



Hinc patrīam sustinet

**Instituto Superior de Agronomia**  
**Universidade Técnica de Lisboa**

# **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE DIFERENTES PLÁSTICOS BIODEGRADÁVEIS NA CULTURA DO MORANGUEIRO (*Fragaria x ananassa* Duch.)**

**Maria Cláudia Pereira de Araújo Santos Andrade**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

**Engenharia do Ambiente**

Orientador: Doutora Elizabeth da Costa Neves Fernandes de Almeida Duarte

Co-orientador: Doutora Maria da Graça Sequeira Palha Mendonça

## **Júri:**

Presidente: Doutor António José Saraiva de Almeida Monteiro, Professor Catedrático do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa

Vogais: Doutora Elizabeth da Costa Neves Fernandes de Almeida Duarte, Professora Catedrática do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa

Doutor Arlindo Lima, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa

Doutora Maria da Graça Sequeira Palha Mendonça, Investigadora Auxiliar do Instituto Nacional de Recursos Biológicos, I.P.

Lisboa, 2011

## AGRADECIMENTOS

À Casa Prudêncio Sociedade Agropecuária, Lda. e à Lusomorango Organização de Produtores de Pequenos Frutos S.A. pelo financiamento e por terem possibilitado a realização deste trabalho.

À Senhora Professora Doutora Elizabeth d'Almeida Duarte (Instituto Superior de Agronomia) e à Senhora Doutora Maria da Graça Palha (Instituto Nacional de Recursos Biológicos), por terem aceitado orientar e co-orientar este trabalho, respectivamente, por toda a disponibilidade, apoio científico, ensinamentos, críticas e sugestões valiosas e ainda por toda a amizade e motivação nos momentos mais difíceis. À Senhora Doutora Maria da Graça Palha agradeço ainda a colaboração na avaliação dos dados biométricos e no tratamento estatístico dos resultados.

À Polivouga e à Silvex pelo fornecimento dos plásticos biodegradáveis.

À Eng<sup>a</sup>. Beatriz Sousa, do Instituto Nacional de Recursos Biológicos, pela ajuda prestada na análise laboratorial da qualidade dos frutos e à Eng<sup>a</sup>. Jacinta Campo, do mesmo Instituto, pela colaboração nas análises laboratoriais dos parâmetros biométricos das plantas.

Ao Dr. Lopo de Carvalho e ao Eng. Miguel Martins pela valiosa ajuda disponibilizada nalgumas determinações nas amostras do solo, efectuadas no Instituto Superior de Agronomia, e pela cedência de algumas fotografias.

Ao Eng. Carlos Rodrigues (Silvex) e à Dr.<sup>a</sup> Carla Ferreira (Polivouga) pela informação cedida e pela troca de conhecimentos. Ao Eng. Carlos Rodrigues agradeço ainda a bibliografia cedida e a ajuda na instalação do ensaio.

À Eng<sup>a</sup>. Susana Meneses pela ajuda, amizade, sugestões e incentivo durante este período.

À Eng<sup>a</sup>. Marta Baptista pelas ideias na estruturação do trabalho e ajuda no delineamento do ensaio.

Ao José Vasco pela ajuda valiosa nas medições da degradação final do plástico, com a utilização do programa de desenho da sua especialidade de arquitectura, sem a qual teria sido impossível apresentar estes resultados.

À minha família por todo o apoio, ajuda e compreensão durante este período.

A todos que de alguma forma contribuíram para que a realização deste trabalho fosse possível.

## RESUMO

Anualmente produzem-se enormes quantidades de resíduos plásticos decorrentes das actividades do sector agrícola. Parte deste plástico fica acumulado nas explorações agrícolas, enquanto a outra parte é conduzida para reciclagem ou é depositada em aterro.

Desta forma, a utilização de plásticos biodegradáveis na cobertura do solo afigura-se de extrema importância, tanto do ponto de vista económico como do ponto de vista ambiental, uma vez que estes plásticos podem ser incorporados no solo, no final de cada ciclo cultural, juntamente com os restos da cultura.

O objectivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de três plásticos biodegradáveis (P1, P2 e P3) na cobertura do solo, durante a produção de Outono-Inverno, na cultura do morangueiro. Como referência para a discussão dos resultados utilizou-se o plástico convencional (P4). Os plásticos biodegradáveis testados tiveram comportamentos distintos, sendo o P3 aquele que apresentou melhor desempenho ao longo do ciclo cultural. Em termos produtivos, os plásticos biodegradáveis apresentaram uma quebra em relação ao plástico convencional, apesar da matéria seca total das plantas mais elevada, significando que foram menos eficazes na conversão de matéria seca em frutos. Em relação à qualidade dos frutos, não se verificaram diferenças entre as quatro modalidades estudadas. Analisando em conjunto os resultados obtidos neste estudo, podemos concluir que a transição para a utilização de plásticos biodegradáveis, em vez dos utilizados convencionalmente, é bastante promissora, trazendo mais-valias em termos ambientais, sem comprometer a viabilidade económica da sua utilização, caso se consiga assegurar a mesma produtividade.

**Palavras-chave:** plásticos convencionais, plásticos biodegradáveis, cobertura do solo, morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.), ciclo Outono-Inverno, sustentabilidade.

## ABSTRACT

An enormous amount of plastic waste resulting from the agricultural activities is produced every year. Part of this plastic remains in the fields, while the other part is sent to recycling or landfill.

The use of biodegradable mulch films can play an important role towards a sustainable development in agricultural sector. These plastics can be plugged in the soil, after its use, among the crop residues.

The aim of this study was to compare the performance of three different biodegradable mulch films (P1, P2 and P3) against the conventional polyethylene mulch film (P4), in the production of strawberries, during the autumn-winter cycle. The parameters followed during the crop cycle were yield, plant growth, fruit quality and pests and diseases.

The biodegradable mulch films had different behaviors during the crop cycle, P3 showing the best performance with 85% soil coverage at the end of the crop cycle, followed by P2 and P1 with 70% and 20%, respectively. The soil coverage of the conventional mulch film was 100%.

Compared to conventional mulch film, biodegradable mulches led to a decrease in the yield and in the harvest index, while there was an increase in the total dry biomass of the plants. Results obtained also showed that overall quality of fruits was not affected by the type of plastic.

As a conclusion, this innovative agricultural practice can be an interesting alternative and a good opportunity for the farmers to try these promising alternatives to PE, without compromising the economical viability of its use, if there isn't any decrease in the total yield.

**Key-words:** conventional mulch film, biodegradable mulch film, strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.), autumn-winter cycle, sustainability.

## EXTENDED ABSTRACT

Strawberries produced on autumn-winter cycles are typically grown on raised beds covered with black and white plastic mulches. The advantages of using these bicoloured mulch films during this period are due to optimization of soil temperatures and moisture, weed control, fruit protection and disease protection. However, there are a number of disadvantages regarding its utilization. The main problems with polyethylene plastic mulches are due to the need of being removed from the field, at the end of the crop cycle. Associated with the disposal costs and with the negative environmental impact, this solution is far from being sustainable.

The solution to replace polyethylene mulch films is to use biodegradable ones. These materials, can be tilled in the soil, resulting in reduced labor input and landfill costs. The main problem is that biodegradable mulch films are more expensive than conventional ones.

The aim of this study was to compare the behaviour of three biodegradable mulch films (P1, P2 and P3) with the conventional polyethylene film (P4), in the production of strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.), during the autumn-winter production cycle. The evaluations performed on the crop were yield, plant growth, fruit quality and pests and diseases.

The experimental field trials started in July 2010 with the application of the soil mulches and ended in January 2011 with the plugging of the biodegradable mulches and the removal of the conventional mulch film for recycling.

The mechanical application of biodegradable mulch films was also tested, being similar to the conventional mulch film, with no special requirements needed. The performance of the biodegradable mulch films was different along the experimental trial duration. The deterioration of the exposed mulch film and of the buried edges of the plastics was evaluated twice a month, throughout the crop cycle, by means of a visual rating scale. At the end of the crop cycle, the surface of the remaining plastic was measured, showing that P3 was the best biodegradable mulch film, followed by P2 and P1, with 85%, 70% and 20% soil coverage, respectively. The coverage of the conventional mulch film was 100%.

The first signs of mulch degradation appeared on P1, in the contact area with the soil, 3 weeks after planting. However, in spite of this early tearing, this film behavior was successful, until the beginning of December. The other biodegradable mulches studied performed well until the end of the crop cycle.

The average soil temperature registered in the beginning of the experimental field trial was lower underneath the conventional mulch film, in comparison with the biodegradable ones, with rest of the experimental period having no soil temperature differences between the four tested mulches.

Yields obtained with biodegradable mulch films were significantly lower than those achieved by conventional mulch film, which can make the crop production not profitable, however, the percentage of marketable and unmarketable fruits was the same, between biodegradable the tested mulches.

The fruit quality parameters (total soluble solids, pH, color, firmness) and the shelflife was not affected by the biodegradable mulch films. On the other hand, the number of fruits per plant was

higher with conventional mulch however there was no difference in the average fruit weight between the tested mulches. Total dry matter was higher with biodegradable mulch films but the harvest index was better with conventional one.

The biodegradable mulch films are more expensive than the conventional ones. However, in order to accomplish a sustainable agriculture practice, the government gives financial support for the application of these kind of mulches, representing a little investment for the farmers, if there isn't any decrease in the total yield.

**Key-words:** conventional mulch film, biodegradable mulch film, strawberry crop (*Fragaria x ananassa* Duch.), autumn-winter cycle, sustainability.

# LISTA DE FIGURAS

## (É PROIBIDA A REPRODUÇÃO DAS IMAGENS DESTE TRABALHO)

Figura 2.1 – Consumo mundial dos plásticos agrícolas em 2007 (Guerrini, 2010).	3
Figura 2.2 – Consumo europeu dos plásticos agrícolas em 2007 (Guerrini, 2010).	3
Figura 2.3 – Consumos mundiais de materiais plásticos na agricultura em 2007 (Guerrini, 2010).	4
Figura 2.4 - Etapas do processo de biodegradação.	20
Figura 3.1 – Esquema do delineamento experimental.	26
Figura 3.2 – Aplicação dos plásticos biodegradáveis e abertura dos buracos.	28
Figura 3.3 – Plantação.	29
Figura 3.4 – Monda de estolhos realizada manualmente	29
Figura 3.5 – Montagem dos túneis.	30
Figura 3.6 – Armadilhas com feromona e armadilhas cromotrópicas azuis.	31
Figura 3.7 – Sensor do teor de humidade no solo.	32
Figura 3.8 – Evolução da condutividade do solo a diferentes profundidades (A), do teor de água no solo a diferentes profundidades (B) e do teor total de água no solo (C).	33
Figura 3.9 – Estação meteorológica utilizada no ensaio.	34
Figura 3.10 – Remoção manual do plástico convencional.	36
Figura 3.11 – Incorporação dos plásticos biodegradáveis.	36
Figura 3.12 – Aspecto final da parcela após a incorporação dos plásticos.	36
Figura 3.13 – Secagem e crivagem das amostras do solo.	37
Figura 3.14 – Determinação do carbono total.	37
Figura 3.15 – Análise destrutiva das plantas para avaliação dos parâmetros biométricos.	38
Figura 3.16 – Estufas de secagem.	39
Figura 3.17 – Exemplo de frutos de Categoria I (A), Categoria II (B) e Não comercializáveis (C).	39
Figura 3.18 – Pesagem das diferentes categorias dos frutos.	40
Figura 4.1 – Evolução da temperatura média do solo (°C) ao longo do ensaio, nas várias modalidades.	42
Figura 4.2 – Temperatura média (°C), temperatura média mínima (°C) e temperatura média máxima (°C) do solo, nas várias modalidades.	43
Figura 4.3 – Evolução da temperatura (°C) e da humidade relativa do ar (%) ao longo do ensaio.	45
Figura 4.4 – Evolução da temperatura média máxima (°C), da temperatura média (°C) e da temperatura média mínima (°C) do ar, ao longo do ensaio.	45

Figura 4.5 – Evolução da temperatura média do ar (°C) e da temperatura média do solo (°C), nas várias modalidades, ao longo do ensaio..	46
Figura 4.6 – Precipitação e água da rega por aspersão (mm) ocorridas nas condições do ensaio (de 15/07/10 a 10/01/11).	47
Figura 4.7 – Radiação solar acumulada ( $W/m^2$ ) ao longo do ensaio (de 15/07/10 a 10/01/11).	47
Figura 4.8 – Evolução da infecção das plantas por botritis e oídio durante o ensaio.	48
Figura 4.9 – Curva de voo de alguns lepidópteros durante o período do ensaio.	48
Figura 4.10 – Evolução da infestação das plantas por tripes durante o ensaio e evolução dos seus predadores autóctones.	49
Figura 4.11 – Aplicação mecânica dos vários tipos de plástico (P1, P2, P3 e P4).	50
Figura 4.12 - Aspecto do ensaio de aplicação mecânica dos plásticos.	50
Figura 4.13 – Degradação do plástico exposto durante o ensaio.	51
Figura 4.14 – Aspecto do ensaio desde a plantação até ao fim da produção (Fase 1).	52
Figura 4.15 – Corte longitudinal do plástico biodegradável P1, após 3 semanas da aplicação (3/8/10).	53
Figura 4.16 – Aspecto da degradação dos vários plásticos de cobertura do solo (P1, P2, P3 e P4) ao longo do ensaio: A – Setembro, 8 semanas após a aplicação (Fase 1A); B – Outubro, 12 semanas após a aplicação (Fase 1B); C – Novembro, 16 semanas após a aplicação (Fase 1B); D – Dezembro, 22 semanas após a aplicação. (Fase 1B).	54
Figura 4.17 – Degradação da parte enterrada do plástico na base do camalhão, das várias modalidades, durante o ensaio.	56
Figura 4.18 – Aspecto da parte enterrada do plástico biodegradável P1, na base do camalhão, após 3 semanas da aplicação (04/08/10).	56
Figura 4.19 – Aspecto da parte enterrada do plástico biodegradável P1, na base do camalhão, após 7 semanas da aplicação (31/08/10).	56
Figura 4.20 - Aspecto geral do campo antes da incorporação do plástico.	58
Figura 4.21 - Aspecto de cada um dos talhões (P1, P2, P3 e P4) antes da incorporação do plástico.	58
Figura 4.22 – Evolução do teor de carbono total no solo (%).	60
Figura 4.23 – Evolução do teor de matéria orgânica no solo (%).	60
Figura 4.24 – Degradação do plástico exposto no ensaio de aplicação mecânica, nas várias modalidades.	62
Figura 4.25 - Evolução da degradação dos plásticos P1, P2, P3 e P4 no ensaio de aplicação mecânica.	63
Figura 4.26 - Cortes longitudinais apresentados pelo plástico biodegradável P3 em 20/09/10, após 8 semanas da aplicação.	63

Figura 4.27 - Cortes transversais apresentados pelo plástico biodegradável P1 em 20/09/10, após 8 semanas da aplicação.	64
Figura 4.28 – Degradação da parte enterrada do plástico da base do camalhão, no ensaio de aplicação mecânica, nas várias modalidades.	64
Figura 4.29 – Evolução da repartição da matéria seca das plantas pelos diferentes órgãos da planta (g), ao longo do ciclo cultural, nas várias modalidades.	66
Figura 4.30 – Índice de colheita das plantas nas várias modalidades.	67
Figura 4.31 – Evolução da produção mensal e total (g/planta) nas várias modalidades.	68
Figura 4.32 – Evolução da produção total semanal (g/planta) nas várias modalidades.	69
Figura 4.33 – Percentagem da produção total de categoria I e categoria II nas várias modalidades.	70
Figura 4.34 – Distribuição da produção não comercializável em diferentes categorias, nas várias modalidades.	71
Figura 4.35 – Número total de frutos e peso médio dos frutos (g) nas várias modalidades.	72
Figura 4.36 – Evolução do número médio de frutos por planta e por mês e número total de frutos por planta nas várias modalidades.	72
Figura 4.37 – Peso médio dos frutos (g) mensal e total nas várias modalidades.	73

## LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1- Consumo mundial de plástico de cobertura do solo.	4
Quadro 2.2 – Energia necessária para a produção de plásticos biodegradáveis e convencionais.	23
Quadro 2.3 – Emissão de gases com efeito de estufa (GEE) durante o processo de produção e gestão ambiental dos plásticos biodegradáveis e dos plásticos convencionais	23
Quadro 3.1 – Características dos plásticos de cobertura do solo utilizados no ensaio.	27
Quadro 3.2 – Fases, período, início e fim do ensaio e condução da cultura correspondente.	34
Quadro 3.3 – Parâmetros considerados na avaliação de qualidade da fruta.	40
Quadro 4.1 – Diferença da temperatura do solo (°C) entre o plástico convencional (P4) e os plásticos biodegradáveis (P1, P2 e P3) com exposição a este e a oeste, desde a plantação até ao fim de Julho.	44
Quadro 4.2 – Efeito da radiação solar na degradação da superfície exposta dos plásticos testados.	55
Quadro 4.3 – Área média degradada ( $\pm$ desvio padrão) ( $m^2$ ) e cobertura média do solo (%) de cada modalidade antes da incorporação.	57
Quadro 4.4 – Distribuição das fracções existentes no solo (%) nas várias modalidades, após a incorporação dos plásticos biodegradáveis.	59
Quadro 4.5 – Resultados das análises da amostra média do solo colhida antes da instalação do ensaio e da colhida 3 meses após a incorporação no solo dos plásticos P1, P2 e P3 e da remoção do plástico P4.	61
Quadro 4.6 – Número médio ( $\pm$ desvio padrão) de coroas, de folhas, de inflorescências e de flores e área foliar média ( $\pm$ desvio padrão) ( $dm^2$ ), por planta, no final do ciclo vegetativo, nas várias modalidades.	65
Quadro 4.7 – Produção comercializável e não comercializável (g) das várias modalidades.	70
Quadro 4.8 – Valores médios ( $\pm$ desvio padrão) do teor de sólidos solúveis (°Brix) e do pH dos frutos das várias modalidades.	73
Quadro 4.9 – Valores médios ( $\pm$ desvio padrão) da cor ( $^{\circ}$ ) e da firmeza (N/g) dos frutos das várias modalidades.	74
Quadro 4.10 – Qualidade dos frutos das várias modalidades.	74
Quadro 4.11 – Comparação entre os custos de remoção do plástico convencional e os custos de incorporação do plástico biodegradável (€/ha).	75
Quadro 4.12 – Comparação dos custos das várias modalidades.	76
Quadro 4.13 - Comparação do resultado final utilizando o plástico biodegradável P3 e o plástico convencional P4.	76

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>CO<sub>2</sub></b>	dióxido de carbono
<b>CH<sub>4</sub></b>	metano
<b>DC</b>	dias curtos
<b>DL</b>	dias longos
<b>GEE</b>	gases com efeito de estufa
<b>ID</b>	indiferentes
<b>Insuf</b>	insuficiente
<b>IV</b>	infra-vermelho
<b>MBom</b>	muito bom
<b>PAR</b>	radiação fotossinteticamente activa
<b>PBP</b>	plástico branco e preto
<b>PCL</b>	policaprolactona
<b>PE</b>	polietileno
<b>PEAD</b>	polietileno de alta densidade
<b>PEBD</b>	polietileno de baixa densidade
<b>PHA</b>	polihidroxicarboxilatos
<b>PLA</b>	poli(ácido láctico)
<b>PP</b>	plástico preto
<b>PPA</b>	plástico prata/alumínio
<b>PT</b>	plástico transparente
<b>PVC</b>	cloreto de vinilo
<b>PVOH</b>	ácido polivinílico
<b>Rep</b>	repetição
<b>Suf</b>	suficiente
<b>TPS</b>	amido termoplástico
<b>UV</b>	ultra-violeta

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1. Enquadramento do tema	1
1.2. Objectivos	2
1.3. Estrutura da dissertação	2
<b>2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b>	<b>3</b>
2.1. A importância dos plásticos na agricultura	3
2.1.1. Consumos dos plásticos agrícolas	3
2.1.2. Situação em Portugal	5
2.2. A cobertura do solo na agricultura e nas culturas hortícolas	5
2.3. A cultura do morangueiro	6
2.3.1. História da cobertura do solo na cultura do morangueiro	6
2.3.2. Exigências edafo-climáticas	7
2.3.3. Morfologia da planta	7
2.3.4. Fisiologia do crescimento e desenvolvimento	8
2.3.5. Cultivares	9
2.3.6. Modalidades de plantação	10
2.4. Caracterização e tipos de plásticos de cobertura do solo	11
2.4.1. Plásticos convencionais	11
2.4.1.1. Cor do plástico	11
2.4.1.2. Desvantagens da utilização do plástico convencional	12
2.4.2. Plásticos degradáveis	13
2.4.2.1. Plásticos fotodegradáveis	13
2.4.2.2. Plásticos oxo-degradáveis e oxo-biodegradáveis	13
2.4.3. Plásticos compostáveis	14
2.4.4. Plásticos biodegradáveis	15
2.4.4.1. Classificação dos polímeros e plásticos biodegradáveis	16
2.4.4.1.1. Formulações de polímeros à base de amido	17
2.4.4.2. Características dos plásticos biodegradáveis à base de amido	18
2.4.4.3. Propriedades dos plásticos biodegradáveis	19
2.4.4.4. Comportamento mecânico dos plásticos biodegradáveis	19
2.4.4.5. Processo de biodegradação dos plásticos	20
2.5. Impacto ambiental e destinos dos plásticos	22
2.6. Vantagens da utilização dos plásticos biodegradáveis	23
2.7. Legislação	24
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>26</b>
3.1. Localização do ensaio	26

3.2. Delineamento experimental	26
3.3. Técnicas culturais	28
3.3.1. Preparação do terreno e aplicação da cobertura do solo	28
3.3.2. Plantação e material vegetal	28
3.3.3. Mondas de flores e de estolhos	29
3.3.4. Montagem e cobertura dos túneis	29
3.3.5. Rega	30
3.3.6. Fertilização	30
3.3.7. Monitorização de pragas, doenças e auxiliares	30
3.4. Registos e observações efectuadas	31
3.4.1. Análise do solo	31
3.4.2. Água de rega	31
3.4.2.1. Análise da água de rega	31
3.4.2.2. Gestão da água de rega	32
3.4.3. Registos meteorológicos	33
3.4.4. Ensaio de aplicação mecânica dos plásticos de cobertura do solo	34
3.4.5. Degradação dos plásticos de cobertura do solo	34
3.4.5.1. Fase 1 – período que decorreu desde a aplicação do plástico de cobertura do solo até ao final da produção	35
3.4.5.2. Fase 2 – período que decorreu entre a remoção do plástico de cobertura dos túneis e a incorporação	35
3.4.5.3. Fase 3 – período que decorreu após a incorporação do plástico	35
3.4.5.3.1. Crivagens do solo	36
3.4.5.3.2. Determinação do carbono total e da matéria orgânica do solo	37
3.4.6. Análise do crescimento das plantas	38
3.4.7. Produção de frutos	39
3.4.7.1. Análise quantitativa da produção	39
3.4.7.2. Análise qualitativa dos frutos	40
3.5. Tratamento estatístico	40
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>42</b>
4.1. Registos meteorológicos	42
4.1.1. Temperatura do solo	42
4.1.2. Temperatura e humidade relativa do ar	44
4.1.3. Precipitação	46
4.1.4. Radiação solar	47
4.2. Protecção integrada	47
4.3. Aplicação mecânica dos plásticos de cobertura do solo	49

4.4. Degradação dos plásticos de cobertura do solo	51
4.4.1. Fase 1 - período que decorreu desde a aplicação do plástico até ao final da produção	51
4.4.2. Fase 2 - período que decorreu entre a remoção do plástico de cobertura dos túneis e a incorporação	57
4.4.3. Fase 3 - período que decorreu após a incorporação do plástico no solo	58
4.4.3.1. Crivagens do solo	58
4.4.3.2. Determinação do carbono total e da matéria orgânica do solo	59
4.4.3.3. Análises do solo após 3 meses da incorporação dos plásticos	60
4.4.4. Degradação do plástico no ensaio da aplicação mecânica	61
4.5. Análise do crescimento das plantas	65
4.5.1. Dados biométricos	65
4.5.2. Repartição da matéria seca	65
4.5.3. Índice de colheita	66
4.6. Análise da produção	67
4.6.1. Análise quantitativa dos frutos	67
4.6.1.1. Produção total e mensal	67
4.6.1.2. Produção total comercializável e não comercializável	69
4.6.1.3. Número total de frutos e peso médio dos frutos	71
4.6.2. Análise qualitativa dos frutos	73
4.7. Viabilidade económica	74
<b>5. CONCLUSÕES</b>	<b>77</b>
<b>6. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>79</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>87</b>

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. ENQUADRAMENTO DO TEMA

Actualmente o consumo de plásticos no sector agrícola encontra-se em grande crescimento, uma vez que se estendeu aos países em vias de desenvolvimento, em particular a zonas onde a área agrícola cultivável é escassa. Na agricultura, os plásticos são principalmente utilizados para a cobertura de estufas, cobertura do solo e protecção de silagem.

O uso de plástico para a cobertura do solo na cultura do morangueiro, e na maioria das culturas hortícolas, é uma prática comum, uma vez que permite um controlo mais eficiente das infestantes, maior precocidade, produção mais elevada, melhor qualidade dos frutos, redução do consumo de água devido à menor evaporação, menor lixiviação dos nutrientes pela água da chuva, aumentando a eficácia na utilização destes, menor erosão, microclima mais favorável à actividade dos microrganismos, associado a uma taxa de nitrificação e de mineralização mais elevadas, e uma diminuição da inoculação das plantas a partir do solo e, portanto, uma maior protecção contra algumas doenças.

Associado a este crescimento do consumo de plásticos, existem anualmente milhares de toneladas de resíduos plásticos resultantes da actividade agrícola. Parte deste plástico fica acumulado nas parcelas, enquanto outro é conduzido para reciclagem ou depositado em aterros. Muitas vezes, no final da cultura, o plástico de cobertura do solo apresenta-se muito sujo, não sendo possível reciclá-lo, o que implica custos para os produtores. A pouca degradabilidade dos plásticos convencionais, a selagem de vários aterros, bem como os problemas de poluição da água e dos solos, conduziram a um aumento das preocupações relativas à utilização massiva dos plásticos no sector agrícola. Aliado ao excessivo uso dos plásticos, a capacidade disponível para os seus resíduos serem depositados tornou-se também uma preocupação.

Assim, a utilização de plásticos biodegradáveis na cobertura do solo afigura-se de extrema importância, do ponto de vista económico e do ponto de vista ambiental. No final de cada ciclo cultural estes tipos de plásticos podem ser incorporados no solo, juntamente com os restos do material vegetal.

A grande desvantagem que os plásticos biodegradáveis possuem, em relação aos plásticos convencionais de polietileno, é o seu custo. No entanto, a qualidade e o fornecimento deste tipo de plásticos tem vindo a aumentar nos últimos anos, o que poderá promover um aumento no consumo e consequente quebra nos preços.

## 1.2. OBJECTIVOS

Os objectivos deste trabalho são avaliar o desempenho de 3 plásticos biodegradáveis de cobertura do solo, branco/preto, durante o ciclo de produção de Outono–Inverno do morangueiro, em relação ao plástico convencional branco/preto; avaliar o efeito dos vários plásticos na produtividade, no crescimento das plantas e na qualidade dos frutos; avaliar o efeito da incorporação dos plásticos biodegradáveis, no final da cultura, no teor de carbono total e de matéria orgânica do solo; e analisar a viabilidade económica da utilização dos plásticos biodegradáveis, na cultura do morangueiro, para a produção de Outono-Inverno.

## 1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho está organizado em 5 capítulos:

1. Introdução: enquadramento do tema abordado, apresentação dos objectivos pretendidos e esquemática da estrutura da dissertação;
2. Fundamentos teóricos: revisão bibliográfica focando os principais aspectos sobre a utilização de plásticos biodegradáveis para a cobertura do solo na cultura do morangueiro, tipos de plásticos e polímeros utilizados; algumas características da cultura do morangueiro.
3. Material e Métodos: apresentação das técnicas, dos procedimentos e dos equipamentos utilizados nos ensaios experimentais;
4. Resultados e Discussão: apresentação e discussão dos resultados obtidos durante os ensaios;
5. Conclusões: apresentação das principais conclusões nos diferentes ensaios realizados.

## 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 2.1. A IMPORTÂNCIA DOS PLÁSTICOS NA AGRICULTURA

#### 2.1.1 Consumos dos plásticos agrícolas

A utilização de plásticos na agricultura teve início em meados do século passado. Inicialmente os plásticos foram utilizados nos países desenvolvidos e, mais recentemente, nos países em vias de desenvolvimento. O seu crescimento é particularmente intenso em zonas onde o solo para uso agrícola é escasso, tais como a Europa, o Japão e a Coreia (Briassoulis, 2007).

Na agricultura os plásticos são utilizados para a cobertura de estufas, cobertura do solo e protecção de silagem. A distribuição da sua utilização é diferente no mundo (Figura 2.1) e na Europa (Figura 2.2).

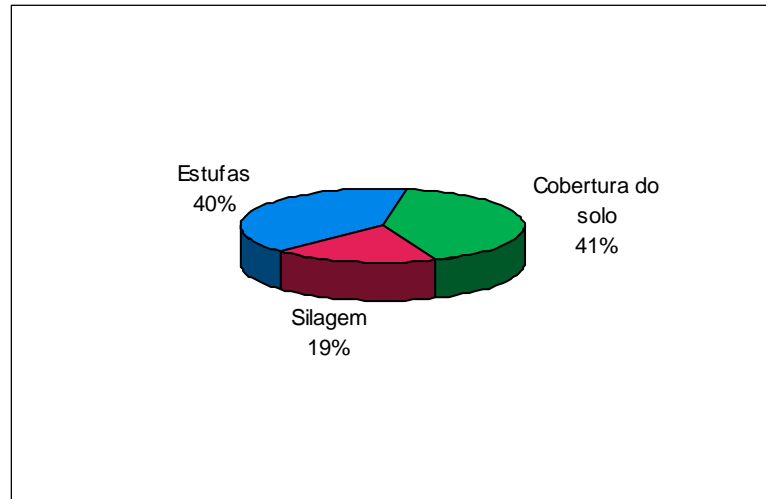


Figura 2.1 – Consumo mundial dos plásticos agrícolas em 2007 (Guerrini, 2010).

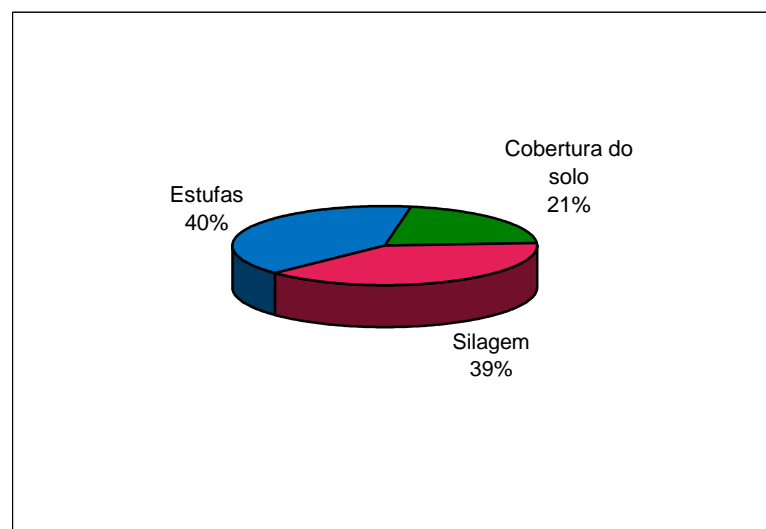
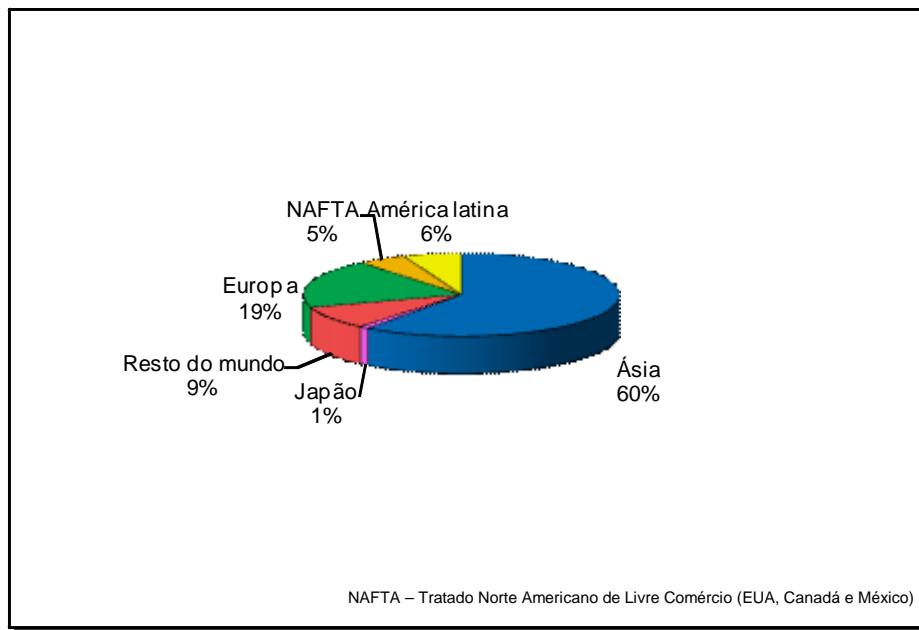


Figura 2.2 – Consumo europeu dos plásticos agrícolas em 2007 (Guerrini, 2010).

Actualmente, a utilização do plástico na agricultura permite um aumento da produtividade, uma maior precocidade, uma menor dependência do uso de herbicidas e uma maior manutenção do teor de humidade do solo. Como consequência o uso de plásticos agrícolas tem crescido de forma global, acompanhando a transformação da agricultura numa actividade industrial tecnologicamente desenvolvida (Briassoulis, 2007).

De acordo com Guerrini (2010), o consumo mundial de materiais plásticos na agricultura foi avaliado em 3,6 milhões de toneladas, em 2007. A Ásia é o maior consumidor, seguida da Europa, existindo um enorme crescimento na América do Sul e na Zona Mediterrânica Sul e Este (Figura 2.3).



**Figura 2.3** – Consumos mundiais de materiais plásticos na agricultura em 2007 (Guerrini, 2010).

A distribuição mundial do consumo de plástico de cobertura do solo encontra-se no Quadro 2.1.

**Quadro 2.1**- Consumo mundial de plástico de cobertura do solo.

Região	Quantidade (t/ano)	%
UE	92.202	3,5%
Outros países da Europa	15.150	0,6%
África	11.496	0,4%
Médio Oriente	7.575	0,3%
Ásia	2.440.155	92,8%
América	64.233	2,4%
Total	2.630.811	100%

Fonte: AGROBIOFILM (2010)

### 2.1.2. Situação em Portugal

Em Portugal, os dados referentes ao consumo de plástico agrícola não se encontram quantificados, pelo menos nas instituições estatísticas nacionais consultadas. A área actual da cultura do morangueiro no nosso país andarà próxima dos 550 ha (Observatório Agrícola, 2011), o que corresponde a um consumo anual de plástico de cobertura do solo de 138 toneladas. Praticamente todo o plástico utilizado é feito à base de polietileno sendo que os primeiros ensaios com plástico biodegradável estão a ser realizados actualmente. Existe alguma utilização de plástico comercializado como biodegradável mas que, provavelmente, não é mais do que plástico oxo-degradável.

Actualmente existem incentivos legais à utilização de plásticos biodegradáveis na agricultura, nomeadamente a “Estratégia Nacional para programas operacionais sustentáveis das organizações de produtores de frutas e produtos hortícolas” contempla a Acção 7.6 “Utilização de plásticos biodegradáveis” (GPP, 2009).

## 2.2. A COBERTURA DO SOLO NA AGRICULTURA E NAS CULTURAS HORTÍCOLAS

Actualmente, o uso de plástico para a cobertura do solo nas culturas hortícolas é uma prática comum devido a uma série de razões que se podem resumir num controlo mais eficiente das infestantes, numa maior precocidade, numa produção mais elevada e numa melhor qualidade dos frutos (Green *et al.*, 2003). A cobertura de plástico afecta directamente o microclima à volta da planta uma vez que modifica o balanço da radiação solar à superfície e reduz a perda de água do solo por evaporação, originando uma maior uniformidade do teor de humidade do solo, reduzindo a quantidade necessária de água de rega (Liakatas *et al.*, 1986). Estes factores podem afectar a temperatura e a humidade do solo na zona das raízes e, conseqüentemente, o desenvolvimento vegetativo e a produtividade das plantas (Pires *et al.*, 2004).

A temperatura do solo coberto com plástico aumenta, promovendo um desenvolvimento mais rápido da cultura e uma maior precocidade (Lamont, 1993). Esta técnica permite também diminuir as flutuações de temperatura nos primeiros 20 a 30 cm de profundidade, fomentando o desenvolvimento radicular e reduzindo a compactação do solo. A fruta apresenta-se mais limpa, uma vez que fica assente em cima do plástico e não é contaminada com partículas de solo (Ham *et al.*, 1993). Pode então dizer-se que a técnica de cobertura do solo com plástico contribui para uma agricultura mais sustentável (Scarascia *et al.*, 2006).

