano, M.C. 1990. El cultivo industrial de plantas en maceta. Ediciones de horticultura SL. Reus. Espanha. 664p.

Mendonça, M.G., 1998. Efeito da data de arranque no viveiro e do tratamento pelo frio no crescimento e produtividade do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) Tese de doutoramento. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa. 19-40p.

Menzel, C.M. & Smith, L. 2014. The growth and productivity of 'Festival' strawberry plants growing in a subtropical environment. *Journal of Crop and Horticulture Science*. Nova Zelândia 42: 60-75.

Miranda, C.F., Henriques, S., Rodrigues L., Rodrigues A.S., Monteiro A.A., Caço, J., Reis M., Antunes L.E. 2004. Manual De Culturas Horticolas sem solo. AIHO 152: 100-108

Naasz, R., Caron, J., Legault, J., Pichette, A. 2008. Efficiency factors for bark substrates: biostability, aeration, or phytotoxicity. *Soil Science Society of America Journal*. 3: 780-791

Natividade, J.V. 1940. Cultura dos morangueiros. Ministério da Agricultura. Serviço Editorial da Repartição de Estudos. Informação e propaganda. Série: Estudos e Informação Técnica. 11. 134p.

Nichols, M. 2007. Coir: a XXIst century sustainable growing medium. *Acta Horticulturae* 747: 91-93

Nitsch, J.P. 1950. Growth and morphogenesis of strawberry as related to auxin. *Amer. J. Bot.* 37:211-144

Oliveira, R.P., Scivittaro, W.B. 2006. Desempenho produtivo de mudas nacionais e importadas de morangueiro. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*, v. 28. 520-522 p.

Palha, M.G. 1998. Efeito da data de arranque no viveiro e do tratamento pelo frio no crescimento e produtividade do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.). Doutorado em engenharia agronómica. Lisboa. 105p.

Palha, M.G. 2005a. A planta do morangueiro. In: INIAV/EAN (ed.). *Manual do Morangueiro*. Oeiras. 3-12p.

Palha, M.G. 2005b. Strawberry growth and development in the mild winter European regions. *International Journal of Fruit Science* 5(1): 81-86p.

Palha M. G., Campo J.L., Oliveira P.B. 2012. Strawberry plant growth and dry matter partitioning as influenced by planting date and plant type in an autumn production system. *Acta Horticulturae* 926: 463–469.

Pardossi A., Carmassi G., Diara C., Incrocci L., Maggini R., Massa D. 2011. Fertigation and Substrate Management in Closed Soilless Culture. Dipartimento di Biologia delle Piante Agrarie, Università di Pisa. Pisa. 21-27 p.

Pérez de Camacaro M.E., Camacaro G.J., Hadley P, Battey N.H., Carew J.G. 2002. Pattern of growth and development of the strawberry cultivars Elsanta, Bolero, and Everest. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 127: 901–907.

Pestana F., Palha, M.G., Oliveira, C.M. 2016. Efeito da luz e do substrato na produtividade e qualidade do fruto de oito cultivares de morangueiro. Programa e Livro de Resumos V Colóquio Nacional da Produção de Pequenos Frutos, Oeiras, 44 p.

Phillips, I.D.J., 1975. Apical dominance. *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 26:341-367

Rebello, A., Balardin, R. S. 1997. A cultura do morangueiro. EPAGRI, morangueiro. Florianópolis. 44 p.

Ribeiro. H.E. 1996. Possibilidade de utilização de resíduos sólidos urbanos compostados na formulação de substratos para plantas envasadas. Dissertação de mestrado. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa. 143 p.

Ribeiro, H. M., Vasconcelos, E., Ribeiro, D., Cabral, F., Santos, J. Q. 2001. Utilização de casca de pinheiro envelhecida na cultura de plantas ornamentais envasadas. *Revista de Ciências Agrárias.* Vol. XXIV 3 e 4: 176-183

Rissel, G. e Navatel, J.C. 1997. La Fraise: Plants et Variétés. Ctifl, Ciref. 2éme ed. Paris. 103p.

Robbins, J.A., Evans, M.R. Sem data. Growing Media for Container Production in a Greenhouse or Nursery. Part I (Components and mixes). Greenhouse and Nursery Series. University of Arkansas. Division of agriculture. 4p.

Ronque, E., Vaz R. 1998. Considerações botânicas. A cultura do morangueiro. Emater-Paraná, 21-41p.

Roudeillac. M.P., Veschambre, D., Risser, G., Nourrisseau, J.G., Felici, G., Fourel, A., Moureau, B. Navatel, J.C. 1987. La fraise. Techniques de production. Ctifl-Ciref. Paris. 384p.

Santos, A.M., Medeiros, A.R.M. 2003. Produção de mudas comerciais. Frutos do Brasil, 40: Morango: produção. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília 35-38p.

Savini, G., Neri, D. Zucconi, F. e Sugiyama, N. 2005. Strawberry Growth and Flowering an Architectural Model. *International Journal of Fruit Science.* 5: 29-49.

Soares, A.P. 2001. Comercialização do morango e outros pequenos frutos. I Colóquio Nacional de Produção de Morango e Outros Pequenos Frutos. Acta nº2 da Associação Portuguesa de Horticultura. APH/EAN-DHF.Oeiras, Portugal. 61-67p.

Sousa, M. B., Curado, T., Vasconcellos, F. N., Trigo, M. J. 2007. Framboesa: Qualidade Pós-Colheita. *Folhas de Divulgação Agro.* 6: 32 p.

Sousa, M. B., Serrano, C. e Trigo, M. J. 2011. Pequenos frutos: qualidade comercial, valor nutricional e benefícios na saúde. Instituto Nacional de Recursos Biológicos. Agrorural: Contributos Científicos. 186-196p.

