

FILMES

BIODEGRADÁVEIS

PARA COBERTURA

DE SOLO AGRÍCOLA

ORGANIZADORES

Profa. Dra. Elizabeth da Costa Neves Fernandes de Almeida Duarte,
Profa. Dra. Nara Lucia Perondi Fortes, Prof. Dr. Paulo Fortes Neto e
Profa. Dra. Rita do Amaral Fragoso



SÉRIE CIDADES SUSTENTÁVEIS



edUNITAU

Profa. Dra. Elizabeth da Costa Neves Fernandes de Almeida Duarte
Profa. Dra. Nara Lucia Perondi Fortes
Prof. Dr. Paulo Fortes Neto
Profa. Dra. Rita do Amaral Fragoso
ORGANIZADORES

FILMES BIODEGRADÁVEIS PARA COBERTURA DE SOLO AGRÍCOLA

Série : **Cidades Sustentáveis**



Taubaté-SP | SP

2021

EXPEDIENTE EDITORA

edUNITAU

| Diretora-Presidente: Profa. Dra. Nara Lúcia Perondi Fortes

Conselho Editorial

| Pró-reitora de Extensão: Profa. Dra. Leticia Maria Pinto da Costa
| Assessor de Difusão Cultural: Prof. Me Luzimar Goulart Gouvêa
| Coordenador do Sistema Integrado de Bibliotecas:
Felipe Augusto Souza dos Santos Rio Branco
| Representante da Pró-reitoria de Graduação:
Profa. Ma. Silvia Regina Ferreira Pompeo Araújo
| Representante da Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação:
Profa Dra. Cristiane Aparecida de Assis Claro
| Área de Biociências: Profa. Dra. Adriana Leônidas de Oliveira
| Área de Exatas: Prof. Me. Alex Thaumaturgo Dias
| Área de Humanas: Prof. Dr. Moacir José dos Santos

Projeto Gráfico

| NDG – Núcleo de Design Gráfico da Universidade de Taubaté
| Capa: Alessandro Squarcini
| Diagramação: Alessandro Squarcini
| Fotos: Acervo dos autores
| Revisão: Profa. Ma. Adriana Milharezi Abud (in memoriam)
| Impressão: Eletrônica (e-book)

Ficha Catalográfica

| Bibliotecária Ana Beatriz Ramos - CRB-8/6318

Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBi/ UNITAU Grupo Especial de Tratamento da Informação - GETI

F487 Filmes biodegradáveis para cobertura de solo agrícola [recurso eletrônico] / organizado por Elizabeth da Costa Neves Fernandes de Almeida Duarte... [et al.]. Dados eletrônicos. – Taubaté : EdUnitau, 2021. (Série Cidades Sustentáveis)

Formato: PDF
Requisitos do sistema: Adobe
Modo de acesso: world wide web

ISBN 978-65-89914-18-4 (on-line)

1. Técnica do Mulching. 2. Cultivos agrícolas. 3. Manejo do solo. 4. Plantas invasoras. I. Fortes, Nara Lucia Perondi (org.). II. Fortes Neto, Paulo (org.). III. Fragoso, Rita do Amaral (org.). IV. Título.

CDD – 631.451

Índice para Catálogo sistemático

Técnica do Mulching – 631.451
Cultivo agrícolas – 630
Manejo do solo – 631.4
Plantas invasoras – 631.5

Copyright © by Editora da UNITAU, 2021

Nenhuma parte desta publicação pode ser gravada, armazenada em sistema eletrônico, fotocopiada, reproduzida por meios mecânicos ou outros quaisquer sem autorização prévia do editor.

COMITÊ EDITORIAL

Eduardo Sonnewend Brondizio

Indiana University Bloomington

Elizabeth da Costa Neves Fernandes de Almeida Duarte

Universidade de Lisboa

Nelson Wellausen Dias

Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Rita do Amaral Fragoso

Universidade de Lisboa

Silvio Jorge Coelho Simões

Universidade Estadual Paulista

**PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS
(PPCA) - ACADÊMICO E PROFISSIONAL**

Coordenador Geral

Prof. Dr. Marcelo dos Santos Targa

Coordenadora Adjunta do PPCA - Acadêmico

Profa. Dra. Ana Aparecida da Silva Almeida

Linha de Pesquisa 1:

Composição e Processos Estruturantes de Bacias Hidrográficas

Coordenador Adjunto do PPCA - Profissional

Prof. Dr. Paulo Fortes Neto

Linha de Pesquisa 1:

Composição, Estrutura e Processos do Ambiente Natural

Linha de Pesquisa 2:

Transformação e Construção do Ambiente Humano

PREFÁCIO

Foi uma surpresa agradável e honrosa o meu colega Professor Doutor Paulo Fortes Neto ter-me convidado para escrever o Prefácio do livro *"Filmes Biodegradáveis para Cobertura de Solo Agrícola"* obra da qual é coordenador. Acedi ao convite, tendo solicitado apenas que me fosse concedido algum tempo para a sua leitura, o que fiz com um enorme prazer sentindo a responsabilidade que a elaboração do mesmo comportava.

Sendo uma das funções essenciais do Prefácio de qualquer obra introduzir os leitores na sua leitura, motivando para a mesma, devo dizer-vos que alguns dos temas presentes, tratados neste livro, são de uma grande atualidade, dado que aborda práticas que visam a mudança de filmes convencionais para filmes biodegradáveis constituindo um desafio complexo, envolvendo componentes técnico-científicas, comerciais e socioeconómicas. Trata-se, portanto, de questões pertinentes tanto no domínio da agricultura e do ambiente. Compreende-se assim que o título se possa considerar muito "apelativo", pois espelha claramente as preocupações de todos aqueles que aceitam as conclusões da ciência atual.

Dividido em seis capítulos, com diferentes autores, onde o coordenador (e também autor), procurando um indicador comum à obra, não deixou de solicitar a colaboração daqueles que entendeu, e penso que bem, seriam os mais indicados para abordar em coautoria cada um dos seguintes capítulos:

No Capítulo 1 a aborda-se *"A cobertura do solo (mulching) com filme biodegradável e plástico na produção de hortaliças e frutas"* com a apresentação geral e dados, sobre a mesma; no Capítulo 2 *"A experiência Luso-Brasileira na utilização de filmes de coberturas biodegradáveis na produção horto-frutícola"* realça-se a temática dos filmes de cobertura biodegradável, a sua atualidade e a sua importância, dando um enorme contributo para tornar a atividade agrícola mais sustentável, e dinamiza-se a promoção dos contatos estabelecidos com o meio empresarial na ótica da transposição de barreiras através da transferência de conhecimento técnico-científico para outros contextos e mercados fora da Europa; Capítulos 3 e 4 *"Rendimento do pimentão (*Capsicum annum* L) cultivado com coberturas de filme biodegradável, polietileno e casca de arroz"* e

"A cobertura do solo com filme biodegradável no cultivo da alface (Lactusa sativa)" agregam informação dos dados experimentais desenvolvidos que permitem concluir que o filme biodegradável apresentou a mesma eficiência do polietileno quanto ao rendimento dos frutos do pimentão e na redução das plantas invasoras com as vantagens associadas à redução dos impactos ambientais associados à gestão de resíduos de difícil degradação;

Capítulo 5 *"Comparação de metodologias para quantificar a biodegradação de filmes biodegradáveis em diferentes tipos de solo"* reflete com grande profundidade a importância do desenvolvimento de metodologias para aferir a cinética de biodegradabilidade dos filmes biodegradáveis no solo- um sistema complexo e frágil; Capítulo 6 *"Emissão de CO₂ e biomassa microbiana em solos sob cobertura com filme biodegradável, polietileno e casca de arroz"* abrem-se novos desafios onde se destaca o papel da incorporação do filme biodegradável para estimular o desenvolvimento de comunidades microbianas imobilizadoras e mineralizadoras de carbono orgânico no solo.

Como conclusão pode-se afirmar com confiança que este caminho será aquele por onde o futuro irá passar, com maior ou menor velocidade, indiferente ao querer ou ao crer, de cada cidadão.

Tenho grande admiração pela trajetória de superação e sucesso de meu Colega e Amigo Paulo Fortes Neto. Ele é Doutor em Solos e Nutrição de Plantas pela prestigiada Escola de Agricultura Luíz de Queiroz, Universidade de São Paulo, ESALQ, Brasil; Mestre em Microbiologia Agrícola e do Ambiente, Universidade Federal do Rio Grande do Sul Federal, UFRGS, Brasil e Graduado em Agronomia pela Universidade de Taubaté, UNITAU, Brasil.

A vasta experiência acadêmica profissional do autor faz dele uma referência quando o tema é aperfeiçoamento pessoal, com estímulos de como procurar as motivações certas. Envolvendo a sociedade na ciência tem-lhe permitido tornar os processos de produção de conhecimentos mais eficientes, bem como aumentar a sua relevância e impacto. O Professor Paulo Fortes Neto tem fundamentado a sua atividade profissional criando condições para tornar realidade a colaboração estreita entre a sociedade e a comunidade científica na busca conjunta de soluções para os desafios

sociais. Fá-lo de uma forma colaborativa e aberta, abordando os problemas de forma transnacional, sem paredes. As grandes questões do nosso tempo não têm nacionalidade. Neste livro, ele trata temas pertinentes para quem deseja alcançar o sucesso acadêmico e profissional, mostrando que é necessário ir além do querer – é preciso primeiro reinventar, reaprender e reorganizar a própria mente para depois vencer. O livro reúne ainda estratégias metodológicas para reforçar a aprendizagem e o desafio da investigação aplicada, que levam o leitor a refletir sobre o próprio potencial de realização.

Reconheço na obra de Paulo Fortes Neto princípios que nortearam a minha vida, logo no início do meu percurso acadêmico, que me auxiliariam no caminho da inovação e da transferência de conhecimento para o setor empresarial e social. Envolver instituições, comunidades e cidadãos de diversos países permite aumentar o impacto social do conhecimento, multiplicando o seu impacto. Juntos chegaremos mais longe que separados, vale a pena considerar. A capacidade de tomar as decisões corretas, de crer no seu potencial de realizá-las e de trabalhar intensamente até conquistar suas metas é o que define sua vida. As pessoas que admiramos são as que conquistaram seus objetivos de vida. Já as pessoas frustradas são

aquelas que deixaram os sonhos no mundo das ilusões. As suas realizações são o maior presente que você pode deixar para a humanidade, pois as suas riquezas criarão mais riquezas para todos. Deixe que a sua generosidade crie oportunidades para que os outros sejam mais felizes. Eu acredito que existe um segredo comum a todas as pessoas de sucesso: elas ajudam outras pessoas, resolvem problemas, motivam, encontram soluções para os obstáculos dos outros, e assim transformam vidas e também o mundo. É por isso que Paulo Fortes Neto, além de um amigo querido, é um profissional que admiro muito. Desde o primeiro contato com o trabalho dele, vi quanto é dedicado ao desenvolvimento de pessoas e comprometido com seus alunos, pesquisadores e colegas compartilhando todo o seu saber e experiência de um modo tão natural que nos motiva e desafia para abraçar novas rotas do conhecimento. Apaixonado por fazer acontecer grandes revoluções na vida dos diferentes atores do mundo acadêmico, tocando em cada dia a existência de quem tem o privilégio de ser seu aluno de licenciatura, mestrado ou doutoramento ou dos pesquisadores que integram os inúmeros projetos de investigação nacionais e internacionais que lidera. Um trabalho como o do Paulo traz mudanças profundas na nossa sociedade, mostrando às pessoas

que mudar é possível e ensinando a confiança inabalável nos resultados que podem ser obtidos.

Este livro segue a mesma linha do trabalho desenvolvido por ele há mais de trinta anos, para tornar realidade o “vencedor” que existe dentro das pessoas. Como ele mesmo diz, “tem poder quem age”, e esta obra é um convite para todos nós agirmos agora. O papel dos filmes biodegradáveis numa *Agricultura Circular* já não é um sonho, uma utopia. É uma realidade em andamento e se for para alguns um sonho, recordemos o que o poeta Gedeão* também dizia, “sempre que um homem sonha o mundo pula e avança” e, como alguém já disse “os *Filmes Biodegradáveis* como *cobertura do solo* “tem Futuro e o Futuro é Hoje.

Ao ler esta obra inspiradora, lembrem-se de que o sucesso acontece quando a preparação encontra a oportunidade. Prepare-se para uma transformação de paradigma mental que vai mudar completamente o curso da sua vida académica e profissional.

Boa leitura.