O PE é o plástico de cobertura de solo mais vulgarmente utilizado uma vez que é fácil de processar, tem uma excelente resistência química, elevada durabilidade e flexibilidade. Forma uma camada relativamente impermeável ao vapor de água, à superfície do solo, modificando o padrão do fluxo de temperatura e evaporação (Tripathi & Katiyar, 1984). O PE é permeável às radiações caloríficas dos raios infravermelhos de comprimento de onda curto e parcialmente permeável às radiações infravermelhas de maior comprimento de onda. Como tal, consegue-se um certo aquecimento do solo, durante o dia, e uma conservação da temperatura deste, durante a noite

(Verdier Martín, 1987). O PE é fácil de manusear e a sua aplicação pode ser realizada mecanicamente.

As desvantagens do uso de PE para cobertura de solo prendem-se com o facto de este normalmente ser utilizado apenas durante uma campanha, sendo retirado no fim do ciclo cultural, o que implica um enorme consumo de produtos não renováveis, derivados do petróleo. Esta utilização do plástico durante um único ciclo cultural deve-se a alguma deterioração do PE pela exposição prolongada aos agentes climáticos, tais como radiação solar, chuva, gelo, vento, temperatura e humidade relativa do ar elevadas e produtos químicos utilizados durante o ciclo cultural. A durabilidade do plástico de cobertura do solo depende da espessura do material e dos aditivos que protegem o plástico dos raios ultra-violeta (UV) (Kapanen *et al.*, 2008).

Para além disso, existe um enorme desajuste entre o curto período de tempo durante o qual as culturas hortícolas necessitam do plástico e a enorme longevidade que o PE tem no ecossistema (Martin-Closas *et al.*, 2008).

### **2.3. A CULTURA DO MORANGUEIRO**

O morangueiro cultivado (*Fragaria x ananassa* Duch.) pertence à família Rosacea e ao género *Fragaria* e resulta da hibridação entre as espécies americanas *Fragaria chiloensis* (L.) P. Mill. e *Fragaria virginiana* Duch (Steward & Folta, 2010). É cultivado em todo o mundo, assumindo a sua cultura uma importância económica relevante.

Portugal produz, aproximadamente, 12.000 toneladas de morango por ano, sendo as principais zonas produtoras o Algarve, o Ribatejo e Oeste e o Alentejo (Observatório Agrícola, 2011).

#### **2.3.1. História da cobertura do solo na cultura do morangueiro**

A cobertura do solo utiliza-se na cultura do morangueiro desde tempos imemoráveis, havendo mesmo quem atribua o seu nome inglês “strawberry”, ao facto da cultura do morangueiro (berry) ser massivamente realizada com palha (straw), no início do seu cultivo (Verdier Martín, 1987).

No nosso país a cultura do morangueiro remonta ao início do século XX, sendo inicialmente realizada sem a cobertura do solo. A cobertura com palha foi introduzida principalmente com o objectivo de manter os frutos isentos de partículas de solo.

A cultura do morangueiro em Portugal é realizada de forma extensiva, tendo como modelos a cultura realizada na Califórnia (EUA) e em Espanha, locais em que existem zonas com clima semelhante ao de Portugal (Mediterrânico). É a partir da década de 60 que se introduz a cobertura do solo com plástico, nesta cultura. A primeira cultura de morangueiro, realizada no nosso país, em que se utilizou a cobertura do solo com plástico, data de 1964, sendo o seu mentor o Sr. Eng. José Dias Carreiro (Carreiro 2011, comunicação pessoal). A partir de então vários produtores começaram a recorrer à cobertura do solo com plástico para realizar esta cultura. A Casa Prudêncio foi a empresa impulsionadora desta cultura no Ribatejo, começando a produzir morango em 1972, e utilizando também o plástico para a cobertura do solo.

O plástico mais vulgarmente utilizado é o preto (PP). Só recentemente, quando se começaram a realizar plantações de Verão, com cultivares remontantes, é que se começou a utilizar o plástico bicolor branco/preto (PBP). Por um lado para que o solo não aqueça tanto durante o Verão e para que haja uma maior reflexão da radiação durante o Outono (parte superior branca) e, por outro lado, para que o controlo das infestantes seja eficiente (parte inferior preta).

Actualmente decorrem no nosso país os primeiros estudos sobre a utilização de plásticos biodegradáveis na cobertura do solo, nomeadamente o projecto europeu AGROBIOFILM em que, entre outras culturas, também se está a estudar a possibilidade de utilizar este tipo de plásticos na cultura do morangueiro (AGROBIOFILM, 2010).

### 2.3.2. Exigências edafo-climáticas

O morangueiro adapta-se a quase todos os tipos de solos, mas prefere os franco-arenosos, os argilo-arenosos, os franco-argilosos e os franco-argilo-arenosos, bem drenados mas com humidade, e ricos em matéria orgânica (Palha, 2005). Prefere solos ligeiramente ácidos, com valores de pH óptimo situados entre 5,5 e 6,5 (Maroto & López Galarza, 1988). A planta é muito sensível ao encharcamento e à salinidade (do solo e da água) pelo que se devem evitar os solos muito argilosos e os solos salinos.

O morangueiro também se adapta a uma grande variedade de climas. Contudo, a maioria das regiões de produção situam-se nos climas temperados e mediterrânicos.

Os órgãos vegetativos do morangueiro são muito resistentes às geadas, pelo contrário, as flores são muito sensíveis, sendo destruídas a temperaturas inferiores a 0°C. A temperatura do ar óptima de crescimento do morangueiro é de 23°C (Maroto, 1986).

A maior parte das variedades cultivadas necessitam de um determinado número de horas de frio (temperaturas abaixo de 7°C) para formar um número adequado de folhas e obter uma boa produção (Maroto, 1986). É nesta característica que se baseia o conceito das plantas frigoconservadas e o facto das plantas frescas serem normalmente provenientes de viveiros de altitude elevada.

A temperatura do solo tem grande importância na cultura do morangueiro, pois pode interferir no desenvolvimento vegetativo, na sanidade e na produção da cultura; (Galletta & Bringham, 1990; Maas, 1998). Trabalhos realizados por Galletta & Bringham (1990) relataram que o crescimento da planta diminuiu quando ocorreram valores extremos da temperatura do solo e, em média, o crescimento da planta foi optimizado quando a temperatura média do solo foi de 23,9°C, para as variedades Shasta e Lassen.

### 2.3.3. Morfologia da planta

O morangueiro é uma planta herbácea e perene. Possui um sistema radicular fasciculado e superficial, em que 50 a 90% das raízes se localizam nos primeiros 15 a 20 cm do solo, e 25 a 50% nos primeiros 7,5 cm (Brazanti, 1989).

O caule é um rizoma estolhoso, curto, do qual emergem as folhas trifoliadas, formando um conjunto a que normalmente se chama "coroa". A planta é constituída por uma ou mais coroas onde

crecem, em cada uma delas, folhas, inflorescências, estolhos coroas ramificadas e raízes adventícias. Cada coroa funciona como uma unidade independente na planta (Palha, 2005).

As folhas são trifoliadas e os pecíolos possuem na sua base duas estípulas de protecção, onde se encontram os gomos. Estes podem evoluir em estolhos ou em novas coroas.

Os estolhos são ramos especializados, finos, compridos e rasteiros, originados nos gomos axilares das folhas (Brazanti, 1989). Os estolhos podem também ramificar-se produzindo novos estolhos.

A inflorescência é terminal, emergindo das estípulas-bainha da folha, imediatamente abaixo dela, ao mesmo tempo que a folha se expande. As inflorescências têm um número variável de flores, que são pentâmeras, agrupando-se em corimbos e possuindo pedúnculos compridos revestidos de pêlos. As flores são hermafroditas, possuindo cinco pétalas e cinco sépalas. A flor possui entre 20 a 30 estames e um número variável de pistilos (60 a 600). As flores primárias de cada inflorescência são as primeiras a frutificarem, produzindo frutos de maiores dimensões. As flores secundárias e terciárias, como possuem menor número de pistilos, irão dar frutos menores (Palha, 2005).

Os frutos, propriamente ditos, são os aquênios, que se encontram disposto num receptáculo hipertrofiado carnudo e de cor vermelha. No entanto, vulgarmente designa-se por fruto o conjunto constituído pelos aquênios e pelo receptáculo.

### 2.3.4. Fisiologia do crescimento e desenvolvimento

De acordo com Palha (2005), o desenvolvimento do morangueiro depende da evolução dos seus gomos terminal e axilares, que evoluem de uma forma dependente entre si. O desenvolvimento dos gomos axilares é regulado pela dominância apical, de modo que os gomos axilares basais são os primeiros a desenvolverem-se. A transformação dum gomo numa planta de morangueiro depende do estado em que se encontra o meristema, zona de multiplicação celular no centro do gomo, onde se formam os novos órgãos. Um meristema pode estar em três fases: 1) na fase vegetativa, em que pode produzir folhas, coroas ou estolhos, 2) na fase reprodutiva, na qual o gomo evolui em inflorescência, ou 3) na fase de dormência, encontrando-se o gomo dormente.

Em condições naturais, o crescimento e o desenvolvimento do morangueiro são controlados essencialmente pela acção do fotoperíodo e da temperatura. Contudo, outros factores como a intensidade luminosa e a nutrição azotada influem igualmente neste processo. Assim, a planta cresce e desenvolve-se consoante as épocas do ano, apresentando um ciclo fisiológico anual onde se sucedem períodos de dormência, de crescimento vegetativo e de reprodução (Palha, 2005).

No **período de crescimento vegetativo**, durante a rizogénese, a temperatura óptima ao nível das raízes, situa-se entre 17 e 30°C e, acima dos 30°C, as temperaturas são prejudiciais ao desenvolvimento do sistema radical. No Outono, as temperaturas inferiores a 15°C, são favoráveis à acumulação das reservas nas raízes e no rizoma. Durante esta fase, dá-se inicialmente o crescimento da coroa principal e das coroas secundárias, seguindo-se o desenvolvimento das folhas. A temperatura óptima para o crescimento das folhas situa-se entre os 18 e 28°C. Por fim, dá-se a formação dos estolhos que é estimulada por temperaturas altas e dias longos (Palha, 2005).

No **período reprodutivo**, a iniciação floral ocorre quando o meristema passa da fase vegetativa para a reprodutiva. As condições ambientais que promovem a floração do morangueiro são o resultado de uma interacção bastante complexa entre o fotoperíodo e a temperatura, e é em função da resposta a estas condições que se distinguem os vários tipos de cultivares (Palha, 2005). A fecundação pode ser afectada pelas baixas temperaturas e pela elevada humidade relativa do ar. Nestas condições, podem existir deformações nos frutos provocadas por uma polinização deficiente (Albregts *et al.*, 1991). A maturação dos frutos ocorre de forma escalonada, lentamente abaixo dos 15°C e, rapidamente, com temperaturas elevadas.

No **período de dormência**, que ocorre sob a influência dos dias curtos e das baixas temperaturas, a planta abranda o seu crescimento e entra progressivamente em estado de dormência. Durante este período a planta necessita de acumular um determinado número de horas de frio, a temperatura inferior a 7°C, para completar o seu ciclo biológico anual e quebrar a dormência (Palha, 2005).

As necessidades em frio para a quebra de dormência variam bastante de variedade para variedade. As plantas frigoconservadas (vulgarmente designadas por frigo) têm as suas necessidades em frio completamente satisfeitas, uma vez que, após o seu arranque do viveiro, permanecem em câmaras frigoríficas com uma temperatura de -2°C, durante vários meses.

### 2.3.5. Cultivares

No morangueiro a floração depende essencialmente do fotoperíodo e da temperatura. Assim, com base na resposta da planta a estes dois factores, as cultivares classificam-se em de dias curtos (DC), de dias longos (DL) e indiferentes ao fotoperíodo (ID) (Palha, 2005).

As **cultivares DC** são não remontantes e a iniciação floral ocorre durante os dias curtos (fotoperíodo inferior a 14 h) ou com temperaturas inferiores a 15°C, mesmo em condições de dias longos (Palha, 2005).

As **cultivares DL** são remontantes e a iniciação floral ocorre pela acção de dias longos (14 h de luz ou mais) frutificando da Primavera ao Outono (Steward & Folta, 2010). No nosso país, estas cultivares praticamente não se utilizam.

As **cultivares ID** são remontantes e a diferenciação floral e a produção de estolhos ocorrem para qualquer comprimento do dia (Guttridge, 1969; Dennis *et al.*, 1970; Smeets, 1980; Durner & Poling, 1988), excepto com temperaturas acima dos 30°C (Durner & Poling, 1988).

As cultivares ID assumem actualmente um papel muito importante no alargamento do período de produção, já que permitem a produção de frutos durante todo o ano. São cultivares que, perante condições favoráveis ao crescimento da planta, frutificam aproximadamente 3 meses após a plantação (Durner *et al.*, 1984). Porém, tanto as altas como as baixas temperaturas originam um abrandamento ou mesmo uma paragem da diferenciação floral, o que faz com que se verifiquem quebras de produção ao longo do ciclo (Palha, 2005).

Daí que seja muito importante a utilização do plástico branco/preto na cobertura do solo e a colocação de rega por aspersão, nas plantações de Verão, com o objectivo de se conseguir um

abaixamento da temperatura e portanto a manutenção de condições mais favoráveis ao desenvolvimento das plantas, durante o período inicial.

Nas cultivares ID, é importante fazer a monda de flores após a plantação (Maroto, 1983). Vários trabalhos mostraram que, se não se removerem as flores destas cultivares, após a plantação na Primavera, a produção no Outono seguinte é reduzida (Leblanc *et al.*, 1987, Schaffer *et al.*, 1986). Plantas de cultivares ID, sujeitas a monda de flores, apresentaram um peso seco das folhas, das coroas e das raízes superior ao das plantas que não tinham sido sujeitas e esta monda (Leblanc *et al.*, 1987). As cultivares ID que possuem um comportamento muito reflorescente, iniciam a emissão de flores imediatamente após a plantação. Nesta fase, o gasto de assimilados para o crescimento dos frutos, em detrimento do desenvolvimento foliar, pode reduzir a produção de frutos no Outono seguinte. Leblanc *et al.* (1987) referem que a monda de flores deverá ser realizada por um período máximo de 45 dias.

Nas cultivares indiferentes, plantadas no Verão, também é muito importante a monda de estolhos. Estes são produzidos durante todo o Verão e Outono, podendo provocar uma produção mais baixa se não forem removidos, uma vez que a planta desvia as suas reservas para a produção dos estolhos em detrimento do desenvolvimento vegetativo.

### 2.3.6. Modalidades de plantação

Actualmente em Portugal as duas modalidades de plantação de morango mais importantes são a plantação outonal, com plantas frescas, e a plantação estival, com plantas frigoconservadas. Alguns produtores realizam também a plantação primaveril, com plantas frigoconservadas, com o objectivo de prolongarem o seu período de produção, sendo que esta modalidade de plantação tem pouca expressão no nosso país.

A plantação que tradicionalmente ocupa a maior parte da área desta cultura no nosso país, é a **plantação outonal**, que decorre durante o mês de Outubro. A data de entrada em produção destas plantas decorre desde o início de Janeiro (em cultura protegida no Algarve), até ao início de Abril (em cultura ao ar livre, no Ribatejo e Oeste). No Ribatejo, as plantas sujeitas a este tipo de plantação iniciam a sua produção em Fevereiro/Março, no caso de cultura protegida, ou no início de Abril, no caso da cultura ao ar livre. As cultivares utilizadas são principalmente cultivares DC, embora também se possam utilizar cultivares ID. Nesta modalidade de plantação o plástico de cobertura de solo utilizado é o PP.

A **plantação estival** com plantas frigoconservadas realiza-se em Julho, e o período de produção estende-se de meados de Setembro até ao fim de Dezembro, correspondendo à produção fora da época. Utilizam-se cultivares ID, com um elevado grau de remontância, de modo a que não exista uma paragem de emissão de flores com as elevadas temperaturas de Julho e Agosto. A produção durante o Outono/Inverno é uma produção muito bem valorizada uma vez que coincide com a época em que existe menor quantidade de fruta no mercado, e conseqüentemente é a época em que os preços são mais elevados. Por outro lado, é uma plantação particularmente bem adaptada à zona do Ribatejo, uma vez que nem no Algarve, nem no Litoral Alentejano, se consegue que a produção decorra de forma tão favorável como no Ribatejo. No Algarve, as plantas sofrem com as

elevadas temperaturas durante o Verão, o que normalmente origina produções totais mais baixas, e no Litoral Alentejano, as elevadas humidades relativas durante o Outono originam perdas de fruta elevadas, principalmente devido às podridões dos frutos e ao oídio. No entanto, é de salientar que se trata de uma época de produção extremamente difícil devido à dificuldade em controlar os lepidópteros e o oídio durante os meses de Verão, e a podridão cinzenta dos frutos (*Botritis cinerea*) e o oídio, durante o Outono/Inverno, no caso de anos muito chuvosos. Neste tipo de plantação o plástico de cobertura do solo recomendado é o PBP.

Nesta modalidade, a plantação decorre ao ar livre, devido às elevadas temperaturas durante o mês de Julho, sendo a colocação do plástico de cobertura dos túneis realizada no fim de Setembro, antes do início das primeiras chuvas, mantendo-se a cultura sob coberto até ao fim do ciclo produtivo.

Existe ainda uma plantação que pode ser realizada em Fevereiro/Março, **plantação primaveril**, utilizando plantas frigoconservadas de cultivares ID, com o objectivo de obter produção durante o Verão, sendo pouco significativa no nosso país. Realiza-se em zonas onde o Verão é fresco, como a região Oeste, o Litoral Centro e o Litoral Alentejano.

## 2.4. CARACTERIZAÇÃO E TIPOS DE PLÁSTICOS DE COBERTURA DO SOLO

### 2.4.1. Plásticos convencionais

Os plásticos de cobertura de solo convencionais utilizados actualmente nas culturas hortícolas são o PE de baixa densidade (PEBD ou LDPE), nalguns casos PE de alta densidade (PEAD ou HDPE), cloreto de vinilo (PVC), polibutileno ou copolímeros de etileno com vinil acetato de vinilo (Briassoulis, 2004).

O PE é uma resina termoplástica obtida a partir do etileno polimerizado a altas pressões. É flexível, impermeável e inalterável à água, não apodrece nem é atacado pelos microrganismos (Valenzuela e Gutiérrez, 1999).

#### 2.4.1.1. Cor do plástico

Quanto à cor, os plásticos mais utilizados são o plástico preto (PP), o plástico transparente (PT), o plástico branco (PB), o plástico branco/preto (PBP) e o plástico cinzento (prata/alumínio) (PPA) com propriedades reflectoras.

A pigmentação dos filmes plásticos tem grande influência sobretudo no regime térmico e hídrico do solo, no microclima da planta e no controlo das infestantes. De acordo com a cor do plástico utilizado o solo aquecerá mais ou menos e conservará durante mais ou menos tempo essa temperatura, durante o período nocturno (Himelrick, 1982). A diferença substancial nos plásticos utilizados reside na cor que se utiliza, já que esta determina o comportamento térmico do plástico sob o efeito da radiação. O PP absorve e o PB reflecte todas as radiações luminosas, já o PT deixa-se atravessar por toda a radiação do espectro visível (Verdier Martín, 1987). Para se eleger a cor do plástico a utilizar é fundamental considerar a modalidade de plantação que se vai utilizar, uma vez que o seu efeito sobre as plantas será positivo ou negativo de acordo com as condições ambientais. Eltez & Tüzel (1994) obtiveram uma maior produtividade e uma maior precocidade com o plástico

branco no Outono e obtiveram uma maior produtividade e menor precocidade com o plástico preto na Primavera, na cultura do tomate em estufa. O PP é o mais vulgarmente utilizado, dado que associa um bom controlo das infestantes e um acréscimo da temperatura do solo durante a Primavera, a um baixo custo.

O PT proporciona um aquecimento da temperatura do solo ainda mais elevado do que o plástico preto (Voth, 1972; Voth & Bringhurst, 1990; Himelrick *et al.*, 1993), e portanto maior precocidade, mas requer técnicas adicionais no controlo das infestantes (solarização, fumigação ou herbicida). Em Portugal não é vulgar utilizá-lo na cultura do morangueiro, embora seja largamente utilizado nos EUA.

O PB, PBP e PPA resultam num ligeiro aumento ou mesmo num ligeiro decréscimo da temperatura do solo quando comparados com o solo nu, uma vez que tendem a minimizar as amplitudes de temperatura do solo, dado que reflectem para a folhagem da planta a maior parte da radiação solar (Ham *et al.*, 1993). Pendelton (1966) refere que o plástico branco reflecte cerca de 80% da radiação enquanto o plástico preto reflecte apenas 3% da radiação. Consequentemente o PB é recomendado para situações em que as temperaturas do solo sejam elevadas, e qualquer redução deste parâmetro pode resultar em benefícios para as plantas (Lamont, 1993; Tarara, 2000). A vantagem da utilização do plástico branco durante o Inverno prende-se com o facto de existir um benefício da reflexão da luz sobre as plantas (Eltez & Tüzel, 1994).

No caso do presente estudo utilizou-se PBP, uma vez que a plantação decorreu no mês de Julho e a experiência acumulada revela haver melhores resultados quando se utiliza plástico com estas características, durante este período de produção. Isto prende-se com o facto, já anteriormente referido, de se conseguir obter uma temperatura do solo inferior à do plástico preto, durante os meses de Julho e Agosto (Andrade *et al.*, 2005), mais favorável à cultura e uma maior reflexão da radiação para a folhagem durante o Outono, aliados a um controlo de infestantes muito eficiente. Nesta medida este trabalho é completamente inovador, uma vez que se trata do primeiro trabalho realizado em Portugal com plástico biodegradável bicolor branco/preto.

### **2.4.1.2. Desvantagens da utilização do plástico convencional**

Um dos problemas associados à utilização de plásticos convencionais, na cobertura do solo, é a sua remoção no final do ciclo da cultura. Este tipo de plásticos não se degrada facilmente devido à sua elevada estabilidade, não devendo nunca ser gradado e incorporado no solo uma vez que esta prática comportaria sérios riscos de contaminação do solo e dificultaria a instalação da cultura seguinte. No entanto, o processo de recolha e reciclagem no final da cultura é difícil e muito dispendioso. Muitas vezes, por muito bem que este trabalho seja feito, ainda ficam no solo muitos resíduos de plástico que se rasgam na operação de remoção. Esta operação requer inúmeros cuidados, sendo frequente recorrer-se a uma rega bastante abundante para que o solo fique com um teor de humidade adequado a uma remoção do plástico mais fácil. Por outro lado, o plástico que ficou enterrado tem que ser sacudido para que contenha a menor sujidade possível e possa ser aceite para reciclagem.

Outra desvantagem prende-se com o facto de os plásticos utilizados na agricultura constituírem um problema ambiental grave, devido ao elevado peso molecular e propriedades hidrofóbicas do PE. Isto confere ao plástico uma estabilidade química muito elevada, sendo necessários cerca de 100 anos até à sua completa decomposição (Rustiaga *et al.*, 2005).

Para além disso, como os plásticos têm origem em recursos fósseis e a sua utilização se encontra em grande crescimento, especialmente em países em vias de desenvolvimento, como a China e a Índia, a pressão para que se minimize o uso de fontes de recursos não renováveis, já limitados, é grande (Kapanen *et al.*, 2008).

No início dos anos 60 os plásticos fotodegradáveis e biodegradáveis foram reconhecidos como uma solução para os plásticos de cobertura do solo (Lamont, 1993). No entanto, existe uma grande confusão de nomenclaturas sendo os termos degradável, biodegradável, oxo-degradável, oxo-biodegradável, foto-degradável e outros, vulgarmente utilizados para descrever os tipos de plásticos existentes. Estes termos nem sempre são correctamente utilizados e, muitas vezes, os plásticos são comercializados como biodegradáveis, quando efectivamente não o são, sendo apenas degradáveis, sob diferentes condições físicas. Todas estas categorias de plásticos estão incluídas nos chamados plásticos degradáveis no ambiente (Briassoulis & Dejean, 2010).

### **2.4.2. Plásticos degradáveis**

São os plásticos que são projectados para sofrer uma modificação significativa na sua estrutura química sob determinadas condições, resultando na perda de algumas propriedades que podem variar no tempo e que determinam a sua classificação. Não existe obrigatoriedade de serem degradados por microrganismos nem qualquer outro requisito relacionado com as obrigações dos plásticos compostáveis (Briassoulis & Dejean, 2010).

#### **2.4.2.1. Plásticos fotodegradáveis**

Os plásticos fotodegradáveis degradam-se na presença de radiações ultra-violetas (UV), sendo a sua taxa de degradação dependente de vários factores como a temperatura, o tipo de cultura e a quantidade de radiação recebida durante o ciclo cultural. Quando este tipo de plásticos é utilizado em culturas em que a parte vegetativa cobre uma pequena área do plástico, como por exemplo na cultura do pimento, ou em locais ou épocas nas quais a radiação solar é muito elevada, existe o risco de a degradação do plástico ocorrer demasiado cedo, comprometendo a cultura.

No final dos ciclos culturais, este tipo de plásticos precisam de ser desenterrados lateralmente, com o objectivo de expor à radiação solar a parte que estava enterrada, para que a sua decomposição se inicie (Lamont, 1996; Greer & Dole, 2003).

No entanto, existe uma grande controvérsia relativamente à taxa de biodegradação efectiva e/ou acumulação dos fragmentos facilmente fotodegradados relativamente a uma possível contaminação dos solos agrícolas (Briassoulis, 2004).

### 2.4.2.2. Plásticos oxo-degradáveis e oxo-biodegradáveis

O efeito principal da oxidação é a fragmentação em pequenas partículas, que permanecem no meio ambiente por um tempo indeterminado, tornando incontrolável a sua deposição e eliminação final. De acordo com as normas EN 13432 e ASTM 6400, os plásticos oxo-degradáveis não são compostáveis. Estes plásticos também não são biodegradáveis uma vez que não se encontram referenciados na literatura valores relativos às taxas de mineralização, validando o potencial da sua completa biodegradação. Assim sendo, o termo “oxo-fragmentáveis” seria o mais adequado para descrever o estado em que esses materiais se encontram no fim de vida.

A fragmentação resulta da incorporação de aditivos oxidantes no plástico convencional (PE, PP, PET, PVC). Esses aditivos baseiam-se em catalisadores químicos contendo metais de transição, como cobalto, manganésio, ferro, etc., ou em materiais biológicos, que podem provocar a fragmentação como resultado de uma oxidação química das cadeias poliméricas dos plásticos (plásticos oxo-degradáveis), desencadeada pela radiação UV ou pela exposição ao calor. Numa segunda fase, defende-se que os fragmentos resultantes sofrem, eventualmente, biodegradação (plásticos oxo-biodegradáveis).

A fragmentação não é uma solução para a problemática da gestão dos resíduos, mas sim a conversão de grandes pedaços de plástico em fragmentos de dimensões mais reduzidas. Além disso, enquanto os plásticos convencionais podem ser recolhidos, os fragmentos gerados pela “oxofragmentação” são impossíveis de controlar ou recolher (AGROBIOFILM, 2010).

O destino final a dar aos resíduos oxo-degradáveis é de difícil resolução visto que não são biodegradáveis nem compostáveis (não satisfazendo nenhuma das normas em vigor referentes a este tipo de materiais). No que diz respeito à reciclagem (destino normal e correcto para os plásticos comuns), os produtos oxo-fragmentáveis podem dificultar a reciclagem de plásticos pós-consumo. Na prática, os oxo-degradáveis são plásticos tradicionais, a única diferença é que incorporam aditivos que afectam a sua estabilidade química sendo, por isso, identificados e classificados de acordo com a sua estrutura química acabando, juntamente com os outros resíduos plásticos, no sistema de reciclagem. Desta forma, os aditivos (que provocam a degradação) vão ser incorporados na matéria-prima reciclada. Consequentemente os materiais reciclados podem ser destabilizados, o que irá dificultar a sua aceitação e conduzir à redução do seu valor (European Bioplastics, 2009).

### 2.4.3. Plásticos compostáveis

A compostagem é um processo controlado que envolve a decomposição biológica de material biodegradável e a sua transformação em dióxido de carbono, água, minerais e matéria orgânica estabilizada (composto ou húmus) (EN 13432). Este tipo de plásticos, quando colocados em condições de compostagem, vai sofrer biodegradação.

De acordo com a norma europeia EN 13432 um material compostável deve cumprir os seguintes requisitos:

- Biodegradabilidade - no prazo de 6 meses deve atingir-se 90% do valor de biodegradabilidade obtido pela referência (celulose);

- Desintegrabilidade - a fracção com resíduos superiores a 2 mm deve ser inferior a 10%, ao fim de 3 meses (EN 14045);
- Os teores de metais pesados no composto devem ser inferiores a valores pré-definidos e não devem registar-se efeitos negativos na qualidade do composto.

### 2.4.4. Plásticos biodegradáveis

Os plásticos biodegradáveis são os plásticos cujo processo de degradação resulta da acção natural de microrganismos tais como bactérias, fungos e algas (Briassoulis & Dejean, 2010), e que cumprem determinadas especificações. No entanto, embora existam algumas normas para os materiais biodegradáveis ainda não existe nenhuma norma europeia que regule a biodegradação destes polímeros no solo, em condições reais (Briassoulis & Dejean, 2010).

Sendo totalmente biodegradáveis, são plásticos que se decompõem naturalmente pela acção de microrganismos, mediante reacções enzimáticas, na presença de oxigénio, em dióxido de carbono, água, sais minerais e biomassa microbiana ou, na ausência de oxigénio, em, metano, água, sais minerais e biomassa microbiana (Barlaz *et al.*, 1989; Swift, 1998; Shah *et al.*, 2008; Briassoulis & Dejean, 2010).

Um plástico pode ser degradável e não ser biodegradável ou pode ser biodegradável mas não ser compostável (i.e., degradar-se demasiado devagar ou deixar resíduos tóxicos) (Briassoulis & Dejean, 2010).

Após a sua utilização, os plásticos biodegradáveis devem ser incorporados no solo, juntamente com os resíduos da cultura, com uma grade de discos ou eventualmente com uma fresa, de modo a que o plástico seja fragmentado em pequenos pedaços, o que facilita a posterior acção dos microrganismos.

Os pedaços de plástico biodegradável que ficam no solo sofrem um processo de biodegradação completo, não deixam resíduos e não têm qualquer impacto ambiental negativo (Briassoulis, 2007). Por outro lado, estes materiais têm que manter as suas características mecânicas, quando expostos aos agentes climáticos e aos produtos fitofarmacêuticos, no decorrer do ciclo cultural (Scarascia-Mugnozza *et al.*, 2006).

No que diz respeito à biodegradação dos polímeros no solo, em condições ambientais, são aceitáveis as seguintes condições (Briassoulis & Dejean, 2010):

- A biodegradação deverá ser superior a 90%, não podendo ocorrer apenas desintegração;
- A duração do processo de biodegradação depende do objectivo que se pretende;
- Não se podem verificar efeitos prejudiciais no solo (metais pesados, compostos orgânicos persistentes).

Os plásticos biodegradáveis devem cumprir normas rigorosas em relação à sua completa biodegradabilidade, qualidade do composto e segurança do produto, sob determinadas condições específicas, para uma dada aplicação. A biodegradabilidade de um plástico é a potencialidade que esse plástico apresenta para sofrer um processo de biodegradação e pode ser determinada pela medição da conversão metabólica em dióxido de carbono (EN 14046 ou ISO 14855). A biodegradabilidade dos plásticos depende não só da matéria-prima utilizada, como também da

composição química e da estrutura do produto final, tal como das condições nas quais o produto se vai biodegradar. Enquanto alguns plásticos de origem renovável podem ser considerados biodegradáveis, outros não podem, devido à sua estrutura polimérica específica. Para além disso, alguns polímeros degradam-se em apenas algumas semanas enquanto outros demoram vários meses ou anos para se degradarem, nas mesmas condições (Briassoulis e Dejean, 2010).

De acordo com Briassoulis (2007), a biodegradação no solo é mais rápida quando as temperaturas e a humidade relativa são mais elevadas. No entanto, verifica-se que a biodegradação é seriamente inibida pela ausência de oxigénio no solo. A presença de ar (oxigénio) no solo parece ser uma condição crítica para que o processo de biodegradação deste tipo de plásticos ocorra. Do mesmo modo, durante períodos secos de Verão, verificou-se que a taxa de biodegradação era muito lenta devido ao baixo teor de humidade do solo. O oxigénio e o teor de água do solo são os factores mais importantes que afectam o desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pela biodegradação dos plásticos.

#### **2.4.4.1. Classificação dos polímeros e plásticos biodegradáveis**

De acordo com Briassoulis & Dejean (2010), **atendendo às condições ambientais** nas quais os polímeros se vão biodegradar, existem duas categorias principais:

1. Materiais que se degradam em condições variáveis de compostagem (materiais compostáveis).
2. Materiais que se degradam no solo - na maioria dos casos, os materiais compostáveis não se degradam no solo.

Existem dois conceitos essenciais no que se refere aos plásticos biodegradáveis:

1. a matéria-prima - plásticos produzidos a partir de materiais renováveis ou plásticos produzidos a partir de materiais não renováveis (recursos fósseis).
2. o comportamento após a sua vida útil – materiais biodegradáveis (ou compostáveis) e materiais não biodegradáveis.

No que se refere à **biodegradação** os polímeros podem ser classificados como (Briassoulis & Dejean, 2010):

##### **1. Polímeros naturais à base de recursos renováveis**

Estes polímeros são sintetizados por organismos vivos, praticamente na forma em que vão ser utilizados. São exemplos destes polímeros os polissacarídeos, a celulose, o amido, as proteínas e os polihidroxicanoatos (PHA). Após a sua extracção é possível a sua utilização industrial, sendo a maior parte destes polímeros biodegradável ou compostável.

##### **2. Polímeros sintéticos à base de recursos renováveis**

São os polímeros cujos monómeros derivam de recursos naturais mas que requerem uma transformação química para a sua conversão em polímeros. Muitos polímeros convencionais podem, em princípio, ser sintetizados a partir de matérias-primas renováveis. Por exemplo, o amido de milho pode ser hidrolisado e usado como matéria-prima para a fermentação e bio-conversão em ácido láctico a partir do qual o poli(ácido láctico) (PLA) pode ser produzido, através de um processo químico. Apesar da sua origem ser renovável, o polímero não é considerado natural uma vez que é

sintetizado quimicamente. Em termos de biodegradação, nem todos os polímeros sintéticos à base de recursos naturais são biodegradáveis ou compostáveis (ex: o PE derivado da cana do açúcar). No entanto, muitos destes polímeros são biodegradáveis ou compostáveis (ex: PLA) (Briassoulis & Dejean, 2010).

### **3. Polímeros sintéticos à base de recursos não renováveis**

A maior parte dos polímeros convencionais são constituídos à base de recursos não renováveis. Quanto à biodegradação, alguns monómeros são despolimerizados quando molhados, transformando-se em ácidos e alcoóis que são metabolizados por acção das bactérias. No entanto, a maior parte dos polímeros à base de recursos fósseis não são biodegradáveis nem compostáveis.

Na maior parte dos casos, as propriedades dos polímeros biodegradáveis naturais não correspondem às necessidades dos plásticos biodegradáveis comercializados. Para se obterem as propriedades desejadas, são muitas vezes utilizadas formulações com polímeros sintéticos (à base de recursos naturais ou de recursos fósseis) (Briassoulis e Dejean, 2010).

#### **2.4.4.1.1. Formulações de polímeros à base de amido**

As principais motivações para o desenvolvimento de polímeros à base de amido prendem-se com o facto de ser fácil modificar a sua composição de forma a ajustar as propriedades do material às necessidades específicas da aplicação, o baixo custo do processo de fabrico das formulações, em oposição ao desenvolvimento dos novos materiais sintéticos, e a sua biodegradabilidade (Briassoulis, 2004).

O amido é encontrado abundantemente na natureza devido à produção intensiva de cereais, é renovável, possui um custo relativamente baixo e pode ser convertido química, física e biologicamente em compostos úteis à indústria. Trata-se de um polímero linear (polissacarídeo), formado por grupos de glucose, ligados entre si por ligações glucosídicas. Em geral, o amido é constituído por cerca de 20% de uma fracção solúvel em água, denominada amilose, e por cerca de 80 % de uma fracção insolúvel em água, denominada amilopectina. A ligação alfa da amilose permite-lhe ser flexível e digerível (Briassoulis, 2004).

Os plásticos biodegradáveis à base de amido podem apresentar teores de amido entre 10% e 90% e podem ter origem em culturas como o milho, o trigo ou a batata. À medida que o teor de amido aumenta, o material torna-se mais biodegradável. Normalmente são realizadas misturas de polímeros à base de amido com outros polímeros, como por exemplo, poliésteres alifáticos e alcoóis polivinílicos, para se obterem as propriedades necessárias para as várias aplicações (Nolan-ITU, 2002).

A biodegradação dos polímeros à base de amido resulta do ataque enzimático às ligações glucosídicas entre os grupos de açúcar, originando uma redução no comprimento da cadeia e a divisão das unidades de açúcar (monossacarídeos, dissacarídeos e oligossacarídeos) que são depois utilizados pelos microrganismos.

### **Produtos de amido termoplástico**

O amido processado sob determinadas condições de pressão e temperatura, e na presença de um agente plastificante, pode ser transformado em gel, ou mesmo num material fundido. Este material é denominado amido termoplástico (TPS).

Uma das desvantagens deste tipo de polímero obtido é ter as propriedades mecânicas muito diminuídas em relação às dos outros plásticos.

Os plásticos biodegradáveis à base de TPS têm um teor de amido (amilose) superior a 70% e são produzidos através da adição de solventes plastificantes específicos. O amido é plastificado, destruturizado e/ou misturado com outros materiais para se obterem propriedades mecânicas adequadas. Estes compostos de TPS podem ser processados nos equipamentos convencionais de fabrico de plástico (Nolan-ITU, 2002).