Sousa, M.B., Ramos, A.C., Serrano, C., Abreu, M. & Palha, M.G. 2016. Cultivares de morango em substrato: qualidade dos frutos. Atas Portuguesas de Horticultura 26: 245-249.

Strand, L.L. 1994. Strawberry growth and development. In: Integrated pest management for strawberries. Flint, M.L. Publication 3351. University of California.

Streck, N., Weiss, A., Xue, Q, Baenziger S. A. 2003. Improving predictions of developmental stages in winter wheat: a modified Wang and Engel model. Agricultural and Forest Meteorology.115: 139-150.

Streck, N. N., Weiss,A., Xue, Q., Baenziger S A. 2005b. Estimativa do plastocrono em meloeiro (*Cucumis melo L.*) cultivado em estufa plástica em diferentes épocas do ano. Ciência Rural. v. 35. 1275-1280 p.

Streck, N., Weiss,A., Xue, Q.,Baenziger S A. 2005a. Estimativa do filocrono em cultivares de trigo de primavera. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v. 13. 423-429 p.

Testoni, A., Lovati, F. 1998. Considerazioni su alcuni aspetti qualitativi dei frutti di fragola. In: La Fragola verso il 2000. Convegno Nazionale. Verona. Camera di Commercio Industria Artigianato e Agricoltura di Verona. 263-277 p.

Watts, B. M. Ylimaki, G. L., Jeffery, L.E. Elias, L.G. 1992. Métodos sensoriais básicos para la evaluación de alimentos. Secretaria de Estado. Ottawa: Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. Espanha

Webb, R. A., Purves, J.V., White, B. A, Ellis, R. 1974. A critical path analysis of fruit production in strawberry. Sci. Hortic. 2:175-184.

Whitney, G. 1982. The productivity and carbohydrate economy of a developing stand of *Rubus idaeus*. Canadian Journal of Botany 60: 2697- 2703.

Xue, Q., Weiss, A. Baenziger, P. S. 2004. Predicting leaf appearance in field-grown winter wheat: evaluating linear and non-linear models. Ecological Modeling, v. 175, n. 3. 261-270 p.

Cibergrafia

Caço, J. 2005. Substratos para cultivares sem solos “Hidroponia”. Disponível em www.hubel.pt Acedido em 20 de novembro de 2016.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. Disponível em: <http://www.fao.org/countryprofiles/en/>. Acedido em 15 de novembro de 2016.

Fepex - <http://www.fepex.es/datos-del-sector/produccion-frutas-hortalizas> acedido em 14 de dezembro de 2016.

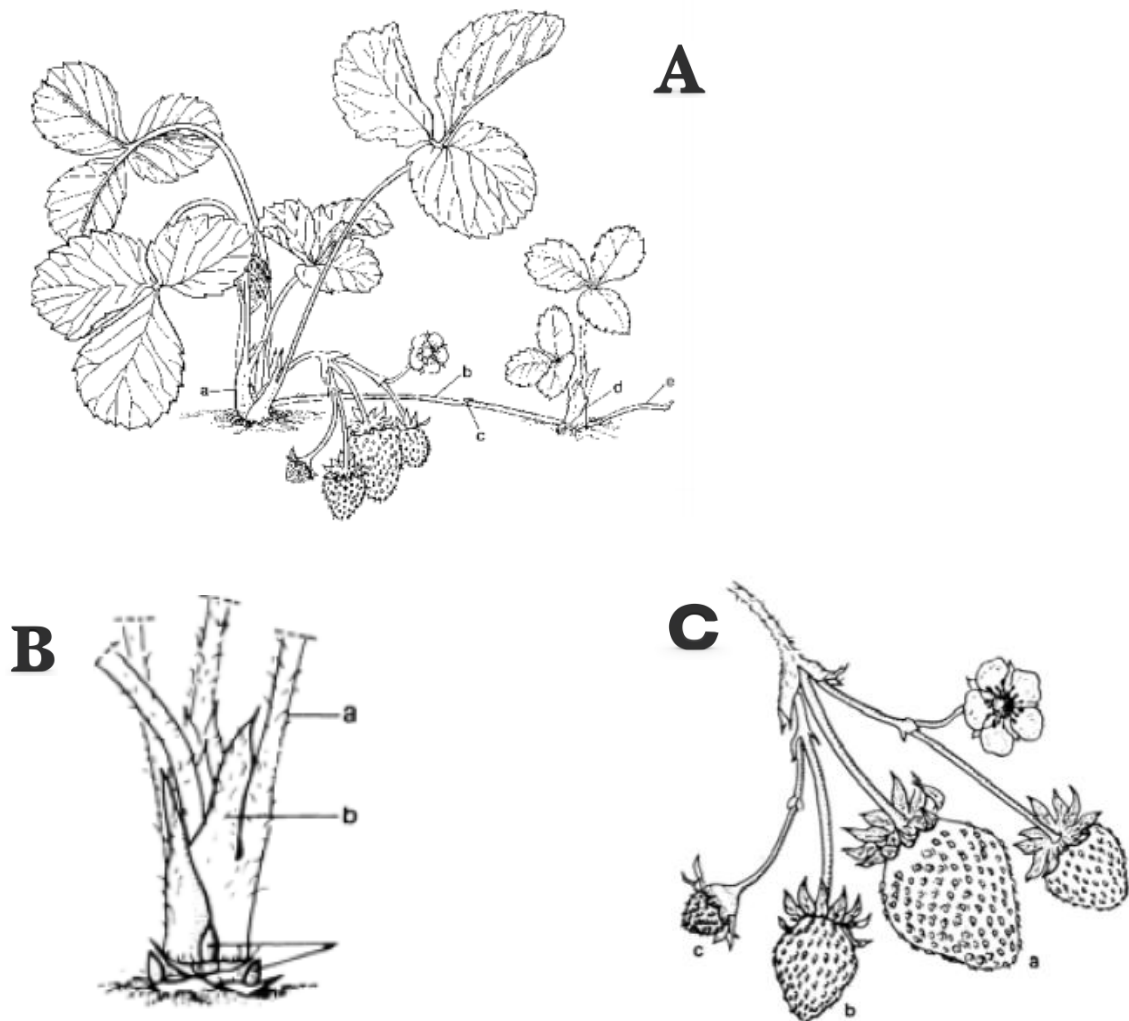
Universidade da Califórnia <http://research.ucdavis.edu/industry/ia/industry/strawberry/cultivars> acedido em 18 de abril de 2017.