Profa. Dra. Elizabeth da Costa Neves Fernandes de Almeida Duarte

SUMÁRIO

- CAPÍTULO 1** **15**
A cobertura do solo (*mulching*) com filme biodegradável e plástico na produção de hortaliças e frutas
Paulo Fortes Neto, Elizabeth da Costa Neves Fernandes de Almeida Duarte, Nara Lucia Perondi Fortes, Leandro Bras Camilo
- CAPÍTULO 2** **44**
A experiência Luso-Brasileira na utilização de filmes de coberturas biodegradáveis na produção horto-frutícola
Raquel Alexandra Cardoso Costa, Artur Saraiva, Eliana Maria Araújo Marinao Silva, Paulo Fortes Neto, Nara Lucia Perondi Fortes, Elizabeth da Costa Neves Fernandes de Almeida Duarte
- CAPÍTULO 3** **64**
Rendimento do pimentão (*Capsicum annum* L) cultivado com coberturas de filme biodegradável, polietileno e casca de arroz
Elizabeth da Costa Neves Fernandes de Almeida Duarte, Raquel Alexandra Cardoso Costa, Artur Saraiva, Paulo Fortes Neto, Nara Lucia Perondi Fortes, Augusto Marques Graciano
- CAPÍTULO 4** **81**
A cobertura do solo com filme biodegradável no cultivo da alface (*Lactusa sativa*)
Gustavo Tadeu Alvarenga Marques de Souza, Nara Lucia Perondi Fortes, Paulo Fortes Neto, Artur Saraiva, Raquel Alexandra Cardoso Costa, Elizabeth da Costa Neves Fernandes de Almeida Duarte

CAPÍTULO 5	115
Comparação de metodologias para quantificar a biodegradação de filmes biodegradáveis em diferentes tipos de solo	
Elizabeth da Costa Neves Fernandes de Almeida Duarte, Artur Saraiva, Raquel Alexandra Cardoso Costa, Paulo Fortes Neto, Nara Lucia Perondi Fortes, Gustavo Tadeu Alvarenga Marques de Souza	
CAPÍTULO 6	139
Emissão de CO₂ e biomassa microbiana em solos sob cobertura com filme biodegradável, polietileno e casca de arroz	
Nara Lucia Perondi Fortes, Gustavo Tadeu Alvarenga Marques de Souza, Paulo Fortes Neto, Artur Saraiva, Raquel Alexandra Cardoso Costa, Elizabeth da Costa Neves Fernandes de Almeida Duarte, Alana Cristina de Oliveira	
ÍNDICE REMISSIVO	157
SOBRE OS AUTORES	161

CAPÍTULO 1

A cobertura do solo (*mulching*) com filme biodegradável e plástico na produção de hortaliças e frutas

¹Paulo Fortes Neto, ²Elizabeth da Costa Neves Fernandes de Almeida Duarte, ¹Nara Lucia Perondi Fortes, ³Leandro Bras Camilo

RESUMO

A descoberta e o desenvolvimento do polímero de polietileno (PE) nos finais dos anos 30, e sua subsequente introdução no início dos anos 50 na agricultura sob a forma de filmes de plástico na cobertura do solo e estufas, na tubagem e na fita de irrigação, revolucionou a produção comercial de muitas hortaliças e frutíferas. Isso permitiu antecipar e aumentar as produções, obter produtos limpos e de elevada qualidade, usar de forma mais eficiente os recursos hídricos, reduzir a lixiviação de nutrientes, reduzir a erosão

¹ Docente do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Universidade de Taubaté, Rua 4 de março, 432, Centro, Taubaté-SP, Brasil, CEP 12020-270, paulo.fortes@unitau.br

² Landscape, Environment, Agriculture and Food (LEAF), Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa – Portugal eduarte@isa.ulisboa.pt

³ Discente do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Universidade de Taubaté, Rua 4 de março, 432, Centro, Taubaté-SP, Brasil, CEP 12020-270

do solo, melhorar o controle de pragas e doenças, reduzir problemas com plantas invasoras e a compactação do solo. Apesar dessas vantagens, o plástico tem como inconveniente o seu destino final, pois na maioria dos casos ele é queimado ou fragmentado e misturado com o solo. Assim, a utilização de cobertura do solo com filme biodegradável poderá ser uma alternativa para solucionar o problema do destino final do plástico de polietileno (PE), pois estudos realizados na Europa pelo Projeto Europeu FP7 *"Development of enhanced biodegradable films for agricultural activities"* e no Brasil pelos Projeto Agrisus 1351/2014 *"Avaliação do bioplástico como cobertura do solo para cultivo agrícola"* e Projeto Agrisus 2053/2017 *"Macrofauna do solo em áreas de hortaliças cultivadas sobre plantio direto e cobertura com bioplástico"*, constataram que o filme biodegradável apresentou a mesma produtividade e qualidade obtida com o filme de polietileno e ainda teve como vantagem a possibilidade de ser incorporado e degradado pelos microrganismos do solo.

INTRODUÇÃO

No ano de 2018 foram produzidos no mundo cerca de 366 milhões de toneladas de plásticos, desse montante 17,5% são utilizados na agricultura como sacos, bandejas, recipientes

reutilizáveis, filmes agrícolas e embalagens para alimentos (ABIPLAST, 2019; PLASTIC EUROPE, 2019).

Na Europa em 2011 foram utilizados na cobertura do solo (mulching) cerca de 545.000 t, desse total 6.600 t foi consumido pelos países nórdicos, 20.000 t pela Alemanha, 9.000 t pela Benelux (Bélgica, Países Baixos e Luxemburgo), 5.700 t pelo Reino Unido, 35.000 t pela Espanha, 28.600 t pela Itália, 8.000 t pela França e 4.500 t por Portugal (CONSÓRCIO AGROBIOFILM, 2013).

Devido ao aumento no uso de plástico de polietileno na agricultura o meio técnico vem questionando sobre o seu destino final, pois na maioria das propriedades rurais o plástico é queimado com os restos culturais e/ou fragmentado e misturado com o solo.

Nesse sentido a utilização da cobertura do solo com filme biodegradável poderá ser uma alternativa para solucionar o problema de destinação final do plástico de polietileno, pois estudos realizados pelo Projeto Europeu FP7 "*Development of enhanced biodegradable films for agricultural activities*", Projeto Agrisus 1351/2014 "*Avaliação do bioplástico como cobertura do solo para*

cultivo agrícola” e Projeto Agrisus 2053/2017 *“Macrofauna do solo em áreas de hortaliças cultivadas sobre plantio direto e cobertura com bioplástico”* constataram que o filme biodegradável apresentou a mesma produtividade e qualidade obtida com o plástico de polietileno e ainda teve como vantagem a possibilidade de ser incorporado e degradado pelos microrganismos do solo.

DESENVOLVIMENTO

-Filme plástico na cobertura do solo

Com o advento da produção do polietileno (PE) em 1933 e do cloreto de polivinila (PVC) em 1941 iniciaram-se as pesquisas para utilização destes filmes plásticos na cobertura do solo para o cultivo de hortaliças, flores e frutíferas (SPICE, 1959, GARNAUD, 1974, NESMITH et al., 1992).

A utilização e comercialização de plásticos para cobertura de solo teve início no Japão em 1951 com o uso do filme plástico de PVC e na Europa a introdução ocorreu na década de 60 (LIAKATAS et al., 1986, SGANZERLA, 1991). No Brasil, essa técnica só ganhou

repercussão no início dos anos 70 com a utilização de polietileno na cultura do morango em São Paulo.

O polímero plástico mais utilizado como cobertura de solo na agricultura é o polietileno de baixa densidade e isto é devido ao seu baixo custo, fácil manuseio, boas propriedades mecânicas e particularmente a elasticidade (GRACI et al., 2008). O polietileno é uma resina termoplástica obtida a partir do etileno polimerizado a altas pressões. É um material flexível, impermeável e inalterável à água, não apodrece nem é atacado por microrganismos (VALENZUELA e GUTIÉRREZ, 1999).

Os filmes plásticos utilizados na cobertura do solo estão disponíveis no mercado com diferentes colorações: preto, branco, cinza, verde, marrom, amarelo e prateado (dupla-face) e são disponíveis no mercado e são utilizados com diferentes objetivos na agricultura. De acordo com a coloração, opacidade ou transparência, o plástico apresenta maior ou menor capacidade de transmitir radiações caloríficas e visíveis sendo que a escolha da cor vai depender das condições climáticas (SGANZERLA, 1997).

O desenvolvimento da planta está diretamente relacionado com a temperatura. Todas as culturas apresentam para cada fase fenológica, uma temperatura ótima que possibilita expressar o seu potencial (YURI et al., 2012). Além de favorecer o desenvolvimento das plantas as temperaturas mais elevadas dos solos com cobertura plástica e o teor de umidade constante favorecem a maior mineralização do nitrogênio orgânico, aumentando a disponibilidade deste nutriente para as plantas nas camadas mais superficiais do solo (SAMPAIO et al., 1999). Assim, as condições de temperatura e umidade criadas no solo proporcionam economia de fertilizantes pela maior disponibilidade de nutrientes no solo. De acordo com LÓPEZ e HERNÁNDEZ (2004), estudando a influência da cobertura plástica na produção de pimenta malagueta quanto à umidade e à fertilidade do solo, observaram que os solos cobertos com plástico apresentaram tensões de umidade do solo menores que os solos descobertos, uma vez que a cobertura plástica reduz a evaporação de água no solo, evita a lixiviação de fertilizantes, produtos químicos e a erosão do solo (RAMAKRISHNA et al., 2006). Como a cobertura é,

geralmente, acompanhada pelo sistema de irrigação por gotejamento, há também uma redução no consumo de água utilizada durante a irrigação das culturas (CARVALHO, 2012).

A utilização de filmes plásticos para cobertura de solo em culturas agrícolas apresenta várias vantagens, tais como: uma maior produção, maior precocidade e um controle mais eficiente das plantas invasoras (GREEN et al., 2003). A cobertura do solo com filme plástico nas mais variadas culturas, visa aumentos na qualidade e no rendimento dessas culturas. Em cucurbitáceas vários resultados foram encontrados quanto à produtividade e qualidade de frutos (MIRANDA et al., 2003, MEDEIROS et al., 2007), número, peso médio e produtividade de frutos comerciáveis (ARAÚJO et al., 2003), maiores teores de sólidos solúveis totais (CÂMARA et al., 2007) e precocidade de colheita do melão (CANTAMUTTO et al., 2000). Na cultura do pepino foram observadas maior precocidade de colheita e aumento da massa seca (IBARRA-JIMÉNEZ et al., 2008). No morangueiro têm sido constatados aumentos no rendimento e maior

desenvolvimento dos frutos (OLIVEIRA e SCIVITTARO, 2009; KIKAS e LUIK, 2011; YURI et al., 2012).

O controle mais eficiente das plantas invasoras pode ser alcançado, se o filme plástico cobrir totalmente o solo durante a maior parte da cultura (MINUTO et al., 2008), pois quando da instalação da cultura as plantas partem em vantagem ao serem transplantadas em relação às plantas invasoras que ainda necessitam de radiação solar para germinarem. A germinação das plantas invasoras é assim inibida visto que a cobertura do solo com plástico de cor negra reduz a radiação transmitida (IBARRA et al., 2001). A cobertura do solo com plástico inibe o desenvolvimento das plantas invasoras na entrelinha e reduzem a aplicação de herbicidas e a capina manual durante o desenvolvimento das culturas (McCRAW e MOSTES, 2007).

A cobertura do solo tem também impactos positivos na compactação do solo, pois torna-o mais solto, friável e bem arejado. Favorecendo dessa forma a oxigenação das raízes e a atividade microbiana durante a ciclagem dos nutrientes no solo (GRACI et al.,

2008). A cobertura plástica faz com que os frutos se apresentem mais limpos, uma vez que ficam em cima do plástico e não entram em contato com solo, diminuindo tanto os problemas da sujidade dos frutos, como a incidência de doenças (McCRAW e MOSTES, 2007).

As desvantagens do uso de filmes plásticos como cobertura de solo estão relacionadas com a sua origem, pois a matéria-prima utilizada na sua produção é proveniente de fonte não renovável e também com o seu destino final, pois após o uso os agricultores têm dificuldades em dar um destino adequado ao plástico remanescente (MORENO e MORENO, 2008). Isto ocorre porque existe um desajuste entre o curto período de tempo durante o qual as culturas necessitam do plástico e a enorme longevidade que o polietileno tem no ecossistema (MARTIN-CLOSAS et al., 2008). O polietileno é um material que não se degrada naturalmente, tornando necessária sua remoção após a finalização do ciclo cultural e posterior recondução dos resíduos removidos para uma estação de reciclagem ou para aterro sanitário, acarretando custos consideráveis ao

processo de produção, refletindo-se no preço final dos produtos (BONHOMME et al., 2003).

O processo de remoção do plástico é um trabalho difícil e por melhor executado que seja acaba sempre por deixar resíduos espalhados no campo, pois à medida que o plástico vai sendo removido parte do material acaba sempre por rasgar e dar origem à formação de fragmentos com várias dimensões (CARVALHO et al., 2012).

A acumulação desse tipo de resíduos no solo ao longo de várias décadas de utilização pode dar origem a contaminações irreversíveis no solo, ameaçando a segurança dos produtos alimentares produzidos nesses terrenos (BRIASSOULIS, 2006).

-Filme biodegradável na cobertura do solo

Desde o início dos anos 60 que se estudam novas coberturas de solo como possível alternativa ao polietileno (LAMONT, 1993). Os primeiros filmes biodegradáveis surgiram como polímeros tendo como base o amido (OTEY e WESTOFF, 1980). No entanto, os filmes biodegradáveis assim obtidos tiveram, até a

década de 90, problemas de estabilidade química (CHU e MATTHEWS, 1984).