Os plásticos contendo elevados teores de amido são altamente hidrofílicos degradando-se rapidamente em contacto com a água, sendo este problema facilmente ultrapassado através de formulações (Nolan-ITU, 2002).

### **Formulações de amido e poliésteres**

Existem vários grupos de polímeros degradáveis à base de amido, sendo o mais conhecido o Mater-Bi<sup>®</sup>, propriedade da empresa Novamont (Itália). O Mater-Bi<sup>®</sup> pertence à “classe” dos polímeros baseados em amido e óleos vegetais de origem renovável e biodegradável, em que o precursor é um poliéster linear da gama alifático-aromático, com grupos terminais activos. O aromático pode ser um ácido dicarboxílico aromático (tipo ácido teraftalático) e o ácido dicarboxílico alifático, ácido oxálico ou ácido sebácico.

Normalmente utilizam-se formulações de amido com poliésteres alifáticos sintéticos biodegradáveis para produzir filmes de elevada qualidade. Aproximadamente 50% do poliéster sintético pode ser substituído por polímeros naturais, tais como o amido. Para além disso, os poliésteres podem ser modificados através da incorporação de um grupo funcional capaz de reagir com os polímeros naturais de amido (Nolan-ITU, 2002).

Existem também polímeros formados por amido complexado com PE e por amido complexado com outros polímeros não biodegradáveis, que provavelmente só são parcialmente biodegradáveis, devendo antes ser designados biodesintegráveis (Briassoulis, 2004).

Têm sido desenvolvidas e estudadas exaustivamente muitas misturas à base de TPS, tais como amido/policaprolactona, amido/acetato de celulose e amido/copolímero de etileno-álcool vinílico (Nolan-ITU, 2002).

#### **2.4.4.2. Características dos plásticos biodegradáveis à base de amido**

As propriedades dos plásticos biodegradáveis à base de amido são comparáveis às dos plásticos de PEBD e melhores do que as dos plásticos de PCL (Briassoulis, 2004).

A investigação experimental tem demonstrado que a água e as temperaturas elevadas não afectam significativamente o comportamento dos plásticos biodegradáveis compostos à base de

Mater-Bi<sup>®</sup>, ao longo do ciclo cultural. Pelo contrário, as elevadas doses de radiação ultra-violeta têm um efeito deteriorante no alongamento até à ruptura neste tipo de plásticos (Briassoulis, 2007).

Os grânulos de amido são hidrofílicos e, como tal, o seu teor em água depende da humidade relativa (Briassoulis, 2004). Os filmes à base de amido de milho, de batata e de arroz, são impermeáveis à água, mas são permeáveis ao vapor de água (Chandra e Rustgi, 1998).

#### **2.4.4.3. Propriedades dos plásticos biodegradáveis**

Vários estudos realizados por Martin-Closas *et al.* (2008) demonstraram que os plásticos biodegradáveis:

- têm uma transmitância à radiação UV baixa, semelhante à do PE, sendo expectável que neste tipo de plásticos exista uma degradação externa, provocada pelos raios UV;
- apresentam uma transmitância à radiação fotossinteticamente activa (PAR) baixa, semelhante à do PE, apresentando um potencial para o controlo de infestantes muito bom;
- têm uma transmitância à radiação infra-vermelha (IV) muito baixa e semelhante ou superior à do PE, portanto, os plásticos biodegradáveis têm um potencial de aquecimento do solo semelhante ao dos plásticos convencionais;
- possuem uma permeabilidade ao vapor de água muito superior à do PE, tendo o PE uma maior capacidade de reter água (Blick *et al.*, 2010);
- apresentam uma diminuição do alongamento até à ruptura, ao longo do ciclo cultural, que é superior à do PE, cujo alongamento até à ruptura se mantém inalterado.

#### **2.4.4.4. Comportamento mecânico dos plásticos biodegradáveis**

Os plásticos biodegradáveis utilizados na agricultura têm que obedecer a alguns requisitos mínimos, que incluem robustez e alongamento até à ruptura adequados à aplicação mecânica, durabilidade adequada ao ciclo cultural e completa biodegradação do plástico, de preferência antes da instalação da cultura seguinte.

O comportamento mecânico dos vários tipos de materiais biodegradáveis depende principalmente da sua composição química e das condições de aplicação. Existem vários aditivos que são adicionados às misturas de forma a melhorar as suas propriedades, de tal forma que, por vezes, os plásticos biodegradáveis têm comportamentos semelhantes aos plásticos convencionais. Dependendo da zona geográfica, da cultura e da época de produção, poderá ser necessário incorporar aditivos especiais de forma a ajustar as propriedades físicas destes materiais.

As condições ambientais durante a produção, armazenamento e utilização destes materiais influenciam as suas propriedades mecânicas. O envelhecimento durante o tempo de vida útil provoca grandes perdas de elasticidade (Briassoulis, 2004).

Os plásticos biodegradáveis podem ser aplicados com a mesma máquina que se utiliza para estender o plástico convencional, no entanto, poderá ser necessário reduzir a tensão do rolo durante esta operação. Relativamente às técnicas culturais, quando se utilizam plásticos biodegradáveis, verifica-se que o sistema de rega pode ser o mesmo que se usa com os plásticos convencionais,

assim como os fertilizantes e os produtos fitofarmacêuticos aplicados (Guerrini, 2010, comunicação pessoal).

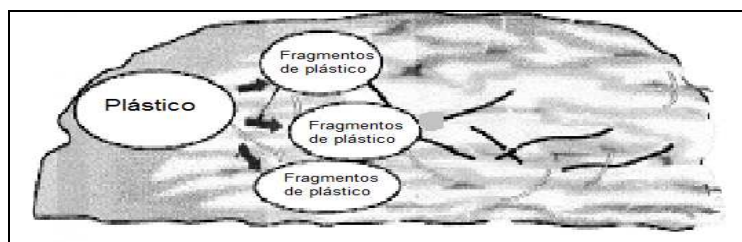
Ensaio realizados por Briassoulis (2006) demonstraram que os plásticos biodegradáveis, à base de Mater-Bi<sup>®</sup>, apresentaram uma boa resistência à tracção em direcção paralela, semelhante aos plásticos convencionais, no entanto, apresentaram uma resistência à tracção, em direcção transversal, inferior à dos plásticos convencionais.

#### 2.4.4.5 Processo de biodegradação dos plásticos

Existem dois mecanismos de degradação principais que devem ser considerados no processo de biodegradação dos plásticos biodegradáveis: 1) a degradação/fragmentação e 2) a biodegradação (Kijchavengkul *et al.* 2008; Briassoulis & Dejean, 2010).

- 1) A **degradação/fragmentação** é a primeira etapa e este processo ocorre devido à exposição do plástico à radiação solar, temperatura elevada, humidade e/ou enzimas. Como consequência, este torna-se mais quebradiço e apresenta rasgões, que surgem antes da completa desintegração do plástico em pedaços pequenos (Figura 2.4).
- 2) A **biodegradação** é a segunda etapa e é o processo de degradação que resulta da acção de microrganismos que ocorrem naturalmente, tais como bactérias, fungos e algas sobre os fragmentos. Considera-se que a biodegradação ocorre apenas se os fragmentos são totalmente consumidos pelos microrganismos, sob a forma de alimento ou fonte de energia, e se este processo ocorre a uma taxa aceitável. Para que os plásticos biodegradáveis funcionem, têm que ser desencadeados os mecanismos de degradação adequados (Figura 2.4).

Etapa 1 - Degradação/fragmentação



Etapa 2 - Biodegradação

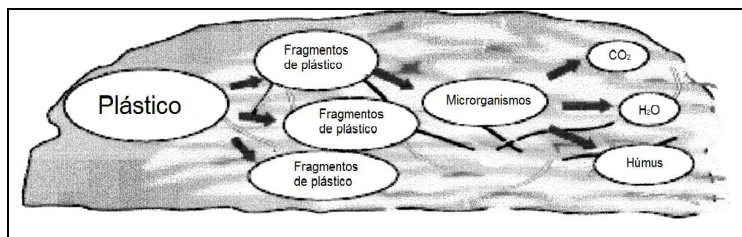


Figura 2.4 - Etapas do processo de biodegradação (Adaptado de Briassouli & Dejean, 2010).

No passado, os problemas da utilização de plásticos biodegradáveis e fotodegradáveis estavam relacionados com a sua degradação prematura (antes da colheita) ou degradação demasiado tardia, com os plásticos a terem uma taxa de degradação mais baixa do que o previsto (Lamont, 1999). A durabilidade do plástico de cobertura do solo tem que ser ajustada ao ciclo da cultura, considerando o período de tempo que decorre desde a sua aplicação ao terreno até ao final da cultura. No entanto existem vários factores que afectam a taxa de degradação/fragmentação e a taxa de biodegradação do plástico de cobertura do solo.

O período de degradação/fragmentação está directamente relacionado com a formulação e a qualidade do filme, a época do ano, a região geográfica, a quantidade de radiação solar e o comprimento do dia, a nebulosidade e a inclinação dos raios solares (Giacomelli *et al.*, 2000).

Os factores que influenciam a duração do período da biodegradação são: as condições a que o plástico está exposto (humidade, pH, temperatura, condições de aerobiose ou de anaerobiose); as características dos polímeros (estrutura e flexibilidade das cadeias, cristalinidade, massa molecular); os aditivos adicionados; a espessura, o tamanho e a forma do plástico que está exposto e o tipo de microrganismos existentes no solo (Gu., 2003; Kale *et al.*, 2007; Artham & Doble, 2008).

A biodegradação dos plásticos ocorre activamente em presença de diferentes tipos de solo de acordo com as suas propriedades, porque os microrganismos responsáveis pela degradação diferem uns dos outros devido à especificidade das suas condições de crescimento óptimas. Na presença de O<sub>2</sub>, os microrganismos aeróbios são os principais responsáveis pela biodegradação, sendo os fragmentos convertidos em CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O e matéria orgânica estabilizada. Pelo contrário, na ausência de O<sub>2</sub>, os principais microrganismos responsáveis pelo processo de biodegradação são os anaeróbios e os fragmentos são convertidos em CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O e matéria orgânica estabilizada (Briassoulis & Dejean, 2010).

Durante a degradação, o polímero é inicialmente convertido nos seus monómeros, e posteriormente esses monómeros são mineralizados. A maior parte dos polímeros têm dimensões que não lhes permitem atravessar as membranas celulares, tendo que ser primeiramente fragmentados em pequenos monómeros, antes de serem absorvidos e biodegradados dentro das células dos microrganismos. A fragmentação inicial de um polímero pode resultar de uma série de fenómenos físicos e biológicos. Os fenómenos físicos, tais como aquecimento/arrefecimento, congelamento/descongelamento ou humedecimento/secagem podem provocar danos mecânicos, tais como a fragmentação dos materiais poliméricos (Shah *et al.*, 2008).

O crescimento de alguns fungos também pode provocar alguma turgidez e ruptura à medida que os fungos penetram nos polímeros sólidos (Shah *et al.*, 2008). Os polímeros sintéticos tais como a policaprolactona (PLC) também são hidrolisados por enzimas microbianas, sendo posteriormente os monómeros absorvidos pelas células microbianas e biodegradados (Goldberg, 1995).

A hidrólise é a reacção mais importante para iniciar o processo de degradação dos polímeros sintéticos tais como os polilactídeos e os seus copolímeros (Nakayama *et al.*; 1996 Hiltunen *et al.*, 1997).

Existem pelo menos dois tipos de enzimas envolvidas activamente na degradação biológica dos polímeros: despolimerases intracelulares e extracelulares (exoenzimas) (Doi, 1990; Gu, 2003).

Durante a degradação, as exoenzimas dos microrganismos quebram os polímeros complexos produzindo moléculas mais pequenas, de cadeias curtas, que são suficientemente pequenas para atravessar a membrana externa semi-permeável das bactérias, podendo depois ser utilizadas como fontes de carbono e energia. Este processo designa-se despolimerização. Quando os produtos finais são CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O ou CH<sub>4</sub>, a degradação chama-se mineralização (Hamilton *et al.*, 1995).

É importante referir que a biodegradação e a degradação dos polímeros raramente atingem os 100% porque existe uma pequena porção do polímero que é incorporada na biomassa microbiana, e no húmus (Atlas e Bartha, 1997).

Estudos realizados por Massardier-Nageotte *et al.* (2006) revelaram que os microrganismos não parecem cortar as cadeias dentro dos polímeros mas provocam uma degradação superficial, sendo a parte amorfa do polímero a que é preferencialmente degradada.

## 2.5. IMPACTO AMBIENTAL E DESTINOS DOS PLÁSTICOS

Uma das grandes desvantagens da crescente utilização de plástico convencional na cobertura do solo é o facto de este originar anualmente toneladas de resíduos. Grande parte destes resíduos são deixados amontoados nas explorações agrícolas, e até há relativamente pouco tempo, alguns eram mesmo queimados, libertando substâncias tóxicas e poluindo o solo e a atmosfera. Há alguns anos atrás era também comum enterrar os resíduos plásticos, contribuindo esta prática para a contaminação dos solos, representando um perigo para a segurança alimentar dos produtos aí cultivados posteriormente (Scarascia-Mugnozza, 2006).

Actualmente, tanto queimar como enterrar os resíduos plásticos das explorações agrícolas são práticas proibidas, de acordo com a Directiva 99/31/CE, relativa à deposição de resíduos em aterros e com a Directiva 2000/76/CE, relativa à incineração de resíduos, tendo os agricultores que seguir um esquema de entrega dos seus resíduos plásticos. Havia, no entanto, várias razões que sustentavam estas más práticas agrícolas e ambientais. A principal era o elevado custo de mão-de-obra utilizada para remover eficazmente os resíduos de plástico no final da cultura.

Após a sua utilização o plástico de cobertura de solo é classificado como um resíduo e pode ter vários destinos: transportado para aterros, reciclado, ou queimado em instalações de incineração para a produção de energia (Kapanen *et al.*, 2008). Na Listagem Europeia de Resíduos (LER), o plástico de cobertura de solo tem o código 020104.

A energia necessária para a produção de plásticos biodegradáveis e de PEBD apresenta-se no Quadro 2.2. De um modo geral, o PE necessita de maior quantidade de energia específica para a sua produção do que os plásticos biodegradáveis.

**Quadro 2.2** – Energia necessária para a produção de plásticos biodegradáveis e convencionais.

Polímero	Energia (MJ/kg)
PEBD	81
PHA – processo de fermentação	81
PCL	77
PLA	57
TPS + 60% PCL	52
TPS + 52.5% PCL	48
TPS	25
TPS + 15% PVOH	25

Fonte: Patel (2001)

Um importante impacto ambiental associado à utilização dos plásticos é a sua contribuição para a emissão de gases com efeito de estufa (GEE). De um modo geral, os plásticos biodegradáveis emitem uma menor quantidade de GEE, durante a sua produção e gestão ambiental, do que o PEBD (Quadro 2.3).

**Quadro 2.3** – Emissão de gases com efeito de estufa (GEE) durante a produção e a gestão ambiental dos plásticos biodegradáveis e convencionais.

Polímero	Emissão de GEE x 10 (kgCO <sub>2</sub> eq./kg)
PCL	53
PEBD	50
PVOH	42
TPS + 60% PCL	36
TPS + 52.5% PCL	33
TPS + 15% PVOH	17
Mater-Bi <sup>®</sup> filme	12
TPS	11

Fonte: Patel (2001)

## 2.6. VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DOS PLÁSTICOS BIODEGRADÁVEIS

A degradação e possível biodegradação dos plásticos utilizados na agricultura são aspectos de extrema importância, tanto do ponto de vista económico como do ponto de vista ambiental. A possibilidade de utilização de plásticos biodegradáveis para a cobertura do solo surge como uma alternativa muito aliciente ao uso de plásticos convencionais, principalmente PE, constituindo um verdadeiro desafio para a prática de uma agricultura sustentável. Há uma crescente necessidade de utilizar um plástico de cobertura do solo que seja menos estável do que o PE, mas que lhe seja tecnicamente equivalente e que, se possível, aporte benefícios económicos.

Os plásticos biodegradáveis podem ser incorporados no solo após o ciclo cultural ou podem ser depositados directamente numa instalação de compostagem, juntamente com outros resíduos orgânicos, no fim da sua vida útil (Chandra & Rustgi, 1998; Narayan, 2001; Kapanen *et al.*, 2008). No caso dos plásticos de cobertura do solo a grande vantagem é a sua incorporação no final da cultura.

No entanto, não poderá haver acumulação de substâncias nocivas decorrentes da utilização dos plásticos biodegradáveis, sendo a determinação das propriedades ecotoxicológicas uma avaliação importante do impacto destes plásticos no ambiente. Para além dos estudos de toxicidade convencionais, poderão ainda realizar-se estudos microbiológicos ao solo utilizando a técnicas de biologia molecular (Kapanen *et al.*, 2003).

Actualmente, o objectivo dos plásticos biodegradáveis centra-se no desenvolvimento de plásticos suficientemente finos para a cobertura do solo, de modo a que se consigam degradar num curto período de tempo, mas que sejam suficientemente resistentes para suportar todo o ciclo da cultura, mantendo-se as produções e qualidade dos frutos. Por outro lado o desafio está em que sejam economicamente competitivos.

O sucesso deste tipo de plásticos depende essencialmente de vários aspectos (Briassoulis, 2007; Kapanen *et al.*, 2008):

- aplicação mecânica semelhante ao plástico convencional;
- propriedades físicas semelhantes ao plástico convencional de modo a garantir um comportamento mecânico durante o ciclo cultural semelhante ao plástico convencional;
- atingir a completa biodegradação no solo após terminar a cultura e, preferencialmente, antes da instalação da cultura seguinte.

A utilização de plásticos biodegradáveis de cobertura do solo está ainda em fase de investigação e experimentação, sendo necessária informação adicional acerca do seu comportamento durante o ciclo cultural, e acerca do seu impacto ambiental, em comparação com os plásticos convencionais (Kapanen *et al.*, 2008).

## 2.7. LEGISLAÇÃO

Existem várias normas internacionais que regulamentam a utilização de materiais biodegradáveis. No entanto, a maioria delas dizem respeito à biodegradação sob determinadas condições e em determinado meio (incluindo as condições de compostagem), mas não se referem especificamente à biodegradação no solo agrícola em condições reais, solo este que é utilizado para a produção de alimentos.

As normas existentes para testar a biodegradabilidade no solo são as seguintes:

- ASTM D5988-96/2003 – Standard test method for determining aerobic biodegradation in soil of plastic materials or residuals plastic materials after composting.
- ISO/PRF 17556-2003 – Plastics-determination of the ultimate aerobic degradability in soil by measuring the oxygen demand in a respirometer or the amount of carbon dioxide evolved
- NF U52-001 Fevereiro 2005 – Biodegradable materials for use in agriculture and horticulture - mulching products. Requirements and test methods.

Outros regulamentos importantes são:

- ASTM D6400-04 – Standard specifications for compostable plastics.
- EN 13432 - Comité Europeu de Normalização CEN /TC. Documento prEN 13432: 2000. Packaging – Requirements for packaging recoverable through composting and biodegradation – test scheme and evaluation criteria for the final acceptance of packaging.
- EN 13206 - Comité Europeu de Normalização CEN/TC 249. Documento prEN13206: 1998. Covering thermoplastic films for use in agriculture and horticulture. Brussels European Committee for Standardisation.
- EN 13655 - Comité Europeu de Normalização CEN/TC 249. Documento prEN13655:2001 (draft European Standards). Plastics – mulching thermoplastic films for use in agriculture and horticulture. Brussels: European Committee for Standardisation.
- Directiva 1999/31/EC do Conselho Europeu de 26 de Abril de 1999 sobre Resíduos agrícolas. Official Journal L 16/07/1999; 1/82:0001-19.
- Directiva 2000/76/EC do Parlamento Europeu e do Conselho Europeu de 4 de Dezembro de 2000 sobre Incineração de resíduos. Official Journal L 28.12.2000; 332:91.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

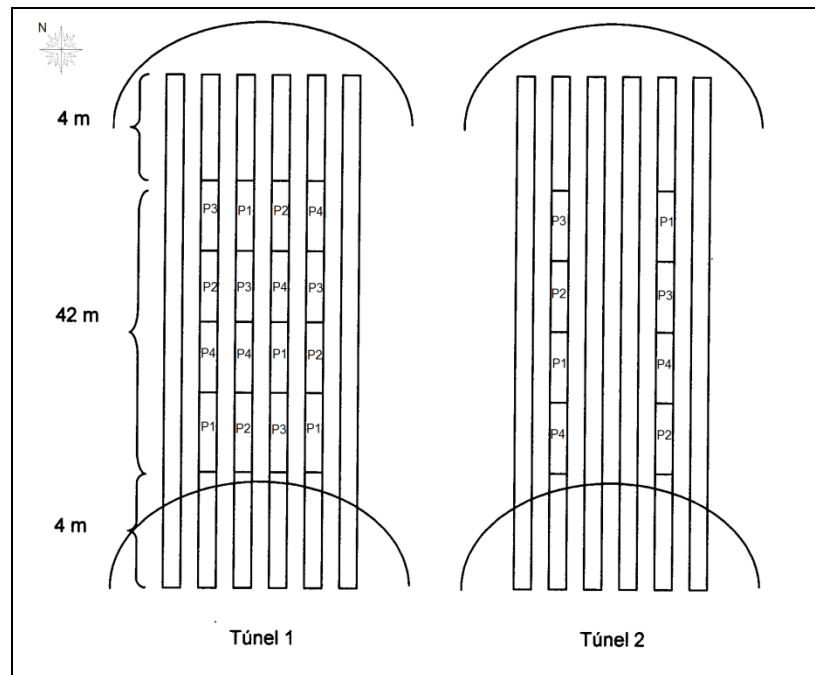
#### 3.1. LOCALIZAÇÃO DO ENSAIO

O ensaio decorreu na parcela Vale Tijolos (39° 10' 26"N, 8° 39' 39"O, altitude 10m), propriedade da Casa Prudêncio, em Almeirim (Ribatejo), entre os meses de Julho de 2010 e Abril de 2011.

#### 3.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O ensaio foi instalado ao ar livre em Julho e em Setembro foi conduzido em duas estufas tipo multitúnel, de estrutura metálica, com 50 m de comprimento, 6,5 m de largura e 2,5 m de altura, com uma abertura em cada um dos topos, orientada na direcção NE-SW. Os túneis foram cobertos com polietileno térmico transparente de 200 µm de espessura. Um dos túneis foi utilizado para o ensaio de degradação dos plásticos e avaliação da produção e qualidade dos frutos (túnel 1) e o outro para a análise do crescimento das plantas (túnel 2).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 4 modalidades (P1, P2, P3 e P4), correspondentes a 4 tipos de plástico de cobertura de solo (Quadro 3.1) e 4 repetições, num total de 16 talhões (4 plásticos x 4 repetições) (Figura 3.1).



**Figura 3.1** – Esquema do delineamento experimental.

O plástico utilizado para a cobertura do solo foi o bicolor branco e preto (branco na superfície superior e preto na inferior), testando-se 3 plásticos biodegradáveis e utilizando-se uma testemunha de plástico convencional, não biodegradável. Os plásticos biodegradáveis foram fornecidos pelas empresas Polivouga (P1) e Silvex (P2 e P3) e o plástico convencional foi fornecido pela empresa Polivouga (P4). Devido à inexperiência da empresa Polivouga na produção de plástico bicolor

biodegradável, o processo de extrusão necessário ao seu fabrico deu origem a um plástico cuja camada exterior apresentou uma cor ligeiramente acinzentada, em vez da cor branca que tinha sido solicitada. As principais características de cada plástico estão descritas no Quadro 3.1. As características dos compostos que entraram na produção dos plásticos biodegradáveis, assim como as características mais detalhadas dos plásticos utilizados, encontram-se no Anexo I.

**Quadro 3.1** – Características dos plásticos de cobertura do solo utilizados no ensaio.

	P1	P2	P3	P4
Tipo de plástico	Biodegradável	Biodegradável	Biodegradável	Convencional
Composição	Biomind (amido de milho + poliéster)	Mater-Bi <sup>®</sup> (amido de milho+óleos vegetais + poliéster)	Mater-Bi <sup>®</sup> (amido de milho+óleos vegetais + poliéster)	Polietileno de baixa densidade (PEBD)
Fornecedor	Polivouga	Silvex	Silvex	Polivouga
Fabricante	Cabopol	Biobag	Biobag	Cabopol
Cor	Bicolor (branco/preto)	Bicolor (branco/preto)	Bicolor (branco/preto)	Bicolor (branco/preto)
Espessura	31µm	20µm	25µm	40µm
Largura	1.50m	1.40m	1.40m	1.40m
Índice de fluidez	20 g/10 min			1.2 g/10 min
Densidade	1.35 g/cm <sup>3</sup>	1.20 g/cm <sup>3</sup>	1.20 g/cm <sup>3</sup>	0.92 g/cm <sup>3</sup>
Alongamento à ruptura (MD)	450%	335%	390%	375%
Tensão de ruptura (MD)	18 MPa	23,6 MPa	23,5 MPa	18 MPa

O Mater-Bi<sup>®</sup> utilizado no fabrico dos plásticos testados neste trabalho, pertence à segunda geração, gama CF e grau 04P, com baixo teor de humidade (Silvex 2011, comunicação pessoal).

Os compostos Biomind PBC005 e Biomind PBC006 são compostos termoplásticos completamente biodegradáveis e compostáveis (EN 13432 ou ASTM D6400) com base em poliésteres biodegradáveis, livres de qualquer substância produzida a partir de organismos geneticamente modificados (Anexo I).

Neste ensaio o plástico biodegradável P1 foi fabricado à base dos compostos Biomind PBC005 e Biomind PBC006 e os plásticos biodegradáveis P2 e P3 foram fabricados à base de Mater-Bi<sup>®</sup>.

No túnel 1, cada talhão era constituído por um camalhão com uma área de 11,55 m<sup>2</sup> (10,5m x 1,1m). Como bordadura foram deixados 4 m em cada topo do túnel e 1 camalhão de cada lado do túnel. A área útil total do ensaio foi de 184,8 m<sup>2</sup> (42m x 4,4m). No túnel 2, utilizaram-se 2 camalhões cada um com os 4 tipos de plástico (Figura 3.1).

### 3.3. TÉCNICAS CULTURAIS

As técnicas culturais utilizadas foram as que são normalmente utilizadas pela Casa Prudêncio, empresa que acumula uma experiência de 20 anos de produção de morango durante esta época.

#### 3.3.1. Preparação do terreno e aplicação da cobertura do solo

A preparação do terreno iniciou-se em Maio, consistindo numa lavoura, a 0,30 m, seguida de estrumação e de duas gradagens cruzadas. Em Junho, realizou-se uma rega com canhão para se conseguir um teor de humidade adequado à perfeita armação do terreno, factor este determinante no eficiente aproveitamento da água e dos nutrientes pelas plantas e, conseqüentemente, no sucesso da cultura.

De seguida, o terreno foi armado em camalhões de 0,40 m de altura, 0,50 m de largura e com distância entre os eixos centrais de 1,10 m. Simultaneamente aplicou-se a fita de rega localizada e cobriram-se os camalhões com plástico convencional bicolor branco e preto com 40 µm de espessura. A aplicação dos plásticos biodegradáveis foi realizada manualmente, à data da plantação (14/07/2010), e de forma manual, uma vez houve atraso por parte dos fornecedores na entrega do plástico na data pretendida.

Com o terreno armado e com o teor de humidade adequado, realizou-se a desinfecção do solo com metame-sódio (510 g/l), através da fita de rega, com uma dose de 400 l/ha.

#### 3.3.2. Plantação e material vegetal

Um mês após a realização da desinfecção do solo, abriram-se os buracos no plástico de forma a haver uma completa libertação do gás, substituiu-se o plástico convencional pelo plástico biodegradável, nos talhões correspondentes, e realizou-se a plantação (Figura3.2).



**Figura 3.2** – Aplicação dos plásticos biodegradáveis e abertura dos buracos.

O material vegetal utilizado consistiu em plantas frigoconservadas, de raiz nua, de uma variedade indiferente.

A plantação foi feita manualmente no dia 14 de Julho de 2010, sendo as plantas dispostas em linhas duplas por camalhão, alternadamente, com uma distância na linha e na entrelinha de 0,20 m, correspondendo a uma densidade de plantação de 60 000 plantas/ha (Figura 3.3).



Figura 3.3 – Plantação.

### 3.3.3. Mondas de flores e de estolhos

Realizaram-se 2 mondas de flores e 3 mondas de estolhos. Estas mondas são fundamentais nas variedades indiferentes plantadas no Verão, para que as plantas consigam atingir um bom desenvolvimento vegetativo e radicular para a posterior emissão de flores, concentrada num curto período de tempo. As mondas de flores realizaram-se nos dias 2 e 17 de Agosto. As mondas de estolhos foram feitas nos dias 23 de Agosto, 2 e 24 de Setembro (Figura 3.4).



Figura 3.4 – Monda de estolhos realizada manualmente.

### 3.3.4. Montagem e cobertura dos túneis

A estrutura do túnel foi montada durante o mês de Setembro e o plástico de cobertura foi aplicado no dia 30 de Setembro. O túnel permaneceu coberto durante todo o período de produção, sendo o plástico retirado no dia 21 de Dezembro, após a última colheita que ocorreu no dia 20 de Dezembro (Figura 3.5).



Figura 3.5 – Montagem dos túneis.

### 3.3.5. Rega

Utilizou-se um sistema de rega localizada gota-a-gota, com gotejadores espaçados de 0,30 m, com um débito de 3,72 l/h.m linear de fita. A fita de rega foi colocada no meio de cada camalhão, por baixo do plástico de cobertura do solo. O volume total de água aplicado foi de 4500 m<sup>3</sup>/ha.

No início do ensaio colocaram-se aspersores com o objectivo de haver um bom estabelecimento da cultura e uma boa emissão de flores.

### 3.3.6. Fertilização

A fertilização foi feita com base nos resultados da análise de solo realizada antes da instalação da cultura (Anexo II) e de acordo com as necessidades específicas desta variedade de morangueiro. A fertilização de fundo consistiu na aplicação de matéria orgânica uma vez que o seu teor no solo era muito baixo. Não se aplicou adubo de fundo e a adubação de cobertura foi realizada por fertirrega, ao longo do ciclo cultural, ajustando-se às necessidades da cultura em cada fase vegetativa. No total aplicaram-se por ha 100 kg de N, 197 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 248 kg de K<sub>2</sub>O, 97 kg de CaO e 46 kg de MgO e um complexo de micronutrientes.

### 3.3.7. Monitorização de pragas, doenças e auxiliares

O ensaio foi conduzido tendo em conta as Boas Práticas Agrícolas. Semanalmente foi feita a monitorização de pragas, doenças e auxiliares, de acordo com as Normas da Produção Integrada para a cultura do morangueiro (Lopes e Simões, 2006). As observações foram realizadas numa amostra de 25 plantas no ensaio.

Colocaram-se armadilhas com feromona para traçar as curvas de voo dos lepidópteros e armadilhas cromotrópicas azuis com feromona para ajudar a controlar os tripses (Figura 3.6).

A aplicação de produtos fitofarmacêuticos foi feita apenas quando não existia qualquer prática cultural alternativa. A introdução de organismos auxiliares também foi ponderada antes de se realizar a intervenção química. Os tratamentos fitofarmacêuticos realizados encontram-se no Anexo III.



Figura 3.6 – Armadilhas com feromona e armadilhas cromotrópicas azuis.

### 3.4. REGISTOS E OBSERVAÇÕES EFECTUADAS

#### 3.4.1. Análise do solo

Antes da instalação do ensaio procedeu-se à colheita de uma amostra representativa da área do ensaio para a realização de uma análise ao solo no Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva. O solo utilizado para o ensaio apresentava características indicadas para a cultura do morangueiro (Anexoll).

O pH ideal do solo para a cultura do morangueiro situa-se entre os 5,5 e os 6,5 (Maroto e Lopez Galarza, 1988), daí que se tenha optado por não alcalinizar uma vez que o valor do pH era muito próximo do óptimo.

O teor de matéria orgânica apresentou-se muito baixo, o teor de fósforo alto, o de potássio médio, o de magnésio baixo e o de cálcio muito baixo. O teor dos micronutrientes foi muito alto para o cobre, médio para o ferro e o zinco e muito baixo para o manganês e o boro.

O teor de metais pesados também se encontrou dentro dos valores-limite da concentração de metais pesados nos solos (LQARS, 2000).

#### 3.4.2. Água de rega

##### 3.4.2.1. Análise da água de rega

A água de rega foi proveniente de um furo existente na parcela, a 30 m de profundidade, e foi analisada sob o ponto de vista químico e microbiológico, no Laboratório Enoquisa (Anexo IV). A água mostrou-se apropriada para a condução da cultura do morangueiro, à excepção do nível de nitratos cujo valor se apresentou muito elevado. De qualquer forma este valor não inviabiliza a realização da cultura, mas obriga a que a gestão da rega e das fertilizações sejam rigorosas, de modo a evitar a contaminação do lençol freático, principalmente com nitratos.

### 3.4.2.2. Gestão da água de rega

Com o objectivo de gerir a rega, da forma o mais eficiente possível, colocou-se uma sonda de capacitância TriScan, para medição do teor de água no solo, com sensores a 0,10 m, 0,20 m, 0,30 m, 0,40 m e 0,50 m. O objectivo foi tentar manter o nível adequado do teor de humidade do solo à profundidade das raízes (0,20 a 0,40 m) e evitar que a água atingisse os 0,50 m, nível abaixo da profundidade das raízes (Figura 3.7).

Esta sonda possui sensores de medição da condutividade eléctrica do solo, acoplados (Starr *et al.*, 2009), às mesmas profundidades dos sensores da humidade, com o objectivo de evitar o arrastamento de nutrientes para as camadas abaixo da profundidade das raízes. A fertirrega foi o método utilizado para a aplicação dos fertilizantes, permitindo uma aplicação muito fraccionada dos nutrientes, de acordo com as necessidades da cultura, durante o ciclo vegetativo, e minimizando consequentemente a ocorrência de lixiviação dos nutrientes.



Figura 3.7 – Sensor do teor de humidade no solo.

A parcela onde se localizou o ensaio pertence à Zona Vulnerável nº5 (Tejo) pelo facto de se tratar de uma zona onde o aquífero se encontra com um teor de nitratos superior ao admissível para o consumo humano ( $>50 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$ ) (DL235/97 de 3 Setembro e Portaria 164/2010 de 16 de Março). Por este motivo, a gestão da rega e da fertilização são de extrema importância, onde as fertilizações e regas excessivas têm que ser evitadas com o objectivo de poupar água e minimizar a lixiviação dos nutrientes, principalmente do azoto nítrico ( $\text{NO}_3^-$ ), para as águas subterrâneas. Para além disso, é necessário contabilizar não só o azoto aplicado através da fertilização, como também o veiculado pela água de rega.

Ao longo do ensaio foi possível fazer uma gestão equilibrada da água de rega e da aplicação dos fertilizantes, como é possível verificar na Figura 3.8, em que o gráfico A representa a evolução da condutividade eléctrica do solo às várias profundidades, o gráfico B representa a evolução do teor de água no solo às várias profundidades e o gráfico C representa a evolução do teor total de água do solo.

O teor total de água do solo, correspondente à soma do teor de água às várias profundidades, manteve-se na zona óptima (zona verde), à excepção do fim de Novembro. Nesta

altura, ocorreu uma forte precipitação que provocou alguma drenagem subterrânea e uma subida no teor de água a 50 cm. A partir deste momento o solo ficou encharcado na entrelinha, o que provocou algumas ligeiras subidas no teor de humidade, a esta profundidade. Da observação da Figura 3.8 podemos verificar que, de um modo geral, as regas atingiram os 30 cm e pontualmente os 40 cm.

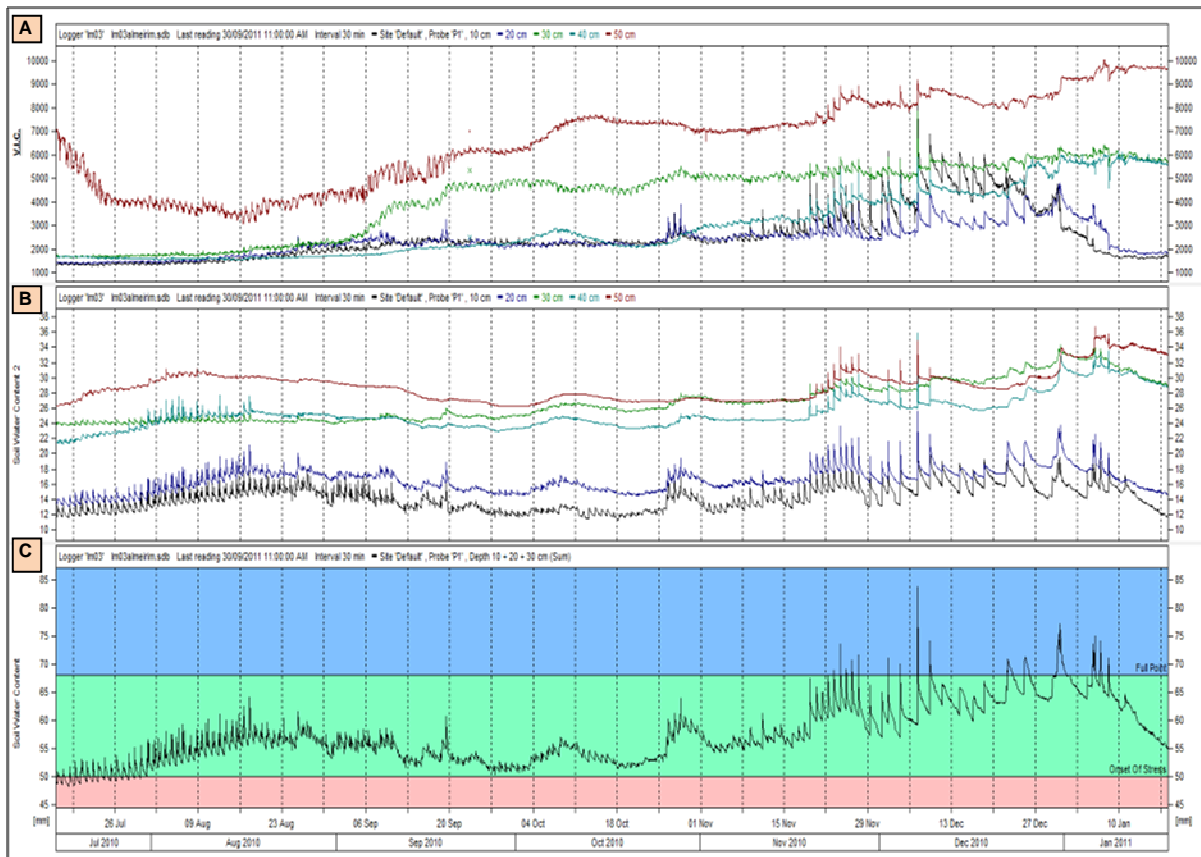


Figura 3.8 – Evolução da condutividade eléctrica do solo a diferentes profundidades (A), do teor de água no solo a diferentes profundidades (B) e do teor total de água no solo (C).