<http://www.fresasnm.com/variedad.php?Rabida-Fnm/4> acedido em 15 de novembro de 2016.

https://pt.wikipedia.org/wiki/Classifica%C3%A7%C3%A3o_clim%C3%A1tica_de_K%C3%B6ppen-Geiger acedido em 21 de dezembro de 2016.

ANEXOS

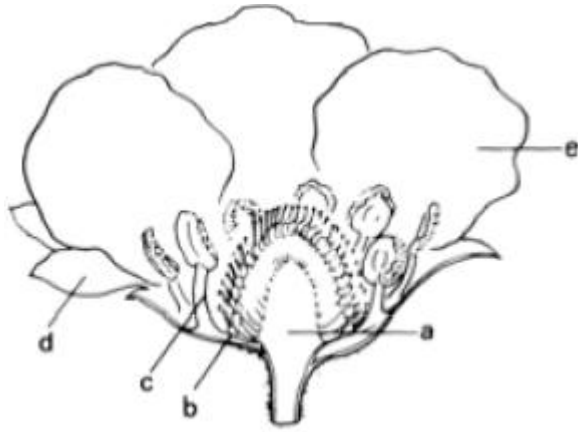
Anexo I - Representação esquemática da planta do morangueiro.



(Adaptado de Galletta & Bringhurst, 1990)

Figura 50 - Morfologia do morangueiro

- A- Planta: **a)** coroa e estípula; **b)** estolho; **c)** planta filha
- B- Coroa dormente: **a)** pecíolo de uma folha velha; **b)** estípula; **c)** gomos axilares
- C- Frutos: **a)** fruto primário; **b)** fruto secundário; **c)** fruto terciário



(Adaptado de Galletta & Bringhurst, 1990)

Figura 51 - Secção longitudinal da flor: a) receptáculo; b) pistilos; c) anteras; d) sépalas; e, pétalas

Anexo II - Análises aos substratos Coco e M1.

Quadro 7 - Teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e sódio (Na) nos substratos (mg L⁻¹) e condutividade elétrica (mS cm⁻¹).

Data da análise	Substrato	pH	P (mg L ⁻¹)	Ca (mg L ⁻¹)	Mg (mg L ⁻¹)	Na (mg L ⁻¹)	K (mg L ⁻¹)	N-NO3 (mg L ⁻¹)	Condutividade elétrica (mS cm ⁻¹)
Antes da plantação	Coco	4,5 B	58,3 B	119,3 B	49,3 A	171,3 A	262,0 B	5,5 B	0,595 B
	M1	4,9 A	54,3 A	256,0 A	47,0 B	137,8 B	351,0 A	22,0 A	0.706 A
	EP	0,0461	1,581	9,225	1,349	0,699	5,797	0,203	0,009
	Prob (F)	0,002	0,085	<0,001	0,183	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Final do ensaio	Coco	4,3 B	87,0 A	97,7 A	39,3 A	88,3 A	178,3 B	30,3 B	0,344 A
	M1	5,1 A	78,0 B	87,0 B	18,7 B	68,3 B	216,0 A	42,7 A	0,294 B
	EP	0,103	1,331	1,828	1,014	1,091	18,058	4,726	0,002
	Prob (F)	0,017	0,022	0,028	0,002	0,052	0,170	0,013	0,003

EP-erro padrão da média associada a cada variável independente; Prob (F) Nível de significância. Em cada coluna os valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$).

Anexo III - Temperaturas do substrato.

Quadro 8 – Temperaturas dos substratos registadas no programa de controlo da temperatura da estufa.

Semanas após a plantação	Temperatura no substrato Coco (°C)			Temperatura no substrato M1 (°C)		
	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo
1	17,86±1,29	23	14	18,29±1,12	23	16
2	14,40±2,11	21	10	15,20±1,93	21	10
3	17,20±1,71	22	13	17,20±1,71	22	13
4	15,63±0,70	19	13	16,50±1,10	20	12
5	16,60±0,75	21	12	18,10±0,68	22	13
6	12,75±1,00	18	10	13,75±1,01	19	11
7	15,44±0,75	18	12	16,22±0,86	19	12
8	14,75±1,11	17	12	15,25±1,11	18	13
9	13,67±1,08	17	11	14,67±1,33	19	11
10	14,02±1,53	17	12	14,67±1,76	18	12
11	15,79±0,66	20	12	16,36±0,70	20	12
12	15,93±0,79	21	12	15,80±0,77	21	12
13	16,67±0,56	19	15	16,67±0,56	19	15
14	13,80±0,90	20	9	13,47±0,88	19	9
15	15,73±0,79	22	13	15,87±0,79	22	13
16	16,73±0,87	22	12	16,67±0,78	22	13
17	17,01±0,92	24	13	16,27±0,87	23	13
18	17,20±0,82	22	13	17,33±0,75	22	13
19	17,25±1,36	23	12	17,63±1,24	23	13
20	18,67±2,18	23	16	19,33±2,33	24	17
21	18,83±2,27	26	15	18,00±1,86	26	15
22	19,40±2,15	26	15	19,00±1,82	25	15
23	20,75±2,75	28	16	20,50±2,90	28	15
24	17,00±0,00	17	17	17,00±0,00	17	17

Anexo IV – Fichas de prova para análise sensorial do fruto

Quadro 9- Quadro para a avaliação do perfil sensorial do parâmetro cor.