Na década de 90, com a problemática do constante aumento do consumo de energia para produção e transporte de alimentos, o progressivo aumento das emissões de CO₂ para a atmosfera e o crescente acúmulo de resíduos plásticos no meio ambiente fizeram a sociedade despertar para a necessidade de uma produção baseada em matéria-prima biodegradável (MARTÍN-CLOSAS e PELACHO, 2011).

A união europeia (UE) defendeu que a alternativa aos materiais não degradáveis seria um polímero que tivesse na sua produção materiais biodegradáveis e de origem renovável (THE PLASTICS PORTAL, 2012). Alguns desses materiais foram celulose (proveniente da madeira), óleos vegetais, açúcar e amido. Esses materiais deram origem a polímeros mais tarde denominados de plásticos "*bio-based*" ou mais genericamente "*biopolímeros*" ou "*bioplásticos*". Os dois últimos termos geraram alguma confusão porque foram usados, muitas vezes, sem critério para descrever o

material usado na produção desses polímeros quanto à fonte do material (renovável ou não) ou a sua funcionalidade (biodegradável e/ou possibilidade de ser compostado). Muitos desses materiais apresentaram uma elevada biodegradabilidade quer por ação da radiação solar quer pela ação de microrganismos, pois quando incorporados ao solo se biodegradaram completamente em menos de um ano.

Essa característica de se biodegradar no ambiente, proporciona ao bioplástico uma vantagem em relação ao plástico, pois não é necessária a sua remoção do campo e podem (dependendo do material constituinte) ser incorporado no solo e fornecer nutrientes para as plantas. O material em si tem um custo elevado, mas tem a vantagem de eliminar as etapas de remoção e tratamento de resíduo e ainda manter a fertilidade do solo (BERLUNG, 2006).

Dos diversos estudos realizados na área, surgiram biopolímeros como os derivados de amido termoplástico, Mater-Bi®, PLA (polilactato), PBAT (polibutileno adipado tereftalado) da

marca Ecoflex® e PHA (polihidroxialcanoato) da Biopol® (BASTIOLI, 1998; MARTÍN-CLOSAS E PELACHO, 2011). Estes biopolímeros são formados na natureza, sendo que na sua síntese estão geralmente enzimas catalíticas e reações de polimerase que, em geral, formam-se dentro das células por processos metabólicos complexos (CHANDRA e RUSTGI, 1998).

Ao serem usados são biodegradados rapidamente no solo, devido à ação dos microrganismos como bactérias e fungos, tendo como resultado a liberação de dióxido de carbono, metano, água e biomassa (BASTIOLI, 1998, SCHETTINI et al., 2007).

O Mater-Bi® é um biopolímero derivado de amido que possui uma estrutura natural formada por cadeias lineares de amilose e cadeias ramificadas de amilopectinas.

A produção deste material, implica uma ruptura da estrutura original da molécula de amido e sua posterior reordenação em complexos de estruturas entre amiloses e moléculas naturais, que aumentam a resistência à água e originam mudanças na estrutura mecânica do amido (CORDEIRO, 2011).

Dentre os vários tipos disponíveis de filmes biodegradáveis do consórcio AGROBIOFILM tem-se o produto CF04P, com nova formulação à base de Mater-Bi® que tem a mesma matriz de amido de outros produtos já existentes como NF01U e NF803P, mas difere quanto à composição química e conteúdo em materiais renováveis. Enquanto a gama NF tem cerca de 50% de poliésteres biodegradáveis, a gama CF tem mais de 50% de polímeros biodegradáveis, uma vez que as suas fontes renováveis são à base de óleos vegetais. Quimicamente, a matéria-prima do CF04P é um co-co copoliéster alifático/aromático com amido de milho (CONSÓRCIO AGROBIOFILM, 2013). A biodegradabilidade do Mater-Bi® está de acordo com a norma europeia da compostagem (EN 13432) (KYRIKOU e BRIASSOULIS, 2007).

As primeiras tentativas de produzir um filme biodegradável para cobertura de solo datam de 1972 e os testes foram efetuados na cultura do melão. Mais tarde, a fim de se obter um filme para cobertura de solo parcialmente biodegradável, o polietileno foi misturado com amido. Depois um filme para cobertura de solo foi

desenvolvido a partir da mistura de nutrientes para as plantas com um polímero solúvel em água, contendo álcool polivinílico, ureia e amido (Plastigone® e Biolan®), e foi, provavelmente, o primeiro filme de cobertura biodegradável, apesar dos filmes de celulose (Ecopac®) estarem entre os materiais de cobertura do solo, porém ainda não tinham sido testados em condições de campo (MARTÍN-CLOSAS e PELACHO, 2011).

No início dos anos 90, estudos com termoplásticos derivados de hidratos de carbono apresentaram novas oportunidades em termos de materiais biodegradáveis para utilizar na cobertura de solo. Novos materiais biodegradáveis à base de amido termoplástico foram obtidos e comercializados sob a marca Mater-Bi® e foram, também, sugeridas algumas gamas para a fabricação dos biofilmes (BASTIOLI, 1998).

Os estudos referentes ao uso agrícola do filme biodegradável como cobertura de solo têm sido realizados na Europa desde o final dos anos 90 e têm como objetivo verificar a biodegradabilidade no solo e avaliar a eficiência do bioplástico sobre

a umidade, temperatura e lixiviação de nutrientes no solo, o controle de doenças, pragas e plantas invasoras, a precocidade das colheitas, a produtividade e composição química das plantas (OLSEN e GOUNDER, 2001; MORENO e MORENO, 2002; QUEZANDA et al., 2003; WANG et al., 2004; NGOUAJIO et al., 2008; MINUTO et al., 2008; KASIRAJAN e NGOUAJIO, 2012).

A biodegradação do filme biodegradável ocorre porque o amido presente na sua composição química é utilizado como fonte de energia e carbono pelos microrganismos do solo. O processo de decomposição ocorre por meio das seguintes etapas: (1) quebra dos compostos de carbono em pequenas moléculas devido a secreção de enzimas e/ou pela ação do meio ambiente (temperatura, umidade e luz solar); (2) absorção e transporte de pequenas moléculas para dentro das células dos microrganismos; e (3) a oxidação das pequenas moléculas no interior das células microbianas em CO₂, água e calor (ASTM 2004; KYRIKOU e BRIASSOULIS, 2007; SIVAN, 2011; KASIRAJAN e NGOUAJIO, 2012).

A biodegradação do filme biodegradável é influenciada pela temperatura, umidade, fertilidade, matéria orgânica do solo e as condições climáticas da região, talvez essas variáveis interagindo em conjunto ou isoladas sejam responsáveis para explicar os diferentes resultados verificados nos estudos de campo realizados por diversos autores (OLSEN e GOUNDER, 2001; MORENO e MORENO, 2002; WANG et al., 2004; LOPEZ et al., 2007). Olsen e Gounder (2001) utilizando filme biodegradável na cobertura do solo para a produção de hortaliças na Espanha constataram que 20% do filme foi degradado em 33 dias no verão, 38 dias na primavera, 56 no outono e 83 dias no inverno. Lopes et al (2007) estudando o cultivo do melão em uma região mediterrânea da Espanha, constataram que o filme levou cerca de 6 meses para se decompor após ser incorporado ao solo. Já Mirshekari et al. (2012) avaliando a eficiência da cobertura do solo com filme biodegradável e polietileno na produção de milho doce em uma região com elevada temperatura e umidade no Irã, constataram que 50% do filme foi degradado em 56 dias após ter sido utilizado para revestir o solo.

Em relação ao teor de matéria orgânica no solo, Saraiva et al. (2012) constataram que a biodegradabilidade do filme biodegradável e do polietileno não apresentaram diferença significativa em solos com 1% de matéria orgânica, por outro lado, Barragán et al. (2010) observaram elevadas taxas de biodegradação do bioplástico em solos com teores de matéria orgânica acima de 3,9%.

Quanto à qualidade agronômica os resultados referentes à produtividade de frutos e hortaliças verificados com cobertura de filmes biodegradável são similares aos observados quando se utilizam plásticos de polietileno na cobertura de solo. Esse comportamento foi constatado com várias culturas, tais como o tomate de indústria (MARTÍN-CLOSAS et al., 2003; ARMÉNDARIZ et al., 2006; MARTÍN-CLOSAS et al., 2008), tomate fresco e de estufa (CANDIDO et al., 2006; MORENO e MORENO, 2008; NGOUAIJO et al., 2008; MORENO, MORENO e MANCEBO, 2009; ANZALONE et al., 2010), pimentão (OLSEN e GOUNDER, 2001), melões (CANDIDO et al., 2006; LÓPEZ et al., 2007; FILIPPI et al., 2011), e pepinos (WEBER,

2000), morangos (SCARASCIA-MUGNOZZA et al., 2006; BILCK et al., 2010), couve-flor (MAGNANI et al., 2005), alface (MINUTO et al., 2008) e batata-doce (LEE et al., 2009).

CONCLUSÃO

Pode-se concluir que o filme biodegradável apresentou a mesma produtividade e qualidade obtida com o plástico de polietileno, a vida útil do filme se ajustou ao ciclo da cultura e ainda teve como vantagem a possibilidade de ser incorporado e biodegradado pelos microrganismos do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIPLAST. Perfil 2019, 2019. Disponível em: <<http://www.abiplast.org.br/publicacoes/perfil2019/>>. Acesso em: 25 jan.2021.

CONSÓRCIO AGROBIOFILM (2013). Agrobiofilm - Plásticos Biodegradáveis para Cobertura de Solo. 1ª Edição Silvex, Biobag & Icse (Ed.) 160 Pp.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. Standard Guide for Conducting Terrestrial Plant Toxicity Tests, E 1963 - 02, 2002.

ANZALONE, A.; CIRUJEDA A.; AIBAR, J.; Pardo G, Zaragoza C. Effect of biodegradable mulch materials on weed control in processing tomatoes. **Weed Technology**. 24(3):369–377. 2010.

ARMÉNDARIZ, R.; MACUA, J.I.; LAHOZ, I.; SANTOS, A.; CALVILLO, S. The Use of Different Plastic Mulches on Processing Tomatoes, **Acta Horticulturae**. 724: 199-202. 2006.

ARAÚJO, A. P.; NEGREIROS, M. Z.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; PEDROSA, J. F.; BEZERRA NETO, F.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; FERREIRA, R. L. F.; NOGUEIRA, I. C. C. Rendimento de melão amarelo cultivado em diferentes tipos de cobertura do solo e métodos de plantio. **Horticultura Brasileira**. v. 21, n. 1, p. 123-126, março 2003.

BARRAGÁN, H.; PELACHO, A. M.; CLOSAS, L. M. (2010). A Respirometric Test for Assessing the Biodegradability of Mulch Films in the Soil - 28th International Horticultural Congress 2010

BASTIOLI, C. Properties and applications of Mater-Bi Starch-based materials. **Polymer Degradation and Stability**. 59 (1-3): 263-272. 1998.

BERGLUND, R. (2006). Organic Production of Strawberries - Focus on practical applications. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences.

BONHOMME, S.; CUER, A.; DELORT, A.M.; LEMAIRE, J.; SANCELME, M; SCOTT, G. Environmental biodegradation of polyethylene. **Polymer Degradation and Stability**. 81: 441–452. 2003.

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

CANDIDO, V.; MICCOLIS, V.; CASTRONUOVO, D.; MANERA, C.; MARGIOTTA, S. Mulching studies in greenhouse by using eco-compatible plastic films on fresh tomato crop. **Acta Horticulturae**, 710: 415-420. 2006.

CÂMARA, M. J. T.; NEGREIROS, M. Z. de; MEDEIROS, J. F. de; BEZERRA NETO, F.; BARROS JÚNIOR, A. P. Produção e qualidade de melão amarelo influenciado por coberturas do solo e lâminas de irrigação no período chuvoso. **Ciência Rural**, v.37, n.1, p.58-63, 2007.

CANTAMUTTO, M.; AYASTUY, M.; KROEGER, I.; ELISEI, V.; MARINANGELI, P. Efecto Del sistema de iniciación y del acolchado del suelo sobre La producción de melón em el sur de la provincia de Buenos Aires, Argentina. **Revista de la Facultad de Agronomía**. v.104, n.2, p.157-162, 2000.

CARVALHO, L.; OLIVEIRA, M.; DUARTE, E. A cultura outonal do morangueiro com plástico biodegradável-resultados do primeiro ano de monitorização no âmbito do projeto "AGROBIOFILM". IV Colóquio Nacional da Produção de Pequenos Frutos. **Actas Portuguesas de Horticultura**. n. 20, 85-93, 2012.

CHANDRA, R.; RUSTGI, R. Biodegradable Polymers. **Progress Polymer Science**. 23:1273-1335. 1998

CORDEIRO, T. (2011) Influência dos plásticos biodegradáveis na produtividade, precocidade e qualidade do melão "Lusitano" (*Cucumis melo var. inodorus*). Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Agronômica.