### 3.4.3. Registos meteorológicos

Os dados meteorológicos foram registados ao ar livre e posteriormente no interior do túnel 1, onde se testou o comportamento dos plásticos biodegradáveis, de 14 de Julho de 2010 (início do ensaio) a 10 de Janeiro de 2011 (incorporação dos plásticos no solo). Utilizou-se uma estação meteorológica da marca iMETOS (Pessl Instruments) que mediu, de forma contínua, a temperatura e humidade relativa do ar, a radiação solar e a precipitação (Figura 3.9).

Entre os dias 15 e 30 de Julho a temperatura do solo foi medida manualmente, a 0,05 m de profundidade, com um termómetro HANNA HI 145, e a partir do dia 2 de Agosto foram instalados os sensores automáticos de medição da temperatura a 0,15 cm de profundidade.



Figura 3.9 – Estação meteorológica utilizada no ensaio.

#### 3.4.4. Ensaio de aplicação mecânica dos plásticos de cobertura do solo

No dia 22 de Julho (cerca de uma semana após a plantação do ensaio) testou-se a aplicação mecânica dos vários plásticos numa parcela contígua à do ensaio. Nesta operação utilizou-se um tractor com a máquina de armar o terreno que normalmente é utilizada para aplicar o plástico de cobertura do solo no morangueiro.

A parcela onde foi realizada a aplicação mecânica dos plásticos foi deixada para se verificar o que se passaria em condições extremas. O plástico foi colocado sobre os camalhões, não se aplicou a fita de rega, não se plantou e não se cobriu o ensaio com túnel. As observações foram realizadas de 2 em 2 semanas e a escala visual utilizada foi a mesma do ensaio da avaliação da degradação dos plásticos.

#### 3.4.5. Degradação dos plásticos de cobertura do solo

A análise da degradação da parte exposta dos plásticos de cobertura do solo dividiu-se em 3 fases: Fases 1, 2 e 3. Por sua vez, a Fase 1 subdividiu-se em Fases 1A e 1B (Quadro 3.2).

Quadro 3.2 – Fases, período, início e fim do ensaio e condução da cultura correspondente.

Fase	Período	Início-Fim	Condução
Fase 1	14/07/10 a 20/12/10	Cobertura do solo-Fim da produção	Ar livre/Túnel
Fase 1A	14/07/10 a 29/09/10	Cobertura do solo-Cobertura dos túneis	Ar livre
Fase 1B	30/09/10 a 20/12/10	Cobertura dos túneis-Fim da produção	Túnel
Fase 2	21/12/10 a 10/01/11	Fim da produção-Incorporação	Ar livre
Fase 3	11/01/11 a 17/04/11	Incorporação-3 meses após incorporação	Ar livre

### **3.4.5.1. Fase 1 – período que decorreu desde a aplicação do plástico de cobertura do solo até ao final da produção**

O comportamento dos plásticos durante o ensaio foi avaliado de 2 em 2 semanas, de acordo com uma escala visual quantitativa que varia entre 0 e 9 (Miles *et al.*, 2007):

- 0 - solo com cobertura de 0 a 10%
- 1 - solo com cobertura de 11 a 20%
- 2 - solo com cobertura de 21 a 30%
- 3 - solo com cobertura de 31 a 40%
- 4 - solo com cobertura de 41 a 50%
- 5 - solo com cobertura de 51 a 60%
- 6 - solo com cobertura 61 a 70%
- 7 - solo com cobertura de 71 a 80%
- 8 - solo com cobertura de 81 a 90%
- 9 - solo com cobertura de 90 a 100%

Valores de degradação com um valor atribuído de 8 a 9 correspondem a plástico em “muito bom estado”, 6 a 8 a plástico em “bom estado”, 4 a 6 a plástico em “estado satisfatório” e abaixo de 4 a plástico em “mau estado” (não aceitável para a continuação da cultura).

### **3.4.5.2. Fase 2 – período que decorreu entre a remoção do plástico de cobertura dos túneis e a incorporação**

Durante esta fase continuou-se a fazer a avaliação visual da degradação dos plásticos, através da mesma escala utilizada na Fase 1.

Após o corte da parte aérea das plantas, e antes da incorporação dos plásticos, avaliou-se o estado final de cada um deles, através da medição da área de plástico degradada. Esta medição foi realizada através de fotografias e com auxílio do programa AUTOCAD versão 2004. As imagens foram planificadas e foi medida a área do camalhão que não estava coberta, em cada modalidade. A área degradada foi obtida subtraindo, à área medida, a área dos orifícios da plantação. A área de cobertura final do solo, de cada modalidade, resultou da diferença entre a área total de plástico aplicada e a área degradada (Anexo V).

### **3.4.5.3. Fase 3 – período que decorreu após a incorporação do plástico**

No dia 11 de Janeiro de 2011 retirou-se a fita de rega, o plástico convencional foi retirado manualmente (Figura 3.10) e os plásticos biodegradáveis foram incorporados com uma grade de discos (Figura 3.11). Foram necessárias 4 passagens com a grade de discos para se conseguirem pedaços de pequena dimensão (Figura 3.12).



Figura 3.10 – Remoção manual do plástico convencional.



Figura 3.11 – Incorporação dos plásticos biodegradáveis.



Figura 3.12 – Aspecto final da parcela após a incorporação dos plásticos.

#### 3.4.5.3.1. Crivagens do solo

Após a incorporação, retirou-se, de um modo aleatório, uma amostra de solo de cerca de 1 kg, de cada modalidade, com uma sonda de 0,20 m, utilizando a técnica do zig-zag. Estas amostras de solo foram retiradas todos os meses, entre Janeiro e Abril e foram sujeitas a uma secagem ao ar livre, fazendo-se de seguida uma crivagem com crivos de 10 mm, 5 mm e 2 mm (Figura 3.13). Em seguida as várias fracções foram pesadas e determinou-se o carbono total e a matéria orgânica total na fracção do solo com partículas inferiores a 2 mm.



Figura 3.13 – Secagem e crivagem das amostras do solo.

#### 3.4.5.3.2. Determinação do carbono total e da matéria orgânica do solo

O carbono total foi determinado com o auxílio do aparelho CA-100 Solid Sample TOC Analyzer, numa amostra de 1g de solo seco, resultante da fracção do solo com partículas inferiores a 2 mm. Realizaram-se 3 repetições em cada modalidade (Figura 3.14).

O teor de matéria orgânica resultou da determinação do teor de carbono total, através da seguinte expressão:

$$\text{Matéria orgânica (\%)} = \text{Carbono total (\%)} \times 1,724$$



Figura 3.14 – Determinação do carbono total.

### 3.4.6. Análise do crescimento das plantas

O crescimento das plantas foi avaliado através de uma análise destrutiva, realizada de 15 em 15 dias, numa amostra de cinco plantas por cada modalidade. No total foram feitas 9 colheitas, a primeira a 16 de Agosto e a última a 29 de Novembro. Foi feita a medição do diâmetro da coroa da planta e avaliou-se o número de coroas, o número de folhas, o número de inflorescências, o número de flores e a área foliar de cada uma das plantas recolhidas (Figura 3.15).



**Figura 3.15** – Análise destrutiva das plantas para avaliação dos parâmetros biométricos.

O peso seco da parte aérea da planta (folhas + inflorescências + coroas), da parte subterrânea (raiz + coroa subterrânea) e dos frutos foi determinado após secagem numa estufa 'Memert', com ventilação forçada, à temperatura de 70°C, até se obter um peso constante. As pesagens foram feitas numa balança de precisão 0,01 'Metler PM 4000'. O peso seco das inflorescências incluiu os pedúnculos, os botões e as flores propriamente ditas (Figura 3.16). O peso seco dos frutos, foi determinado numa amostra de 20 frutos de cada modalidade.

A análise dos dados da matéria seca total da planta, bem como a repartição da matéria seca total da planta não incluem o peso seco dos estolhos. A repartição da matéria seca entre os diferentes órgãos da planta foi expressa em percentagem da matéria seca total da planta



Figura 3.16 – Estufas de secagem.

### 3.4.7. Produção de frutos

#### 3.4.7.1. Análise quantitativa da produção

O período de colheita decorreu de 17 de Setembro a 20 de Dezembro de 2010.

Os frutos foram colhidos três vezes por semana quando se apresentavam no estado de maturação adequado e foram classificados nas seguintes classes, de acordo com uma classificação adequada às exigências dos hipermercados europeus (Figura 3.17):

- Comercializáveis

Categoria I – frutos com forma cónica perfeita e calibre superior a 30 mm

Categoria II – frutos com um pequeno defeito, não muito grave, ou calibre entre 25 mm e 30 mm

- Não comercializáveis – podres, deformados, com calibre inferior a 25 mm, com ataques de pragas, sujos com terra.



Figura 3.17 – Exemplo de frutos de Categoria I (A), Categoria II (B) e Não comercializáveis (C).

Em cada colheita quantificou-se o peso total de frutos e o número total de frutos de cada categoria, em cada talhão.

A calibragem do fruto foi determinada pelo diâmetro máximo da secção equatorial de cada fruto e a sua pesagem fez-se numa balança de precisão Gram precision série MM (Figura 3.18).



Figura 3.18 – Pesagem das diferentes categorias dos frutos.

### 3.4.7.2. Análise qualitativa dos frutos

A qualidade do fruto foi avaliada através da medição do teor de sólidos solúveis, pH, coloração e firmeza, numa amostra de 20 frutos de cada modalidade, no início, no pico de produção e no final do ensaio. O teor de sólidos solúveis foi medido com o Refractómetro Digital PR 100 Atago, a coloração com o Colorímetro de Refletância Minolta Chroma Meter CR 200b, com os valores ( $L^*$   $a^*$   $b^*$ ) convertidos em coloração, e a firmeza com o Texturómetro Stable Microsystems TA-Hdi

Realizaram-se também testes de durabilidade da fruta (shelf life), no início, no pico de produção e no final do ensaio, numa amostra de 400 g de frutos, de categoria I, de cada modalidade. Os frutos foram avaliados no dia de colheita e após 7 dias de permanência numa câmara frigorífica, a 2°C. Os parâmetros considerados encontram-se no Quadro 3.3.

Quadro 3.3 – Parâmetros considerados na avaliação de qualidade da fruta (shelf life).

Índice	Classificação	Defeitos graves	Defeitos menos graves
4	Muito Bom	15%	20%
3	Bom	20%	25%
2	Suficiente	25%	30%
1	Insuficiente	30%	35%

Defeitos graves (podridões e pisaduras húmidas)

Defeitos menos graves (pequenos defeitos, pisaduras secas, outros danos)

## 3.5. TRATAMENTO ESTATÍSTICO

A análise estatística dos resultados foi feita através de uma análise de variância, realizada com o programa STATISTICA versão 6.0. As tabelas da ANOVA encontram-se apresentadas no

Anexo VI. Realizou-se a comparação de médias através do teste LSD para um nível de significância de 5%.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. REGISTOS METEOROLÓGICOS

#### 4.1.1. Temperatura do solo

A temperatura média do solo variou ao longo do tempo e entre as diferentes modalidades de plástico testadas. No solo coberto com plástico convencional (P4), a temperatura do solo foi inferior à do solo coberto com plásticos biodegradáveis (P1, P2 e P3) durante o período mais quente, ou seja de Agosto até ao fim de Setembro (Figura 4.1). A partir de Novembro não se verificaram diferenças na temperatura do solo entre o plástico convencional e os plásticos biodegradáveis.

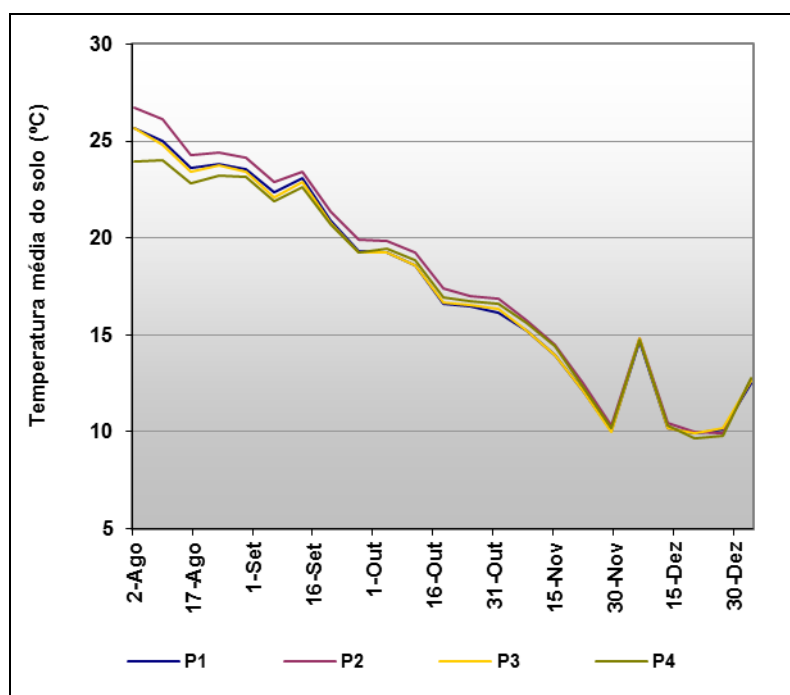


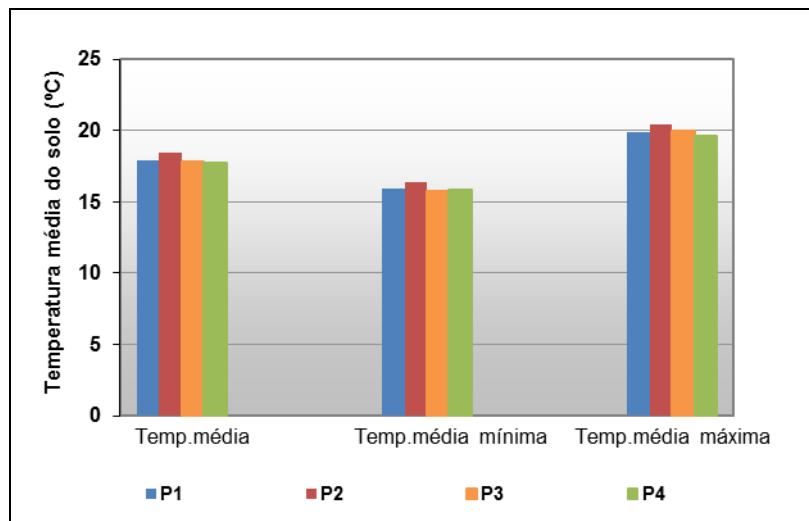
Figura 4.1 – Evolução da temperatura média do solo (°C), ao longo do ensaio, nas várias modalidades.

Esta diferença de temperatura foi, provavelmente, devida à maior espessura e também à menor permeabilidade ao vapor de água que o plástico convencional de PE apresenta relativamente aos plásticos biodegradáveis. Blick *et al.* (2010) referem que a permeabilidade ao vapor de água é muito superior nos plásticos biodegradáveis do que no PE, apresentando este uma maior capacidade de retenção de água. Por outro lado, estudos realizados por Gasparim *et al.* (2005) demonstraram que quanto maior a densidade da cobertura vegetal morta sobre o solo, menor é a temperatura no perfil do solo. O plástico biodegradável P2 (20  $\mu\text{m}$ ) foi o que apresentou uma temperatura média do solo mais elevada, seguindo-se os plásticos biodegradáveis P3 de 25  $\mu\text{m}$ , P1 de 30  $\mu\text{m}$  e o plástico convencional de 40  $\mu\text{m}$  de espessura (P4).

Seria de esperar que o plástico P1 provocasse um maior aquecimento do solo do que os restantes plásticos devido à sua cor ligeiramente acinzentada e, portanto, mais escura. Tal não se

verificou, provavelmente devido ao corte longitudinal que este plástico apresentou em cada um dos lados da base do camalhão, junto ao solo, desde praticamente o início do ensaio, e que poderá ter provocado alguma libertação de calor. Himelrick (1982) comparou plástico de cobertura do solo preto com branco, na cultura do morangueiro, verificando que a temperatura média do solo do plástico preto foi 5°C superior à do plástico branco, medida a 0,025 m de profundidade.

A temperatura média do solo não apresentou grandes diferenças entre os vários tipos de plástico testados (Figura 4.2). No entanto, no plástico convencional (P4) a temperatura média e a temperatura média máxima do solo foram ligeiramente inferiores às dos plásticos biodegradáveis (P1, P2 e P3). Por outro lado, com o plástico P2 atingiram-se valores de temperatura média, temperatura média máxima e temperatura média mínima do solo ligeiramente superiores aos restantes plásticos.



**Figura 4.2** – Temperatura média (°C), temperatura média mínima (°C) e temperatura média máxima (°C) do solo, nas várias modalidades.

No início do ensaio registaram-se, manualmente, alguns valores da temperatura do solo para verificar se existiam diferenças entre o plástico exposto a este e a oeste. Os resultados obtidos estão reportados no Quadro 4.1, verificando-se as diferenças de temperatura do solo entre os lados opostos dos camalhões. No período da manhã, as temperaturas foram superiores do lado exposto a este, enquanto à tarde foram superiores do lado exposto a oeste. Estas diferenças chegaram a atingir valores de 13°C, no dia 15 de Julho. De um modo geral, o plástico biodegradável P1 apresentou as temperaturas do solo mais elevadas e o plástico convencional P4 as temperaturas do solo mais baixas, tanto a este como a oeste, e qualquer que fosse a hora da medição. Estas diferenças chegaram a atingir os 9°C.

**Quadro 4.1** – Diferença da temperatura do solo (°C) entre o plástico convencional (P4) e os plásticos biodegradáveis (P1, P2 e P3) com exposição a este e a oeste, desde a plantação até ao fim de Julho.

Data	Hora	Exposição	Diferença de temperatura (°C)			Temperatura (°C)
			P1-P4	P2-P4	P3-P4	P4 Testemunha
15-07-2010	11.00	este	+9,6	+7,2	+6,6	27,2
		oeste	+2,0	+0,8	+0,8	21,0
19-07-2010	16.00	este	+4,3	+0,7	+1,8	27,9
		oeste	+3,3	+0,1	+1,3	27,8
21-07-2010	13.00	este	+6,1	+4,0	+5,8	25,5
		oeste	+2,4	+2,0	+3,0	23,6
22-07-2010	16.00	este	+4,7	+4,3	+5,5	22,3
		oeste	+5,5	+2,4	+3,3	22,5
23-07-2010	12.30	este	+5,1	+4,8	+3,0	25,4
		oeste	+3,3	+1,5	+2,8	22,2
27-07-2010	12.30	este	+2,9	+2,8	+2,6	25,4
		oeste	+3,3	+1,5	+2,8	22,2
29-07-2010	12.30	este	+3,7	-1,9	+0,1	28,2
		oeste	+1,7	+0,6	+0,8	23,0
30-07-2010	12.30	este	+1,3	+1,0	+0,2	22,8
		oeste	+1,4	+0,7	+0,8	21,3

#### 4.1.2. Temperatura e humidade relativa do ar

Até 29 de Setembro os valores da temperatura e humidade relativa do ar referem-se às condições ao ar livre, de 30 de Setembro a 20 de Dezembro às condições no interior do túnel e a partir de 21 de Dezembro novamente às condições ao ar livre (Figura 4.3).

De um modo geral, a temperatura média do ar diminuiu e a humidade relativa do ar aumentou, ao longo do ensaio. À melhoria das condições climáticas no início de Dezembro, nomeadamente ao aumento da temperatura do ar e da temperatura do solo, correspondeu um aumento da produção semanal.

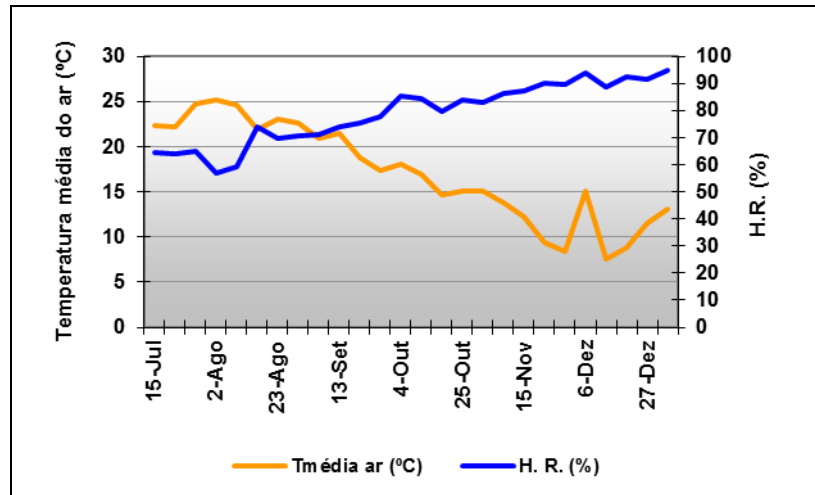


Figura 4.3 – Evolução da temperatura (°C) e da humidade relativa do ar (%) ao longo do ensaio.

A evolução da temperatura média, da temperatura média máxima e da temperatura média mínima do ar, ao longo do ensaio, apresentam-se na Figura 4.4.

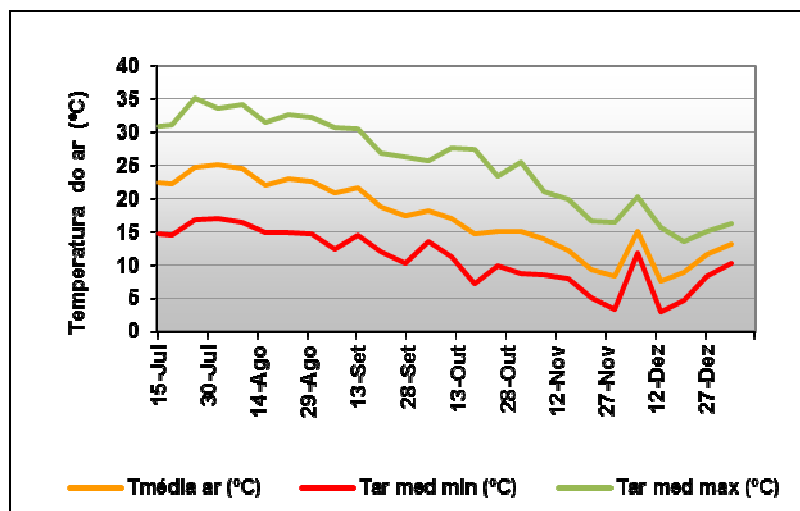
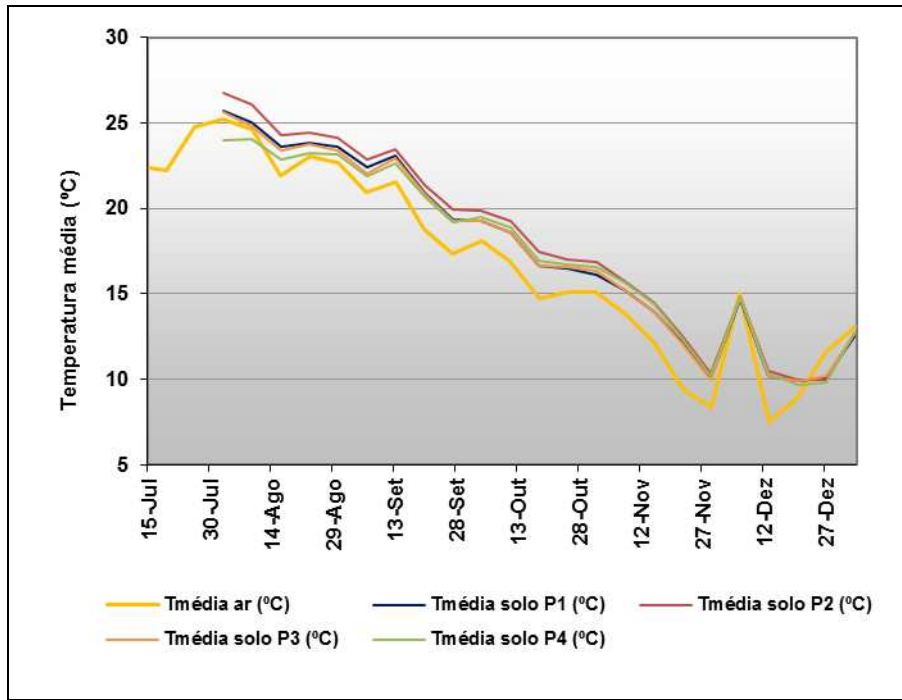


Figura 4.4 – Evolução da temperatura média máxima (°C), da temperatura média (°C) e da temperatura média mínima (°C) do ar, ao longo do ensaio.

De um modo geral, a temperatura média do solo nas 4 modalidades foi mais elevada do que a temperatura média do ar, ao longo do ensaio, excepto no início e no final do ensaio em que a temperatura é inferior em P4 e nas 4 modalidades, respectivamente (Figura 4.5).



**Figura 4.5** – Evolução da temperatura média do ar (°C) e da temperatura média do solo, nas várias modalidades (°C), ao longo do ensaio.

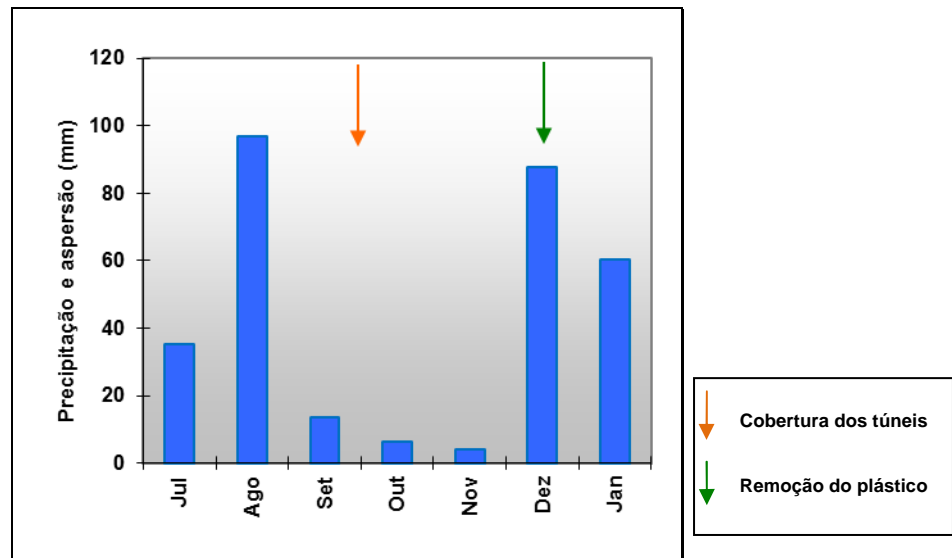
#### 4.1.3. Precipitação

A quantidade de água (mm) a que os plásticos estiveram sujeitos sob a forma de rega por aspersão e de precipitação vem reportada na Figura 4.6.

Os valores dos meses de Julho, Agosto e Setembro referem-se à rega por aspersão, que esteve montada até ao início da produção. Esta rega é realizada durante este período mais quente para o estabelecimento das plantas e para que a emissão de flores não seja inibida pelas elevadas temperaturas (Durner e Poling, 1988).

Durante os meses de Outubro e Novembro o ensaio esteve coberto pelo túnel, daí que se tenham registado valores baixos de precipitação, sendo que a ocorrência destes deverá corresponder à condensação que ocorre no interior dos túneis nos períodos de elevada humidade relativa e que depois cai sob a forma de precipitação.

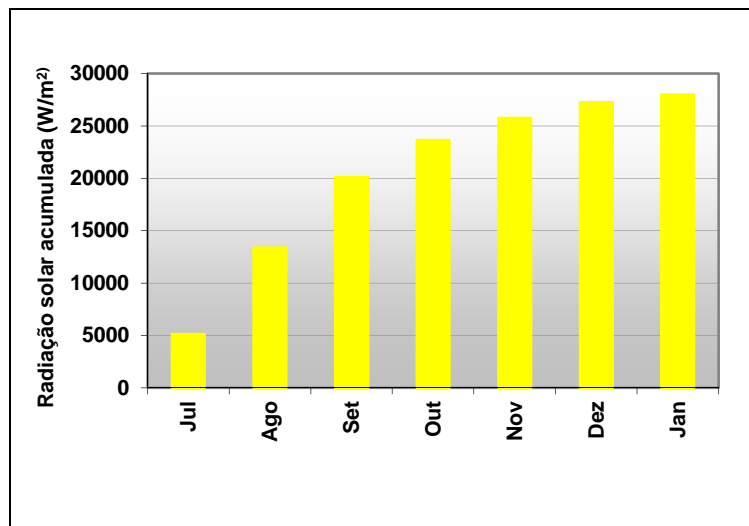
No dia 21 de Dezembro procedeu-se à remoção do plástico de cobertura do túnel, sendo os valores deste mês e do mês de Janeiro referentes à precipitação ocorrida durante esse período.



**Figura 4.6** – Precipitação e água da rega por aspersão (mm) ocorridas nas condições do ensaio (de 15/07/10 a 10/01/11).

#### 4.1.4. Radiação solar

A radiação solar acumulada a que os plásticos estiveram sujeitos ao longo do ensaio vem apresentada na Figura 4.7. No total do período de ensaio a radiação total acumulada registou um valor de 28.007 W/m<sup>2</sup>.



**Figura 4.7** – Radiação solar acumulada (W/m<sup>2</sup>) ao longo do ensaio (de 15/07/10 a 10/01/11).

## 4.2. PROTECÇÃO INTEGRADA

As principais doenças que afectaram a cultura no decorrer do ensaio foram o oídio (*Oidium* sp.) e a podridão cinzenta dos frutos (*Botrytis cinerea* Persoon: Fries) (Figura 4.8). Ambas se manifestaram com maior intensidade na parte final do ensaio, durante o período com humidade relativa mais elevada, embora tenham ocorrido condições favoráveis ao seu desenvolvimento

praticamente desde o início, o que desencadeou a realização de alguns tratamentos fitossanitários preventivos.

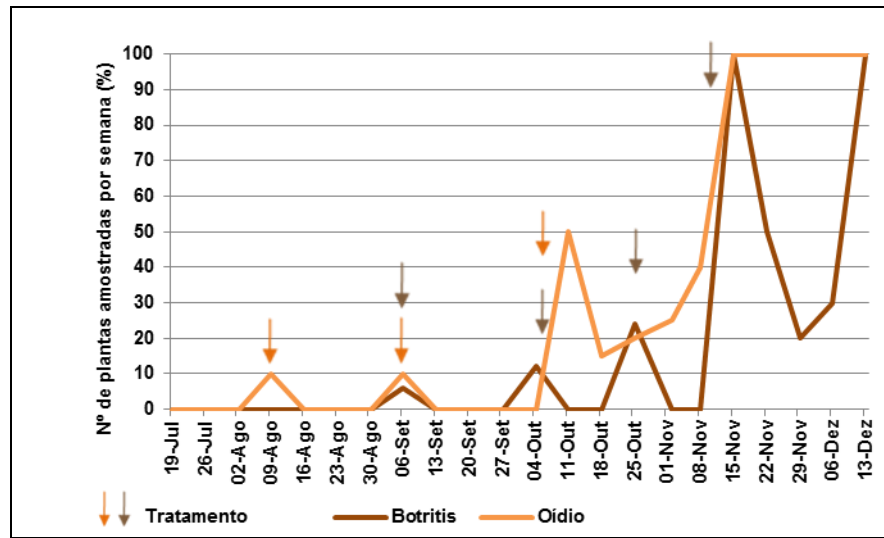


Figura 4.8 – Evolução da infecção das plantas por botritis e oídio durante o ensaio.

As pragas mais importantes foram os lepidópteros (Figura 4.9), os tripses (Figura 4.10) e um díptero semelhante à mosca do vinagre (do género *Drosophila*), que ainda não foi identificado. Não se traçou a curva de voo desta mosca por se tratar de uma praga nova na cultura do morangueiro, para a qual não se tinha colocado nenhuma armadilha com feromona. Outras pragas que estiveram presentes foram os ácaros e os afídeos mas não constituíram problema neste ensaio. Ambos foram controlados pelos auxiliares autóctones que existiam na parcela e, no caso dos ácaros, por uma largada de *Phytoseiulus persimilis* na dose de 3,5 indivíduos/m<sup>2</sup>, ao aparecimento dos primeiros focos.

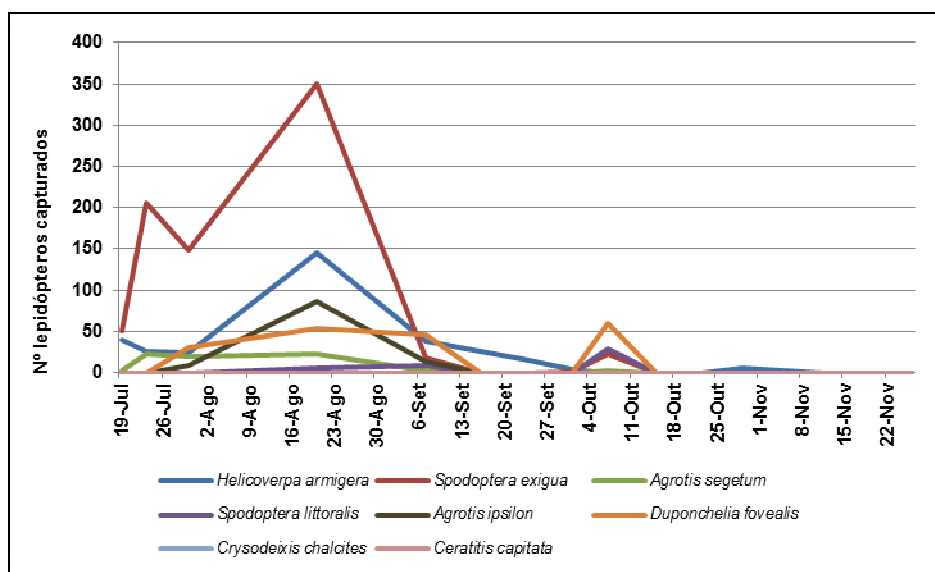


Figura 4.9 – Curva de voo de alguns lepidópteros durante o período do ensaio.

As duas espécies de lepidópteros que foram capturados em número mais elevado foram a *Spodoptera exigua* e a *Helicoverpa armigera*, no entanto, houve outras espécies presentes. Em conjunto, estas duas espécies, no seu estado de larva, provocaram perdas elevadas de frutos e tornaram o combate a esta praga difícil, particularmente durante os meses de Agosto e Setembro.

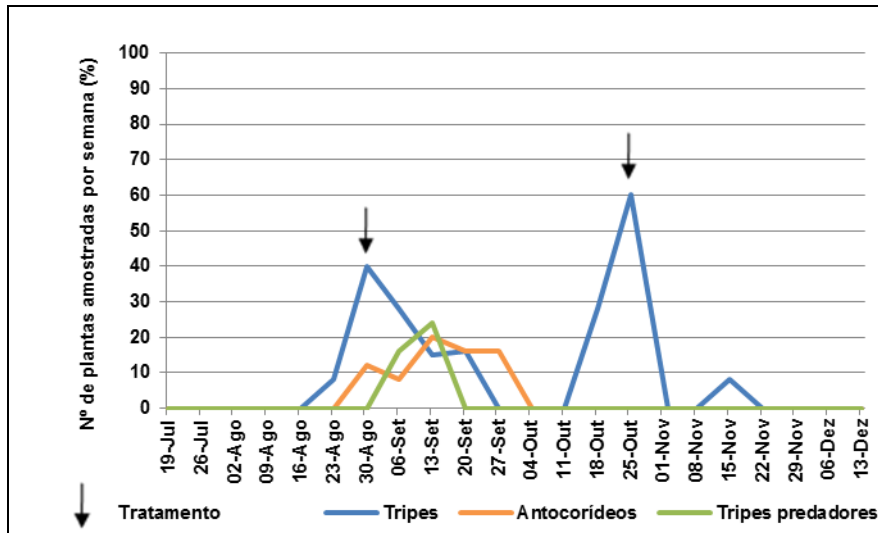


Figura 4.10 – Evolução da infestação das plantas por tripes durante o ensaio e evolução dos seus predadores autóctones.