Pontuação	Cor		
	vermelho	brilhante	uniforme
1	pouco intenso	muito baço	nada uniforme
2	ligeiro	baço	ligeiramente uniforme
3	moderado	moderadamente brilhante	moderadamente uniforme
4	intenso	brilhante	uniforme
5	muito intenso	muito brilhante	muito uniforme

(Adaptado de Oswin, 1980)

Quadro 10 - Quadro para avaliação do perfil sensorial dos parâmetros da textura, sabor e aroma em morango.

Pontuação	Textura		Sabor			Aroma	
	firmeza	suculência	doce	ácido	morango	estranho	estranho
1	nada firme	ausente	nada doce	nada ácido	muito fraco	ausente	ausente
2	ligeiramente firme	ligeira	ligeiramente doce	ligeiramente ácido	ligeiro	ligeiro	ligeiro
3	moderadamente firme	moderada	moderadamente doce	moderadamente ácido	moderado	moderado	moderado
4	firme	intensa	doce	ácido	intenso	intenso	intenso
5	muito firme	muito intensa	muito doce	muito ácido	muito intenso	muito intenso	muito intenso

(Adaptado de Oswin, 1980)

Análise sensorial de morango - Ficha de prova

Cultivar:

Data:

Prorador:

Quadro 11 - Avaliação organolética da cor em morango

Amostra	Cor					
	vermelho		brilho		uniforme	
	3		3		3	
	2	4	2	4	2	4
	1	5	1	5	1	5
	3		3		3	
	2	4	2	4	2	4
	1	5	1	5	1	5
	3		3		3	
	2	4	2	4	2	4
	1	5	1	5	1	5

(Adaptado de Oswin, 1980)

Quadro 12 – Avaliação organolética da textura, sabor e aroma

Amostra	Textura		Sabor				Aroma
	firmeza	suculência	doce	ácido	a morango	estranho	estranho
	3	3	3	3	3	3	3
	2	4	2	4	2	4	2
	1	5	1	5	1	5	1
	3	3	3	3	3	3	3
	2	4	2	4	2	4	2
	1	5	1	5	1	5	1
	3	3	3	3	3	3	3
	2	4	2	4	2	4	2
	1	5	1	5	1	5	1
	3	3	3	3	3	3	3
	2	4	2	4	2	4	2
	1	5	1	5	1	5	1

(Adaptado de Oswin, 1980)

Anexo V - Condições Ambientais

Quadro 13 - Valores médios, máximo e mínimos da temperatura no exterior da estufa (°C) e da temperatura (°C) e umidade relativa (%) no interior da estufa. Média de 25 repetições \pm erro padrão da média.

Mês	Temperatura dentro da estufa (°C)			Umidade relativa dentro da estufa (%)		
	Temp. máxima	Temp. mínima	Temp. média	HR máxima	HR mínima	HR média
nov 2015	27	16	21,3 \pm 0,44	81	54	65,1 \pm 1,15
dez 2015	22	16	19,4 \pm 0,29	82	60	69,5 \pm 1,18
jan 2016	21	14	18,5 \pm 0,30	83	57	71,7 \pm 1,41
fev 2016	20	15	18,1 \pm 0,24	85	47	64,7 \pm 1,84
mar 2016	22	14	18,9 \pm 0,29	75	52	80,2 \pm 1,11
abr 2016	27	19	22,2 \pm 0,36	80	40	59,4 \pm 1,52
mai 2016	32	19	23,6 \pm 0,53	78	27	58,9 \pm 2,14

Anexo VI – Fenologia da planta de morangueiro

Quadro 14 - Efeito da interação cultivar x substrato no número de dias até ao início da floração.

Cultivar	Substrato	Início da Floração (dias*)
Camarosa	M1	46,8 AB
	Coco	44,5 AB
Rábida	M1	31,0 BCD
	Coco	18,3 D
San Andreas	M1	36,0 ABC
	Coco	21,0 CD
Portola	M1	51,3 A
	Coco	51,3 A
	EP	5,237
Prob(F)		
	<i>Cultivar</i>	<0,001
	<i>Substrato</i>	0,659
	<i>Cultivar x Substrato</i>	0,007

EP-erro padrão da média associada a cada variável independente; Prob (F) Nível de significância. Em cada coluna os valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). *dias após a plantação

Quadro 15 - Efeito da cultivar e do substrato no número de dias entre a floração e maturação e entre a plantação e início de colheita.

	Duração entre floração e a maturação (dias)	Início de colheita (dias*)
Cultivares		
Camarosa	48,6 A	101,6 A
Rábida	45,9 A	96,4 B
San Andreas	47,6 A	93,6 B
Portola	34,2 B	73,3 C
EP	2,01	1,73
Substrato		
Coco	42,2	90,5
M1	45,9	91,9
EP	1,42	1,22
Prob (F)		
Cultivar	<0,001	<0,001
Substrato	0,113	0,241

EP-erro padrão da média associada a cada variável independente; Prob (F) Nível de significância. Em cada coluna os valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). *dias após a plantação.

Anexo VII - Análise do crescimento e desenvolvimento das plantas

Quadro 16 - Efeito da cultivar e do substrato no número de coroas ao longo do ensaio.