CHU, C. e MATHEWS, D. Photodegradable plastic mulch in central New York. **HortScience**. 19:497-498.1984.

EUROPEAN PLASTICS. **Plastic-The Facts 2019**: An analysis of European plastics production, demand and waste data. Disponível em:

https://www.plasticseurope.org/application/files/9715/7129/9584/FINAL_web_version_Plastics_the_facts2019_14102019.pdf (Acesso em: 21 jan de 2021).

FILIPPI, F.; MAGNANI, G.; GUERRINI, S.; RANGHINO, F. Agronomic evaluation of green biodegradable mulch on melon crop. **Italian Journal of Agronomy**. 6 e 18. 2011.

GONZÁLEZ, A.; FERNÁNDEZ, J. A.; MARTÍN, P. Behaviour of Biodegradable Film for Mulching in Oper-Air Melon Cultivation in South-East Spain. *KTBL-Schrift* 414: 71-77. 2003.

GRACI, A.; LUCIANO, A.; ZARAGOZA, C. L.; AIBAR, J. L. 2008. Evaluación de alternativas al uso del polietileno como cubierta del suelo para el manejo de malas hierbas y otros aspectos agronómicos en el cultivo del tomate. "Tesis Doctoral". Universidad de Zaragoza.

GREER, L.; DOLE, JM. Aluminum foil, aluminum-painted, plastic, and degradable mulches increase insect-vectored viral diseases of vegetables. *HortTechnology*. 13:276–284. 2003.

IBARRA, L.; FLORES, J.; DÍAZ, P. J. C. Growth and yield muskmelon in response to plastic mulch and row covers. *Scientia Horticulturae*. 87(1-2): 139-145. 2001.

IBARRA, J.; ZERMENO, G. A.; LOZANO, D.R.J.; CEDENO, R. B, ORTEGA, O. H. Changes in soil temperature, yield and photosynthetic response of potato (*Solanum tuberosum* L.) under coloured plastic mulch. *Agrochimica*. 52:263–272, 2008.

KASIRAJAN, S.; NGOUJIO, M, Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications: a review. *Agronomy for Sustainable Development*. v.32, p. 501-529, 2012.

KIKAS A; LUIK A. 2011. The influence of different mulches on strawberry yield and beneficial entomofauna. Disponível em http://www.actahort.org/books/567/567_154.htm. Acessado em 06 de abril de 2014.

KYRIKOU, I.; BRIASSOULIS, D. Biodegradation of Agricultural Plastic Filmes: A Critical Review. **Journal Polymer Environment**. v 15, 125-150. 2007.

LAMONT, W. J. Plastic mulches for the production of vegetable crops. **HortTechnology**. v 3, 35-39. 1993.

LEE, J. S.; JEONG, K. H.; KIM, H. S.; KIM, J. J.; SONG, Y. S.; BANG, J. K. Biodegradable plastic mulching in sweetpotato cultivation. **Korean Journal of Crop Science**. 54 (2):135-142. 2009.

LIAKATAS, A.; CLARK, J. A.; MONTEITH, J. L. Measurements of the heat balance under plastic mulches. Parte 1. Radiation balance and soil heat flux. **Agricultural Forestry Meteorology**. v.36, n 3, 227-239 p. 1986.

LÓPEZ, J.; GONZÁLEZ, A.; FERNÁNDEZ, J. A.; BAÑÓN, S. Behaviour of biodegradable films used for mulching in melon cultivation. **Acta Horticulturae**. 747: 125-130. 2007.

LÓPEZ, R. L.; HEMÁNDEZ, F. M. Sistema de fertirrigación y acolchado plástico em La proucción de chile habanero (*Capiscum chinense*

Jacq.). CONVENCIÓN MUNDIAL DEL CHILE.1, Chile. World Pepper Convention. Chile. 223-229p. 2004.

McCRAW, D.; MOTES, J. (2007) Use of plastic Mulch and Row covers in vegetable production - Fact Sheets. *Oklahoma Cooperative Extension*.

MARTÍN-CLOSAS, L.; BACH, M. A.; PELACHO, A. M. Biodegradable mulching in an organic tomato production system. *Acta Horticulturae*. 767: 267-274. 2008.

MARTÍN-CLOSAS, L.; PELACHO, A. M. (2011) Agronomic Potential of Biopolymer Films ch3. In: Plackett, D. (ed), *Biopolymers - New Materials for Sustainable Films and Coatings*, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK. (doi: 10.1002/9781119994312).

MARTÍN-CLOSAS, L., SOLER, J., & PELACHO, A. M. (2003). Effect of different biodegradable mulchmaterials on an organic tomato production system. *KTBL-Schrift*, 414: 78-85. 2003.

MEDEIROS, J. F; SANTOS, S. C. L; CÂMARA, M. J. T; NEGREIROS, M. Z. Produção de melão Cantaloupe influenciado por coberturas do solo, agrotêxtil e lâminas de irrigação. *Horticultura Brasileira*. v.25, p. 538-543, 2007.

MINUTO, G.; PISI, L.; TINIVELLA, F.; BRUZZONE, C.; GUERRINI, S.; VERSARI, M. Weed control with biodegradable mulch in vegetable crops. *Acta Horticulturae*. 801: 291-298. 2008.

MIRANDA, N. O.; MEDEIROS, J. F.; NASCIMENTO, I. B.; ALVES, L. P. Produtividade e qualidade de frutos de melão em resposta à cobertura do solo com plástico preto e ao preparo do solo. **Horticultura Brasileira**. v. 21, n. 3, p. 490-493, 2003.

MIRSHEKARI, B.; RAJABLARIJANI H. R.; ALIKHANI, M.A.; FARAHVASH F.; RASHID, V. Evaluation of biodegradable and polyethylene mulches in sweet corn production. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**. v.20, n 20, 1540-1545, 2012.

MORENO, M. M.; MORENO, A. Effect of different biodegradable and polyethylene mulches on soil properties and production in a tomato crop. **Scientia Horticulturae**. 116: 256-263. 2008.

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

NESMITH, D.S.; RAYMER, P.L.; RAO, M.S.S.; BRIDGES, D.C. A durable lightweight structure for conducting field shading experiments. **HortScience**. v. 27, n 12, p.1274-1275, 1992.

NGOUAJIO, M.; AURAS, R.; FERNANDEZ, T. Field Performance of Aliphatic-aromatic Copolyester Biodegradable Mulch Films in a Fresh Market Tomato Production System. **HortTechnology**. 18(4): 605-610. 2008.

OLIVEIRA, RP; SCIVITTARO WB. Produção de frutos de morango em função de diferentes períodos de vernalização das mudas. **Horticultura Brasileira**. 27: 091-095. 2009.

OLSEN, J. K.; GOUNDER, R. K. Alternatives to polyethylene mulch film - a field assessment of transported materials in capsicum (*Capsicum annuum* L.). *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 41: 93-103. 2001.

OTEY, F. e WESTOFF, R. (1980) Biodegradable starch-based plastic films for agricultural application. Proc. 15th Natl. Agriculture Plastics Congress.

QUEZADA, R. R M.; MUNGUÍA, J.; IBARRA, L.; CEDENO, B. Differences in the degradation of padded photodegradable films, caused by the management of melon cultivation (*Cucumis melo* L.). *Phyton International Journal of Experimental Botany*. 72:135–142. 2003.

RAMAKRISHNA, A., Tam, H.M., Wani, S.P., Long, T.D. Effect of mulch on soil temperature, moisture, weed infestation and yield of groundnut in northern Vietnam. **Field Crops Research**. 95: 115-125. 2006.

SAMPAIO, R.A; FONTES, P.C.R.; SEDIYAMA, C.S. Resposta do tomateiro a fertirrigação potássica e cobertura plástica no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v 34, n 1, 21-30p. 1999.

SARAIVA, A.; COSTA, R.; CARVALHO, L.; DUARTE, E. The use of biodegradable mulch films in muskmelon crop production. Basic Research **Journal of Agriculture Science and Review**, v. 14, 88-95p. 2012.

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

SCHETTINI, E.; VOX, G.; LUCIA, B. D. Effects of the radiometric properties of innovative biodegradable mulching materials on snapdragon cultivation. **Scientia Horticulturae**. 112: 456-461.2007.

SGANZERLA E. 1991. Nova Agricultura: A fascinante arte de cultivar com os plásticos. 4 ed., Porto Alegre: **Plasticultura Gaúcha**, 303p.

SIVAN, A. (2011) New perspectives in plastic biodegradation, *Current Opinion in Biotechnology*, 22:422–426.

SPICE, H.R. Polythene film in horticulture. London, Faber and Faber, 1959. 176p.

THE PLASTICS PORTAL (2012). www.plasticseurope.org (consultado em 10-06-2014).

VALENZUELA, P. e GUTIÉRREZ, H. (1999) Acolchado de suelo mediante filmes de polietileno. El Agroeconomico, Mayo. Fundación Chile

WANG, YZ.; YANG, K.K.; WANG, X.L.; ZHOU, Q.; ZHENG, C.Y; CHEN, Z.F. Agricultural application and environmental degradation of photobiodegradable polyethylenemulching films. **Journal Polymerer Environmental**. 12:7–10. 2004.

WEBER, C. A. Biodegradable Mulch Films for Weed Suppression in the Establishment Year of Matted-row Strawberries. **HortTechnology**. v. 13, n. 4, 665-668p. 2003.

YURI, J.E.; RESENDE, G.M.; COSTA, N.D.; MOTA, J.H.; Cultivo de morangueiro sob diferentes tipos de mulching. **Horticultura Brasileira**. v. 30, n 3, 424-427, 2012.

CAPÍTULO 2

A experiência Luso-Brasileira na utilização de filmes de coberturas biodegradáveis na produção horto-frutícola

¹Raquel Alexandra Cardoso Costa, ¹Artur Saraiva, ²Eliana Maria Araújo Marinao Silva, ²Paulo Fortes Neto, ²Nara Lucia Perondi Fortes, ³Elizabeth da Costa Neves Fernandes de Almeida Duarte

RESUMO

As exigências do mercado e o enorme desajuste entre o curto período de tempo durante o qual as culturas necessitam do filme de cobertura e a longevidade do filme tradicional de polietileno, abriram a oportunidade para em 2010 se desenvolver o projeto Europeu *AGROBIOFILM*. Este projeto veio quebrar barreiras e trazer de volta ao debate público a aplicação dos filmes de coberturas biodegradáveis em Portugal, Espanha e França. Para além

¹ Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa – Portugal raquelcosta@isa.ulisboa.pt, artursaraiva@isa.ulisboa.pt

² Docente do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Universidade de Taubaté, Rua 4 de março, 432, Centro, Taubaté-SP, Brasil, CEP 12020-270, paulo.fortes@unitau.com.br

³ Landscape, Environment, Agriculture and Food (LEAF), Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa – Portugal eduarte@isa.ulisboa.pt

do desempenho agrônômico, fundamental para a sua competitividade, foram determinadas características como a permeabilidade ao vapor de água e a biodegradação no solo. Desde o final do projeto e da validação da sua utilização, o Agrobiofilm® passou a ser aplicado comercialmente e já foi testado e comprovado o seu desempenho para culturas tão diversas como: morango, pimentão, alface, videira entre outros. O projeto teve uma grande repercussão, despertando interesses no Brasil, onde deu origem ao projeto *Agrisus - Avaliação de bioplástico como cobertura de solo para o cultivo agrícola*, em 2014, continuando assim, a investigação dos filmes biodegradáveis nas condições edafoclimáticas do Brasil onde já foi validado o seu uso em alface, tomate, abobrinha, morango e pimentão. Em 2015 o projeto Proder *FilmAgRega* deu um passo à frente, testando o efeito combinado dos filmes biodegradáveis com diferentes práticas de irrigação, avaliando a melhor relação custo-eficiência para as culturas do pimentão e tomate. Em 2017 um novo projeto *Agrisus*, no Brasil, dando continuidade à investigação está a estudar *A Macrofauna do solo em áreas de hortaliças cultivadas sobre plantio direto e cobertura com bioplástico* de forma a perceber o efeito das coberturas no solo e as suas consequências na dinâmica da comunidade da macrofauna associada às características do solo.

INTRODUÇÃO

O uso de filmes de plástico, tradicionalmente de polietileno (PE) como cobertura de solo está largamente disseminado em horticultura, especialmente em frutas e hortaliças de elevado valor acrescentado. No entanto, na utilização desses filmes estão associados os impactos ambientais negativos e os reconhecidos problemas de sustentabilidade. A mudança de filmes convencionais para biodegradáveis constitui um desafio complexo, que envolve componentes técnicos, comerciais e socioeconômicos. (SARAIVA e DUARTE, 2016).

O filme de polietileno tem uma duração estimada de 100 anos, enquanto a necessidade de utilização desse material nas culturas é de apenas alguns meses ou poucos anos (culturas perenes), assim existe uma inadequação relativamente ao uso desse material que constitui um risco ambiental.