Os tripes também constituíram uma praga importante que causou algum estrago, pelo bronzeamento que provocam nos frutos. Os principais auxiliares autóctones presentes foram os antocorídeos e os tripes predadores, que se revelaram insuficientes para o controlo desta praga. A época do Outono não é uma época muito propícia ao aparecimento de auxiliares autóctones que, durante a Primavera, se encontram muito maior número, contudo, registou-se a presença de alguns crisopídeos e fitoseídeos.

### 4.3. APLICAÇÃO MECÂNICA DOS PLÁSTICOS DE COBERTURA DO SOLO

A aplicação mecânica dos plásticos biodegradáveis de cobertura do solo correu de forma muito favorável aos plásticos biodegradáveis. Utilizou-se a mesma máquina com a qual se aplicou o plástico convencional e não foi necessário fazer nenhuma adaptação especial. A velocidade do tractor foi a mesma na aplicação dos vários plásticos, o que correspondeu ao mesmo tempo gasto na aplicação. Na Figura 4.11 é possível observar a operação de aplicação mecânica de cada um dos plásticos.



P1



P2



P3



P4

**Figura 4.11** – Aplicação mecânica dos vários tipos de plástico (P1, P2, P3 e P4).

Na Figura 4.12 pode observar-se o aspecto final do ensaio, após a aplicação mecânica dos plásticos, sendo possível verificar que todos eles se apresentavam devidamente esticados e sem rasgões, sem ter sido necessário fazer qualquer regulação especial da máquina. Verificou-se que os plásticos biodegradáveis P2 e P3 eram especialmente elásticos e que o plástico biodegradável P1 também era mais elástico do que o plástico convencional (Anexo I).



**Figura 4.12** - Aspecto do ensaio de aplicação mecânica dos plásticos.

#### 4.4. DEGRADAÇÃO DOS PLÁSTICOS DE COBERTURA DO SOLO

##### 4.4.1. Fase 1 - período que decorreu desde a aplicação do plástico até ao final da produção

De um modo geral os plásticos biodegradáveis apresentaram uma resistência mecânica suficiente para garantir uma boa cobertura do solo, ao longo dos 5 meses de duração do ensaio, promovendo um controlo eficiente das infestantes e mantendo os frutos isentos de sujidade. No entanto, verificaram-se diferenças na degradação e durabilidade dos vários plásticos biodegradáveis, objecto de estudo (Figura 4.13)

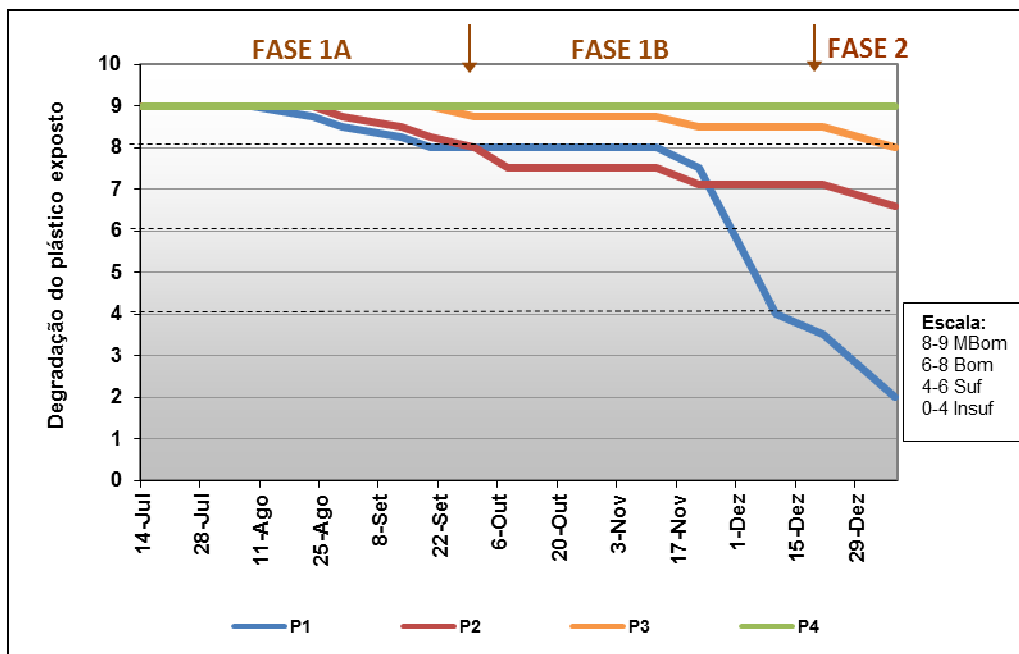


Figura 4.13 – Degradação do plástico exposto durante o ensaio.

Apesar de alguns dos plásticos testados terem chegado ao fim desta fase degradados, esta situação não prejudicou o aspecto geral das plantas (Figura 4.14).

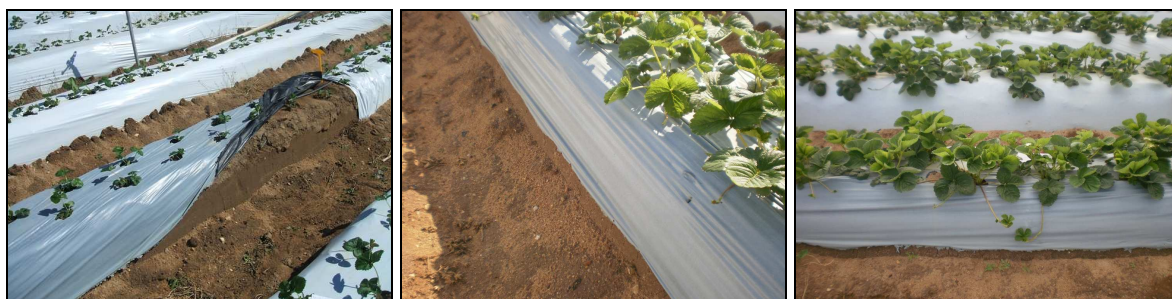


**Figura 4.14** – Aspecto do ensaio desde a plantação até ao fim da produção (Fase 1).

Nos plásticos biodegradáveis, verificou-se alguma degradação inicial do **plástico exposto**, principalmente durante a Fase 1A, com P1 a ser o primeiro a iniciar a sua biodegradação, seguido de P2 e mais tarde de P3. O plástico convencional (P4) manteve-se intacto durante esta fase e durante as fases seguintes, até ao fim do ensaio (Figura 4.13).

Após a degradação inicial do plástico exposto, verificou-se uma certa estabilização nas diferentes modalidades, principalmente a partir do momento em que se colocou o plástico de cobertura do túnel (Fase 1B). Esta estabilização manteve-se até meados do mês de Novembro, altura em que o processo de degradação se acelerou. Esta degradação mais intensa deu-se principalmente no plástico P1.

O primeiro sinal de degradação apresentado pelo plástico P1 foi um corte longitudinal em toda a zona de contacto com o solo, 4 semanas após a sua aplicação (Figura 4.15). Este corte surgiu inicialmente no lado exposto a oeste e posteriormente no lado exposto a este, provavelmente devido à exposição solar do lado oeste ser mais intensa da parte da tarde. Este plástico, apesar de apresentar estes cortes longitudinais, de ambos os lados do camalhão, não apresentou muitos rasgões, permanecendo intacto em toda a superfície que cobria o camalhão. De qualquer forma, este corte inviabiliza completamente a sua utilização nesta cultura e apenas se continuou a seguir o seu comportamento uma vez que o solo se mantinha coberto de forma satisfatória.



**Figura 4.15** – Corte longitudinal do plástico biodegradável P1, após 3 semanas da aplicação (3/8/10).

A partir do início de Dezembro o plástico P1 apresentou-se bastante fragmentado, num estado considerado não satisfatório, uma vez que, ao mais pequeno toque, se começava a desfazer em pequenos pedaços, com uma textura semelhante à do papel.

O segundo plástico a apresentar indícios de degradação foi o plástico P2, que começou a apresentar rasgões, principalmente nos orifícios da plantação e nas zonas fragilizadas por algumas operações, nomeadamente em zonas que descuidadamente tinham sido pisadas pelos operadores. De qualquer forma esta situação não é favorável, já que um plástico de cobertura de solo tem que ser suficientemente robusto para fazer face às condições operacionais. No final da produção este plástico ainda apresentava uma boa cobertura do solo.

O plástico P3 foi o último dos plásticos biodegradáveis a apresentar sinais de degradação. Os primeiros rasgões surgiram imediatamente antes de se cobrir o túnel, principalmente junto aos orifícios de plantação, tendo estabilizado logo de seguida, até praticamente ao fim de Novembro. A partir desta altura a degradação intensificou-se, no entanto, encontrou-se sempre em condições muito boas até ao final da produção.

O plástico convencional P4 manteve a sua superfície exposta completamente intacta até ao fim do ensaio (Figura 4.16).

P1



P2



P3



P4



**Figura 4.16** – Aspecto da degradação dos vários plásticos de cobertura do solo (P1, P2, P3 e P4) ao longo do ensaio: A – Setembro, 8 semanas após a aplicação (Fase 1A); B – Outubro, 12 semanas após a aplicação (Fase 1B); C- Novembro, 16 semanas após a aplicação (Fase 1B); D – Dezembro, 22 semanas após a aplicação (Fase 1B).

Estudos realizados por Briassoulis (2007) com plásticos biodegradáveis à base de Mater-Bi<sup>®</sup> demonstraram que o comportamento mecânico dos plásticos não é afectado significativamente pela humidade e pelas temperaturas elevadas, ao contrário das elevadas doses de radiação UV, que apresentaram um efeito deteriorante no alongamento até à ruptura deste tipo de plásticos. De acordo com este estudo, é possível supor que a estabilização da degradação do plástico exposto, quando se cobriu o túnel, poderá ter sido provocada por uma diminuição da intensidade da exposição à radiação UV.

Alguns estudos referem que existe um efeito da radiação solar acumulada na degradação inicial dos plásticos biodegradáveis (Scarascia-Mugnozza *et al.*, 2006). Após 135 dias da aplicação, com 25753 W/m<sup>2</sup> de radiação acumulada, os plásticos P1 e P2 começaram a apresentar uma degradação considerável. A partir dos 26484 W/m<sup>2</sup> acumulados, o plástico P1 já apresentava uma cobertura do solo insuficiente. O plástico P4 não apresentou indícios de degradação para uma radiação acumulada de 28007 W/m<sup>2</sup> (Quadro 4.2).

**Quadro 4.2** – Efeito da radiação solar na degradação da superfície exposta dos plásticos testados.

Data	Dias após aplicação	Radiação solar acumulada (W/m <sup>2</sup> )	Degradação do plástico exposto (Escala 0-9)			
			P1	P2	P3	P4
14-Jul	0	0	9,00	9,00	9,00	9,00
29-Jul	15	5141	9,00	9,00	9,00	9,00
13-Ago	30	9368	9,00	9,00	9,00	9,00
28-Ago	45	13378	8,50	8,75	9,00	9,00
12-Set	60	17126	8,25	8,50	9,00	9,00
27-Set	75	20121	8,00	8,00	8,75	9,00
12-Out	90	21942	8,00	7,50	8,75	9,00
27-Out	105	23657	8,00	7,50	8,75	9,00
11-Nov	120	24852	8,00	7,50	8,75	9,00
26-Nov	135	25753	7,50	7,25	8,50	9,00
11-Dez	150	26484	4,00	7,00	8,50	9,00
26-Dez	165	27252	3,50	7,00	8,50	9,00
10-Jan	180	28007	2,00	6,50	8,00	9,00

Quanto ao comportamento da **parte enterrada** do plástico da base do camalhão, verificou-se que o plástico biodegradável P1 teve uma degradação muito rápida, durante os meses de Julho e Agosto, tendo praticamente desaparecido ao fim de 8 semanas de ter sido aplicado (Fase 1A). A partir de Setembro (Fase 1B) era praticamente inexistente sob o solo (Figuras 4.17, Figura 4.18 e Figura 4.19).

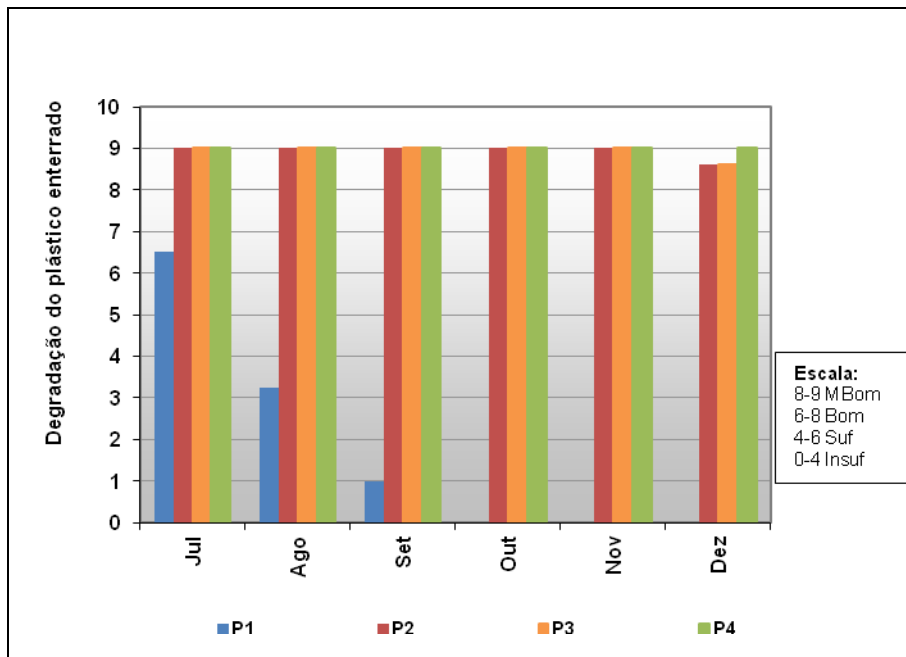


Figura 4.17 – Degradação da parte enterrada do plástico na base do camalhão, das várias modalidades, durante o ensaio.



Figura 4.18 – Aspecto da parte enterrada do plástico biodegradável P1, na base do camalhão, após 3 semanas da aplicação (4/8/10).

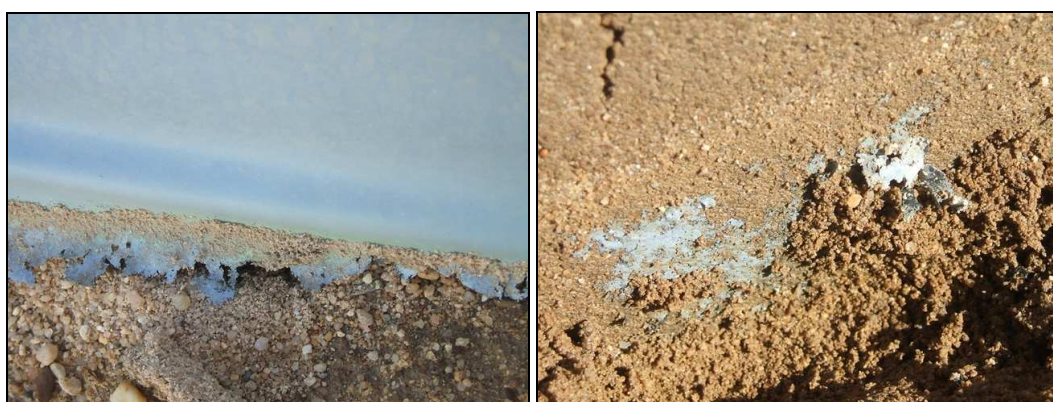


Figura 4.19 – Aspecto da parte enterrada do plástico biodegradável P1, na base do camalhão após 7 semanas da aplicação (31/8/10).

As partes enterradas da base do camalhão dos plásticos biodegradáveis P2 e P3 mantiveram-se praticamente intactas até ao final do ensaio, apresentando um ligeiro picotado na fase final, que parece corresponder ao início da biodegradação. O diferente comportamento da parte enterrada da base do camalhão dos vários plásticos biodegradáveis deverá ter a ver com a sua composição. O plástico P1 apresentou uma composição tal que, sob o solo e na presença de alguma humidade, foi imediatamente decomposto pela acção dos microrganismos que existem no solo.

Em relação ao plástico convencional P4 não houve alteração da parte enterrada na base do camalhão, ao longo da realização do ensaio experimental.

#### 4.4.2. Fase 2 - período que decorreu entre a remoção do plástico de cobertura dos túneis e a incorporação

Após a remoção do plástico de cobertura do túnel, a degradação dos vários plásticos biodegradáveis voltou a intensificar-se. No final da fase 2, o plástico biodegradável P1 atingiu uma situação de cobertura do solo não satisfatória enquanto que o plástico biodegradável P2 apresentava uma boa cobertura do solo. O plástico biodegradável P3 encontrava-se numa situação muito boa. O plástico convencional P4 manteve-se num estado muito bom, sem qualquer sinal de degradação.

O valor final das medições efectuadas às diferentes modalidades de plásticos de cobertura do solo, imediatamente antes de serem incorporados, vem reportado no Quadro 4.3.

**Quadro 4.3** – Área média degradada ( $\pm$  desvio padrão) ( $m^2$ ) e cobertura média do solo (%) de cada modalidade, antes da incorporação.

	Tipo de plástico			
	P1	P2	P3	P4
Área média degradada ( $m^2$ )	8,3 $\pm$ 1,3	3,2 $\pm$ 1,2	1,5 $\pm$ 0,8	0,0 $\pm$ 0,0
Cobertura média do solo (%)	20,4	70,1	85,9	100,0

Da observação dos dados obtidos, o plástico que se apresentou mais degradado foi o P1, cuja cobertura da superfície do solo antes da incorporação era de 20,4%, seguindo-se o plástico P2 com 70,1%, o P3 com 85,9% e o P4 com 100%. No final da cultura o plástico P1 apresentava uma cobertura do solo insatisfatória e o plástico P2 uma cobertura do solo boa, sendo que tanto o plástico P3 como o plástico P4 apresentavam coberturas do solo muito boas. Estas medições estão de acordo com os valores finais da escala visual utilizada.

Na Figura 4.20 é possível ver o aspecto final do ensaio, imediatamente antes da incorporação dos plásticos e na Figura 4.21 o aspecto final de cada modalidade (P1, P2, P3 e P4), nessa mesma altura. Nos plásticos P2 e P3 observa-se que a maior degradação do plástico se verificou no lado exposto a este.



N



Figura 4.20 - Aspecto geral do campo antes da incorporação do plástico.

N



Figura 4.21 - Aspecto de cada um dos talhões (P1, P2, P3 e P4) antes da incorporação do plástico.

#### 4.4.3. Fase 3 - período que decorreu após a incorporação do plástico no solo

##### 4.4.3.1. Crivagens do solo

A fracção do solo de partículas inferiores a 2 mm foi sempre a mais expressiva, correspondendo a cerca de 90% da amostra do solo (Quadro 4.4).

**Quadro 4.4** – Distribuição das fracções existentes no solo (%) nas várias modalidades, após a incorporação dos plásticos biodegradáveis.

Data	Fracções	P1 %	P2 %	P3 %	P4 %
17-01-2011	>10 mm	1,4	2,7	1,7	0,8
	5-10 mm	2,2	1,8	1,4	1,5
	2-5 mm	5,4	5,0	5,2	5,3
	<2 mm	91,0	90,5	91,7	92,5
17-02-2011	>10 mm	2,0	1,8	0,8	1,7
	5-10 mm	1,6	0,9	1,2	1,4
	2-5 mm	6,0	5,6	5,5	5,5
	<2 mm	90,4	91,7	92,6	91,4
17-03-2011	>10 mm	1,9	2,7	0,4	1,0
	5-10 mm	1,4	0,7	1,2	1,3
	2-5 mm	6,2	5,8	5,0	6,0
	<2 mm	90,5	90,8	93,4	91,7
17-04-2011	>10 mm	1,9	0,4	0,4	1,7
	5-10 mm	2,0	1,1	1,2	1,5
	2-5 mm	6,2	6,0	7,7	6,1
	<2 mm	89,9	92,5	90,8	90,8

#### 4.4.3.2. Determinação do carbono total e da matéria orgânica do solo

A evolução do teor de carbono total e do teor de matéria orgânica no solo foi semelhante nas modalidades P2, P3 e P4 (Figuras 4.22 e 4.23). A percentagem de carbono total e de matéria orgânica no solo decresceu de Janeiro até Março e aumentou em Abril para o valor máximo observado. O plástico P1 apresentou um comportamento distinto, onde o teor de carbono total e de matéria orgânica do solo, desta modalidade, diminuiu de Janeiro a Fevereiro, aumentando em Março e mantendo-se praticamente constante em Abril.

O decréscimo de Janeiro até Março poderá ser justificado pelo facto do solo se ter apresentado em condições de encharcamento (precipitação acumulada de 83 mm até Março), sendo a actividade dos microrganismos mais reduzida em condições de anaerobiose, tal como demonstraram os trabalhos realizados por Briassoulis (2007). Este autor refere que o oxigénio e a água são os factores cruciais que afectam a actividade dos microrganismos que atacam os plásticos biodegradáveis à base de Mater Bi<sup>®</sup>, no solo. Em solos encharcados a biodegradação é seriamente reduzida devido à falta de oxigénio, fundamental para a actividade destes microrganismos aeróbios.

Assim, o teor de carbono total e de matéria orgânica do solo diminuíram de Janeiro até Março. Em Abril, as condições do solo em termos de arejamento melhoraram o que permitiu uma actividade dos microrganismos mais intensa e portanto uma subida dos valores do teor de carbono total e de matéria orgânica do solo, provavelmente devido à decomposição do material vegetal e também à biodegradação dos plásticos incorporados no solo.

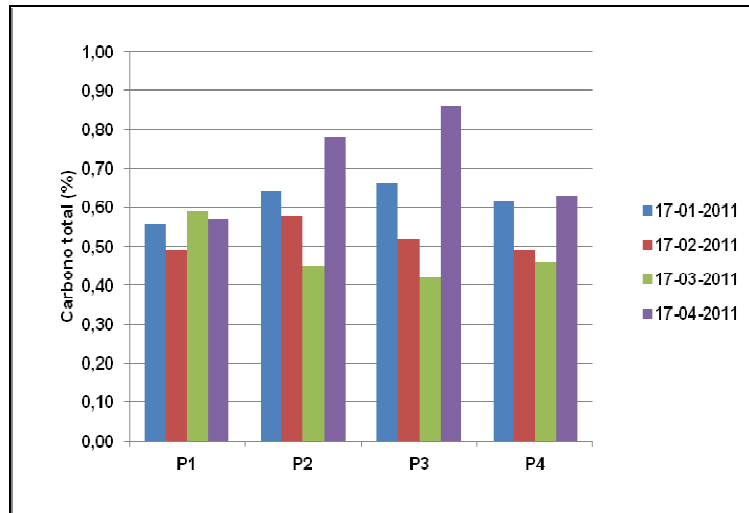


Figura 4.22 – Evolução do teor de carbono total no solo (%).

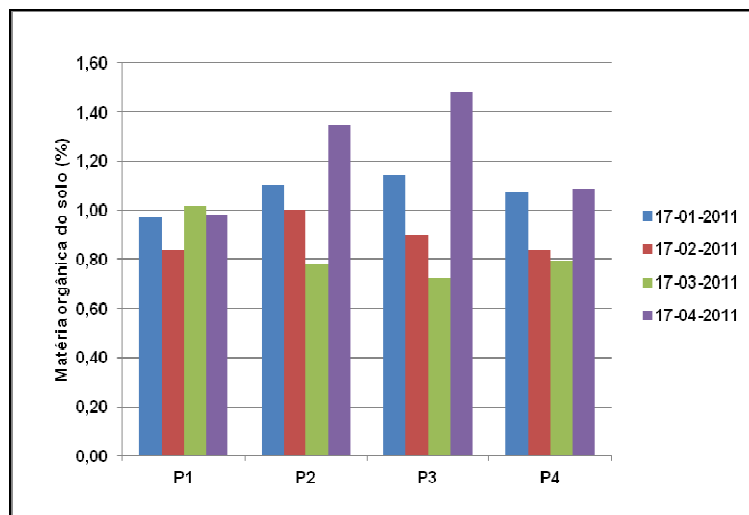


Figura 4.23 – Evolução do teor de matéria orgânica no solo (%).

#### 4.4.3.3. Análises do solo 3 meses após a incorporação do plástico

No Quadro 4.5 encontra-se um resumo dos resultados das análises de solo (Anexo II) realizadas no início do ensaio e 3 meses após a incorporação do plástico biodegradável no solo. O plástico P4, sendo um material não biodegradável, foi retirado no final do ensaio.

De um modo geral, verificou-se um ligeiro acréscimo do teor de matéria orgânica bem como do teor de nutrientes no solo. Isto é justificado pelo facto de ter existido incorporação de fertilizantes ao longo da cultura. Os teores de ferro e manganês sofreram um aumento considerável uma vez que o teor inicial era baixo, tendo-se optado por um complexo de micronutrientes rico nestes nutrientes. O teor de cobre apresenta-se muito elevado neste solo já que se trata de um terreno onde há muitos anos atrás existiu uma vinha.

Não se registaram aumentos no teor de metais pesados, tal como está estipulado nas normas relativas aos plásticos biodegradáveis. O crómio, apesar de ter aumentado ligeiramente, apresentou valores dentro dos valores-limite de metais pesados nos solos (LQARS, 2000).

**Quadro 4.5** – Resultados das análises da amostra média do solo colhida antes da implantação do ensaio e da colhida 3 meses após a incorporação no solo dos plásticos P1, P2 e P3 e da remoção do plástico P4.

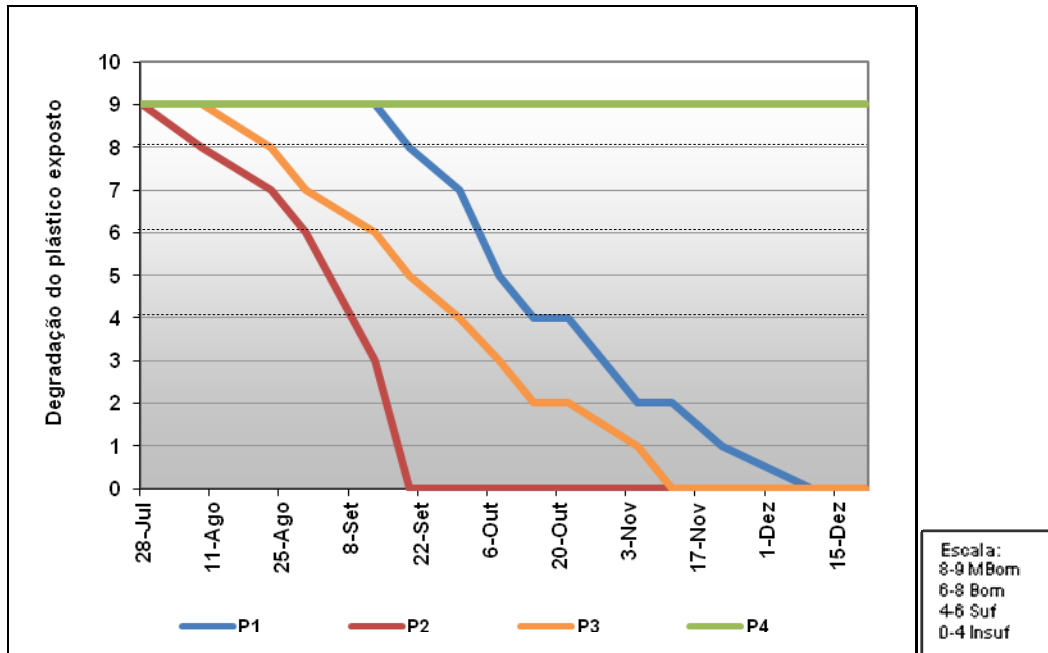
Parâmetros		Antes da implantação	3 meses após a incorporação			
			P1	P2	P3	P4
Fósforo ext.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/kg	195	>200	>200	>200	>200
Potássio ext.	K <sub>2</sub> O mg/kg	84	145	149	>200	162
Magnésio ext.	Mg mg/kg	55	51	51	65	53
Matéria orgânica*	%	0.67	0.93	0.85	1.03	0.91
pH(H <sub>2</sub> O)		5.4	5.5	5.8	5.8	5.4
Nec. cal	CaCO <sub>3</sub> t/ha	2	2	1	2	2
Carbonatos	%	0	0	0	0	0
Ferro ext.	Fe mg/kg	27	75	73	>80	80
Manganês ext.	Mn mg/kg	6.7	33	26	49	32
Zinco ext.	Zn mg/kg	1.6	2	2.6	2.9	2.1
Cobre ext.	Cu mg/kg	>15	>15	>15	>15	>15
Boro ext.	B mg/kg	0.20	0.26	0.27	0.35	0.31
Azoto total*	%	0.047	0.050	0.050	0.062	0.053
<b>Bases de troca:</b>						
Ca	me/100 g	1.06	1.95	1.92	2.14	1.7
Mg	me/100 g	0.35	0.39	0.39	0.47	0.41
K	me/100 g	0.19	0.28	0.29	0.36	0.39
Na	me/100 g	0.03	0.04	0.06	0.05	0.05
Acidez de troca	me/100 g	1.1	0.9	0.7	0.5	0.9
SBT	me/100 g	1.63	2.67	2.66	3.02	2.55
CTC	me/100 g	2.73	3.57	3.36	3.52	3.45
GSB	%	59.8	75	79	86	74
<b>Metais pesados:</b>						
Cádmio (Cd)	mg/kg	<0.17	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Cobre (Cu)	mg/kg	42.2	76	66	72	84
Níquel (Ni)	mg/kg	3.5	5.0	4.7	5.7	4.4
Chumbo (Pb)	mg/kg	4.3	6.2	6.3	6.4	6.5
Zinco (Zn)	mg/kg	14.5	22	21	22	80
Mercúrio (Hg)	mg/kg	0.010	0.014	0.011	0.01	0.011
Crômio (Cr)	mg/kg	3.4	5.0	4.5	4.7	<3.5

STB - saturação em bases de troca; CTC – capacidade de troca catiônica; GSB – grau de saturação em bases;

\* percentagem sobre a matéria seca.

#### 4.4.4. Degradação do plástico no ensaio da aplicação mecânica

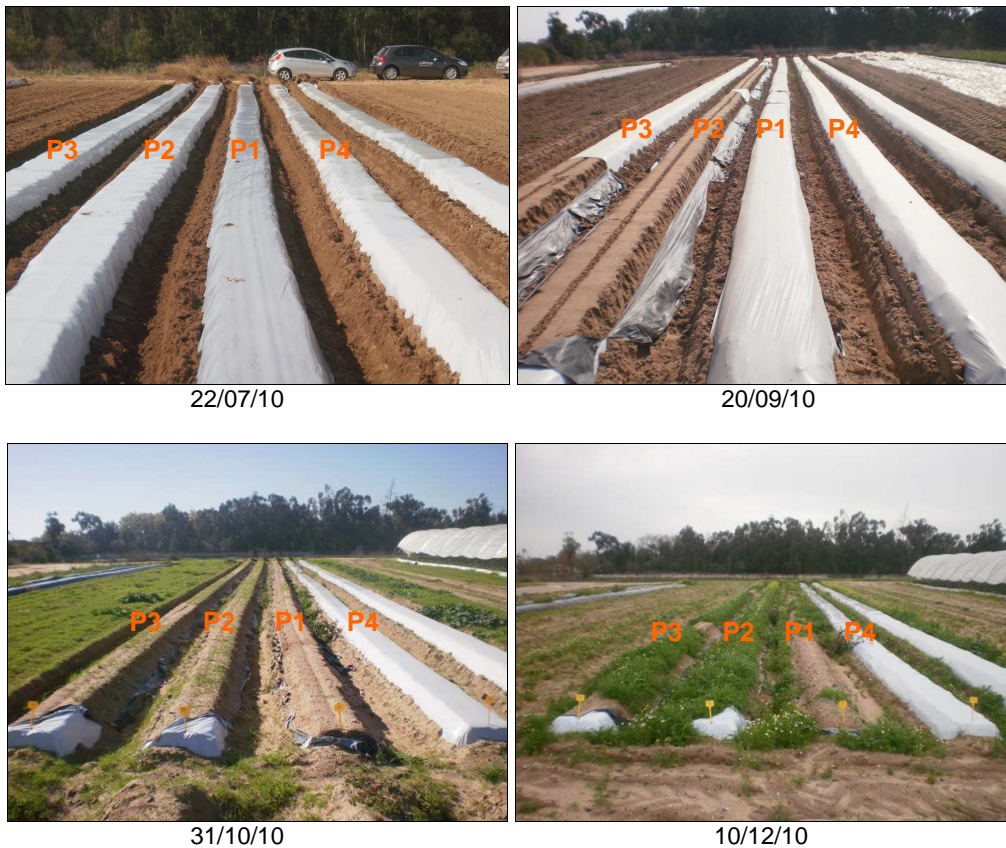
No ensaio da aplicação mecânica do plástico biodegradável, a **parte exposta** do plástico P2 degradou-se mais rapidamente, seguido do P3 e do P1 (Figura 4.24). Mesmo em condições extremas, o plástico convencional P4 manteve-se inalterado até ao fim.



**Figura 4.24** – Degradação do plástico exposto no ensaio de aplicação mecânica, nas várias modalidades.

Na Figura 4.25 pode ver-se a evolução do ensaio de aplicação mecânica dos plásticos de cobertura do solo. A partir de meados de Setembro, ou seja, 8 semanas após a aplicação, a modalidade P2 estava praticamente descoberta, a modalidade P3 apresentava o plástico bastante danificado e a modalidade P1 apresentava os primeiros rasgões. O plástico convencional P4 mantinha-se intacto.

A degradação mais rápida apresentada pelo plástico de P2 deveu-se ao facto deste ter apresentado o maior número de rasgões desde o início. Estes eram oblíquos, sobre o sentido longitudinal. Como não existiam plantas que ajudassem a manter o plástico sobre o camalhão, a acção do vento provocou que este rapidamente ficasse completamente descoberto, no final de Setembro, ou seja, 2 meses após a aplicação.



**Figura 4.25** - Evolução da degradação dos plásticos P1, P2, P3 e P4 no ensaio de aplicação mecânica.

O plástico P3 foi o que apresentou maior número de rasgões após o plástico P2, sendo também estes oblíquos, sobre o sentido longitudinal (Figura 4.26).



**Figura 4.26** - Cortes longitudinais apresentados pelo plástico biodegradável P3 em 20/09/10, após 8 semanas da aplicação.

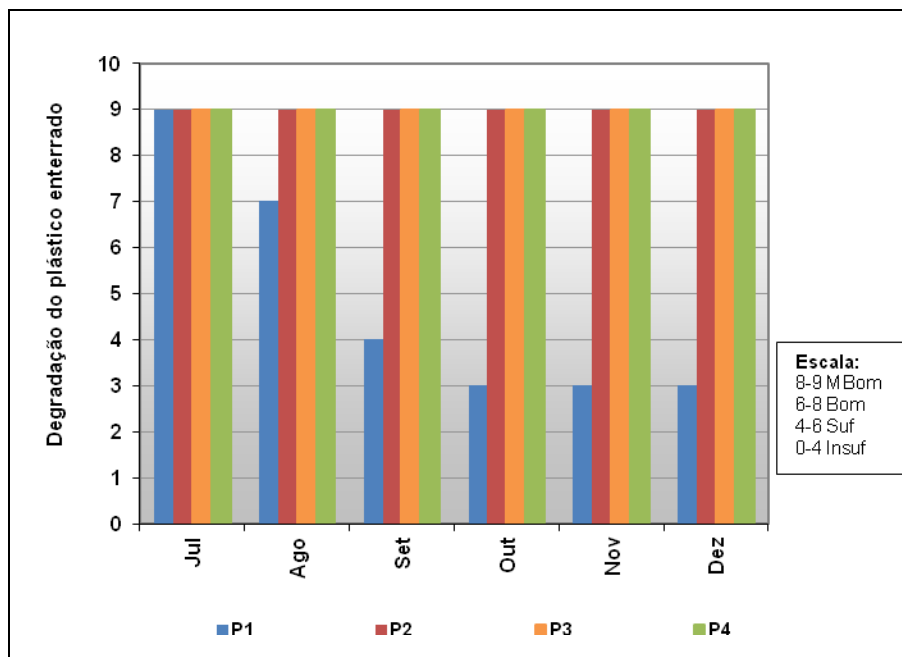
O número de rasgões foi menor no plástico P1, daí que este se tenha mantido mais tempo sobre o camalhão. No talhão coberto com o plástico P1 os rasgões foram principalmente transversais, o que denota uma menor resistência do plástico no sentido transversal (Figura 4.27).



**Figura 4.27** - Cortes transversais apresentados pelo plástico biodegradável P1 em 20/09/10, após 8 semanas da aplicação.

O plástico convencional P4 não apresentou nenhuns danos e, como tal, manteve-se perfeitamente intacto até ao fim.

No ensaio da aplicação mecânica, a degradação da **parte enterrada** do plástico da base do camalhão decorreu a um ritmo mais lento do que no outro ensaio (Figura 4.28).



**Figura 4.28** – Degradação da parte enterrada do plástico da base do camalhão, no ensaio de aplicação mecânica, nas várias modalidades.

Neste ensaio, em que não existia cobertura do túnel nem fita de rega, a parte enterrada do plástico biodegradável P1 degradou-se mais rapidamente do que a de P2, P3 e P4. No entanto, o plástico P1 demorou mais tempo a iniciar a sua degradação, e esta decorreu a um ritmo mais lento, nunca desaparecendo completamente, quando comparado com o outro ensaio. Provavelmente as condições extremas às quais o plástico esteve sujeito (completa secura no início do ensaio e

encharcamento durante os meses de Outono) contribuíram para que a ação dos microrganismos aeróbios não fosse tão eficiente.