	Número de Coroas/planta					
	60 DAP*	90 DAP*	120 DAP *	150 DAP*	180 DAP*	210 DAP*
Cultivar						
Camarosa	1,3	1,3	2,0	3,5 A	2,5 AB	3,3
Rábida	1,1	1,3	1,2	1,8 B	1,6 C	1,8
San Andreas	1,1	1,6	1,7	2,0 B	1,8 BC	3,0
Portola	1,3	1,8	1,9	1,8 B	2,9 A	n.d.
EP	0,178	0,350	0,328	0,505	0,332	0,612
Substrato						
Coco	1,1	1,5	1,7	2,4	2,3	3,2
M1	1,3	1,5	1,7	2,1	2,1	2,2
EP	0,126	0,248	0,232	0,357	0,235	0,509
Prob(F)						
<i>Cultivar</i>	0,629	0,396	0,066	0,003	<0,001	0,073
<i>Substrato</i>	0,195	1,000	0,858	0,357	0,483	0,072
<i>Cultivar x</i>	0,336	0,717	0,770	0,991	0,968	0,752
<i>Substrato</i>						

EP-erro padrão da média associada a cada variável independente; Prob (F) Nível de significância. Em cada coluna os valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). * DAP- Dias após a plantação; n.d.- não determinado

Quadro 17 - Efeito da cultivar e do substrato no diâmetro das coroas ao longo do ensaio.

	Diâmetro da coroa (mm)					
	60 DAP*	90 DAP*	120 DAP*	150 DAP*	180 DAP*	210 DAP*
Cultivar						
Camарosa	14,2	20,8	30,5 A	37,9 A	36,5 AB	43,5 A
Rábida	14,4	19,3	23,3 B	29,1 B	28,6 B	29,1 B
San Andreas	15,7	17,9	21,2 B	26,2 B	31,5 AB	40,3 A
Portola	11,8	22,5	31,3 A	32,2 AB	36,6 A	n.d.
EP	1,57	2,82	2,49	2,67	3,70	2,97
Substrato						
Coco	14,2	20,9	26,4	32,8	34,6	41,1
M1	13,9	19,4	26,8	29,8	33,6	36,1
EP	1,11	1,99	1,76	1,88	2,61	2,48
Prob(F)						
Cultivar	0,117	0,429	<0,001	<0,001	0,025	<0,001
Substrato	0,771	0,464	0,831	0,117	0,705	0,061
Cultivar x Substrato	0,717	0,388	0,085	0,647	0,982	0,433

EP-erro padrão da média associada a cada variável independente; Prob (F) Nível de significância. Em cada coluna os valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). * DAP- Dias após a plantação; n.d.- não determinado

Quadro 18 - Efeito da cultivar e do substrato no número de folhas, ao longo do ensaio.

	Número de Folhas					
	60 DAP*	90 DAP*	120 DAP*	150 DAP*	180 DAP*	210 DAP*
Cultivar						
Camarosa	7,5	9,3	14,5 A	21,5 A	20,7 AB	26,7
Rábida	7,3	9,5	10,9 AB	17,7 AB	17,7 B	19,7
San Andreas	7,2	8,4	10,2 B	13,3 B	14,6 B	27,4
Portola	5,5	8,3	13,9 AB	14,0 B	25,2 A	n.d.
EP	0,86	1,33	1,51	1,74	2,55	3,86
Substrato						
Coco	6,8	9,0	12,8	17,4	20,5	28,2
M1	6,9	8,7	11,9	15,9	18,6	24,7
EP	0,61	0,94	1,08	1,18	1,80	3,22
Prob(F)						
Cultivar	0,097	0,740	0,015	<0,001	0,002	0,115
Substrato	0,733	0,885	0,360	0,237	0,305	0,128
Cultivar x Substrato	0,802	0,939	0,171	0,706	0,873	0,326

EP-erro padrão da média associada a cada variável independente; Prob (F) Nível de significância. Em cada coluna os valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). * DAP- Dias após a plantação; n.d.- não determinado

Quadro 19 - Efeito da cultivar e do substrato na área foliar, ao longo do ensaio.

	Área Foliar (cm ²)					
	60 DAP*	90 DAP*	120 DAP*	150 DAP*	180 DAP*	210 DAP*
Cultivar						
Camarosa	480,3 A	719,3 A	1153,1 A	1521,9 A	1549,4 A	1839,2
Rábida	482,7 A	652,7 A	873,6 AB	1437,5 A	1361,3 AB	1654,2
San Andreas	395,9 A	561,9 A	604,5 BC	830,0 BC	952,0 C	1698,0
Portola	176,7 B	539,5 B	1016,3 B	1157,5 B	1748,0 A	n.d.
EP	48,61	107,35	119,8	109,28	112,26	269,40
Substrato						
Coco	390,8	674,1	856,2	1359,8	1441,5	1943,8
M1	376,7	562,6	870,9	1113,6	1364,7	1625,9
EP	34,38	78,44	77,68	79,27	124,04	182,79
Prob(F)						
Cultivar	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,885
Substrato	0,760	0,557	0,135	0,069	0,06	0,218
Cultivar x	0,429	0,436	0,973	0,973	0,075	0,197
Substrato						

EP-erro padrão da média associada a cada variável independente; Prob (F) Nível de significância. Em cada coluna os valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). * DAP- Dias após a plantação; n.d.- não determinado

Quadro 20 - Efeito da cultivar e do substrato no número de inflorescências por planta, ao longo do ensaio.