Nesse contexto, de 2010 a 2013, desenvolveu-se o projeto Europeu FP7 *AGROBIOFILM*. Esse projeto trouxe de volta ao debate

público os filmes biodegradáveis e foi precursor de outros trabalhos de disseminações no sentido de divulgar a utilização desses filmes.

O projeto teve como objetivo:

- Testar a utilização de uma cobertura de solo biodegradável (Agrobiofilm®) em substituição do convencional PE ou do solo sem cobertura para diversas culturas e em diferentes condições edafoclimáticas;

- Conhecer as interações da metodologia de condução da irrigação com o filme e o seu impacto na cultura;

- Avaliar a biodegradação dos filmes em diferentes tipos de solos.

DESENVOLVIMENTO

O projeto Europeu FP7 *AGROBIOFILM* teve origem no consórcio constituído por empresas nacionais e internacionais (SILVEX, BIOBAG e ICSE) tendo sido coordenado pela empresa Portuguesa SILVEX, Universidades e Centros de Investigação (ISA-ULisboa, AARHUS UNIVERSITY ADEVA e IATE/UM2) e utilizadores finais (Hortofrutícolas Campelos, Olivier Mandeville e Explotaciones

Agrarias Garrido Mora). O projeto Agrobiofilm® testou uma solução alternativa e abriu caminho para a substituição dos filmes em plástico convencional por filmes biodegradáveis, tendo sido superadas algumas das barreiras técnicas que impediam a utilização, em larga escala dos filmes de cobertura biodegradáveis. Os ensaios realizados permitiram aprofundar o conhecimento das características do material, metodologias de utilização, efeito no desenvolvimento das culturas, bem como as condições e o período de tempo necessário para a biodegradação dos filmes levando à minimização dos impactos ambientais das atividades agrícolas. Ao longo de 3 anos foi avaliado o desempenho dos filmes biodegradáveis em culturas de ciclo curto (melão e pimentão), ciclo longo (morango) e culturas perenes (videira). Em Portugal os ensaios foram realizados na região do Ribatejo em que o clima, é classificado como sendo do tipo *Csa*, clima temperado com verão quente e seco na classificação de Köpen (1936). Este projeto trouxe de volta ao debate público os filmes biodegradáveis, tendo sido testadas diferentes cores, espessuras e formulações, em Portugal, Espanha e França. Para além

do desempenho agrônômico, fundamental para a competitividade destes filmes, foram determinadas características como a permeabilidade ao vapor de água e a biodegradação do Agrobiofilm® no solo.

Os resultados do projeto foram muito positivos pois foi demonstrado que os filmes biodegradáveis não comprometeram a produtividade e qualidade das culturas permitindo em alguns casos até superar os convencionais. Essa alteração dos filmes convencionais para biodegradáveis foi atingida com sucesso, através da abordagem holística utilizada neste projeto, que envolveu as empresas e instituições de inovação e desenvolvimento permitindo a transferência de conhecimento no País, na União Europeia e fora das fronteiras comunitárias, nomeadamente no Brasil. Desde o final do projeto e da validação do Agrobiofilm®, este passou a ser aplicado comercialmente e já foi testado e comprovado para culturas tão diversas como: morango, melão, pimentão, alface, escarola, pimentas, tomate, cebola e videira, entre outras. A investigação desenvolvida acompanhou essa aplicação, aprofundando os

conhecimentos para novas culturas e deu confiança aos produtores para a utilização desse filme na cobertura do solo.

Na região dos Vinhos Verdes, Lousada, onde o clima é classificado como sendo do tipo *Csb*, clima temperado com verão seco e suave na classificação de Köpen (1936). Os resultados das duas campanhas em vinha mostram que as videiras com Agrobiofilm®, logo no ano da plantação, apresentaram vigor muito superior ao das outras modalidades (solo nu e tubos protetores), mantendo-se esta tendência no ano seguinte. Na campanha de 2012, as plantas oriundas da modalidade Agrobiofilm® produziram cerca de 9 t/ha, enquanto que nas de solo sem cobertura e tubos protetores, ainda não tiveram produção. Essa modalidade obteve ainda menores custos de manutenção inferiores ao tradicional.

As modalidades de Agrobiofilm® originaram maior desenvolvimento das videiras, permitindo à primeira poda deixar carga com elevada capacidade produtiva. A sua produção à segunda folha já teve significado econômico, originando mostos de elevada qualidade, tendo em vista os produtos a que se destinam (CASTRO

et al., 2013), confirmando os resultados obtidos no desenvolvimento do projeto Agrobiofilm®.

O projeto Agrobiofilm® teve uma grande repercussão, despertando interesses no Brasil, onde deu origem ao projeto *Agrisus - Avaliação de bioplástico como cobertura de solo para o cultivo agrícola*, em 2014, continuando assim, a investigação da utilização dos filmes biodegradáveis nas condições edafoclimáticas do Brasil. Este projeto surge do estabelecimento de uma parceria entre o Instituto Superior de Agronomia (ISAA) da Universidade de Lisboa e o Departamento de Ciências Agrárias da Universidade de Taubaté do Brasil, com os objetivos principais de: avaliar o desempenho agrônômico no Brasil, onde já foi validado o seu uso em alface, tomate, abobrinha, morango e pimentão, entre outras; avaliar a taxa de biodegradação de Agrobiofilm® em solos com diferentes características e comparar as metodologias utilizadas nos testes respirométricos desenvolvidos nas duas unidades de investigação. Os ensaios de campo decorreram na Fazenda Piloto do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade de Taubaté –

UNITAU –, localizado no Município de Taubaté, região do Vale do Paraíba, Estado de São Paulo. O clima local, de acordo com a classificação de Köpen (1948) é do tipo Cwa (Subtropical), com chuvas durante o período de verão e com uma precipitação média anual de 1.300mm.

Os resultados obtidos durante o desenvolvimento do projeto permitiram comprovar que as coberturas dos canteiros com plástico e filme biodegradável foram eficientes no controle das plantas invasoras. De acordo com os resultados da produção de alface cultivada nos canteiros sem cobertura e com cobertura de casca de arroz, plástico e filme biodegradável, pode concluir-se que houve diferenças significativas no rendimento entre a cobertura com filme biodegradável e o solo sem cobertura. A produção de alface no cultivo com o filme foi 64,3 % superior à produção obtida no solo sem cobertura e quando comparada com as produções verificadas com as coberturas, constata-se que ela foi 14,8% mais elevada do que a casca de arroz e 29,3% acima da obtida com o PE. Para a cultura da abobrinha os resultados demonstram que a cobertura

com o filme biodegradável promoveu um incremento no número de frutos superior em 75% ao verificado no solo sem cobertura. Já as coberturas com casca de arroz e PE apresentaram em média um aumento de 56,2% em relação ao número de frutos determinado no solo sem cobertura. Os resultados referentes ao comprimento e número de frutos por planta também foram superiores com a utilização de Agrobiofilm®.

Em Portugal, com a participação do Instituto Superior de Agronomia, da Silvex, da Vitacress e da Valorfito através das bolsas Valorfito - Armando Murta foram também desenvolvidos ensaios experimentais nas instalações da Vitacress, (clima do tipo *Csa*, temperado com verão quente e seco), tendo em vista a produção de escarola com filme de cobertura biodegradável. A Vitacress é uma empresa de referência na qualidade e inovação na fileira agroalimentar portuguesa, no que respeita a produção, o embalamento e a comercialização de vegetais, simples ou preparados.

Os resultados comprovaram a adaptabilidade dos filmes biodegradáveis às condições edafoclimáticas do Alentejo Litoral a que foi sujeito, verificando-se uma diferença significativa na produtividade das plantas cobertas com o filme biodegradável em relação à modalidade convencional PE (DIAS, 2015). Em 2015 o projeto Proder *FilmAgRega* dá um passo em frente, testando o efeito combinado dos filmes biodegradáveis com diferentes práticas de irrigação, avaliando a melhor relação custo-eficiência para as culturas do pimentão e tomate.

O Projeto FILMAGREGA nasce do consórcio entre a EPCA, o Instituto Superior de Agronomia, a Agromais, a Agrotejo e a Consulai, reunindo valências técnico-científicas para a concretização do projeto que visa a avaliar as vantagens e desvantagens de duas modalidades de irrigação (superficial e subterrânea) e duas modalidades de filmes de cobertura (convencional e biodegradável) de modo a avaliar a melhor relação custo-eficiência para as culturas em estudo. Esse Projeto financiado pelo Programa Proder, desenvolveu-se no perímetro de rega do Alqueva onde o clima é do

tipo Csa (IPMA, 2015) e teve como objetivo desenvolver práticas agrícolas que contribuam para uma agricultura mais sustentável e com menores impactos ambientais associados a uma melhor gestão de recursos.

Em 2016 foi desenvolvido um estudo em colaboração com a Biofrade para determinar o efeito do Agrobiofilm® no combate a infestantes em produção biológica. Foram avaliadas quatro técnicas utilizadas no seu controle: capina manual, capina térmica, cobertura com restos vegetais e cobertura com filme biodegradável. O ensaio experimental realizou-se no conselho da Lourinhã onde se monitorizou um ciclo nas culturas de alface e cebola. Foram avaliados diversos parâmetros, entre os quais: a temperatura e umidade do solo, o tempo de instalação, o tempo de limpeza, produtividade, calibre, perdas de produção, precocidade, custos de produção associados à técnica e margem econômica para o produtor.

Na cultura da alface, o filme biodegradável proporcionou maior produtividade e precocidade e os resultados foram

significativamente superiores aos obtidos quando foi realizada a capina manual ou térmica.

Na cultura da cebola, o filme biodegradável apresentou maior produtividade e precocidade, apesar de perdas ligeiramente superiores. O menor tempo de capina foi obtido com a capina térmica apesar do Agrobiofilm® ter obtido resultados muito promissores (COUTINHO, 2016). Os resultados obtidos, quanto aos benefícios econômicos para o produtor, indicaram que a melhor técnica para controlar as infestantes, em ambas as culturas, foi a cobertura com filme biodegradável (COUTINHO, 2016). Em 2017 foi implantado no Brasil um novo projeto *Agrisus* com o objetivo de estudar *A Macrofauna do solo em áreas de hortaliças cultivadas sobre plantio direto e cobertura com filme biodegradável* de forma a verificar o efeito das coberturas no solo e as suas consequências na dinâmica da comunidade da macrofauna e na qualidade do solo.

Nas Figuras 1 e 2 apresentam-se, respectivamente, algumas das produtividades obtidas no decorrer dos ensaios de campo em Portugal e no Brasil.

Os resultados da utilização de Agrobiofilm® vs Polietileno (PE) ou Solo sem cobertura (SC) no decorrer dos ensaios de campo, não apresentam diferenças significativas ($P < 0,05$) para todas as culturas, exceto para a escarola em que os resultados com a utilização de Agrobiofilm® foram superiores e significativamente diferentes do PE.

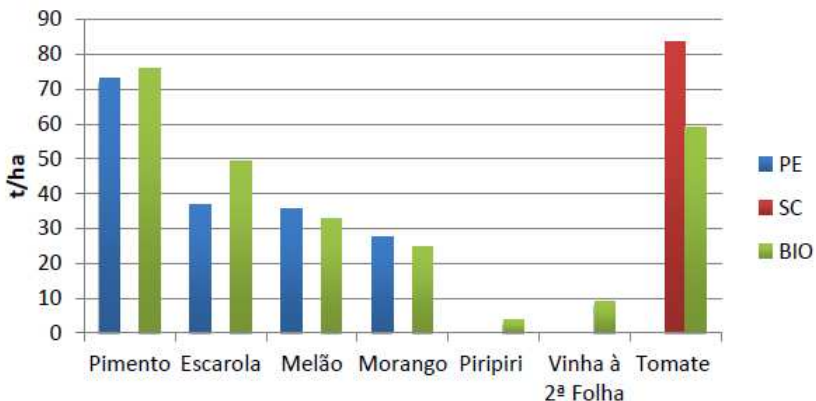


Figura 1. Produtividades obtidas em Portugal com Agrobiofilm® vs Polietileno (PE) e Solo sem cobertura (SC), sem diferenças significativas para todas as culturas exceto escarola em que o agrobiofilm foi superior e significativamente diferente do PE ($P < 0,05$).

No tomate, apesar da diferença aparente, não houve diferença significativa devido à variabilidade entre repetições.

No estudo realizado no Brasil foi observado que a maior produção de alface foi obtida no canteiro com cobertura realizada com filme biodegradável e depois no canteiro com cobertura de polietileno.

A sua biodegradação apresentou um valor semelhante a outros estudos reportados e mostra que é necessário continuar com a sua avaliação em diferentes solos para que se conheça o tempo efetivo de biodegradação em cada tipo de solo e região.