Os plásticos biodegradáveis P2 e P3, à semelhança do plástico convencional P4, não apresentaram quaisquer sinais de degradação da porção enterrada. Esta ausência de degradação da parte enterrada de P2 e P3, comparativamente a P1, deverá estar relacionada com a composição dos próprios plásticos. Estudos realizados por Briassoulis (2007) demonstraram que a taxa de biodegradação no solo de plásticos biodegradáveis à base de Mater-Bi<sup>®</sup>, durante o período de Verão, era muito baixa, devido ao baixo teor de água no solo durante este período.

## 4.5. ANÁLISE DO CRESCIMENTO DAS PLANTAS

### 4.5.1. Dados biométricos

O estudo do crescimento e desenvolvimento das plantas é importante para perceber a adaptação de uma determinada variedade às condições ambientais e de cultivo. O número de flores por planta apresentou diferenças significativas entre as modalidades, não se verificando diferenças significativas entre o número de coroas por planta, o número de folhas por planta, a área foliar por planta e o número de inflorescências por planta, nas várias modalidades (Quadro 4.6).

**Quadro 4.6** – Número médio ( $\pm$  desvio padrão) de coroas, de folhas, de inflorescências e de flores e área foliar média ( $\pm$  desvio padrão) ( $\text{dm}^2$ ), por planta, no final do ciclo vegetativo, nas várias modalidades.

Tipo de plástico	Nº coroas/ planta	Nº folhas/ planta	Área foliar/ planta ( $\text{dm}^2$ )	Nº inflorescências/ planta	Nº flores/ planta
P1	8.8 $\pm$ 2.4 a	47.5 $\pm$ 14.0 a	51,1 $\pm$ 19.8 a	10.0 $\pm$ 2.5 a	65.7 $\pm$ 11.5 b
P2	7.0 $\pm$ 3.2 a	32.4 $\pm$ 12.9 a	37,6 $\pm$ 19.3 a	11.8 $\pm$ 1.5 a	76.0 $\pm$ 5.7 ab
P3	8.5 $\pm$ 0.9 a	48.2 $\pm$ 13.4 a	53,8 $\pm$ 15.5 a	11.7 $\pm$ 0.4 a	83.7 $\pm$ 6.2 a
P4	7.2 $\pm$ 2.5 a	34.8 $\pm$ 10.4 a	42,3 $\pm$ 9.6 a	10.5 $\pm$ 1.8 a	71.5 $\pm$ 8.1 b

Os valores seguidos da mesma letra, em cada coluna, não são significativamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ) segundo o teste LSD.

Durante o ensaio verificou-se uma grande variabilidade no comportamento das plantas, o que é usual nas plantas indiferentes, durante esta época de produção. Esta irregularidade reflecte-se principalmente na emissão de flores em que, num mesmo talhão, podem existir plantas com um número de inflorescências muito elevado ao lado de plantas com poucas inflorescências. Esta irregularidade dificulta a recolha da amostra para a análise dos parâmetros biométricos e pode mesmo conduzir a alguns erros de amostragem, que foi o que provavelmente aconteceu neste ensaio.

### 4.5.2. Repartição da matéria seca

O conhecimento da acumulação e da repartição da matéria seca pelas diferentes partes da planta é essencial para a maximização da produção (Palha *et al.*, 2010).

Através da análise a repartição da matéria seca pelos diferentes órgãos das plantas, nas diferentes modalidades de plástico, verificou-se que, dois meses após a plantação (14 de Setembro)

as plantas da modalidade P1 apresentavam maior acumulação de matéria seca total, seguido das plantas P3, das P4 e das P2 (Figura 4.29). Isto é, as plantas que apresentaram maior quantidade de matéria seca total corresponderam à modalidade cuja temperatura do solo, durante os primeiros quinze dias do ensaio, se apresentou mais elevada (P1). Nesta fase, a matéria seca distribuiu-se essencialmente pelas folhas, raízes, coroas e inflorescências.

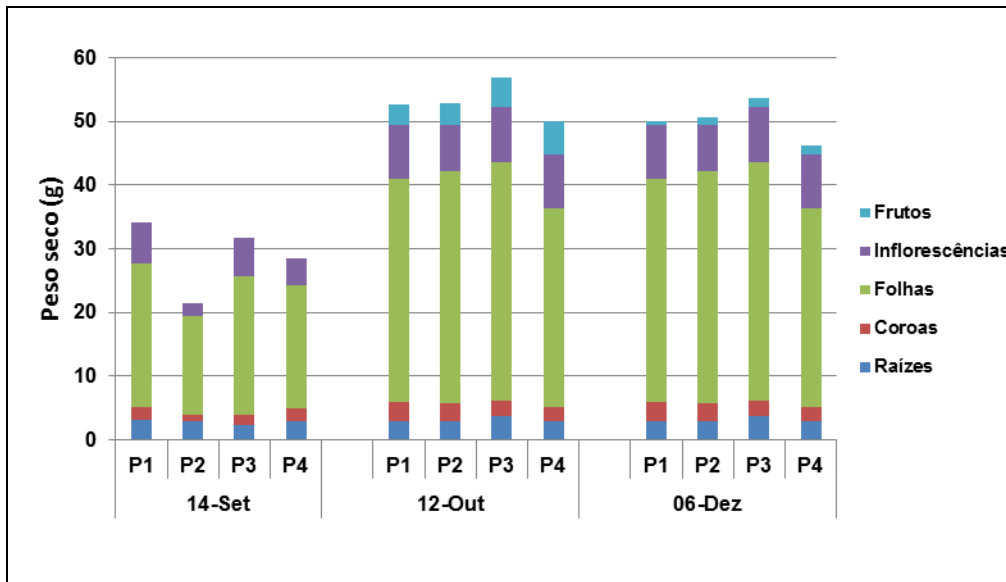


Figura 4.29 – Evolução da repartição da matéria seca das plantas pelos diferentes órgãos das plantas (g) ao longo do ciclo cultural, nas várias modalidades.

No pico de produção (12 de Outubro) e no final do ciclo (6 de Dezembro) verificou-se que as plantas do plástico convencional P4 foram as que apresentaram a menor acumulação de matéria seca enquanto as plantas do plástico biodegradável P3 foram as que apresentaram os valores mais altos de matéria seca.

#### 4.5.3. Índice de colheita (IC)

O Índice de colheita representa a razão entre a produção total da cultura e a biomassa total. Na Figura 4.30 apresenta-se o índice de colheita das plantas das diferentes modalidades ensaiadas.

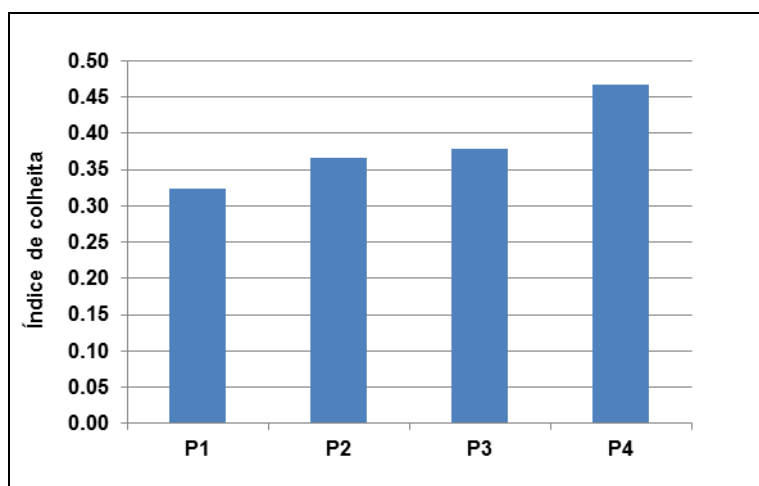


Figura 4.30 – Índice de colheita das plantas das várias modalidades.

A modalidade P4 foi a que apresentou o índice de colheita mais elevado, ou seja, as plantas desta modalidade foram as que apresentaram a melhor eficiência na conversão de matéria seca da planta em frutos. As modalidades com plásticos biodegradáveis apresentaram uma menor eficiência na conversão de matéria seca em frutos, sendo a modalidade P1 a que apresentou a eficiência mais baixa.

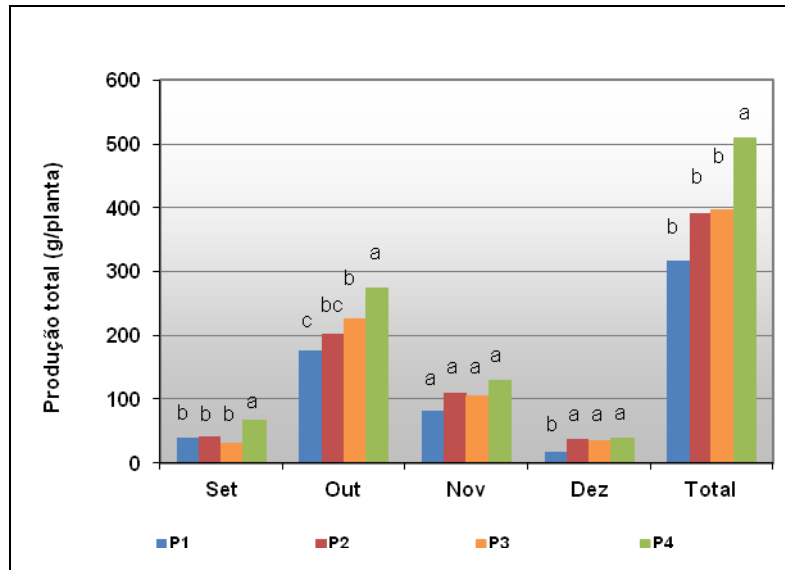
## 4.6. ANÁLISE DA PRODUÇÃO

### 4.6.1. Análise quantitativa dos frutos

#### 4.6.1.1. Produção total e mensal

A produção total dos frutos nos plásticos biodegradáveis (P1, P2 e P3) foi significativamente inferior (em média 368 g/planta) à produção total dos frutos do plástico convencional P4 (508,7 g/planta) (Figura 4.31). Não houve diferenças significativas na produção entre os vários plásticos biodegradáveis, embora a produção total mais elevada tenha sido a do talhão coberto com plástico biodegradável de 25  $\mu\text{m}$  de espessura (P3), do de 20  $\mu\text{m}$  de espessura (P2) e, finalmente, do P1 que apresentava 30  $\mu\text{m}$  de espessura e uma cor mais acinzentada. A quebra de produção registada pelos plásticos biodegradáveis P3 e P2 foi de cerca de 20% enquanto o plástico biodegradável P1 apresentou uma quebra de produção de 37%, em relação ao plástico convencional.

O pico de produção ocorreu no mês de Outubro, em todas as modalidades de cobertura do solo, tendo-se verificado que, em todos os meses, a produção total de frutos das plantas em plástico convencional foi superior à das plantas em plástico biodegradável.

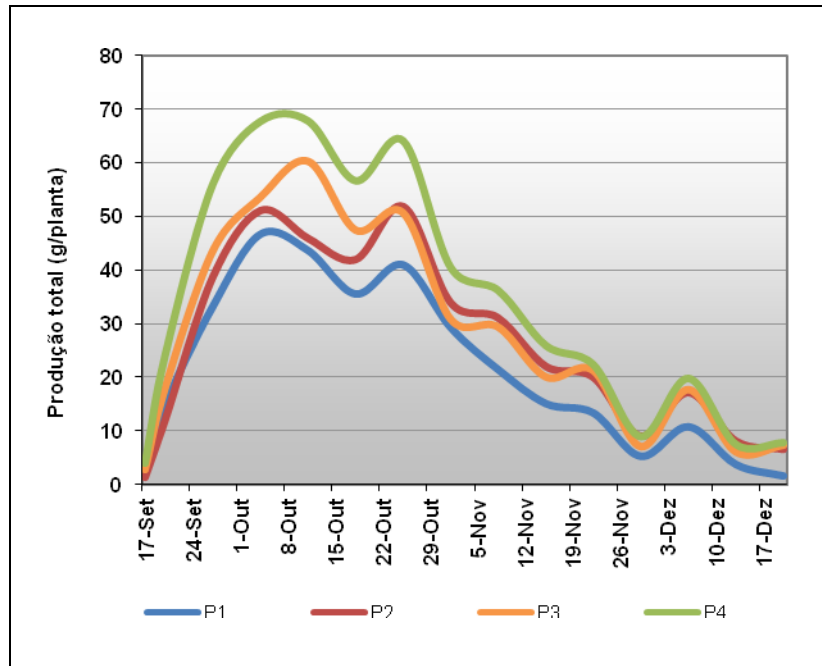


**Figura 4.31** – Evolução da produção mensal e total (g/planta) nas várias modalidades.

Os valores seguidos da mesma letra não são significativamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ) segundo o teste LSD.

Estes resultados contradizem os reportados por Bilck *et al.* (2010) em que, em estudos realizados no Brasil, não verificaram quebras de produção ao se utilizarem plásticos biodegradáveis na cobertura do solo, na cultura do morangueiro, numa produção com a cultivar Ventana, entre os meses de Abril e Julho.

Verificou-se que, ao longo do tempo, a curva de produção foi semelhante em todos os plásticos. No entanto, a produção semanal do plástico convencional P4 foi sempre superior à dos restantes plásticos e o plástico P1 apresentou sempre as produções semanais mais baixas (Figura 4.32). No início de Outubro houve um primeiro pico de produção, tendo-se registado um segundo pico no fim de Outubro. Depois, a produção apresentou-se sempre decrescente, tendo-se verificado um ligeiro aumento no início de Dezembro, que coincidiu com um aumento da temperatura durante este período.



**Figura 4.32** – Evolução da produção total semanal (g/planta) nas várias modalidades.

A produção de frutos mais elevada das plantas cujo solo estava coberto com plástico convencional P4 poderá estar relacionada com a temperatura média do solo mais baixa apresentada por este talhão, principalmente durante a fase inicial do ensaio (Julho e Agosto), altura em que a temperatura média do ar foi muito elevada. Nestas condições, as plantas poderão ter usufruído de uma temperatura mais favorável ao seu desenvolvimento, que terá tido reflexo numa produção total mais elevada.

Para estes resultados poderá também ter contribuído o facto de a rega do ensaio ter sido conduzida de acordo com as sondas de humidade, instaladas na modalidade de plástico convencional. Atendendo a que os plásticos biodegradáveis apresentam uma maior permeabilidade ao vapor de água, é natural que tivessem necessitado de uma quantidade de água de rega superior.

#### 4.6.1.2. Produção total comercializável e não comercializável

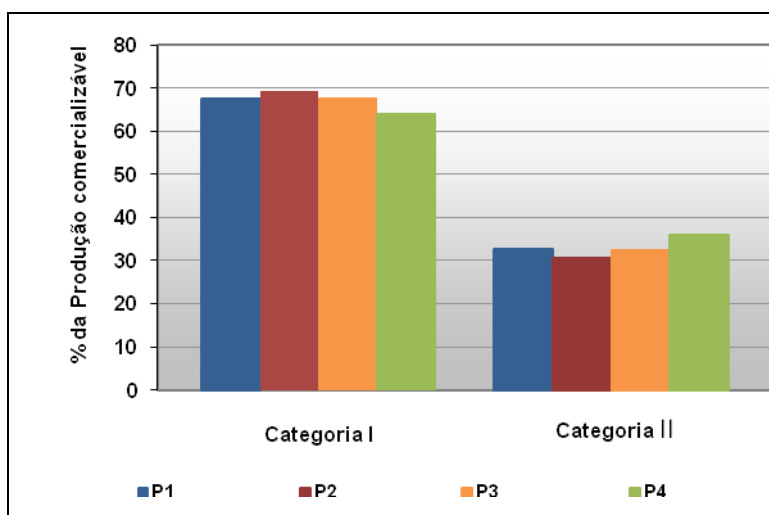
A diferença entre a produção comercializável do plástico convencional e dos plásticos biodegradáveis foi muito significativa, tendo o primeiro produzido mais frutos comercializáveis do que os outros (Quadro 4.7). No entanto, não houve diferenças entre a percentagem da produção comercializável e não comercializável dos vários tipos de plásticos experimentados (P1, P2, P3 e P4). Em todos eles a percentagem de frutos comercializáveis foi de 82% e a de frutos não comercializáveis foi de 18%. Estes dados são semelhantes aos referidos por Locascio *et al.* (2005), que não encontrou diferenças entre a percentagem de fruta comercializável quando comparou diferentes plásticos de cobertura do solo (preto e vermelho reflector).

**Quadro 4.7** – Produção comercializável e não comercializável (g) das várias modalidades.

Plástico	Produção comercializável (g)	Produção não comercializável (g)
P1	260,4 b	57,4 b
P2	323,2 b	65,1 b
P3	325,7 b	72,4 b
P4	422,3 a	86,1 a

Os valores seguidos da mesma letra, em cada coluna, não são significativamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ) segundo o teste LSD.

A percentagem da produção comercializável de frutos de categoria I foi ligeiramente mais elevada nas modalidades de plástico biodegradável (P1, P2 e P3) do que na modalidade de plástico convencional P4 (Figura 4.33). Isto poderá ter sido devido principalmente ao tamanho mais pequeno dos frutos da modalidade P4 (entre 25 mm e 35 mm, o que os coloca na categoria II) durante o mês de Outubro, isto é, durante todo o mês em que se concentrou a maior produção.

**Figura 4.33** – Percentagem da produção total de categoria I e categoria II nas várias modalidades.

As causas principais da classificação dos frutos na categoria não comercializáveis foram as deformações, seguidas dos frutos picados pela mosca (do género *Drosophila*), das podridões, dos frutos roídos por lagartas, dos bronzeados e dos pequenos (Figura 4.34).

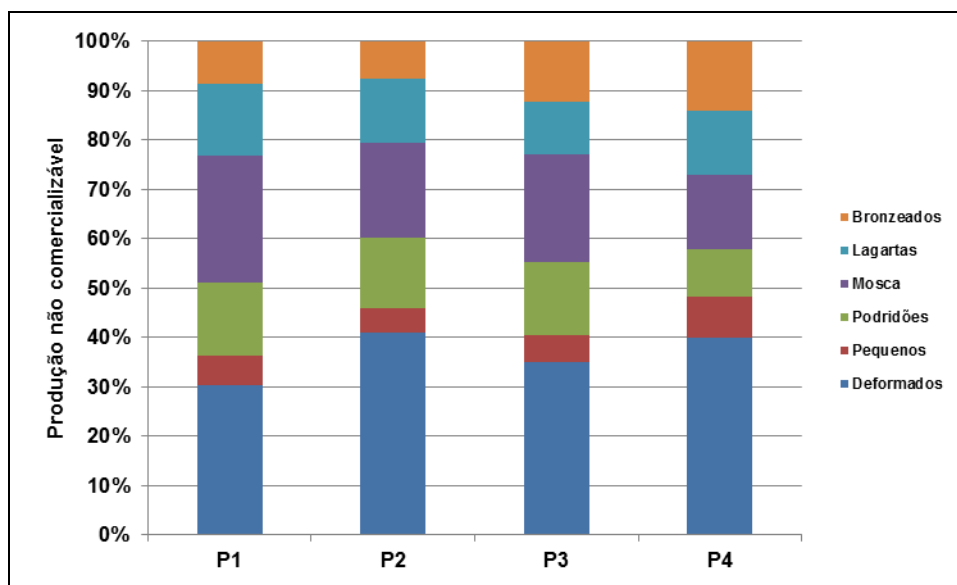


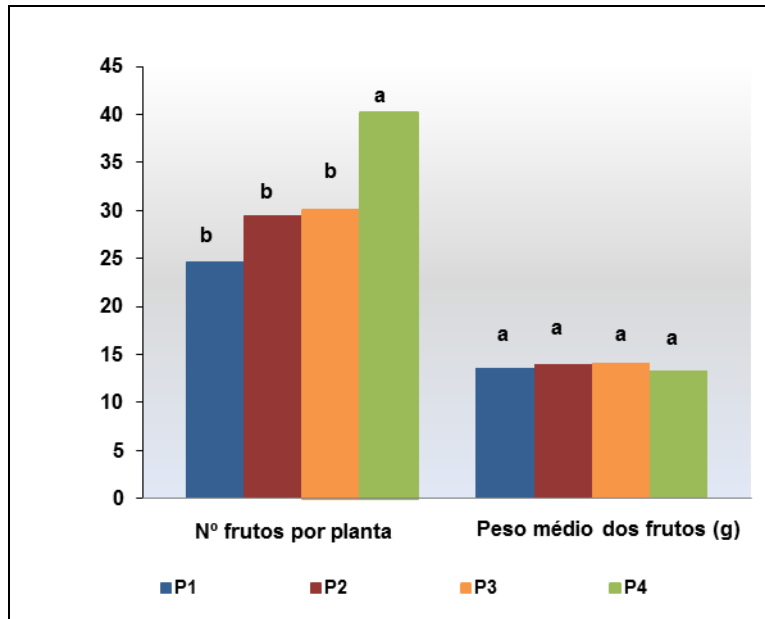
Figura 4.34 – Distribuição da produção não comercializável em diferentes categorias, nas várias modalidades.

Importa salientar que no solo coberto com plástico convencional (P4) houve maior percentagem de frutos com bronzeamento do que no coberto com plástico biodegradável (P1, P2 e P3). Isto poderá estar relacionado com a maior reflexão da radiação do plástico P4, para a parte aérea da planta, pelo facto de ser mais opaco. Larson *et al.* (2006) referem que o bronzeamento dos frutos pode ser de 3 tipos: provocado pela alimentação dos tripses (Maas, 1998), provocado por fitotoxicidade da aplicação de tratamentos fitossanitários e provocado pelas elevadas temperaturas e elevada radiação (Polito *et al.*, 2002, Larson *et al.*, 2005).

O plástico convencional P4 apresentou maior número de frutos com baixo calibre (<25 mm), menor número de frutos com podridões e menor número de frutos atacados pela mosca (do género *Drosophila*), do que os plásticos biodegradáveis.

#### 4.6.1.2. Número total de frutos e peso médio dos frutos

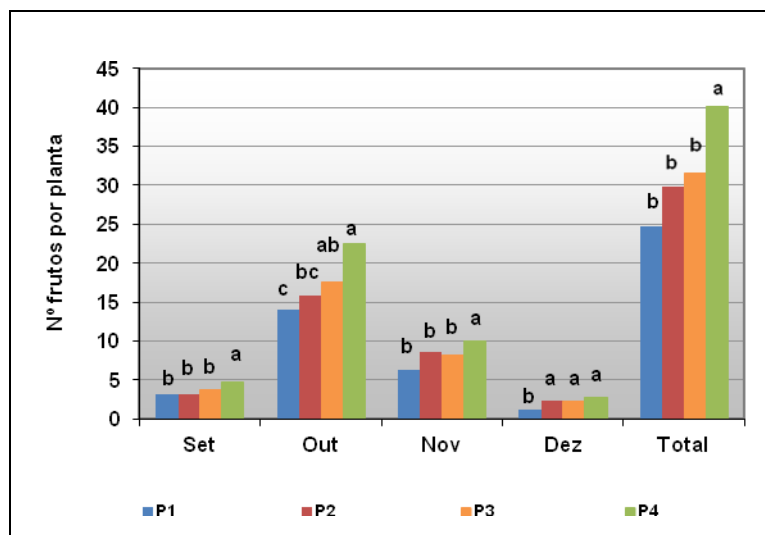
O número total de frutos foi significativamente mais elevado na modalidade de plástico convencional (P4) do que nas modalidades de plásticos biodegradáveis (P1, P2 e P3), que por sua vez não apresentaram diferenças significativas entre si. Este maior número total de frutos apresentado por esta modalidade foi o responsável pela maior produção total, uma vez que as diferenças entre o peso médio dos frutos, das várias modalidades, não foram significativas (Figura 4.35). Estes resultados estão de acordo com os resultados obtidos por Hilmerick (1982) num ensaio com plásticos de cobertura do solo com diferente cor (transparente, branco e preto), onde não se verificaram diferenças significativas entre os pesos médios dos frutos, mas o número de frutos apresentou diferenças significativas entre os vários plásticos.



**Figura 4.35** – Número total de frutos e peso médio dos frutos (g) nas várias modalidades.

Os valores seguidos da mesma letra não são significativamente diferentes para  $P \leq 0.05$  segundo o teste LSD.

O número de frutos por planta do plástico convencional (P4) foi sempre superior, em todos os meses, ao número de frutos dos plásticos biodegradáveis (P1, P2 e P3), embora nem sempre as diferenças tenham sido significativas (Figura 4.36). No mês de Outubro, isto é no pico da produção, foi a altura em que estas diferenças foram mais acentuadas.



**Figura 4.36** – Evolução do número médio de frutos por planta e por mês e do número total de frutos por planta nas várias modalidades.

Os valores seguidos da mesma letra não são significativamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ) segundo o teste LSD.

O peso médio dos frutos não apresentou diferenças significativas entre os vários tipos de plástico, ao longo do ensaio (Figura 4.37).

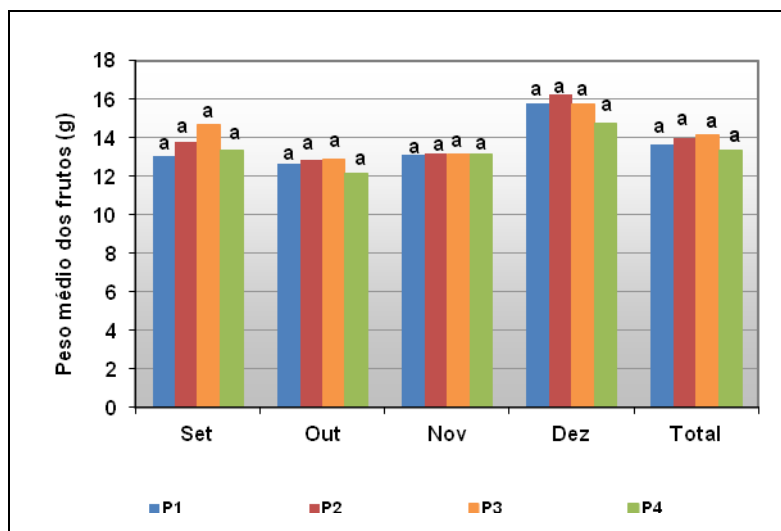


Figura 4.37 – Peso médio dos frutos mensal e total de cada modalidade

Os valores seguidos da mesma letra não são significativamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ) segundo o teste LSD.

#### 4.6.2. Análise qualitativa dos frutos

Não foram encontradas diferenças relevantes na qualidade dos frutos das modalidades com plástico convencional e das modalidades com os plásticos biodegradáveis, sendo que o teor de sólidos solúveis, o pH, a firmeza e a cor apresentaram valores semelhantes (Quadros 4.8 e 4.9).

O teor de sólidos solúveis, o pH e a firmeza apresentaram valores mais baixos no pico de produção (Outubro) e valores mais elevados no início (Setembro) e no final do ensaio (Dezembro), em todas as modalidades.

Quadro 4.8 – Valores médios ( $\pm$  desvio padrão) do teor de sólidos solúveis ( $^{\circ}$ Brix) e do pH dos frutos das várias modalidades.

Plástico	Sólidos solúveis ( $^{\circ}$ Brix)			pH		
	Set	Out	Dez	Set	Out	Dez
P1	8,3 $\pm$ 0,06	6,3 $\pm$ 0,06	8,8 $\pm$ 0,06	3,61 $\pm$ 0,03	3,43 $\pm$ 0,01	3,64 $\pm$ 0,01
P2	7,8 $\pm$ 0,21	6,3 $\pm$ 0,00	8,3 $\pm$ 0,00	3,56 $\pm$ 0,02	3,41 $\pm$ 0,06	3,64 $\pm$ 0,01
P3	8,1 $\pm$ 0,06	6,7 $\pm$ 0,06	9,0 $\pm$ 0,06	3,62 $\pm$ 0,01	3,48 $\pm$ 0,03	3,68 $\pm$ 0,02
P4	8,1 $\pm$ 0,06	6,7 $\pm$ 0,10	9,0 $\pm$ 0,06	3,58 $\pm$ 0,01	3,39 $\pm$ 0,02	3,68 $\pm$ 0,01

Os testes de cor e de firmeza não revelaram diferenças entre os frutos das várias modalidades. No entanto, a cor dos frutos foi mais avermelhada em Setembro (grau mais baixo) e mais alaranjada em Dezembro (grau mais elevado).

**Quadro 4.9** –Valores médios ( $\pm$  desvio padrão) da cor ( $^{\circ}$ ) e da firmeza (N/g) dos frutos das várias modalidades.

Plástico	Cor ( $^{\circ}$ )			Firmeza (N/g)		
	Set	Out	Dez	Set	Out	Dez
P1	26,16 $\pm$ 5,22	30,92 $\pm$ 5,16	35,88 $\pm$ 4,05	2,26 $\pm$ 0,65	1,66 $\pm$ 0,30	2,65 $\pm$ 0,49
P2	25,30 $\pm$ 5,19	30,22 $\pm$ 5,70	33,70 $\pm$ 6,05	2,58 $\pm$ 0,52	1,39 $\pm$ 0,35	2,27 $\pm$ 0,39
P3	29,77 $\pm$ 3,59	29,94 $\pm$ 6,34	35,61 $\pm$ 4,72	1,92 $\pm$ 0,36	1,49 $\pm$ 0,25	2,32 $\pm$ 0,39
P4	28,15 $\pm$ 4,13	28,26 $\pm$ 3,40	37,44 $\pm$ 5,03	2,76 $\pm$ 0,72	1,71 $\pm$ 0,30	2,26 $\pm$ 0,82

Os testes de durabilidade da fruta (shelf life) foram realizados após a conservação em câmara frigorífica a +2°C, durante 7 dias. Embora existam algumas ligeiras diferenças na qualidade da fruta em cada data, não foram encontradas diferenças consistentes entre os frutos das diferentes modalidades de plástico (Quadro 4.10).

**Quadro 4.10** – Qualidade dos frutos das várias modalidades (shelf life)

Plástico	Qualidade inicial	Qualidade (após 7 dias a +2°C)		
		Set	Out	Dez
		P1	4	2
P2	4	3	3	4
P3	4	4	3	3
P4	4	2	4	3

4 – Muito bom 3 – Bom 2 – Suficiente 1 – Insuficiente

#### 4.7. VIABILIDADE ECONÓMICA

O maior inconveniente na utilização de plásticos biodegradáveis para a cobertura do solo é o seu elevado preço, em relação ao plástico convencional. No entanto, com o plástico convencional existem as operações de remoção do plástico, com custos muito superiores e com maior necessidade de mão-de-obra do que os plásticos biodegradáveis (Quadro 4.11). O custo da operação de remoção do plástico é de 548€/ha, enquanto o custo da incorporação do plástico biodegradável é de 60€/ha (considerando os custos da utilização de máquinas e de mão-de-obra da Casa Prudência).

**Quadro 4.11** – Comparação entre os custos de remoção do plástico convencional e os custos de incorporação do plástico biodegradável.

Tipo de plástico	Remoção/Incorporação				
	Operação	Mão-de-obra/ha	Nº horas/ha	Custo (€/ha)	Custo total (€/ha)
Plástico convencional	Remoção manual do plástico	4	96	398 €	-
	Carregamento do plástico e transporte	1	8	120 €	-
	2 gradagens	1	2	30 €	548 €
Plástico biodegradável	4 gradagens	1	4	60 €	60 €

Tendo em conta estes custos, é possível comparar os custos totais associados a cada uma das modalidades estudadas (Quadro 4.12).

Actualmente, a utilização de plásticos biodegradáveis é uma medida elegível para o Plano Operacional das Organizações de Produtores, sendo o valor elegível de 52,2% do preço do plástico. Os produtores podem usufruir de um subsídio de 60% sobre o valor elegível, ou seja, de um subsídio efectivo de 31,3%. Assim, considerando os custos associados ao plástico P3, uma vez que foi o que apresentou um melhor desempenho, o plástico biodegradável passa de um custo ao produtor de 2388€/ha para 1640€/ha, sendo o custo do plástico convencional de 853€/ha.

O custo final associado à utilização do plástico biodegradável é de 1700 €/ha e o do plástico convencional é de 1401 €/ha, ou seja, com a utilização dos plásticos biodegradáveis, existe um acréscimo de custos de 300 €/ha (21,4% sobre o custo total da utilização de plásticos na cultura do morangueiro e um acréscimo de 0,6% nos custos totais da cultura, de acordo com os custos de produção da Casa Prudêncio).

**Quadro 4.12** – Comparação dos custos das várias modalidades.

Parâmetros	Tipo de plástico			
	P1	P2	P3	P4
Espessura (µm)	30	20	25	40
Custo (€/kg)	5,85	6,25	6,25	1,95
Plástico utilizado (m/ha)	9000	9000	9000	9000
Plástico utilizado (kg/ha)	510	305	382	438
Custo plástico (€/ha)	2133	1906	2388	853
Custo remoção/incorporação (€/ha)	60	60	60	548
<b>Custo total (€/ha)</b>	<b>2193</b>	<b>1966</b>	<b>2448</b>	<b>1401</b>
Subsídio do Programa Operacional sobre o valor do plástico	31,3%	31,3%	31,3%	0%
Custo do plástico com subsídio (€)	1466	1310	1640	853
<b>Custo final (€/ha)</b>	<b>1526</b>	<b>1370</b>	<b>1700</b>	<b>1401</b>
Diferença (%)	8,2%	-2,2%	21,4%	-
Diferença de custos na cultura (%)	0,2%	-0,1%	0,6%	-

Então, no contexto actual, existe uma boa oportunidade para os produtores experimentarem a utilização do plástico biodegradável, uma vez que o acréscimo de custos é pequeno, sendo economicamente viável a sua utilização, não podendo no entanto haver quebra de produção (Quadro 4.13). Há apenas a considerar o risco envolvido nesta opção, uma vez que existem diferentes plásticos biodegradáveis no mercado e, tal como se verificou neste trabalho, alguns deles apresentam um comportamento insatisfatório.

**Quadro 4.13** – Comparação do resultado final utilizando o plástico biodegradável P3 e o plástico convencional P4.

	P4	P3 sem subsídio	P3 com subsídio	P3 sem quebra de produção
Custos de produção (€/ha)	50000	51046	50300	50300
Preço médio ao produtor Set-Dez 2010 (€/Kg)	2.00	2.00	2.00	2.00
Produção mínima para cobrir custos (Kg/ha)	25000	25523	25150	25150
Produção mínima para cobrir custos (g/planta)	417	425	419	419
Produção comercializável (Kg/ha)	25380	20460	20460	25380
Produção comercializável (g/planta)	423	341	341	423
Receitas (€/ha)	50760	40920	40920	50760
<b>Resultado final (€/ha)</b>	<b>760</b>	<b>-10126</b>	<b>-9380</b>	<b>460</b>

## 5. CONCLUSÕES

Do primeiro estudo realizado com plásticos biodegradáveis, na cultura do morangueiro para a produção de Outono-Inverno, na região do Ribatejo, o plástico P3 afigurou-se como muito interessante, do ponto de vista da durabilidade e resistência ao longo do ensaio. Este plástico mostrou-se suficientemente resistente para suportar todas as operações culturais que decorrem normalmente nesta cultura, sem necessitar de cuidados especiais de manuseamento. Teve um bom desempenho no controlo das infestantes e apresentou uma boa cobertura do solo, até ao final do ensaio.

A grande desvantagem que apresentou foi a quebra de produtividade em relação ao plástico convencional, sendo este aspecto de extrema importância, principalmente nesta época de produção. As variedades de morango disponíveis no mercado, para esta época de produção, apresentam uma produtividade relativamente baixa e qualquer redução deste valor pode comprometer o interesse económico da cultura.

A maior acumulação de matéria seca total ocorreu nas plantas conduzidas em solo com plástico biodegradável comparativamente à das com plástico convencional. Esta maior acumulação não se traduziu numa maior eficiência da planta para a canalizar para os frutos.

Relativamente ao preço elevado que os plásticos biodegradáveis apresentam, ter-se-á que compensar com a mínima espessura possível, de tal forma que o preço por hectare se afigure mais interessante, pois caso contrário o seu uso em larga escala poderá ser seriamente comprometido. O facto de haver incentivos aos associados das Organizações de Produtores que no seu Plano Operacional contemplem esta medida, poderá também afigurar-se como uma excelente oportunidade para os produtores experimentarem este tipo de plásticos, sem grande acréscimo de custos. Há no entanto algum risco associado à sua utilização, uma vez que os estudos acerca deste tipo de plásticos na cultura do morangueiro estão numa fase inicial.

Sem dúvida que é aliciente que no final da cultura os plásticos possam ser incorporados juntamente com os restos da cultura, libertando os produtores da difícil tarefa da limpeza da terra e da eliminação dos resíduos de plástico, e deixando mais tempo disponível para a preparação das culturas seguintes.

Neste trabalho ficou por testar o desempenho dos plásticos biodegradáveis, se tivessem sido aplicados um mês mais cedo, para possibilitar a desinfecção do solo com o plástico de cobertura já aplicado, prática comum na cultura do morangueiro. Este aspecto é de extrema importância, uma vez que este mês de exposição é muito crítico, já que o plástico se encontra completamente desprotegido e completamente exposto, num período de radiação solar muito intensa.

Apesar do plástico biodegradável com melhor desempenho, em termos de durabilidade até ao final do ciclo cultural, ter apresentado uma quebra de produtividade em relação ao plástico convencional, os plásticos biodegradáveis são seguramente o caminho a seguir, na busca de alternativas ao uso massivo do polietileno para a cobertura do solo. Haverá alguns ajustes a fazer mas, com o auxílio da investigação e da experimentação, poderemos ter no futuro um plástico de

cobertura do solo que satisfaça completamente as necessidades dos produtores de morango e contribua para uma agricultura mais sustentável.