	Número de inflorescências/planta					
	60 DAP*	90 DAP*	120 DAP *	150 DAP*	180 DAP*	210 DAP*
Cultivar						
Camарosa	1,0	2,2	4,3 B	6,8 A	6,7 AB	6,9
Rábida	1,0	2,2	3,4 BC	5, BC	5,2 BC	6,0
San Andreas	1,1	2,0	2,8 C	3,9 C	4,3 C	7,0
Portola	1,0	2,7	5,5 A	5,9 AB	8,6 A	n.d.
EP	0,11	0,33	0,44	0,47	0,88	1,10
Substrato						
Coco	1,2	2,3	4,2	5,6	6,2	6,9
M1	0,9	2,2	3,7	5,2	6,3	5,8
EP	0,07	0,23	0,31	0,34	0,49	0,80
Prob(F)						
<i>Cultivar</i>	0,919	0,266	<0,001	<0,001	0,010	0,141
<i>Substrato</i>	0,061	0,737	0,236	0,319	0,789	0,061
<i>Cultivar x</i>	0,087	0,139	0,286	0,143	0,876	0,800
<i>Substrato</i>						

EP-erro padrão da média associada a cada variável independente; Prob (F) Nível de significância. Em cada coluna os valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). * DAP- Dias após a plantação; n.d.- não determinado.

Quadro 21 - Efeito da cultivar e do substrato no número de flores, ao longo do ensaio.

	Número de flores					
	60 DAP*	90 DAP*	120 DAP *	150 DAP*	180 DAP*	210 DAP*
Cultivar						
Camarosa	4,9	9,7	22,0 A	34,1 A	32,8 A	29,2
Rábida	6,5	11,6	22,5 A	38,4 A	36,4 A	29,6
San Andreas	5,5	9,0	13,9 B	21,9 B	21,8 B	34,3
Portola	4,5	9,0	21,5 A	22,7 B	37,5 A	n.d.
EP	0,89	1,71	2,51	2,86	4,23	5,26
Substrato						
Coco	5,4	9,7	21,3	31,5	32,6	35,9
M1	5,3	10,1	18,6	29,1	31,5	29,1
EP	0,66	1,71	1,77	2,02	2,99	1,77
Prob(F)						
Cultivar	0,077	0,381	0,004	<0,001	0,003	0,581
Substrato	0,653	0,731	0,142	0,061	0,699	0,066
Cultivar x Substrato	0,807	0,061	0,234	0,287	0,824	0,968

EP-erro padrão da média associada a cada variável independente; Prob (F) Nível de significância. Em cada coluna os valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$).

Anexo VIII - Partição da matéria seca pelos diferentes órgãos da planta

Quadro 22 - Efeito da cultivar e do substrato na partição da matéria seca pelos diferentes órgãos de planta, aos 60 DAP.

	Raiz + Coroa subterrânea	Coroa Aérea	Folhas	Inflorescências	Frutos
Cultivar					
Camarosa	1,3	0,2	2,4	0,3	0,02 B
Rábida	1,2	0,2	2,5	0,5	0,4 A
San Andreas	1,7	0,3	2,2	0,6	0,1 B
Portola	1,6	0,3	1,9	0,7	0,0 B
EP	0,42	0,06	0,30	0,38	0,09
Substrato					
Coco	1,4 A	0,2	2,0	0,7 A	0,1
M1	1,5 A	0,2	2,1	0,4 A	0,1
EP	0,30	0,04	0,22	0,27	0,42
Prob(F)					
<i>Cultivar</i>	0,578	0,394	0,060	0,231	0,003
<i>Substrato</i>	0,625	0,747	0,292	0,638	0,544
<i>Cultivar x Substrato</i>	0,994	0,451	0,494	0,984	0,415

EP-erro padrão da média associada a cada variável independente; Prob (F) Nível de significância. Em cada coluna os valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$).

Quadro 23 - Efeito da cultivar e do substrato na partição da matéria seca pelos diferentes órgãos de planta, aos 90 DAP.

	Raiz + Coroa subterrânea	Coroa Aérea	Folhas	Inflorescências	Frutos
Cultivar					
Camarosa	1,9	0,6	4,0	2,0	2,2 B
Rábida	1,6	0,5	4,4	1,2	4,5 A
San Andreas	2,7	0,7	3,9	1,9	4,0 AB
Portola	2,1	0,5	3,9	0,8	2,9 AB
EP	0,57	0,13	0,80	0,66	0,74
Substrato					
Coco	2,1 A	0,6	4,3	1,4	3,4
M1	2,0 A	0,5	3,8	1,5	3,4
EP	0,37	0,09	0,60	0,46	0,53
Prob(F)					
Cultivar	0,227	0,636	0,226	0,161	0,016
Substrato	0,739	0,516	0,824	0,886	0,937
Cultivar x Substrato	0,396	0,587	0,300	0,191	0,571

EP-erro padrão da média associada a cada variável independente; Prob (F) Nível de significância. Em cada coluna os valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$).

Quadro 24 - Efeito da cultivar e do substrato na partição da matéria seca pelos diferentes órgãos de planta, aos 120 DAP.

	Raiz + Coroa subterrânea	Coroa Aérea	Folhas	Inflorescências	Frutos
Cultivar					
Camарosa	3,9 A	1,3 A	8,3 A	2,4	2,3 B
Rábida	2,4 B	0,6 B	6,2 AB	1,7	5,5 A
San Andreas	2,1 B	0,7 B	5,2 B	1,6	1,9 B
Portola	3,0 AB	0,8 AB	7,9 A	2,4	3,2 B
EP	0,57	0,19	0,74	0,31	0,50
Substrato					
Coco	2,6	0,8	7,3	2,2	3,3
M1	3,1	0,9	6,6	1,8	3,7
EP	0,40	0,13	0,65	0,22	0,36
Prob(F)					
Cultivar	0,013	0,003	0,020	0,071	<0,001
Substrato	0,211	0,386	0,142	0,168	0,215
Cultivar x Substrato	0,657	0,979	0,287	0,254	0,165

EP-erro padrão da média associada a cada variável independente; Prob (F) Nível de significância. Em cada coluna os valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$).