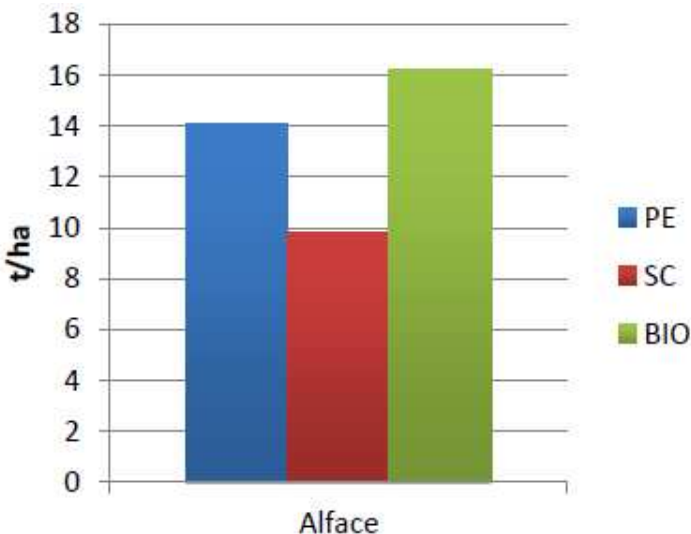


Figura 2. Produtividade da alface no Brasil cultivada em canteiros com polietileno (PE), sem cobertura (SC) e Agrobiofilm® (BIO), sem diferenças significativas estatisticamente entre o BIO e o PE, mas estes estatisticamente diferentes do SC a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

CONCLUSÃO

Consórcios constituídos por empresas, unidades de investigação e produtores são fundamentais para que os ensaios de campo decorram em condições reais de produção e para a efetiva transferência de conhecimento.

O interesse de grandes produtores e entidades (Monliz, Vitacress, Valorfito, Agromais, Biofrade, Tomaterra, entre outros) nestes filmes demonstra a tendência do mercado para a utilização de soluções mais sustentáveis para a atividade agrícola. Os contatos estabelecidos com o meio empresarial e associativo permitem transpor as barreiras da transferência de conhecimento técnico-científico para outros contextos e mercados fora da Europa, contribuindo para o desenvolvimento e uma melhoria ambiental do setor.

O filme de cobertura biodegradável teve um bom desempenho ao longo dos ciclos culturais, mantendo as suas funções e não afetando o rendimento das culturas. A sua biodegradação apresentou um valor semelhante a outros estudos

reportados e mostra que é necessário continuar com a sua avaliação em diferentes solos para que se conheça o tempo efetivo de biodegradação em cada tipo de solo e região. Durante o processo de biodegradação Agrobiofilm® foi verificada a ocorrência de fungos e os gêneros predominantes que apresentaram crescimento nos fragmentos do Agrobiofilm® foram o *Mucor sp* e *Trichoderma sp* e essa biodegradação não apresentou toxicidade para a germinação e desenvolvimento das plântulas de *Brassica oleraceae*. É importante salientar que o filme de cobertura biodegradável tem um valor de aquisição mais elevado, mas que em Portugal pode ser subsidiado pela medida 7.6 das organizações de produtores (GPP, 2009) com uma ajuda de 52% do valor, o que pode torná-lo muito atrativo para os produtores (SANTOS, 2014).

A temática dos filmes de cobertura biodegradável é por isso atual e da maior importância, tendo em conta o objetivo de tornar a atividade agrícola mais sustentável, a equipe de investigação e os contatos estabelecidos com o meio empresarial permitem

transportar barreiras para a transferência de conhecimento técnico-científico para outros contextos e mercados fora da Europa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONSÓRCIO AGROBIOFILM (2013). Agrobiofilm - Plásticos Biodegradáveis para Cobertura de Solo. 1ª Edição Silvex, Biobag & Icse (Ed.) 160 Pp.

CASTRO, R.; CRUZ, A.; RODRIGUES, C.; CORREIA, J.; COSTA, R.; Miguel Guerreiro; Joana De Castro (2013) Alternativas De Plantação Da Vinha Na Região Vinhos Verdes: Tubos Protectores, Agrobiofilm ou Solo Nu, 9º Simpósio de Vitivinicultura do Alentejo Livro de Actas Vol II .

COUTINHO, N.R.X. 2016. Monda de infestantes em Agricultura biológica. Avaliação de diferentes técnicas em alface (*Lactuca sativa*) e cebola (*Allium cepa*). Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Agronomica pelo Instituto Superior de Agronomia, Lisboa: ISA, 2016, 66 p.

DIAS, M.V. 2015 Estudo do desempenho de filmes Biodegradáveis numa Cultura De Ciclo Curto - Escarola (*Cichorium Endivia* L.) Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente pelo Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.

Gpp, 2009, Nota Informativa - Estratégia Nacional Para Programas Operacionais Sustentáveis De Organizações De Produtores De Frutas E Produtos Hortícolas Acções Ambientais Acção 7.6 – “Utilização De Plásticos Biodegradáveis”.

http://www.Gpp.Pt/Images/Programas_E_Apoios/Apoios_De_Mercado/Po_Frutas_Horticolos/Acoes_Ambientais_Plasticos.Pdf

KYRIKO, I. And BRIASSOULIS, D. Biodegradation of Agricultural Plastic Films: A Critical Review, **Journal of Polymers and The Environment**. v.15, n.2, 125–150p. 2007.

FORTES NETO, P. 2015, Relatório Final Projeto Agrisus: 1351/14 Avaliação do Bioplástico como cobertura do solo para o cultivo agrícola. In

http://www.Agrisus.org.br/Arquivos/Relatorio_Final_Pa1351.Pdf

SANTOS, M.E.P. 2014. Análise custo-benefício da utilização de filmes biodegradáveis vs filmes de polietileno: uma aplicação concreta a uma cultura de ciclo curto. Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Agronómica pelo Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.

SARAIVA, A; DUARTE, E. (2016) O Papel Dos Filmes De Cobertura Biodegradáveis, Nexus Agricultura e Ambiente, Green Business Week 2016.

SOUZA, G.T.A.M.; FORTES NETO, P.; FORTES, N.L. P.; DUARTE, E.C.N.F.A.; COSTA, A.C.; SARAIVA, A.F. (2016). Biodegradabilidade do bioplástico utilizado como cobertura na cultura a alface (*Lactuca sativa*), Ciências Ambientais. vol. I, 180pp, Unitau 2016, ISBN: 978-85-66128-79-6.

CAPÍTULO 3

Rendimento do pimentão (*Capsicum annum* L) cultivado com coberturas de filme biodegradável, polietileno e casca de arroz

¹Elizabeth da Costa Neves ¹Fernandes de Almeida Duarte, ¹Raquel Alexandra Cardoso Costa, ¹Artur Saraiva, ²Paulo Fortes Neto, ²Nara Lucia Perondi Fortes³, ³Augusto Marques Graciano

RESUMO

Avaliou-se o efeito de diferentes tipos de cobertura do solo sobre as características de frutos do pimentão (*Capsicum annum* L. cv. Yolo Wonder) e incidência de plantas invasoras em um experimento instalado no Departamento de Ciências Agrárias (UNITAU) em Taubaté-SP a 23°02'34"S e 45°31'02"W e com altitude média de 577m. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico de textura média. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com quatro tratamentos: 1-

¹ Landscape, Environment, Agriculture and Food (LEAF), Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa – Portugal eduarte@isa.ulisboa.pt

² Docente do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Universidade de Taubaté, Rua 4 de março, 432, Centro, Taubaté-SP, Brasil, CEP 12020-270, paulo.fortes@unitau.br

³ Discente da Graduação em Agronomia, Universidade de Taubaté, Rua 4 de março, 432, Centro, Taubaté-SP, Brasil, CEP 12020-270

cobertura morta de casca de arroz (CCA), 2-filme de polietileno preto (PE), 3-filme de biodegradável preto (ABF) e 4-solo sem cobertura (SC) e cinco repetições. Os tratamentos foram distribuídos em parcelas com 1,2 m de largura, 0,3 m de altura e 10 m de comprimento. O sistema de irrigação por gotejamento foi colocado sobre a superfície das parcelas com linha de tubo gotejador com vazão aferida de $1,67 \text{ L.h}^{-1}$, pressão de serviço de 1,6 kPa e com emissores a cada 0,4 m. A colheita do pimentão foi realizada aos 90 dias após o plantio das mudas e foram determinados o comprimento, número de frutos e massa dos frutos. As espécies de plantas daninhas presentes na parcela foram avaliadas em cinco amostras de $0,25 \text{ m}^2$ obtidas aleatoriamente por parcela. As coberturas do solo apresentaram efeito significativo para o comprimento, número e massa dos frutos, tendo o polietileno e o filme biodegradável se mostrado superiores à cobertura com casca de arroz e ao solo sem cobertura. Nas coberturas com polietileno e filme biodegradável o comprimento dos frutos ficou acima de 12 cm, o número de frutos acima de 10 por planta e a massa dos frutos superior a 1 kg por planta. As coberturas de polietileno e filme biodegradável reduziram em média a infestação das plantas daninhas em média 75% quando comparado com o solo descoberto. Pode-se concluir que o filme biodegradável apresentou a mesma eficiência do polietileno quanto ao rendimento dos frutos do pimentão e na redução das plantas invasoras.

INTRODUÇÃO

No desenvolvimento dos frutos e hortaliças, a presença de erva daninha, é um dos fatores responsáveis pela redução da produtividade, pois elas competem por raios solares, nutrientes e água. O controle predominante das ervas daninhas nos sistemas de produção de hortaliças é realizado via a aplicação de herbicidas, porém esta técnica vem sendo questionada devido ao aumento no custo de produção e da exigência do consumidor em adquirir alimentos saudáveis. Assim, a cobertura do solo com restos vegetais e filme de polietileno é uma prática que vem sendo adotada no controle das plantas daninhas, pois a diminuição da infestação ocorre porque a cobertura cria uma barreira física que reduz a interceptação dos raios solares (McGRAW e MOSTES, 2007; MINUTO et al., 2008). Além disso, proporciona outros benefícios tais como: manutenção da matéria orgânica no solo, redução da erosão, diminui a lixiviação de nutrientes e reduz a perda de água no solo (SILVA et al., 2009). Tradicionalmente a cobertura mais utilizada é o filme de polietileno e materiais de origem vegetal como raspas de madeira,

palha de carnaúba, casca de arroz e palha de milho (QUEIROGA et al., 2002; TEÓFILO, et al., 2012). Vários autores constataram que a cobertura do solo com filme de polietileno tem levado ao incremento no crescimento e na produtividade de frutos e hortaliças, no número e peso médio de frutos, nos teores de sólidos solúveis, garantindo maior precocidade de colheita e aumento da massa seca dos frutos (MEDEIROS et al., 2007; YURI et al., 2012). Em relação ao uso de cobertura vegetal os estudos têm constatado que o aumento na produtividade das hortaliças e frutos estão relacionados ao sombreamento do solo, a diminuição da perda de água por evaporação e a liberação de substâncias químicas pela decomposição da palhada inibem a germinação das plantas daninhas (QUEIROGA et al., 2002; COELHO et al., 2013). Já a utilização de filme biodegradável na cobertura do solo vem se intensificando em países como Portugal, Espanha e Itália, e os resultados têm demonstrado que o uso de filme biodegradável na cobertura do solo tem aumentado a produtividade das culturas com valores similares aos observados com o polietileno, porém com a vantagem de se

decomporem no solo tal como igual aos restos vegetais utilizados como cobertura do solo (MINUTO et al., 2008; MARTÍN-CLOSAS et al., 2008; CARVALHO et al., 2012; SARAIVA, et al., 2012; KASIRAJAN e NGOUAJIO, 2012).

DESENVOLVIMENTO

Rendimento do pimentão

O número de frutos de pimentão colhidos nos canteiros com e sem cobertura está apresentado na Figura 1. Verifica-se, em relação a esta característica, que as coberturas de solo de uma maneira geral influenciaram significativamente o número de frutos, quando comparado com o valor do número de frutos determinado no canteiro sem cobertura. Entre as coberturas o filme biodegradável foi o que proporcionou o maior número de frutos por planta, seguido depois pelo polietileno e casca de arroz. O número de frutos do canteiro revestido com filme biodegradável foi superior em 58,3% ao valor obtido no cultivo sem cobertura, 29,7% ao determinado com a cobertura de casca de arroz e 5,7% ao verificado com a cobertura

com polietileno. Já com a cobertura de polietileno, a quantidade de frutos superou em 55,7% a verificada no canteiro sem cobertura e em 18,2 % ao valor quantificado no canteiro com cobertura de casca de arroz. E no canteiro com cobertura de casca de arroz a quantidade de frutos foi superior em 45,8% ao número determinado no solo sem cobertura.

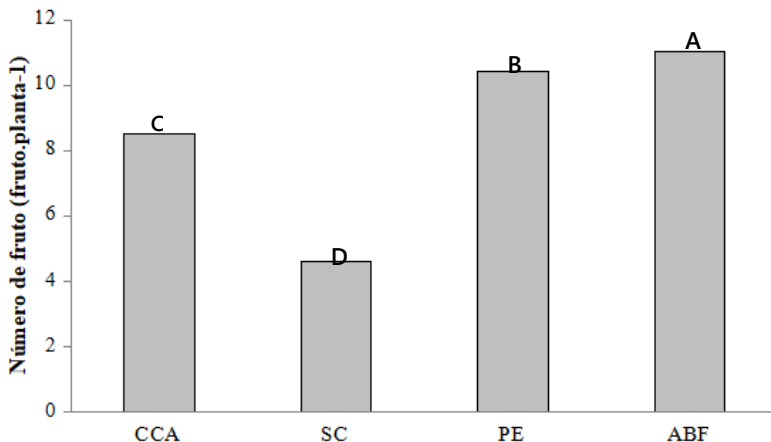


Figura 1. Número de frutos de pimentão, cultivado com cobertura de casca de arroz (CCA), polietileno (PE), filme biodegradável (ABF) e sem cobertura (SC). (Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey).