## 6. BIBLIOGRAFIA

AGROBIOFILM (2010). [www.agrobiofilm.eu/pt](http://www.agrobiofilm.eu/pt) (consultado em 15/12/2010).

ALBREGTS E.E., HOWARD C.M. & CHANDLER C.K. (1991). Mishapen strawberry fruits <http://ufdc.ufl.edu> (consultado em 05/10/2011).

ANDRADE C.S., PALHA M.G., NUNES A.P. & REIS G.R. (2005). Tecnologias de produção. In: Palha M.G. (coord.) – *Manual do Morangueiro*. Projecto PO AGRO DE&D nº193: Tecnologias de produção integrada no morangueiro visando a expansão da cultura e a reconquista do mercado, pp. 13-28.

ARTHAM T. & DOBLE M. (2008). Biodegradation of aliphatic and aromatic polycarbonates. *Macromol Biosc.*, 8(1): 14-24.

ASTM D5988-96/2003 – Standard test method for determining aerobic biodegradation in soil of plastic materials after composting.

ASTM D6400-04 Standard specifications for compostable plastics. ASTM International, West Conshohocken, PA.

ATLAS R.M. & BARTHA R. (1997). *Microbial Ecology: Fundamentals and Applications*. 4<sup>th</sup> Ed. Menlo Park, CA: Benjamin/Cummings Publishing Company.

BARLAZ M.A., HAM R.K. & SCHAEFER D.M. (1989). Mass-balance analysis of anaerobically decomposed refuse. *J Environ Eng*, 115: 88-102.

BLICK A.P., GROSSMANN M.V.E. & YAMASHITA F. (2010). Biodegradable mulch films for strawberry production. *Polymer Testing*, 29: 471-476.

BRAZANTI E.C. (1989). *La fresa*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 386 p.

BRIASSOULIS D. (2004). An overview on the mechanical behaviour of biodegradable agricultural films. *Journal of Polymers and the Environment*, 12(2): 65-81.

BRIASSOULIS D. (2006). Mechanical behaviour of biodegradable agricultural films under real field conditions. *Polymer Degradation and Stability*, 91: 1256-1272.

BRIASSOULIS D. (2007). Analysis of the mechanical and degradation performances of optimised agricultural biodegradable films. *Polymer Degradation and Stability* 92: 1115-1132.

BRIASSOULIS D. & DEJEAN C. (2010). Critical review of norms and standards for biodegradable agricultural plastics. Part I. Biodegradation in soil. *J. Polym. Environ.* doi 10.1007/s10924-010-0168-1.

CHANDRA, R. & RUSTGI, R. (1998). Biodegradable polymers. *Progress in Polymer Science* 23: 1273-1335. doi10.1016/S0079-6700(97)00039-7.

DECRETO LEI nº 235/97, 3 de Setembro. Transpõe para o direito interno a Directiva nº 91/676/CEE do Conselho de 12 de Dezembro. Visa proteger as águas contra a poluição difusa causada por nitratos de origem agrícola.

DENNIS F.G., LUPECKI J. & KIANG C.L. (1970). Effects of photoperiod and other factors upon flowering and runner development of three strawberry cultivars. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 95(6): 750-754.

DIRECTIVA 1999/31/EC do Conselho Europeu de 26 de Abril de 1999 sobre Resíduos agrícolas. Official Journal L 16/07/1999; 1/82:0001-19.

DIRECTIVA 2000/76/EC do Parlamento Europeu e do Conselho Europeu de 4 de Dezembro de 2000 sobre Incineração de resíduos. Official Journal L 28.12.2000; 332:91.

DOI Y. (1990). Microbial polyesters. New York: VCH Publishers.

DURNER E., BARDEN J.A., HIMELRICK D.G. & POLING E.B. (1984). Photoperiod and temperature effects on flower and runner development in day-neutral, junebearing and everbearing strawberries. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 109(3): 396-400.

DURNER, E. & POLING, E.B. (1988). Strawberry developmental responses to photoperiod and temperature : a review. *Advances in Strawberry Production*, vol. 7 : 6-14.

ELTEZ, R. & TÜZEL (1994). Efecto de diferentes materiales utilizados en acolchamiento de suelo sobre el rendimiento y la calidad de los cultivos de tomate bajo invernadero. *Plasticulture* 103: 23-25.

EN 13206 – Comité Europeu de Normalização CEN/TC 249. Documento prEN 13206:1998. Covering thermoplastic films for use in agriculture and horticulture. Brussels European Committee for Standardisation.

EN 13432 - Comité Europeu de Normalização CEN /TC. Documento prEN 13432:2000. Packaging – Requirements for packaging recoverable through composting and biodegradation – test scheme and evaluation criteria for the final acceptance of packaging.

EN 13655 – Comité Europeu de Normalização CEN/TC 249. Documento prEN 13655:2001 (draft European Standards). Plastics – mulching thermoplastics films for use in agriculture and horticulture. Brussels European Committee for Standardisation.

EN 14046 – Comité Europeu de Normalização CEN/TC. Documento prEN 14046:2003. Packaging - Evaluation of the ultimate aerobic biodegradability and disintegration of packaging materials under controlled composting conditions. Method by analysis of released carbon dioxide

EUROPEAN BIOPLASTICS (2009). "Oxo-biodegradable" plastics. Position paper. Julho <http://en.european-bioplastics.org> (consultado em 05/01/2011).

GALLETTA G.J. & BRINGHURST R.S. (1990) Strawberry management. In: Galletta G.J., Himelrick D.G. Small fruit crop management. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 83-156.

GASPARIM E., RICIERI R.P., SILVA S.L., DALLACORT R. & GNOATTO E. (2005). Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. *Acta Scientiarum*. Agronomy. Maringá, 27(1): 107-115.

GIACOMELL G.A., GARRISON S.A., JENSEN M., MEARS D.R., PATERSON J.W., ROBERTS W.J., WELLS O.S. (2000). Advances of Plasticulture Technologies 1977-2000. The 15<sup>th</sup> International Congress for Plastics in Agriculture, Hershey, PA.

GOLDBERG D. (1995). A review of the biodegradability and utility of poly(caprolactone). *J Environ Polym Degrad*, 3: 61-68.

G.P.P. (2009). Estratégia nacional para programas operacionais sustentáveis das organizações de produtores de frutas e produtos hortícolas. Regulamento CE (nº1234/2007) do Conselho de 22 de Outubro.

GREEN, D.S., KRUGER, E. L. & STANOSZ, G.R., (2003). Effects of polyethylene mulch in a short-rotation, poplar plantation vary with weed control strategies, site quality and clone. *Forest Ecol Manage* 173: 251-260. doi:10.1016/S0378-1127(02)00003-8.

GREER, L. & DOLE, J.M., (2003). Aluminium foil, aluminium-painted, plastic and degradable mulches increase yields and decrease insect-vectored viral diseases of vegetables. *HortTech* 13: 276-284.

GU J.D. (2003). Microbiological deterioration and degradation of synthetic polymeric materials: recent research advances. *Int Biodeterior Biodegrad*, 52: 69-91.

- GUTTRIDGE C.G. (1969). Photoperiodism and the growth habit of strawberry. *Sci. Hort.*, 21: 127-131.
- HAM J.M., KLUITENBERG G.J. & LAMONT W.J. (1993). Optical properties of plastic mulches affect the field temperature regime. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 118: 188-193.
- HAMILTON J.D., REINERT K.H., HOGAN J.V. & LORD W.V. (1995). Polymers as solid waste in municipal landfills. *J Air Waste Manage Assoc*, 43: 247-251.
- HILTUNEN K., SEPPALA J.V., ITAVAARA M & HARKONEN M. (1997). The biodegradation of lactic acid-based poly (Ester-urethanes). *J Environ Polym Degrad*, 5: 167-173.
- HIMELRICK D.G., (1982). Effect of polyethylene mulch colour on soil temperatures and strawberry plant responses. *Advances in Strawberry Production*, vol. 1: 15-16.
- HIMELRICK D.G., DOZIER JR. W.A. & AKRIDGE J.R. (1993). Effect of mulch type in annual hill strawberry plasticulture systems. *Acta Horticulturae*, Leuven, n.348, p.207-9, 1993.
- ISO 14855-2:2007.Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials under controlled composting conditions. Method by analysis of evolved carbon dioxide.Part 2: Gravimetric measurement of carbon dioxide evolved in a laboratory-scale test.
- ISO/PRF 17556-2003 – Plastics-determination of the ultimate aerobic degradability in soil by measuring the oxygen demand in a respirometer or the amount of carbon dioxide evolved.
- KALE G., KIJCHAVENGKUL T., AURAS R., RUBINO M., SELKE, S.E. & SINGH S.P. (2007). Compostability of bioplastic packaging materials: an overview. *Macromol. Biosci.*, 7: 255-277.
- KAPANEN A., VENELAMPI O., VIKMAN M. & ITÄVAARA M. (2003). Biodegradable materials and natural fibre composites in agriculture and horticulture. International Symposium, Hanover, Alemanha, pp 107-111.
- KAPANEN, A., SCHETTINI, E., VOX, G., AND ITÄVAARA, M. (2008). Performance and environmental impact of biodegradable films in agriculture: a field study on protected cultivation. *J. Polym and the Envir.* 16(2), 109–122.
- KIJCHAVENGKUL T., AURAS R., RUBINO M., NGOUAJIO M. & FERNANDEZ R.T. (2008). Assessment of aliphatic-aromatic copolyester biodegradable mulch films. Part I: Field study. *Chemosphere*, 71:942-953.
- LAMONT W.J. (1993). Plastic mulches for the production of vegetable crops. *HortTech* 3: 35-39.

LAMONT W.J., (1996). What are the components of a plasticulture vegetable system? *HortTech*, 6(3): 150-154.

LAMONT, W.J. (1999). Vegetable production using plasticulture. Food & Fertilizer Technology Centre, Taipei, Taiwan.

LARSON K.D., KOIKE S.T. & ZALOM F.G. (2005). Bed mulch treatment affects strawberry fruit bronzing and yield performance. *HortScience*, 40(1): 72-75.

LARSON K.D., KOIKE S.T. & ZALOM F.G. (2006). Polyethylene mulch, deficit irrigation, overhead sprinkling and strawberry fruit bronzing. Proc. Vth Int. Strawberry Symposium. *Acta Horticulturae*, 708: 51-57.

LEBLANC M., DESJARDINS Y., BÉDARD R. & GOSSELIN A. (1987). The effect of blossom removal on production characteristics of day-neutral strawberry plants grown in a northern climate. *Advances in strawberry production*, vol. 6: 23-26.

LIAKATAS A., CLARK J.A. & MONTEITH J.L. (1986). Measurements of the heat balance under plastic mulches. Part I. Radiation balance and soil heat flux. *Agr. Forest. Meteorol.* 36: 227-239.

LOCASCIO S.J., GILREATH J.P., OLSON S., HUTCHINSON C.M. & CHASE C.A. (2005). Red and black mulch colour affects production of florida strawberries. *HortScience* 40(1): 69-71.

LOPES A. & SIMÕES A.M. (2006). Produção integrada em hortícolas, família das Rosáceas: morangueiro. Oeiras: DGPC. P. 20-90 (Divulgação, ISSN 0872-3249; 293). ISBN 972-8649-51-7.

LQARS (2000). Manual de fertilização das culturas. 221p.

MAAS, J.L. (1998). Compendium of strawberry diseases. Amer. Phytopath. Soc., St. Paul, Minn.

MAROTO, J.V. (1983). Precocidad e productividad en el cultivo del frésón. *Horticultura*, 11: 33-42.

MAROTO J.V. (1986). Horticultura herbácea especial. Ed. Mundi-Prensa. 2ª Edição. Madrid.

MAROTO J.V. & LOPEZ GALARZA S. (1988). Producción de fresas e fresones. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 119p.

MARTIN-CLOSAS L., PICUNO P., RODRIGUEZ D. & PELACHO A.M. (2008). Properties of new biodegradable plastics for mulching, and characterizaton of its degradation in the laboratory and in the

field. ISHS *Acta Horticulturae* 801 : International Symposium on High Technology for Greenhouse System Management : Greensys 2007, pp 275-282.

MASSARDIER-NAGEOTTE V., PESTRE C., CRUARD-PRADET T. & BAYARD R. (2006). Aerobic and anaerobic biodegradability of polymer films and physico-chemical characterization. *Polymer Degradation and Stability*, 91 : 620-627.

MENDONÇA, M.G.S.P. (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, UTL/Instituto Superior de Agronomia, Lisboa. 220p.

MILES C., KLINGLER E., NELSON L., SMITH, T. & CROSS, C. (2007). Alternatives to plastic mulch in vegetables production systems. WSU Vancouver Research & Extension Unit, annual report, <http://vegetables.wsu.edu/MulchReport07.pdf> (consultado em 20/08/10).

MORENO M.M., MORENO A. & MANCEBO I. (2009). Comparison of different mulch materials in a tomato (*Solanum lycopersicum* L.) crop. *Spanish Journal of Agricultural Research* 7(2): 454-464.

NAKAYAMA A., KAWASAKI N., ARVANITOYANNIS I., AIBA S. & YAMAMOTO N. (1996). Synthesis and biodegradation of poly( $\gamma$ -butyrolactone-co-L-lactide). *J Environ Polym Degrad*, 4: 205-211.

NARAYAN R. (2001). Drivers for biodegradable/compostable plastics and role of composting in waste management and sustainable agriculture. *Bioprocessing of Solid Waste and Sludge*, 11(1).

NF U52-001 Fevereiro 2005 – Biodegradable materials for use in agriculture and horticulture – mulching products. Requirements and test methods.

NOLAN-ITU PTY LTD AND EXCELPLAS AUSTRALIA (2002). Biodegradable Plastics – Developments and Environmental Impacts. Report prepared for Australia Department of Environment and Water Resources.

NORMA EUROPEIA EN13432, Setembro (2000). Packaging – Requirements for packaging recoverable through composting and biodegradation – Test scheme and evaluation criteria for the final acceptance of packaging.

OBSERVATÓRIO AGRÍCOLA. [www.observatorioagricola.com](http://www.observatorioagricola.com) (consultado em 01/10/11).

PALHA, M.G. (2005). Manual do morangueiro. Oeiras, INIAP/EAN. Projecto PO AGRO DE&D nº 193. 127 p. ISBN 972-579-030-8.

PALHA, M.G., CAMPO, J.L. & OLIVEIRA, P.B. (2010). Strawberry plant growth and dry matter partitioning as influenced by planting date and plant type in an autumn production system. ABSTRACTS. VOL II (Symposia): 25.

PATEL M. (2001). Review of Life Cycle Assessments for Bioplastics. Utrecht University, Netherlands.

PENDELTON J.W. & PETERS D.B. (1966). Reclaiming sunlight. *Agr. Res.* Fevereiro:7.

PIRES R.C.M., FOLEGATTI M.V., JÚNIOR M.J.P., SAKAI E., PASSOS F.A., ARRUDA F.B. & CALHEIROS R.O. (2004). Efeito de níveis de água, coberturas do solo e condições ambientais na temperatura do solo e no cultivo de morangueiros em ambiente protegido e a céu aberto. *Eng. Agric. Jaboticabal*, 24 (3): 663-674.

POLITO V.S., LARSON K.D. & PINNEY K. (2002). Anatomical and histochemical factors associated with bronzing in strawberry fruit. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 127:355-357.

PORTARIA 164/2010 de 16 de Março. Programa de acção para as zonas vulneráveis de Portugal Continental.

PORTARIA 1037/97 de 1 de Outubro. Delimitação das zonas vulneráveis.

RUDNIK E. & BRIASSOULIS D., (2010). Comparative biodegradation in soil behaviour of two biodegradable polymers based on renewable sources. *Journal of Polymer Environment*, DOI 10.1007/s10924-010-0243-7.

RUSTIAGA M.O., GALAN L.J., MORALES I.H., GORDON S.H., IMAM S.H., ORTS W.J., GLENN G.M. & NIÑO K.A. (2005). Mechanical property and biodegradability of cast films prepared from blends of oppositely charged biopolymers. *Journal of Polymers Environment* 13 : 185-191.

SCARASCIA-MUGNOZZA G., SCHETTINI E., VOX G., MALINCONICO M., IMMIRZI B. & PAGLIARA S. (2006). Mechanical properties decay and morphological behaviour of biodegradable films for agricultural mulching in real scale experiment. *Polymer Degradation and Stability*, 91: 2801-2808.

SCHAFFER B., BARDEN J.A. & WILLIAMS J.M. (1986). Whole plant photosynthesis and dry-matter partitioning in fruiting and deblossomed day-neutral strawberry plants. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 111:430-433.

SHAH A.A., HASAN F. HAMEED A. & AHMED S. (2008). Biological degradation of plastics: a comprehensive review. *Biotechnology Advances* 26: 246-265.

SMEETS L. (1980). Effect of temperature and daylength on flower initiation and runner formation in two everbearing strawberry cultivars. *Scientia Horticulturae*, 12: 19-26.

SOUSA, M.B.S. & CURADO T.F. (2005). Colheita, pós-colheita, conservação e qualidade. Em: PALHA, M.G. (coord.) – Manual do morangueiro. Oeiras, INIAP/EAN. p.107-120. Projecto PO AGRO DE&D nº 193. ISBN 972-579-030-8.

STARR J.L., TIMLIN D.J., DOWNEY P.M. & MACCANN I.R. (2009). Laboratory evaluation of dual frequency multisensor capacitance probes to monitor soil water and salinity. *Irrig Sci*. DOI 10.1007/s00271-009-0154-3.

STEWART, P.J. & FOLTA K.M. (2010). A review of photoperiodic research in strawberry (*Fragaria* spp.). *Critical reviews in plant science*, 29: 1-13.

SWIFT G. (1998). Requirements for biodegradable water-soluble polymers. *Polymer Degradation and Stability*, 59: 19-24.

TARARA, J.M. (2000). Microclimate modification with plastic mulch. *Hortscience*, 35(2): 169-180.

TRIPATHI R.P. & KATYIAR, T.P.S. (1984). Effect of mulches on the thermal regime of soil. *Soil Till Res* 4, 381-390.

VALENZUELA P.A. & GUTIÉRREZ H.C. (1999). Acolchado de suelo mediante filmes de polietileno. El Agroeconomico, Maio. Fundación Chile.

VERDIER MARTÍN (1987). Cultivo del fresón en climas templados. Ediciones Agrarias, Caja Rural Provincial de Huelva. 374 pp.



VOTH V. (1972). Plastics in the California strawberries. *HortScience*, 7 (4): 378-80.

VOTH V. & BRINGHURST R.S. (1990). Culture and physiological manipulation of California strawberries. *HortScience*, 25 (8): 889-92.

# **ANEXOS**

## ANEXO I – Fichas técnicas dos plásticos e dos compostos utilizados no seu fabrico

## Plástico biodegradável P1

		FICHA TÉCNICA			
CLIENTE: _____					
PRODUTO: <b>Filme BIODEGRADÁVEL</b>					
DIMENSÕES: LARGURA		<input type="text" value="1500"/>	ESPESSURA		<input type="text" value="0.031"/> (mm)
PESO POR METRO LINEAR: <input type="text" value="0"/> g/m <small>(teórico)</small>			COR: <b>BI-COLOR</b> (PRETO/BRANCO)		
<b>CARACTERÍSTICAS DIMENSIONAIS</b>					
	VALOR	TOLERÂNCIA	UNIDADE	MÉTODO	
LARGURA	<input type="text" value="1500"/>	± 15	mm	PE 002 (Mét. Int.)	
ESPESSURA MÉDIA	<input type="text" value="31"/>	± 10%	µm	PE 001 (Mét. Int.)	
<b>PROPRIEDADES FÍSICAS</b>					
	VALOR	TOLERÂNCIA	UNIDADE	MÉTODO	
ÍNDICE DE FLUIDEZ	<input type="text" value="20"/>	---	g/10 min	<input type="text" value="ISO 1133"/>	
DENSIDADE	<input type="text" value="1.35"/>	---	g/cm <sup>3</sup>	<input type="text" value="ISO 1183 A"/>	
Alongamento à ruptura (MD)	<input type="text" value="450"/>		%	<input type="text" value="ISO 527-3"/>	
Tensão de ruptura (MD)	<input type="text" value="18"/>		MPa	<input type="text" value="ISO 527-3"/>	
RETRACÇÃO LONGITUDINAL	<input type="text" value="74"/>	± 10	%	PE 008 (Mét. Int.)	
RETRACÇÃO TRANSVERSAL	<input type="text" value="5"/>	± 10	%	PE 008 (Mét. Int.)	
<b>DADOS LOGÍSTICOS</b>					
PESO BOBINE	<input type="text" value="sob consulta"/>				
NÚMERO DE BOBINES POR PALETE	<input type="text" value="sob consulta"/>				
TIPO DE PALETE	<input type="text" value="800"/> x <input type="text" value="1200"/> mm				
ACONDICIONAMENTO DAS BOBINES	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           Bobines embaladas individualmente para protecção da incidência dos raios UV.         </div>				
<b>OBSERVAÇÕES</b>					
Formulação Biodegradável concebida matéria prima formulada com base em poliésteres aditivados.					
REVISÃO: 0		ASSINATURA: _____ (D. QUALIDADE)			
Mod.029/DQ.1		Data de Impressão: 25-06-2010			



## Características Técnicas

### Biomind PBC005

#### Descrição

BIOMIND PBC005 é um composto termoplástico completamente biodegradável e compostável (EN 13432 ou ASTM D6400) com base em políesteres biodegradáveis, livre de qualquer substância produzida a partir de organismos geneticamente modificados.

#### Aplicações

O composto BIOMIND PBC005 é indicado para filme agrícola, sacos do lixo ou outros tipos até 10 µm de espessura e produzido à medida das necessidades do cliente.

#### Características Técnicas

BIOMIND	PBC005	Unidade	Método
Propriedades Físicas			
Dímetro do granulado	3-4	mm	Interno
Densidade	1.30-1.35	g/cm <sup>3</sup>	ISO 1163
Conteúdo de água	<0.5	%	Interno
MFI (190°C/2.16 Kg)	<2	g/10min	ISO 1133
Propriedades Térmicas			
Ponto de Fusão	75-85	°C	DSC
Ponto Vicat	-	°C	ISO 306
Propriedades Mecânicas			
Carga de ruptura	>15	MPa	ISO 527
Alongamento	>350	%	ISO 527
Rasgamento	>90	N/mm	ASTM 624
Dureza	47 - 52	Sh D	ISO 868

#### Processamento

Este composto não requer equipamentos especiais, podendo ser utilizado em Injetoras ou extrusoras normalmente utilizadas em polímeros convencionais. Apenas é necessário utilizar um perfil de temperaturas na ordem dos 120°C - 160°C para obter ótimos resultados.

#### Corte, colagem e impressão

Os compostos Biomind, em geral, poderão ser impressos em máquinas de Impressão de LDPE, sendo aconselhado a utilização de tintas de base água ou álcool assim como o prévio tratamento corona. As temperaturas de secagem, assim como as velocidades de corte e Impressão deverão ser inferiores as normalmente utilizadas para PE e deverá ser efectuado um teste para determinar a temperatura e velocidades óptimas. As temperaturas de soldadura deverão estar dentro do intervalo 80 - 100°C.

#### Disclaimer:

A informação constante desta folha é fornecida de boa fé, e representa o melhor do nosso conhecimento do produto. É fornecida a título meramente informativo, não dispensando a consulta do nosso Departamento Técnico. A informação ou características técnicas dos produtos poderão ser alteradas sem aviso prévio.

BIOMIND  
 Apartado 88 EC Porto de Mós  
 2481-917 Porto de Mós  
 +351 244 488 151  
 info@biomind.pt  
 www.biomind.pt  
 BIOMIND é uma marca registada da CABOPOL, SA.

versão 1/2010





Composto biodegradável/compostável

## Características Técnicas

### Biomind PBC006

#### Descrição

BIOMIND PBC006 é um composto termoplástico completamente biodegradável e compostável (EN 13432 ou ASTM D6400) com base em políesteres biodegradáveis, livre de qualquer substância produzida a partir de organismos geneticamente modificados.

#### Aplicações

O composto BIOMIND PBC006 é indicado para extrusão e extrusão-sopro como fio, filme agrícola, sacos do lixo ou outros tipos até 20 µm de espessura e produzido à medida das necessidades do cliente.

#### Características Técnicas

BIOMIND	PBC006	Unidade	Método
Propriedades Físicas			
<b>Diâmetro do granulado</b>	3-4	mm	Interno
<b>Densidade</b>	1.30-1.35	g/cm <sup>3</sup>	ISO 1183
<b>Conteúdo de água</b>	<0.5	%	Interno
<b>MFI (190°C/2.16 Kg)</b>	<2.5	g/10min	ISO 1133
Propriedades Térmicas			
<b>Ponto de Fusão</b>	70-75	°C	DSC
<b>Ponto Vicat</b>	-	°C	ISO 306
Propriedades Mecânicas			
<b>Carga de ruptura</b>	>20	MPa	ISO 527
<b>Alongamento</b>	>350	%	ISO 527
<b>Rasgamento</b>	>90	N/mm	ASTM 624
<b>Dureza</b>	49 - 54	Sh D	ISO 868

#### Processamento

Este composto não requer equipamentos especiais, podendo ser utilizado em injetoras ou extrusoras normalmente utilizadas em polímeros convencionais. Apenas é necessário utilizar um perfil de temperaturas na ordem dos 120°C - 160°C para obter ótimos resultados.

#### Corte, colagem e impressão

Os compostos Biomind, em geral, poderão ser impressos em máquinas de impressão de LDPE, sendo aconselhado a utilização de tintas de base água ou álcool assim como o prévio tratamento corona. As temperaturas de secagem, assim como as velocidades de corte e impressão deverão ser inferiores às normalmente utilizadas para PE e deverá ser efectuado um teste para determinar a temperatura e velocidades óptimas. As temperaturas de soldadura deverão estar dentro do intervalo 60 - 100°C.

#### Disclaimer:

A informação constante desta folha é fornecida de boa fé, e representa o melhor do nosso conhecimento do produto.

É fornecida a título meramente informativo, não dispensando a consulta do nosso Departamento Técnico. A informação ou características técnicas dos produtos poderão ser alteradas sem aviso prévio.

**BIOMIND**  
 apartado 38 EC Porto de Mós  
 2481-917 Porto de Mós  
 +351 244 488 151  
 info@biomind.pt  
 www.biomind.pt  
 BIOMIND é uma marca registada da CABOPOL, SA.

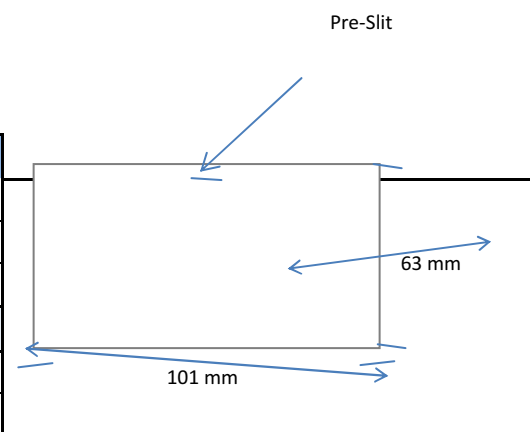
versão 1/2010



## Plástico biodegradável P2

Sample:	BMF-A
Designation:	-
Test Date	13-07-2010
Thickness ( $\mu\text{m}$ )	19.6
Reel With (mm)	1420
Material	Biodegradable

Elmendorf Tear Strength		
	Machine Direction	Transversal
Resistance (mN)	5247	4673
Thickness ( $\mu\text{m}$ )	20.4	20.4
Test Standard: ASTM 1922-89		
Sample Length (mm)	63	
Sample Width (mm)	101	



Free-Falling Dart Test Resistance
187g
Test Standard: ASTM D 1709-91
Dart Height: 66cm

Traction Test		
	Machine Direction	Transversal
Load at break (N)	12.2	8.9
Tensile Strength at break (Mpa)	23.6	17.1
Elongation at break (%)	335	678
Thickness ( $\mu\text{m}$ )	20.7	21.0
Test Standard: ISO 527-1		
Test Speed (mm/min)	500.0	
Temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )	21.0	
Sample With (mm)	25.0	
Distance between grips (mm)	50.0	
Confidence Interval (%)	95	

Opacity (%)
97.0

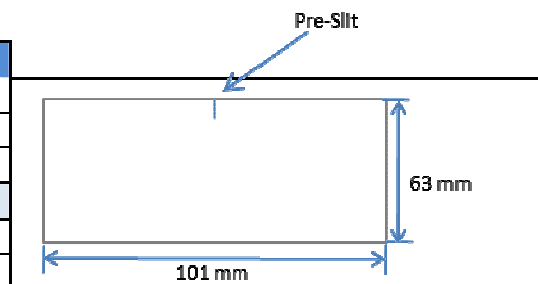
Note: Average of 6 samples around the bubble

## Plástico biodegradável P3

Sample:	BMF-B
Designation:	-
Test Date:	40371
Thickness (µm)	23.5
Reel With (mm)	1420

Material Biodegradable

Elmendorf Tear Strength		
	Machine Direction	Transversal
Tear Resistance (mN)	3554	6963
Thickness (µm)		
Test Standard: ASTM 1922-89		
Sample Length (mm)	63	
Sample Width (mm)	101	



Free-Falling Dart Test resistance
181g
Test Standard: ASTM D 1709-91

Dart Height: 66cm

Traction Test		
	Machine Direction	Transversal
Load at break (N)	15.7	11.8
Tensile Strength at break (Mpa)	23.46	18.1
Elongation at break (%)	390.0	651.0
Thickness (µm)		
Test Standard: ISO 527-1		
Test Speed (mm/min)	500.0	
Temperature (°C)	21.0	
Sample With (mm)	25.0	
Distance between grips (mm)	50	
Confidence Interval (%)	95	

Opacity (%)
98.5

Note: Average of 6 samples around the bubble

## Plástico convencional P4



## FICHA TÉCNICA



**PRODUTO:** Filme PEBD c/ UV1

**DIMENSÕES:** LARGURA **1100** ESPESSURA **0.040** (mm)

**PESO POR METRO LINEAR:** **41** g/m  
(teórico)

**COR:** BI-COLOR (PRETO/BRANCO)

**CARACTERÍSTICAS DIMENSIONAIS**

	VALOR	TOLERÂNCIA	UNIDADE	MÉTODO
LARGURA	1500	± 15	mm	PE 002 (Mét. Int.)
ESPESSURA MÉDIA	40	± 10%	µm	PE 001 (Mét. Int.)

**PROPRIEDADES FÍSICAS**

	VALOR	TOLERÂNCIA	UNIDADE	MÉTODO
ÍNDICE DE FLUIDEZ	1.2	---	g/10 min	ISO 1133
DENSIDADE	922	---	g/cm <sup>3</sup>	ISO 1183 A
Alongamento à ruptura (MD)	375		%	ISO 527-3
Tensão de ruptura (MD)	18		MPa	ISO 527-3

**DADOS LOGÍSTICOS**

PESO BOBINE	60 kg
NÚMERO DE BOBINES POR PALETE	sob consulta
TIPO DE PALETE	800 x 1200 mm

ACONDICIONAMENTO DAS BOBINES

Bobines embaladas individualmente, TUBO C/  
+/-1 CM DE CADA LADO, BOBINES C/  
1500 METROS LINEARES.

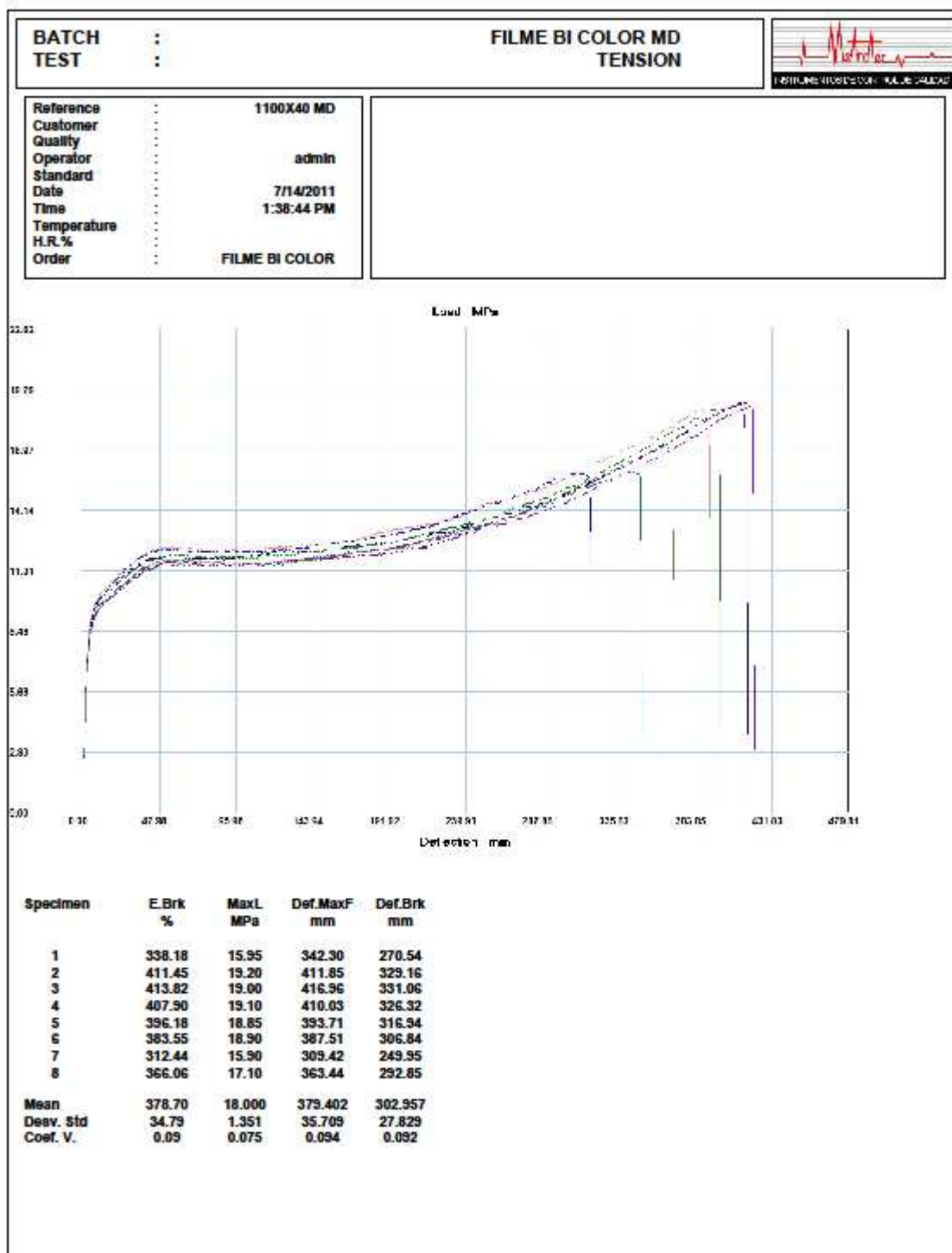
**OBSERVAÇÕES**

Filme Bi-orientado, retração nas direcções longitudinais e transversais.

REVISAO: 0


ASSINATURA:

(D. QUALIDADE)




## ANEXO II – Análises do solo

### Antes da instalação do ensaio



MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA,  
PECUÁRIA E  
AGROPECUÁRIA  
DO DESENVOLVIMENTO  
RURAL E DAS PISCICULTURAS

INPEB, L.P.  
Instituto Pernambucano  
de Recursos e Oport. L.P.



IFAC  
INSTITUTO FEDERAL  
de ANÁLISES  
de SOLOS

### RELATÓRIO DE ANÁLISE DE TERRA

Exatidão: CAPATAZ/UNICOM/SOC. AGR. PEC. LTDA			
Cm. S. Roque			
2050-058		ALMEIRIM	
Comunidade: Almeirim	Produção/idade: 0-20 cm	Nº Lab: 2625	
Freguesia: Almeirim	Cultura: Maracujá-do	Data: 29-07-2010	
Município: 2655 - I VI		Em. Análise: 10-29-2010	

PARÂMETRO*	RESULTADOS	INTERPRETAÇÃO*			
		MUITO BAIXO	BAIXO	MEDIO	ALTO
Fósforo cat.*	mg/kg	106	.....		
Potássio cat.*	mg/kg	86	.....		
Magnésio cat.*	mg/kg	62	.....		
Molibdênio Dissolvido*	%	0,67	.....		
Textura*					
pH (pH <sub>Ca</sub> )		5,4	Ácido		
Mec. Cati*	CGOOS (%)	2			
Carbonatos*	CaCO <sub>3</sub> (%)	0	NEUTRALIZ.		
Enxofre cat.*	mg/kg	22	.....		
Manganês cat.*	mg/kg	107	.....		
Zinco cat.*	mg/kg	1,6	.....		
Cobalto cat.*	mg/kg	1,10	.....		
Boro cat.*	mg/kg	0,2	.....		
Acidez total*	g %	0,047	.....		

**RECOMENDAÇÕES\***

Para uma produção esperada de 10 a 20 t/ha

**APLIQUE:**

- (2) t/ha de calcário
- (0) t/ha de azoto (N)
- (3) t/ha de potássio (K<sub>2</sub>O)
- (1) x 40 kg/ha de magnésio (Mg)

No caso da cultura em solo não irrigado, aplicar de 0,5 a 1,0 t/ha da quantidade total de azoto em fundo.