Quadro 25 - Efeito da cultivar e do substrato na partição da matéria seca pelos diferentes órgãos de planta, aos 150 DAP.

	Raíz + Coroa subterrânea	Coroa Aérea	Folhas	Inflorescências	Frutos
Cultivar					
Camarosa	4,8 A	1,4 A	12,3 A	3,4 A	6,2 AB
Rábida	3,5 AB	0,8 B	9,9 AB	2,8 AB	10,2 B
San Andreas	2,3 B	0,7 B	6,4 C	2,7 AB	5,8 A
Portola	2,7 B	0,6 B	8,5 BC	2,3 B	5,6 A
EP	0,75	0,13	1,06	0,31	1,03
Substrato					
Coco	3,4	0,9	10,4	3,3	6,5 A
M1	3,2	0,8	8,2	2,3	7,5 B
EP	0,55	0,09	0,71	0,21	1,02
Prob(F)					
Cultivar	0,015	<0,001	0,009	0,007	<0,001
Substrato	0,656	0,066	0,130	0,061	0,052
Cultivar x Substrato	0,552	0,719	0,234	0,151	<0,001

EP-erro padrão da média associada a cada variável independente; Prob (F) Nível de significância. Em cada coluna os valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). *DAP- Dias após a plantação; n.d.- não determinado

Quadro 26 - Efeito da cultivar e do substrato na partição da matéria seca pelos diferentes órgãos de planta, aos 180 DAP.

	Raíz + Coroa subterrânea	Coroa Aérea	Folhas	Inflorescências	Frutos
Cultivar					
Camarosa	4,0	1,0 A	11,9 AB	2,9	4,6 B
Rábida	2,8	0,6 B	10,3 BC	2,4	6,2 C
San Andreas	2,7	0,7 B	7,4 C	2,4	4,5 B
Portola	3,8	0,9 AB	14,8 A	3,2	3,2 A
EP	0,73	0,11	1,46	0,38	0,92
Substrato					
Coco	3,3	0,8	11,2	2,7	5,1
M1	3,4	0,8	11,0	2,8	4,1
EP	0,52	0,06	1,03	0,31	1,01
Prob(F)					
Cultivar	0,208	0,002	0,010	0,381	<0,001
Substrato	0,755	0,316	0,830	0,147	0,007
Cultivar x Substrato	0,941	0,993	0,669	0,125	<0,001

EP-erro padrão da média associada a cada variável independente; Prob (F) Nível de significância. Em cada coluna os valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$).

Quadro 27- Efeito da cultivar e do substrato na partição da matéria seca pelos diferentes órgãos de planta, aos 210 DAP.

	Raiz + Coroa subterrânea	Coroa Aérea	Folhas	Inflorescências	Frutos
Cultivar					
Camarosa	5,3	1,2 A	15,2	2,0 B	3,7
Rábida	3,6	0,5 B	13,7	1,6 B	4,5
San Andreas	3,5	0,9 AB	14,3	3,0 A	3,7
Portola	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d
EP	0,88	0,17	2,52	0,51	0,53
Substrato					
Coco	4,4	1,1	16,7	2,9	4,7 B
M1	3,9	0,9	14,9	1,8	3,2 A
EP	0,60	0,14	2,04	0,36	0,46
Prob(F)					
Cultivar	0,059	0,002	0,781	0,004	0,125
Substrato	0,114	0,115	0,071	0,064	<0,001
Cultivar x Substrato	0,502	0,623	0,354	0,861	<0,001

EP-erro padrão da média associada a cada variável independente; Prob (F) Nível de significância. Em cada coluna os valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$).

Anexo IX - Análise quantitativa da produção

Quadro 28 - Efeito da cultivar e do substrato na produção precoce (g planta⁻¹), e total (g planta⁻¹; Kg m⁻²).

	Produção Precoce (g planta ⁻¹)	Produção Total (g planta ⁻¹)	Produção Total (kg m ⁻²)
Cultivares			
Camarosa	362,1 B	631,4 C	8,8 C
Rábida	589,7 A	897,5 A	12,6 A
San Andreas	563,3 A	836,1 AB	11,7 AB
Portola	391,9 B	780,9 B	10,9 B
Substrato			
Coco	483,4	820,7 A	11,5 A
M1	470,1	752,3 B	10,5 B
Prob (F)			
Cultivar	<0,001	<0,001	<0,001
Substrato	0,455	0,024	0,041
Cultivar x substrato	0,214	0,638	0,629

EP-erro padrão da média associada a cada variável independente; Prob (F) Nível de significância. Em cada coluna os valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$).

Quadro 29 - Efeito da cultivar e do substrato no número e peso meso dos frutos ao longo do ensaio .

	Nº de frutos/planta	Peso médio dos frutos (g)
Cultivares		
Camarosa	61,9 A	10,2 C
Rábida	61,5 A	14,7 B
San Andreas	53,2 B	15,7 AB
Portola	47,0 B	16,6 A
	2,697	0,553
Substrato		
Coco	57,5	14,6
M1	54,3	14,5
	1,901	0,391
Prob (F)		
Cultivar	<0,001	<0,001
Substrato	0,110	0,198
Cultivar x substrato	0,929	0,464

EP-erro padrão da média associada a cada variável independente; Prob (F) Nível de significância. Em cada coluna os valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$).

Quadro 30 - Efeito da cultivar e do substrato, na produção mensal (g planta⁻¹).