A superioridade das coberturas no número de frutos por planta em relação ao solo sem cobertura demonstra a influência

positiva destas sobre a conservação da umidade no solo e na inibição do crescimento de plantas infestantes, proporcionando dessa maneira, condições mais favoráveis para o desenvolvimento dos frutos (McGRAW e MOSTES, 2007; COELHO et al., 2013).

O comprimento dos frutos de pimentão foi influenciado significativamente pelas coberturas quando comparado com o solo sem cobertura (Figura 2).

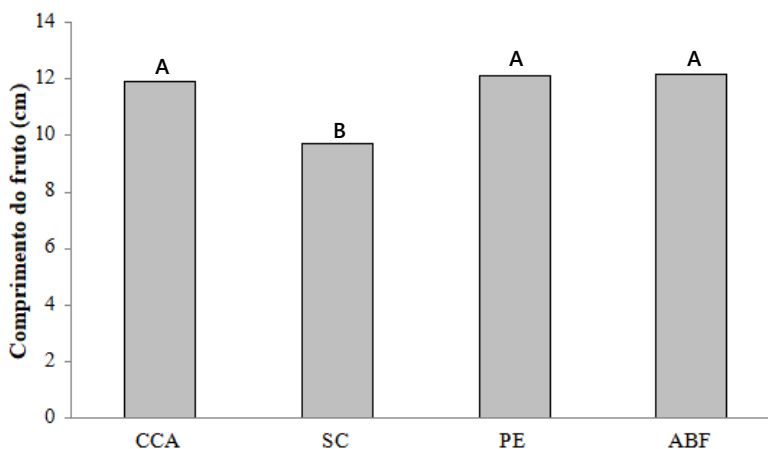


Figura 2. Comprimento dos frutos de pimentão, cultivado com cobertura de casca de arroz (CCA), polietileno (PE), filme biodegradável (ABF) e sem cobertura (SC). (Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey).

A maior média foi observada no canteiro com bioplástico, embora não tenha diferido significativamente dos canteiros com coberturas com polietileno e casca de arroz.

Os valores do comprimento dos frutos oscilaram de 9,7 cm no canteiro sem cobertura para 12,2 cm no canteiro com cobertura de bioplástico, isto corresponde a um aumento de 20,5% no comprimento dos frutos de pimentão.

O peso dos frutos foi afetado significativamente pelos tipos de coberturas onde foi possível verificar uma certa superioridade das coberturas de bioplástico, polietileno e casca de arroz em relação ao solo sem cobertura (Figura 3). A produção de massa dos frutos nas coberturas com bioplástico e polietileno foi 63,4% superior à massa determinada no solo sem cobertura e 34,6% na casca de arroz.

Este resultado pode ser explicado pelo maior número e comprimento de frutos por plantas observados nos cultivos com bioplástico e polietileno, pois essas coberturas proporcionaram uma menor competição com as plantas infestantes e por serem impermeáveis reduziram as perdas de água no solo, proporcionando

uma condição mais favorável para o desenvolvimento do pimentão (QUEIROGA et al. 2002; SILVA et al., 2009; YURI et al., 2012).

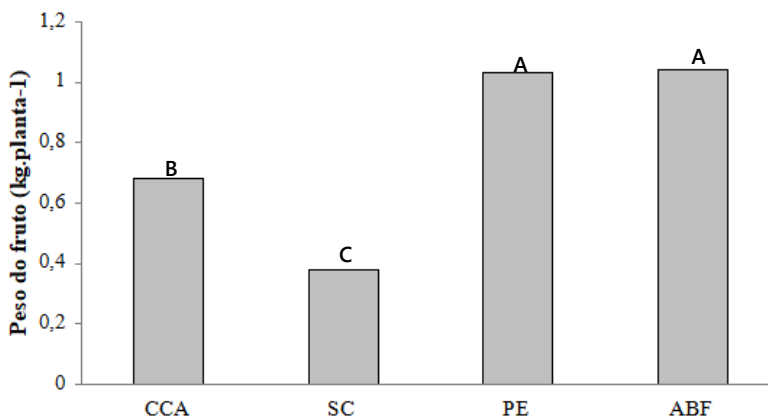


Figura 3. Peso dos frutos de pimentão, cultivado com cobertura de casca de arroz (CCA), polietileno (PE), filme biodegradável (ABF) e sem cobertura (SC). (Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey).

Identificação de plantas infestantes

O número de plantas infestantes determinados no solo dos canteiros sem cobertura e com coberturas, cultivados com pimentão foi de uma maneira geral, controlados significativamente pelo tipo de cobertura (Figura 4). Percebe-se que o controle das plantas infestantes foi eficiente no solo com coberturas de polietileno e

bioplástico, quando comparados com o solo sem cobertura e com casca de arroz.

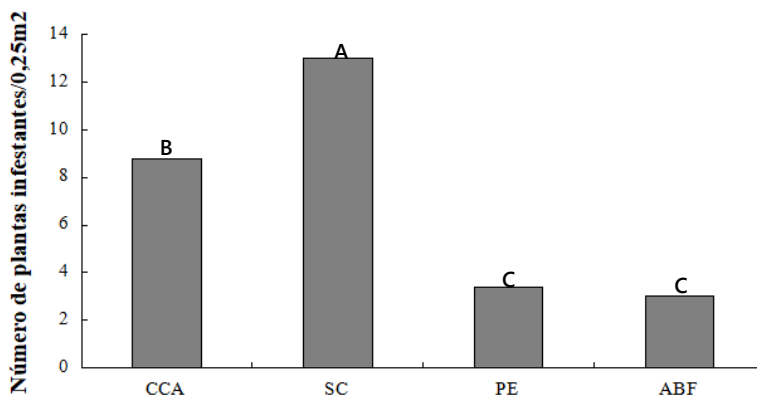


Figura 4. Número de plantas infestantes nos canteiros de pimentão cultivado com cobertura de casca de arroz (CCA), polietileno (PE), filme biodegradável (ABF) e sem cobertura (SC). (Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey).

Comparando-se os números de plantas daninhas determinados no solo sem cobertura e com coberturas de polietileno e bioplástico, nota-se que o polietileno e o bioplástico reduziram a infestação das plantas infestantes em 75,4%. Ao analisar a eficiência do controle da cobertura do solo com polietileno e bioplástico com a cobertura com a casca de arroz, verifica-se que a redução foi de

30,6% no controle das plantas infestantes durante o ciclo do pimentão.

As plantas infestantes foram separadas em monocotiledôneas e dicotiledôneas e foi constatado um predomínio das monocotiledôneas em relação as dicotiledôneas em todos os tratamentos (Figuras 5 e 6). Pode-se verificar que as coberturas de polietileno e bioplástico controlaram em 100% a infestação de dicotiledôneas e também foram mais eficientes no controle das monocotiledôneas quando comparados com o solo sem cobertura e com cobertura de casca de arroz.

As espécies predominantes entre as monocotiledôneas foram o capim pé-de-galinha (*Eleusine indica* L) e a tiririca (*Cyperus rotundus* L), porém nas coberturas com plástico e bioplástico a que prevaleceu foi a tiririca (*Cyperus rotundus* L), pois devido a sua morfologia e à posição de suas folhas, conseguiu perfurar a cobertura de polietileno e bioplástico.

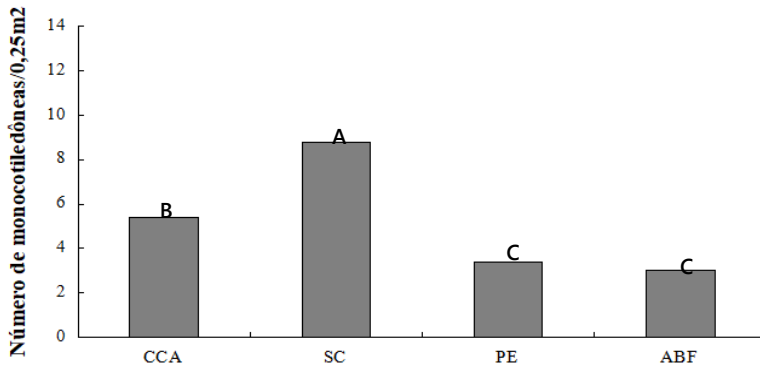


Figura 5. Número de plantas monocotiledôneas nos canteiros de pimentão cultivado com cobertura de casca de arroz (CCA), polietileno (PE), filme biodegradável (ABF) e sem cobertura (SC). (Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey).

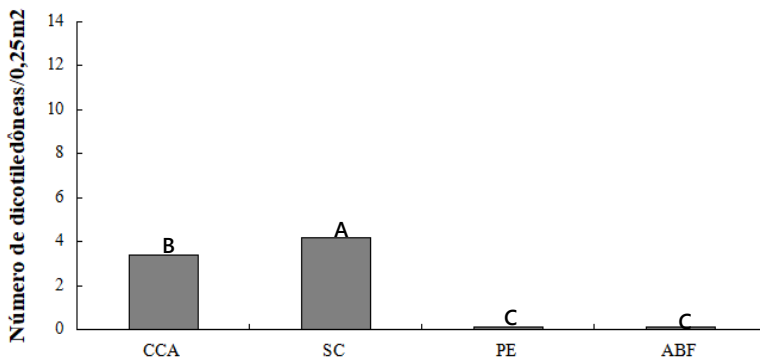


Figura 6. Número de plantas monocotiledôneas nos canteiros de pimentão cultivado com cobertura de casca de arroz (CCA), polietileno (PE), filme biodegradável (ABF) e sem cobertura (SC). (Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey)

Analisando as Figuras 5 e 6 observa-se que em relação ao solo sem cobertura, o polietileno e o filme biodegradável reduziram a infestação das monocotiledôneas em cerca de 63,8% e com a cobertura de casca de arroz o controle foi de 40,7%. Durante o desenvolvimento das culturas foi constatado que a tiririca (*Cyperus rotundus* L) e o capim pé-de-galinha (*Eleusine indica* L) foram as espécies predominantes entre as monocotiledôneas e entre as dicotiledôneas as espécies que prevaleceram foram o caruru (*Amaranthus hybridis* L), beldoegra (*Portulaca oleracea* L) e o capim carrapicho (*Cenchrus echinatus* L).

De uma maneira geral verificou-se que as coberturas dos canteiros com casca de arroz, polietileno e o filme biodegradável foram eficientes no controle das plantas infestantes, isso ficou evidente porque esses materiais impedem a incidência da radiação solar que é necessária para a germinação das sementes e o desenvolvimento das plântulas de plantas infestantes (McGRAW e MOSTES, 2007; MINUTO et al., 2008; COELHO et al., 2013).

CONCLUSÃO

Diante dos resultados pode-se concluir que a produtividade do pimentão e a eficiência no controle das plantas infestantes obtidos com a cobertura de solo com filme biodegradável foi similar à verificada na cobertura com filme de polietileno. A utilização do filme de polietileno e filme biodegradável proporcionaram um aumento médio de 55% no número de frutos e uma maior produtividade de pimentão quando comparado com o solo sem cobertura. Em relação ao comprimento dos frutos não foram observadas diferenças significativas entre as coberturas de polietileno, filme biodegradável e casca de arroz. As coberturas de polietileno e filme biodegradável reduziram em média as plantas infestantes em 75,4% quando comparado com o solo sem cobertura e 30,6% com cobertura de casca de arroz.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, L., OLIVEIRA, M. & DUARTE, E. A cultura outonal do morangueiro com plástico biodegradável resultados do primeiro ano

de monitorização no âmbito do projeto "AGROBIOFILM". **Actas Portuguesas de Horticultura**. 20:85-93, 2012.

COELHO, M.E.H., FREITAS, F.C.L., CUNHA, J.L.X.L., SILVA, K.S., GRANGEIRO, L.C. & OLIVEIRA, J.B. Coberturas do solo sobre a amplitude térmica e a produtividade de pimentão. **Planta Daninha**. 31:369-378, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA. 1999. Sistema brasileiro de classificação de solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro, 412p.

FEY, R., SCHULZ, D.G., JOÃO A. L., DRANSK, J.A.L., DUARTE JÚNIOR, J.B., MALAVASI, M.M. & MALAVASI, U.C. Identificação e interferência de plantas daninhas em pinhão-manso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. 17:955-961, 2013.

KASIRAJAN, S. & NGOUJIO, M. Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications: a review. **Agronomy for Sustainable Development**. 32:501-529, 2012.