No caso de coberturas de solo com plantas plântulas, aplicar até 40% do azoto em fundo e distribuir o restante em várias coberturas de acordo com o tipo de rotação.


Aplicar toda a dose de potássio em fundo.

Aplicar cerca de 50% do potássio em fundo e o restante em cobertura com o cultivo.

A quantidade de calcário recomendada destina-se a corrigir uma camada de solo até 20 cm de profundidade. Alternativamente, diminuir esta quantidade proporcionalmente à capacidade de troca de cátions do solo que deseja corrigir.

Incorpore o calcário e o resto de forma uniforme usando as máquinas apropriadas.

NOTA: NÃO CORRIJA



Unidade de Investigação e Assistência Técnica  
de Caravelina, Quilombo Ag. Tech. Recife - PE - Sítio  
Lagoa da Serra, Açudeiro 6228  
301-4001, BR 56 - PO Box 136

Tel. (55) 2122-7521 Fax. (55) 2122-2649  
E-mail: ifac@ifac.gov.br

www.ifac.gov.br



Ministério da  
Agricultura,  
do Desenvolvimento  
Rural e das Pescas

INRB, I.P.  
Instituto Nacional  
dos Recursos Biológicos, I.P.

### RELATÓRIO DE ANÁLISE DE TERRA (continuação)

N.º Lab. 2685

PARÁMETROS:	RESULTADOS	INTERPRETAÇÃO*				
		MUITO BAIXO	BAIXO	MEDIO	ALTO	MUITO ALTO
<b>Bases de Troca*:</b>						
Ca <sup>+</sup>	me/100 g	1,06	X			
Mg <sup>+</sup>	me/100 g	0,35	X			
K <sup>+</sup>	me/100 g	0,19		X		
Na <sup>+</sup>	me/100 g	0,03	X			
Acidez de troca*	me/100 g	1,10				
SBT*	me/100 g	1,63				
CTC*	me/100 g	2,73	X			
GSB*	%	59,8			X	
<b>Grau de Saturação do complexo de troca cat*</b>						
Ca <sup>2+</sup>	%	36,7		X		
Mg <sup>2+</sup>	%	12,9			X	
K <sup>+</sup>	%	7,1				X
<b>Análise Granulométrica*:</b>						
Areia*	%	90,4				
Limo*	%	5,2				
Argila*	%	4,4				
Classificação textural*		AF				
Calcário activo*:	% CaCO <sub>3</sub>	Não acusa				

Bases de Troca: SBT – Soma das Bases Troca ; CTC – Capacidade de Troca Catiónica ; GSB – Grau de Saturação em Bases.

Análise Granulométrica: A – Arenoso , AF – Areno-Franco , FA – Franco-Arenoso ; F – Franco , L – Limoso , FL – Franco-Limoso , FGL – Franco-Argilo-Limoso , FGA – Franco-Argilo-Arenoso ; FG – Franco-Argiloso , G – Argiloso ; GA – Argilo-Arenoso , GL – Argilo-Limoso.

NOTA: Nas recomendações de fertilização não se considerou os resultados das bases de troca e do calcário activo.

v.s.f.f



INIA - Unidade de Investigação de Ambiente e Recursos Naturais  
ex-Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva  
Tapada da Ajuda, Apartado 3228  
1301-903 LISBOA - PORTUGAL

Tel: (+351) 213617740 Fax: (+351) 213638460  
E-mail: uarn.inia@inrb.pt  
www.inrb.pt/inia

3/4

## RELATÓRIO DE ANÁLISE DE TERRA (continuação)

Nº Lab. 2685

PARÂMETROS	RESULTADOS
<b>Metais Pesados*:</b>	
Cádmio (Cd)*	mg/kg <0,17
Cobre (Cu)*	mg/kg 42,2
Níquel (Ni)*	mg/kg 3,5
Chumbo (Pb)*	mg/kg 4,3
Zinco (Zn)*	mg/kg 14,5
Mercurio (Hg)*	mg/kg 0,010
Crômio (Cr)*	mg/kg 3,4

NOTAS: Os resultados são expressos em matéria seca a 105°C.





A determinação de Cd foi efectuada por subcontratação de um Laboratório acreditado para o efeito.

O Responsável do Laboratório de Análise de Solos (LAS)

*Rapnel Mouro*

1/4

**Após 3 meses da incorporação****Plástico biodegradável P1**

 Instituto Nacional de Recursos Biológicos, I. P.		 Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território					
<b>RELATÓRIO DE ANÁLISE DE TERRA</b>							
Exmo. Sr. CASA PRUDÊNCIO SOC. AGROPECUÁRIA, LDA. Quinta de S. Roque 2080-098 ALMEIRIM		 IPAC acreditação 10246 Ensaio					
Concelho	Profundidade	Nº Lab.	2676				
Freguesia	Cultura *	Início análise	25-07-2011				
s/ Ref. 2676 - P1		Fim análise	31-08-2011				
PARAMETROS	RESULTADOS	INTERPRETAÇÃO					
		MUITO BAIXO	BAIXO	MEDIO	ALTO	MUITO ALTO	
Fósforo ext.	P2O5 mg/kg	>200	*****				
Potássio ext.	K2O mg/kg	145	*****				
Magnésio ext.*	Mg mg/kg	51	*****				
Matéria Orgânica*	%	0,93	*****				
Textura*							
pH(H2O)a)		5,5	Ácido				
Nec. Cal*	CaCO3 t/ha	2					
Carbonatos*	CaCO3 %	0	Não calcário				
Ferro ext.*	Fe mg/kg	75	*****				
Manganés ext.*	Mn mg/kg	33	*****				
Zinco ext.*	Zn mg/kg	2	*****				
Cobre ext.*	Cu mg/kg	>15	*****				
Boro ext.*	B mg/kg	0,26	*****				
Azoto total	N %	0,05	*****				
<b>RECOMENDAÇÕES*</b>							
.Não indicou a cultura a realizar pelo que não é feita recomendação de fertilização							
NOTA: ext.= extraiável <span style="float: right;">v.s.f.f.</span> Unidade de Investigação de Ambiente e Recursos Naturais ex-Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva (ex-LQARS) Tapada da Ajuda, Apartado 3228 * 1301-903 LISBOA – PORTUGAL Tel. (+351) 213617740 Fax: (+351) 213636460 E-mail: uiam.inia@inrb.pt www.inrb.pt/inia							
 inia Instituto Nacional de Investigação Agrária 1/4							

**RELATÓRIO DE ANÁLISE DE TERRA (continuação)**

Nº Lab. 2676

PARÂMETRO	RESULTADOS	INTERPRETAÇÃO*				
		MUITO BAIXO	BAIXO	MÉDIO	ALTO	MUITO ALTO
<b>Bases de Troca*:</b>						
Ca*	me/100 g	1,95	X			
Mg*	me/100 g	0,39	X			
K*	me/100 g	0,28		X		
Na*	me/100 g	0,04	X			
Acidez de troca*	me/100 g	0,90				
SBT*	me/100 g	2,67				
CTC*	me/100 g	3,57	X			
GSB*	%	75			X	
<b>Grau de Saturação do complexo de troca com*:</b>						
Ca <sup>2+</sup>	%	54,8		X		
Mg <sup>2+</sup>	%	11,0		X		
K <sup>+</sup>	%	7,7			X	
<b>Análise Granulométrica*:</b>						
Areia*	%	87,7				
Limo*	%	4,9				
Argila*	%	7,4				
Classificação textural*		AF				
<b>Calcário activo*:</b>	% CaCO <sub>3</sub>	Não acusa				

Bases de Troca: SBT – Soma das Bases Troca; CTC – Capacidade de Troca Catiónica; GSB – Grau de Saturação em Bases;

Análise Granulométrica:  
A - Arenoso; AF - Areno-Franco; FA - Franco-Arenoso; F - Franco; L - Limoso; FL - Franco-Limoso; FGL - Franco-Argilo-Limoso;  
FGA - Franco-Argilo-Arenoso; FG - Franco-Argiloso; G - Argiloso; GA - Argilo-Arenoso; GL - Argilo-Limoso

NOTA: Nas recomendações de fertilização não se considerou os resultados das bases de troca e do calcário activo.

**RELATÓRIO DE ANÁLISE DE TERRA (continuação)**

Nº Lab. 2676

PARÂMETROS	RESULTADOS
------------	------------

**Metais Pesados\*:**

Cádmio (Cd) *	mg/kg	< 0,05
Cobre (Cu) *	mg/kg	76
Níquel (Ni) *	mg/kg	5,0
Chumbo (Pb) *	mg/kg	6,2
Zinco (Zn) *	mg/kg	22
Mercurio (Hg) *	mg/kg	0,014
Crómio (Cr) *	mg/kg	5,0

NOTAS: Os resultados são expressos em matéria seca a 105°C.

*R* Responsável do Laboratório de Análise de Solos (LAS)

*Rosa Maricato*





Rosa Maricato

Unidade de Investigação de Ambiente e Recursos Naturais  
ex-Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva [ex-LQARS]  
Tapada da Ajuda, Apartado 3228 \* 1301-903 LISBOA – PORTUGAL  
Tel. (+351) 213617740 Fax: (+351) 213636460 E-mail: uarn.inia@inrb.pt [www.inrb.pt/inia](http://www.inrb.pt/inia)

 **inia** Instituto Nacional  
de Investigação Agrária

4/4

## Plástico biodegradável P2

 <b>inrb</b> Instituto Nacional de Recursos Biológicos, I. P.		 Ministério da Agricultura, Mar. Ambiente e Ordenamento do Território					
<b>RELATÓRIO DE ANÁLISE DE TERRA</b>							
Exmo. Sr. CASA PRUDÊNCIO SOC. AGROPECUÁRIA, LDA. Quinta de S. Roque 2080-098 ALMEIRIM		 L0246 Emalco					
Concelho	Profundidade	Nº Lab.	2677				
Freguesia	Cultura *	Início análise	25-07-2011				
s/ Ref. 2677 - P2		Fim análise	31-08-2011				
PARÂMETROS	RESULTADOS	INTERPRETAÇÃO*					
		MUITO BAIXO	BAIXO	MÉDIO	ALTO	MUITO ALTO	
Fósforo ext.	P2O5 mg/kg	>200	*****				
Potássio ext.	K2O mg/kg	149	*****				
Magnésio ext.*	Mg mg/kg	51	*****				
Matéria Orgânica*	%	0,85	*****				
Textura*							
pH(H2O)a)		5,8	Pouco ácido				
Nec. Cal*	CaCO3 t/ha	1					
Carbonatos*	CaCO3 %	0	Não calcário				
Ferro ext.*	Fe mg/kg	73	*****				
Manganês ext.*	Mn mg/kg	26	*****				
Zinco ext.*	Zn mg/kg	2,6	*****				
Cobre ext.*	Cu mg/kg	>15	*****				
Boro ext.*	B mg/kg	0,27	*****				
Azoto total	N %	0,05	*****				
<b>RECOMENDAÇÕES*</b>							
.Não indicou a cultura a realizar pelo que não é feita recomendação de fertilização							
NOTA: ext.= extratível				v.s.f.f.			
Unidade de Investigação de Ambiente e Recursos Naturais ex-Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva (ex-LQARS) Tapada da Ajuda, Apartado 3228 * 1301-903 LISBOA - PORTUGAL Tel. (+351) 213617740 Fax: (+351) 213636460 E-mail: uam.inia@inrb.pt www.inrb.pt/inia				 Instituto Nacional de Investigação Agrária 1/4			

## RELATÓRIO DE ANÁLISE DE TERRA (continuação)

Nº Lab. 2877

PARAMETROS	RESULTADOS	INTERPRETAÇÃO*				
		MUITO BAIXO	BAIXO	MÉDIO	ALTO	MUITO ALTO
<b>Bases de Troca*:</b>						
Ca*	me/100 g	1,92	X			
Mg*	me/100 g	0,39	X			
K*	me/100 g	0,29		X		
Na*	me/100 g	0,06	X			
Acidez de troca*	me/100 g	0,70				
SBT*	me/100 g	2,66				
CTC*	me/100 g	3,36	X			
GSB*	%	79			X	
<b>Grau de Saturação do complexo de troca com*:</b>						
Ca <sup>2+</sup>	%	57,2		X		
Mg <sup>2+</sup>	%	11,7		X		
K*	%	8,5			X	
<b>Análise Granulométrica*:</b>						
Areia*	%	87,7				
Limo*	%	4,9				
Argila*	%	7,4				
Classificação textural*		AF				
<b>Calcário activo*:</b>	% CaCO <sub>3</sub>	Não acusa				

Bases de Troca: SBT – Soma das Bases Troca; CTC – Capacidade de Troca Catiónica; GSB – Grau de Saturação em Bases;

**Análise Granulométrica:**

A - Arenoso; AF - Areno-Franco; FA - Franco-Arenoso; F - Franco; L - Limoso; FL - Franco-Limoso; FGL - Franco-Argilo-Limoso; FGA - Franco-Argilo-Arenoso; FG - Franco-Argiloso; G - Argiloso; GA - Argilo-Arenoso; GL - Argilo-Limoso

NOTA: Nas recomendações de fertilização não se considerou os resultados das bases de troca e do calcário activo.

## RELATÓRIO DE ANÁLISE DE TERRA (continuação)

Nº Lab. 2677


PARAMETROS	RESULTADOS
------------	------------

**Metais Pesados\*:**

Cádmio (Cd) *	mg/kg	< 0,05
Cobre (Cu) *	mg/kg	66
Níquel (Ni) *	mg/kg	4,7
Chumbo (Pb) *	mg/kg	6,3
Zinco (Zn) *	mg/kg	21
Mercurio (Hg) *	mg/kg	0,011
Crómio (Cr) *	mg/kg	4,5

NOTAS: Os resultados são expressos em matéria seca a 105°C.





O Responsável do Laboratório de Análise de Solos (LAS)



Rosa Maricato

Unidade de Investigação de Ambiente e Recursos Naturais  
ex-Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva (ex-LQARS)  
Tapada da Ajuda, Apartado 3228 \* 1301-903 LISBOA - PORTUGAL  
Tel. (+351) 213617740 Fax: (+351) 213636460 E-mail: uarn\_inia@inrb.pt www.inrb.pt/inia

## Plástico biodegradável P3

 <b>inrb</b> Instituto Nacional de Recursos Biológicos, I. P.		 Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território					
<b>RELATÓRIO DE ANÁLISE DE TERRA</b>							
Exmo. Sr. CASA PRUDÊNCIO SOC. AGROPECUÁRIA, LDA. Quinta de S. Roque 2080-098 ALMEIRIM		 L0246 Ensaio					
Concelho	Profundidade	Nº Lab.	2678				
Freguesia	Cultura	Início análise	25-07-2011				
s/ Ref. 2678 - P3		Fim análise	31-08-2011				
PARÂMETROS	RESULTADOS	INTERPRETAÇÃO*					
		MUITO BAIXO	BAIXO	MÉDIO	ALTO	MUITO ALTO	
Fósforo ext.	P2O5 mg/kg	>200	*****				
Potássio ext.	K2O mg/kg	>200	*****				
Magnésio ext.*	Mg mg/kg	65	*****				
Matéria Orgânica*	%	1,03	*****				
Textura*							
pH(H2O)a)		5,8	Pouco ácido				
Nec. Cal*	CaCO3 t/ha	2					
Carbonatos*	CaCO3 %	0	Não calcário				
Ferro ext.*	Fe mg/kg	>80	*****				
Manganês ext.*	Mn mg/kg	49	*****				
Zinco ext.*	Zn mg/kg	2,9	*****				
Cobre ext.*	Cu mg/kg	>15	*****				
Boro ext.*	B mg/kg	0,35	*****				
Azoto total	N %	0,062	*****				
<b>RECOMENDAÇÕES*</b>							
.Não indicou a cultura a realizar pelo que não é feita recomendação de fertilização							
v.s.f.f.							
NOTA: ext.= extratável Unidade de Investigação de Ambiente e Recursos Naturais ex-Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva (ex-LQARS) Tapada da Ajuda, Apartado 3228 * 1301-903 LISBOA – PORTUGAL Tel. (+351) 213617740 Fax: (+351) 213636460 E-mail: uiam.iaa@inrb.pt www.inrb.pt/iaa							
 inia Instituto Nacional de Investigação Agrária					1/4		

## RELATÓRIO DE ANÁLISE DE TERRA (continuação)

Nº Lab. 2678

PARAMETROS	RESULTADOS	INTERPRETAÇÃO				
		MUITO BAIXO	BAIXO	MEDIO	ALTO	MUITO ALTO
<b>Bases de Troca*:</b>						
Ca <sup>+</sup>	me/100 g	2,14		X		
Mg <sup>+</sup>	me/100 g	0,47	X			
K <sup>+</sup>	me/100 g	0,36			X	
Na <sup>+</sup>	me/100 g	0,05	X			
Acidez de troca*	me/100 g	0,50				
SBT*	me/100 g	3,02				
CTC*	me/100 g	3,52	X			
GSB*	%	86				X
Grau de Saturação do complexo de troca com*:						
Ca <sup>2+</sup>	%	60,9			X	
Mg <sup>2+</sup>	%	13,2			X	
K <sup>+</sup>	%	10,2				X
<b>Análise Granulométrica*:</b>						
Areia*	%	85,7				
Limo*	%	5,9				
Argila*	%	8,4				
Classificação textural*		AF				
<b>Calcário activo*:</b>	% CaCO <sub>3</sub>	Não acusa				

Bases de Troca: SBT – Soma das Bases Troca; CTC – Capacidade de Troca Catiónica; GSB – Grau de Saturação em Bases;

**Análise Granulométrica:**

A - Arenoso; AF - Areno-Franco; FA - Franco-Arenoso; F - Franco; L - Limoso; FL - Franco-Limoso; FGL - Franco-Argilo-Limoso; FGA - Franco-Argilo-Arenoso; FG - Franco-Argiloso; G - Argiloso; GA - Argilo-Arenoso; GL - Argilo-Limoso

NOTA: Nas recomendações de fertilização não se considerou os resultados das bases de troca e do calcário activo.

## RELATÓRIO DE ANÁLISE DE TERRA (continuação)

Nº Lab. 2678


PARAMETROS	RESULTADOS
------------	------------

**Metais Pesados\*:**

Cádmio (Cd) *	mg/kg	< 0,05
Cobre (Cu) *	mg/kg	72
Níquel (Ni) *	mg/kg	5,7
Chumbo (Pb) *	mg/kg	6,4
Zinco (Zn) *	mg/kg	22
Mercurio (Hg) *	mg/kg	0,010
Crómio (Cr) *	mg/kg	4,7





NOTAS: Os resultados são expressos em matéria seca a 105°C.

O Responsável do Laboratório de Análise de Solos (LAS)



Rosa Maricato

## Plástico convencional P4

 Instituto Nacional de Recursos Biológicos, I. P.		 Ministério da Agricultura, Mar. Ambiente e Ordenamento do Território					
<b>RELATÓRIO DE ANÁLISE DE TERRA</b>							
Exmo. Sr. CASA PRUDÊNCIO SOC. AGROPECUÁRIA, LDA, Quinta de S. Roque 2080-098 ALMEIRIM		 L0246 Ensaio					
Concelho	Profundidade	Nº Lab.	2679				
Freguesia	Cultura *	Início análise	25-07-2011				
s/ Ref. 2679 - P4		Fim análise	31-08-2011				
PARAMETROS	RESULTADOS	INTERPRETAÇÃO *					
		MUITO BAIXO	BAIXO	MÉDIO	ALTO	MUITO ALTO	
Fósforo ext.	P2O5 mg/kg	>200	*****				
Potássio ext.	K2O mg/kg	162	*****				
Magnésio ext.*	Mg mg/kg	53	*****				
Matéria Orgânica*	%	0,91	*****				
Textura*							
pH(H2O)a)		5,4	Ácido				
Nec. Cal*	CaCO3 t/ha	2					
Carbonatos*	CaCO3 %	0	Não calcário				
Ferro ext.*	Fe mg/kg	80	*****				
Manganês ext.*	Mn mg/kg	32	*****				
Zinco ext.*	Zn mg/kg	2,1	*****				
Cobre ext.*	Cu mg/kg	>15	*****				
Boro ext.*	B mg/kg	0,31	*****				
Azoto total	N %	0,053	*****				
<b>RECOMENDAÇÕES *</b>							
.Não indicou a cultura a realizar pelo que não é feita recomendação de fertilização							
NOTA: ext.= extraível							
Unidade de Investigação de Ambiente e Recursos Naturais ex-Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva (ex-LQARS) Tapada da Ajuda, Apartado 3228 * 1301-903 LISBOA - PORTUGAL Tel. (+351) 213617740 Fax: (+351) 213636460 E-mail: uiam inia@inrb.pt <a href="http://www.inrb.pt/inia">www.inrb.pt/inia</a>							
 Instituto Nacional de Investigação Agrária							
v.s.f.f. 1/4							

## RELATÓRIO DE ANÁLISE DE TERRA (continuação)

Nº Lab. 2679

PARAMETROS	RÉSULTADOS	INTERPRETAÇÃO*				
		MUITO BAIXO	BAIXO	MÉDIO	ALTO	MUITO ALTO
<b>Bases de Troca*:</b>						
Ca*	me/100 g	1,70	X			
Mg*	me/100 g	0,41	X			
K*	me/100 g	0,39		X		
Na*	me/100 g	0,05	X			
Acidez de troca*	me/100 g	0,90				
SBT*	me/100 g	2,55				
CTC*	me/100 g	3,45	X			
GSB*	%	74			X	
<b>Grau de Saturação do complexo de troca com*:</b>						
Ca <sup>2+</sup>	%	49,3		X		
Mg <sup>2+</sup>	%	12,0			X	
K <sup>+</sup>	%	11,3				X
<b>Análise Granulométrica*:</b>						
Areia*	%	85,7				
Limo*	%	5,9				
Argila*	%	8,4				
Classificação textural*		AF				
<b>Calcário activo*:</b>	% CaCO <sub>3</sub>	Não acusa				

Bases de Troca: SBT- Soma das Bases Troca; CTC - Capacidade de Troca Catiónica; GSB - Grau de Saturação em Bases;

**Análise Granulométrica:**

A - Arenoso; AF - Areno-Franco; FA - Franco-Arenoso; F - Franco; L - Limoso; FL - Franco-Limoso; FGL - Franco-Argilo-Limoso;  
FGA - Franco-Argilo-Arenoso; FG - Franco-Argiloso; G - Argiloso; GA - Argilo-Arenoso; GL - Argilo-Limoso

NOTA: Nas recomendações de fertilização não se considerou os resultados das bases de troca e do calcário activo.

**RELATÓRIO DE ANÁLISE DE TERRA (continuação)**

N.º Lab. 2679

PARÂMETROS	RESULTADOS
------------	------------

**Metais Pesados \*:**

Cádmio (Cd) *	mg/kg	< 0,05
Cobre (Cu) *	mg/kg	84
Níquel (Ni) *	mg/kg	4,4
Chumbo (Pb) *	mg/kg	6,5
Zinco (Zn) *	mg/kg	80
Mercurio (Hg) *	mg/kg	0,011
Crómio (Cr) *	mg/kg	<3,5

**NOTAS:** Os resultados são expressos em matéria seca a 105°C.

Responsável do Laboratório de Análise de Solos (LAS)

*Raquel Mano*

Rosa Maricato

 Unidade de Investigação de Ambiente e Recursos Naturais  
 ex-Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva (ex-LQARS)  
 Tapada da Ajuda, Apartado 3228 \* 1301-903 LISBOA – PORTUGAL  
 Tel. (+351) 213617740 Fax: (+351) 213636460 E-mail: uiam.inia@inrb.pt www.inrb.pt/inia


 Inia Instituto Nacional  
de Investigação Agrária

4/4

## NOTAS:

- Os parâmetros assinalados com (\*) não estão ainda incluídos no âmbito de acreditação, tal como as interpretações/recomendações de fertilização.
- Todos os resultados apresentados são expressos em matéria seca ao ar (com excepção dos elementos totais extraídos por água régia e mercúrio total).
- Os valores inteiros inferiores a 10 unidades têm zero como casa decimal.
- Limites de quantificação:  
 Teor de Fósforo extraível: 23 mg/kg  $P_2O_5$ ;  
 Teor de Potássio extraível: 24 mg/kg  $K_2O$ ;  
 Teor de Azoto total: 0,013% N.
- Considera-se como início de análise a data de entrada da amostra na UIARN (ex-LQARS) e como fim a data de conclusão da sua análise no LAS.
- LAS.PL.XX corresponde a Procedimentos Específicos (Métodos Internos) do Laboratório.
- A colheita, acondicionamento e transporte do material analisado são da inteira responsabilidade dos utentes.
- A amostra analisada será conservada nas nossas instalações durante 30 dias após a comunicação dos resultados.

## MÉTODOS ANALÍTICOS UTILIZADOS


Parâmetros	Métodos analíticos (extração / determinação)
Fósforo e potássio extraíveis	Egner-Riehm / ICP-OES (LAS.PL.24.V04 (2010/06/15))
Magnésio e cálcio extraíveis*	Acetato de amónio 1M (pH=7) / EAA (LAS.PL.10)
Matéria orgânica e carbono orgânico*	Combustão seca - Análise elemental (LAS.PL.21 - Adaptação da Norma ISO 10694:1995)
Avaliação textural expedita*	Textura de campo (LAS.PL.06)
pH(H <sub>2</sub> O) <sup>al</sup>	Suspensão solo:água 1:2,5 (v/v) / Potenciometria (20±2°C) (LAS.PL.20.V01 (2009/05/13))
pH(H <sub>2</sub> O) <sup>bl</sup>	Suspensão solo:água 1:5 (v/v) (Norma ISO 10390:2005)
pH(CaCl <sub>2</sub> )	Suspensão solo:CaCl <sub>2</sub> 1:5 (v/v) (Norma ISO 10390:2005)
pH(KCl)*	Suspensão solo KCl 1:5 (v/v) (Norma ISO 10390:2005)
Necessidade de cal*	Segundo a Tabela de Quelhas dos Santos
Carbonatos*	Volumetria (LAS.PL.17 - Adaptação da Norma ISO 10693:1995)
Ferro, manganês, zinco e cobre extraíveis*	AAAo-EDTA (Lakanen) / EAA com chama (LAS.PL.18)
Boro extraível*	Água fervente / ICP-OES (LAS.PL.03)
Azoto total	Combustão seca - Análise elemental (LAS.PL.07.V01 (2010/04/30) - Adaptação da Norma ISO 13878:1998))
Azoto amoniacal e azoto mineral*	Água, destilação e titulação (LAS.PL.12)
Nitratos*	Sulfato cobre / Potenciometria (LAS.PL.13)
Cloretos*	Método de Mohr (LAS.PL.08)
Condutividade eléctrica*	Suspensão solo:água 1:2 (v/v) / Condulimetria (LAS.PL.15)
Sódio solúvel*	Água 1:5 (m/v) / EEC (LAS.PL.49)
Bases de troca (cálcio, magnésio, potássio e sódio)*	Acetato de amónio 1M (pH=7) / EAA com chama (cálcio e magnésio) e EEC (potássio e sódio) (LAS.PL.15)
Acidez de troca*	Titulação (LAS.PL.15)
Análise granulométrica (lotos de areia, limo e argila)*	Densímetro de Bouyoucos (LAS.PL.50)
Calcário activo*	Método de Drouineau (LAS.PL.23)
Cádmio, chumbo, cobre, crómio, níquel, zinco e outros elementos totais*	Água régia (Norma ISO 11466:1995) / EAA-FG (Cádmio) e ICP-OES (outros elementos) (LAS.PL.04)
Mercúrio total*	Decomposição térmica / EAA sem chama (LAS.PL.51)

Legenda: EEC - Espectrometria de emissão atómica em chama; EAA - Espectrofotometria de absorção atómica; EAA-FG - Espectrofotometria de absorção atómica com fono de grafite; EAM UV/Vis - Espectrofotometria de absorção molecular no ultravioleta / visível; ICP-OES - Espectrofotometria de emissão de plasma com detector óptico.

## ANEXO III – Tratamentos fitossanitários realizados na cultura.


Data	Finalidade	Substância activa	Quantidade/ 100 l	Quantidade/ ha	Intervalo de Segurança (dias)	Notas
20-07-10	infestantes	pendimetalina		6 l		
	infestantes	glufosinato de amónio		5 l	Não tem	na entrelinha
05-08-10	oídio	bupirimato	100 ml		7	
	lagartas	Bt	50 g			
	antracnose	captana	200 g			
25-08-10	lagartas	Bt	50 g		Não tem	
03-09-10	tripes	spinosade	25 ml		7	
	botritis	ciprodinil+fludioxonil	100 g			
	oídio	bupirimato	100 ml			
07-09-10	lagartas	Bt	50 g		Não tem	
16-09-10	lagartas	Bt	50 g		Não tem	
24-09-10	lagartas	Bt	50 g		Não tem	
02-10-10	lagartas	Bt	50 g		Não tem	
08-10-10	lagartas	Bt	50 g			
	oídio	enxofre molhável	200 g		3	
	botritis	iprodiona	150 ml			
22-10-10	botritis	fenehexamida	150 g		3	
	lagartas	Bt	50 g			
29-10-10	botritis	iprodiona	150 ml		3	
	tripes	spinosade	25 ml			
05-11-10	fenehexamida	fenehexamida	150 g		3	

ANEXO IV – Resultados da análise da água de rega



**LABORATORIOS Enoquisa**  
ANÁLISIS DE ALIMENTOS

LABORATORIO CUMPLIENDO NORMAS DE CALIDAD VIG - EN ISO/IEC 17025  
LABORATORIO AUTORIZADO CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA (DIRECCIÓN GENERAL AGRIPEC) (RD 1781/07)  
ACREDITADO CONSEJERÍA DE SALUD (JUNTA DE REGULACIÓN ALIMENTAR)  
LABORATORIO CUMPLIENDO NORMAS ISO 9001:2000  
LABORATORIO CUMPLIENDO NORMAS ISO 14001:2004



**ENAC**  
ENSAYOS  
N.º 001112

### RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUAS

**Nº Informe:** 000005 - 143.331 Rev. 0



**Muestra Remitida Por:**

**Fecha de Recepción:** 19-nov-2010  
**Fecha de Inicio:** 19-nov-2010  
**Fecha de Finalización:** 23-nov-2010  
**Fecha de Impresión:** 23-nov-2010

**Tipo de Muestra Según el Cliente:** AGUAS DE CONSUMO HUMANO  
**Observaciones:** MUESTRA CONTENIDA EN BOTELLA DE PLÁSTICO  
**2º Ref.:** I.86 - OGN-40456/9730137 - H2O - VT - CP

Determinación	Resultado	Unidades	Incert.	Valores de Referencia	L.D.	Procedimiento/ Norma
<b>Unidades Internacionales</b>						
# CONDUCTIVIDAD	321,62	microscm a 20°C	± 6,43	<2.500,00 RD 14003	0,1	PEALE508 - CONDUCTIVIMETRIA
# DUREZA GRADOS FRANCIESES	7,39					PEALE525 - CALCULO
pH	6,1	Unidades de pH	± 0,2	>6,50 <9,50 RD 14003	4	PEALE509 - POTENCIOMETRIA
# R.S.C.	0,45	meq/l				PEALE506
# S.A.R.	1,89					PEALE506
# TOTAL SALES DISUELTAS	261,83	mg/l				PEALE506
<b>Cationes</b>						
# AMONIACO	< 0,01	mg/l		<0,50 RD 14003	0,01	PEALE511 Colorimetrica
# BORO disuelto	< 0,25	mg/l		<1,00 RD 14003	0,25	PEALE506-ICP
# CALCIO disuelto	15,93	mg/l	± 2,98		0,25	PEALE506-ICP
# MAGNESIO disuelto	8,28	mg/l	± 1,35		0,25	PEALE506-ICP
# POTASIO disuelto	< 2,5	mg/l			2,5	PEALE506-ICP
# SODIO disuelto	37,31	mg/l	± 2,46	<200,00 RD 14003	5	PEALE506-ICP
<b>Aniones</b>						
# AZUFRE disuelto EXP. SULFATOS	22,35	mg/l	± 0,42	<250,00 RD 14003	0,5	PEALE506-ICP
# BICARBONATOS	63,29	mg/l	± 3,16		1	PEALE506
# CARBONATOS	< 1	mg/l			1	PEALE506
# CLORUROS	44,11	mg/l	± 2,21	<250,00 RD 14003	4	PEALE507 (CP)
# FOSFORO disuelto EXP. PO4H2	≤ 0,5	mg/l			0,5	PEALE506-ICP
# NITRATOS	70,56	mg/l	± 3,53	<50,00 RD 14003	1	PEALE507 (CP)
# NITRITOS	< 0,04	mg/l		<0,50 RD 14003	0,04	PEALE507 (CP)
<b>Otros Análisis</b>						
# TURBIDEZ	0,20	UNF	± 0,01	<5,00 RD 14003	0,1	PEALE544 - TURBIDIMETRO
<b>Otras Unidades</b>						
# CONDUCTIVIDAD	0,32	microscm				PEALE508 - CONDUCTIVIMETRIA
<b>Cationes</b>						
# AMONIO	0	meq/l				PEALE511
# BORO disuelto	0	meq/l	± 0,00			PEALE508
# CALCIO disuelto	0,8	meq/l	± 0,15			PEALE501
# MAGNESIO disuelto	0,69	meq/l	± 0,11			PEALE502
# POTASIO disuelto	0	meq/l	± 0,00			PEALE504
# SODIO disuelto	1,62	meq/l	± 0,11			PEALE503

Fdo. Francisco Garcia (Dir. Técnico)

Página 1 de 2

NOTE: En caso de análisis sobre muestra natural. Valor de Referencia = Cálculo de los iones al tenerlos en cuenta el informe. Para más información: L.D. = Límite de Detección. Este Laboratorio no se hace responsable de la falta de revisión o de cualquier error en los datos analíticos, así como de los posibles errores de medida. Este informe no debe reproducirse parcialmente sin la autorización expresa por escrito del laboratorio de ensayo. La recobertura analítica de los resultados de ensayo será gratuita y a disposición en los centros que la soliciten. Importe: Valor de la participación relativa del analista en base por uno. Análisis en análisis oficial a efectos de RD 1781/07. Los ensayos con # no están realizados en el ámbito de acreditación por ENAC de Laboratorio.

Laboratorio Enoquisa, S.L. - Apdo 191 - Carretera Nacional 331, Km 47,550 - 14550 Montilla (Cádiz) - Tel: 957 054 831 - Fax: 957 051 731  
 Email: enoquisa@enoquisa.com - www.enoquisa.com



**ANEXO V** – Exemplo da planificação e medição da área degradada nas várias modalidades.

P1 repetição IV



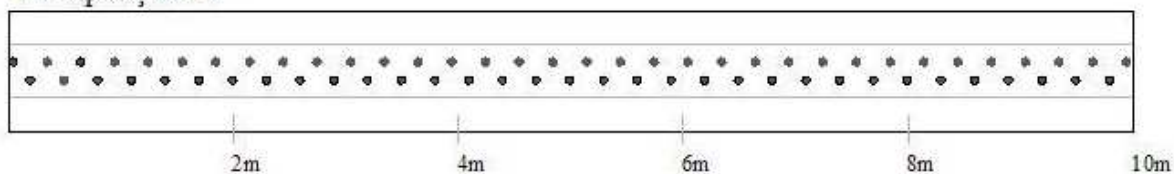
P2 repetição IV



P3 repetição IV



P4 repetição IV



área degradada ■ orifício de plantação ●

	P1 rep. IV	P2 rep. IV	P3 rep. IV	P4 rep. IV
Área coberta inicial (m <sup>2</sup> )	10,432	10,432	10,432	10,432
Área degradada (m <sup>2</sup> )	7,658	4,209	1,117	0,000
Cobertura do solo (%)	26,6	59,6	89,3	100,0

## ANEXO VI – Tabelas da ANOVA

1 - Valores de F da análise de variância do efeito dos plásticos na produção total de frutos do morangueiro.

Origem de variação	Valor de F				
	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total
Tipo plástico	3,90*	7,68**	2,56NS	5,48*	7,57**

NS, \*, \*\* - não significativo e significativo a  $P \leq 0.05$  e  $P \leq 0.01$ , respectivamente.

2 - Valores de F da análise de variância do efeito dos plásticos na produção comercializável de frutos do morangueiro.

Origem de variação	Valor de F				
	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total
Tipo plástico	2,84*	6,69**	3,31NS	3,85**	7,26**

NS, \*, \*\* - não significativo e significativo a  $P \leq 0.05$  e  $P \leq 0.01$ , respectivamente.

3 - Valores de F da análise de variância do efeito dos plásticos na produção não comercializável de frutos do morangueiro.

Origem de variação	Valor de F				
	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total
Tipo plástico	5,58*	6,34**	0,19NS	5,84*	4,84*

NS, \*, \*\* - não significativo e significativo a  $P \leq 0.05$  e  $P \leq 0.01$ , respectivamente.

4 - Valores de F da análise de variância do efeito dos plásticos no número total de frutos do morangueiro.

Origem de variação	Valor de F				
	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total
Tipo plástico	5,49*	10,39***	68,75***	9,70**	10,14***

NS, \*, \*\*, \*\*\* - não significativo e significativo a  $P \leq 0.05$ ,  $P \leq 0.01$  e  $P \leq 0.001$ , respectivamente.

5 - Valores de F da análise de variância do efeito dos plásticos no Peso médio dos frutos do morangueiro.

Origem de variação	Valor de F				
	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total
Tipo plástico	1,85 NS	2,13NS	4,30*	0,54 NS	1,0 NS

NS, \* - não significativo e significativo a  $P \leq 0.05$ , respectivamente.