Cultivar	Produção Mensal (g planta⁻¹)					
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho
Camarosa	0,0	76,5 B	97,5 C	188,2 B	207,6 B	61,1
Rábida	3,1	150,5 A	184,6 A	251,5 A	217,1 B	57,6
San Andreas	5,9	175,4 A	151,4 B	230,5 A	221,3 B	51,4
Portola	0,0	7,8 C	143,7 B	240,4 A	317,5 A	63,1
EP	3,32	9,58	11,40	14,63	15,19	7,41
Substrato						
Coco	3,7	104,0	143,4	232,3	261,8	59,4
M1	0,9	101,1	145,1	223,1	220,0	57,5
EP		9,58	8,06	10,34	10,74	5,24
Prob(F)						
Cultivar	0,233	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,407
Substrato	0,245	0,663	0,834	0,378	0,061	0,709
Cultivar x Substrato	0,185	0,355	0,334	0,348	0,095	0,738

EP-erro padrão da média associada a cada variável independente; Prob (F) Nível de significância. Em cada coluna os valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$).

Quadro 31 - Efeito da cultivar e do substrato na produção de frutos por calibre da produção.

	Produção por Calibre (g planta ⁻¹)			
	>35mm	35-25mm	<25mm	Refugo
Cultivar				
Camarosa	232,1 B	246,6 B	61,2 A	91,5 A
Rábida	440,6 A	314,1 A	67,2 A	75,4 A
San Andreas	429,8 A	293,5 A	30,1 B	82,7 A
Portola	434,2 A	267,1 B	39,8 B	39,8 B
EP	33,32	17,53	8,28	8,56
Substrato				
Coco	389,9	294,6	51,7	80,4
M1	364,1	269,3	49,7	69,2
EP	23,56	12,39	5,85	6,05
Prob(F)				
Cultivar	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Substrato	0,753	0,548	0,518	0,198
Cultivar x Substrato	0,244	0,742	0,212	0,076

EP-erro padrão da média associada a cada variável independente; Prob (F) Nível de significância. Em cada coluna os valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$).

Anexo X - Análise qualitativa da produção

Quadro 32 - Valores médios das características físicas do morango, forma, firmeza e peso, nas cultivares Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola e no substrato M1 e Coco.

	Forma*	Firmeza**	Peso (g)
Cultivares			
San Andreas	1,6 A	28,5 B	27,8 AB
Camarosa	1,4 B	32,8 A	15,9 C
Portola	1,3 C	33,0 A	30,2 A
Rábida	0,8 D	31,6 A	26,2 B
EP	0,02	0,83	0,93
Substrato			
Coco	1,2	31,5	25,7
M1	1,3	31,4	24,4
EP	0,01	0,59	0,66
Prob (F)			
Cultivar	<0,001	<0,001	<0,001
Substrato	0,321	0,979	0,167

*Forma = diâmetro longitudinal/diâmetro equatorial; **Firmeza (unidades Durofel)

EP-erro padrão da média associada a cada variável independente; Prob (F) Nível de significância. Em cada coluna os valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$).

Quadro 33 - Valores médios das características físicas, tonalidade, saturação e luminosidade dos morangos nas cultivares Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola e no substrato M1 e Coco.

Cultivar	Substrato	Cor		
		Ton*(hue^o)	Sat**	L***
Camarosa	M1	21,5 E	24,8 D	25,1 C
	Coco	22,6 DE	24,7 D	25,6 C
Rábida	M1	25,1 BC	32,7 A	32,3 A
	Coco	24,6 CD	31,5 ABC	31,3 A
San Andreas	M1	24,7 BCD	29,8 C	29,2 B
	Coco	26,8 AB	31,3 ABC	31,9 A
Portola	M1	27,6 A	32,3 AB	32,1 A
	Coco	26,8 AB	30,1 BC	31,0 AB
Prob (F)				
	Cultivar	<0,001	<0,001	<0,001
	Substrato	0,176	0,156	0,343
	Cultivar x Substrato	0,012	0,003	<0,001

EP-erro padrão da média associada a cada variável independente; Prob (F) Nível de significância. Em cada coluna os valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$). *Ton-tonalidade. **Sat-saturação. ***L-luminosidade

Quadro 34 - Valores médios das características químicas do morango: Acidez, °Brix e pH nas cultivares Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola e no substrato M1 e Coco.

Cultivar	Substrato	Ácido cítrico (g L⁻¹)	°Brix	Cultivar	pH
Camarosa	M1	8,9 A	8,3 A	Camarosa	3,4 AB
	Coco	8,1 ABC	8,1 AB	Rábida	3,5 A
Rábida	M1	6,7 CD	7,2 BC	San Andreas	3,3 B
	Coco	6,9 BCD	7,4 AB	Portola	3,4 AB
San Andreas	M1	9,1 A	6,4 CD	EP	0,04
	Coco	8,5 AB	6,2 D	Substrato	
Portola	M1	5,9 D	4,7 E	Coco	3,4
	Coco	7,1 BCD	5,5 DE	M1	3,4
	EP	0,51	0,28	EP	0,03
Prob (F)	Cultivar	<0,001	<0,001	Prob(F)	
	Substrato	0,914	0,323	Cultivar	<0,001
	Cultivar x Substrato	0,041	0,031	Substrato	0,855
				Cultivar x Substrato	0,892

EP-erro padrão da média associada a cada variável independente; Prob (F) Nível de significância. Em cada coluna os valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$).

Quadro 35 - Valores médios de SS/AT nas cultivares Camarosa, Rábida, San Andreas e Portola e no substrato M1 e Coco.

	SS/AT
Cultivares	
Camarosa	9,7 A
Rábida	10,8 A
San Andreas	7,2 B
Portola	7,8 B
EP	0,434
Substrato	
Coco	9,0
M1	8,8
EP	0,307
Prob (F)	
Cultivar	<0,001
Substrato	0,465
Cultivar x substrato	0,897

EP-erro padrão da média associada a cada variável independente; Prob (F) Nível de significância. Em cada coluna os valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($\alpha \leq 0,05$).