KÖPPEN, W. 1948. Climatologia: con un estudio de los climas de latierra. Cidade do México: Fondo de Cultura Econômica, 479.

MARTÍN-CLOSAS, L., BACH, M. A. & PELACHO, A. M. Biodegradable mulching in an organic tomato production system. **Acta Horticulturae**. 767: 267-274, 2008.

McCraw, D. & Motes, J. 2007. Use of plastic Mulch and Row covers in vegetable production - Fact Sheets. Oklahoma Cooperative Extension

MEDEIROS, J. F.; SANTOS, S. C. L, CÂMARA, M. J. T. & NEGREIROS, M. Z. Produção de melão Cantaloupe influenciado por coberturas do solo, agrotêxtil e lâminas de irrigação. **Horticultura Brasileira**. 25:538-543, 2007.

MINUTO, G., PISI, L., TINIVELLA, F., BRUZZONE, C., GUERRINI, S. & VERSARI, M. Weed control with biodegradable mulch in vegetable crops. **Acta Horticulturae**. 801: 291-298, 2008.

QUEIROGA, R.C.F., NOGUEIRA I.C.C., BEZZERA NETO, F., MOURA, A.R.B. & PEDROSA, J.F. 2002. Utilização de diferentes materiais como cobertura morta do solo no cultivo do pimentão. **Horticultura Brasileira**. 20: 416-41, 2002.

SARAIVA, A., COSTA, R., CARVALHO, L. & DUARTE, E. The use of biodegradable mulch films in muskmelon crop production. **Basic Research Journal of Agriculture Science and Review**. 14:88-95, 2012.

SILVA, A. C.; HIRATA, E. K. & MONQUERO, P. A. Produção de palha e supressão de plantas daninhas por plantas de cobertura, no plantio direto do tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 44:22-28, 2009.

YURI, J.E., RESENDE, G.M., COSTA, N.D. & MOTA, J.H. Cultivo de morangueiro sob diferentes tipos de mulching. **Horticultura Brasileira**. 30:424-427, 2012.

CAPÍTULO 4

A cobertura do solo com filme biodegradável no cultivo da alface (*Lactusa sativa*)

¹Gustavo Tadeu Alvarenga Marques de Souza, ¹Nara Lucia Perondi Fortes, ¹Paulo Fortes Neto, ²Artur Saraiva, ²Raquel Alexandra Cardoso Costa, ²Elizabeth da Costa Neves Fernandes de Almeida Duarte

RESUMO

No Brasil as coberturas de solo utilizadas na produção de alface são restos vegetais ou polietileno, são inexistentes os estudos sobre a utilização de filmes biodegradáveis no cultivo de hortaliças. Sendo assim o trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho do filme biodegradável com diferentes tipos de cobertura do solo. O experimento foi realizado no Departamento de Ciências Agrárias da Universidade de Taubaté (UNITAU) em um delineamento de blocos casualizados com 4 tratamentos e 5 repetições. Foram testados os seguintes tratamentos: 1-sem cobertura (SC); 2-cobertura com casca de arroz (CA); 3-cobertura com polietileno (CP) e 4-cobertura com

¹ Docente do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Universidade de Taubaté, Rua 4 de março, 432, Centro, Taubaté-SP, Brasil, CEP 12020-270, paulo.fortes@unitau.com.br

² Landscape, Environment, Agriculture and Food (LEAF), Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa – Portugal eduarte@isa.ulisboa.pt

filme biodegradável (CB) de amido de milho (Agrobiofilm®). A variedade utilizada foi a crespa e a colheita foi realizada 50 dias após o transplante das mudas. A partir dos resultados foi possível observar que a temperatura do solo e o volume de água foram mais elevados nos solos com coberturas de polietileno e filme biodegradável. Em relação ao teor de nitrogênio no solo, foi observado que o menor valor foi obtido no solo com cobertura de casca de arroz. Como esperado o controle das plantas invasoras foi mais acentuado nas coberturas com os filmes de polietileno e biodegradável e as propriedades mecânicas dos filmes de cobertura foram mantidas ao longo do ciclo da cultura. Quanto à produção média os maiores valores foram obtidos com filme biodegradável (945 g/planta) seguido do polietileno (823 g/planta), casca de arroz (733 g/planta) e sem cobertura (575 g/planta), respectivamente. No geral o filme biodegradável quando comparado com o polietileno e a casca de arroz foi mais eficiente na produção da alface.

INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma planta herbácea, anual, pertencente à família *Asteraceae*, sendo considerada a hortaliça folhosa mais importante na alimentação do brasileiro, o que assegura a essa cultura, uma expressiva importância econômica (CARVALHO et al., 2005). O cultivo da alface ocorre durante o ano

todo em períodos com elevadas temperaturas e radiação solar, que favorece o alongamento do caule e, no período de precipitações prolongadas, que podem retardar o crescimento e danificar as plantas (FILGUEIRAS, 2008). Em 2011, a produção brasileira de alface alcançou 1,5 milhão de toneladas por ano, em uma área cultivada de 79.800 hectares por ano (ABCSEM, 2011).

No processo de produção da alface os tratos culturais são os fatores de grande relevância para o êxito da cultura. Neste contexto, a utilização de cobertura de solo no Brasil, vem se destacando, principalmente com a aplicação ao solo de material orgânico (restos culturais) e filmes plásticos de cor preta como cobertura de superfície (VALENZUELA e GUITIERREZ, 1995; RAMAKRISHNA et al., 2006; FERREIRA et al., 2014). A cobertura do solo tem sido utilizada para controlar as plantas invasoras, reduzir o consumo de água de irrigação, além de contribuir para a manutenção da temperatura e umidade do solo em níveis adequados para o desenvolvimento das plantas e atividades dos microrganismos do solo (ALMEIDA, 2015). Esses benefícios estão

diretamente relacionados à cor e ao tipo de cobertura utilizado no solo, pois as amplitudes de variação térmica da temperatura do solo variam com a absorvidade e condutividade térmica do material utilizado como cobertura.

Estudos realizados com cobertura de solo com polietileno de coloração preta têm apresentado valores de temperatura do solo mais elevadas do que o solo revestido com cobertura vegetal, pois a cor preta favorece a absorção de grande parte da energia irradiada pelo sol e promove a reirradiação desta para o solo (MONTEIRO NETO et al., 2014; RIBAS et al., 2015). Isto ocorre porque a cobertura com material vegetal proporciona um maior efeito isolante na superfície do solo e maior perda de energia por irradiação quando comparado com polietileno, além de contribuir para o resfriamento uma vez que permite a transferência de calor latente para o ambiente (COSTA et al., 1997).

Em relação à manutenção da água no solo tem sido verificado que os solos revestidos com polietileno apresentam teores de umidade mais elevados do que os solos com coberturas de restos

vegetais (MONTEIRO NETO et al., 2014; RIBAS et al., 2015). Essa diferença é porque o polietileno apresenta uma baixa permeabilidade, evitando desta forma a evaporação da água e mantendo a umidade mais elevadas nos intervalos entre as irrigações, já os restos vegetais por apresentarem uma estrutura porosa liberam mais rapidamente a água para a atmosfera do que o filme plástico (RAMAKRISHNA et al., 2006).

No tocante à disponibilidade do nitrogênio para as plantas cultivadas em solo com cobertura de polietileno, Sampaio et al. (1999) observou que o teor de umidade constante e a temperatura mais elevada dos solos com cobertura plástica favoreceu a atividade microbiana na mineralização do nitrogênio orgânico, aumentando a disponibilidade deste nutriente para as plantas nas camadas mais superficiais do solo, quando comparado com solo desnudo e com cobertura de restos vegetais. Também a cobertura com polietileno reduz a volatilização da amônia e a lixiviação de nitrito e nitrato, fazendo com que estes compostos nitrogenados se concentrem mais no solo (ALMEIDA et al., 2015).

O maior crescimento de plantas espontâneas no solo descoberto tem proporcionado uma redução de 30 a 45% na produtividade da alface, pois as plantas espontâneas competem com a cultura por água, luz e nutrientes, liberam substâncias alelopáticas, são hospedeiras de pragas e doenças, dificultam os tratos culturais e a colheita dos frutos e ainda podem prejudicar a qualidade do produto comercializável (REGHIN et al., 2002; FREITAS et al., 2009). Por outro lado, a cobertura com restos vegetais tende a restringir moderadamente o desenvolvimento das plantas espontâneas e o uso do polietileno como cobertura do solo promove uma forte supressão no crescimento de plantas espontâneas e aumento na produtividade da alface (FERREIRA et al., 2009).

Quanto à produção da alface tem sido verificado, que a cobertura do solo com polietileno preto proporciona maior massa fresca de planta de alface, quando comparada com a cobertura de restos vegetais (ANDRADE JÚNIOR et al., 2005; BRANCO et al., 2010). O ganho em produtividade da alface, segundo Branco et al. (2010) está associado a maior quantidade de nutrientes absorvidos pelas

plantas cultivadas em cobertura com polietileno e também pelo aumento na temperatura do solo proporcionado pelos tratamentos com cobertura de polietileno, o que pode ter favorecido a atividade radicular para absorção de nutrientes.

Com base no exposto, verifica-se que a cobertura de solo geralmente utilizada no cultivo de alface no Brasil é composta por restos vegetais ou polietileno. E a prática da cobertura com filme biodegradável é inexistente porque são raros ou poucos os estudos para avaliar sua eficiência na produção de hortaliças. Sendo assim, o estudo teve como objetivo comparar o efeito das coberturas do solo com restos vegetais, polietileno e filme biodegradável sobre a temperatura, umidade, formas nitrogenadas, controle de plantas espontâneas e produção de alface.

DESENVOLVIMENTO

O experimento foi conduzido na Fazenda Piloto do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade de Taubaté (UNITAU), município de Taubaté, SP, cujas coordenadas geográficas

são: 23°02'34"S e 45°31'02"W, no período de setembro a novembro de 2014, em solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico de textura média (EMBRAPA, 1999). As análises químicas do solo da área experimental foram realizadas no Laboratório de Análises de Solos e Plantas pertencente à UNITAU, de acordo com os métodos descritos por (RAIJ et al., 2001) e apresentou a seguinte composição química: pH (H₂O) = 5,8; MO = 21 g dm⁻³; P = 30 mg dm⁻³; K = 3,5 mmol_c dm⁻³; Ca = 30 mmol_c dm⁻³; Mg = 14 mmol_c dm⁻³; H + Al = 18 mmol_c dm⁻³; SB = 47,5 mmol_c dm⁻³; T = 65,5 mmol_c dm⁻³ e V = 73%. A calagem foi realizada no preparo dos canteiros, 60 dias antes do transplante. Para isso, utilizou-se o método de saturação por base na quantidade de 0,6 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico com PRNT de 70%. A adubação orgânica foi realizada com vermicomposto, na quantidade de 40 Mg ha⁻¹. A adubação mineral foi feita com N, P₂O₅ e K₂O, nas quantidades de 300, 100 e 40 kg ha⁻¹, respectivamente.

A parcela experimental foi composta por um canteiro com 1,2m de largura, 0,3m de altura e 10m de comprimento e com

espaçamento de 1m entre os canteiros. O sistema de irrigação por gotejamento foi colocado sobre a superfície dos canteiros com linha de tubo gotejador com vazão aferida de $1,67 \text{ L h}^{-1}$ e pressão de serviço de 1,6 kPa e com emissores espaçado a cada 20 cm.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com cinco blocos e quatro tratamentos: 1-sem cobertura (SC); 2-cobertura com casca de arroz com casca de arroz (CA); 3-com cobertura de polietileno (CP) e 4-com cobertura de filme biodegradável (CB) de amido de milho (AGROBIOFIM®).

A cobertura com casca de arroz foi colocada sobre a superfície do canteiro numa camada com espessura de 4 cm, a cobertura de polietileno de 30 μm de espessura e a cobertura com filme biodegradável com espessura de 15 μm na cor preta foram esticados sobre os canteiros e as sobras laterais fixadas com uma camada de 20 cm de terra.

As mudas de alface crespa com 30 dias de idade foram transplantadas em duas fileiras nos canteiros em um espaçamento

de 0,2 x 0,2 m, perfazendo uma área de 12 m² e 300 mudas de plantas por canteiros.

A temperatura da superfície da cobertura e do solo foi determinada semanalmente em quatro pontos dos canteiros sempre às 14:00 horas. A medição da temperatura do solo foi avaliada por meio da introdução de um termômetro colocado a uma profundidade de 5 cm abaixo da superfície do solo.

A umidade do solo foi determinada mensalmente pelo método da diferença de peso, coletando-se amostras de solo no centro dos canteiros, a 10 cm de profundidade e depois colocando para secar em estufa a 105°C por 48 horas (EMBRAPA, 1997).

As determinações das formas nitrogenadas (N-NH₄⁺, N-NO₂⁻ + N-NO₃⁻) no solo foram realizadas mensalmente nas amostras de solo coletadas na camada de 20 cm de profundidade do solo, conforme a metodologia descrita por Bremmer e Mulvaney (1982).

As principais espécies de plantas invasoras presentes na parcela foram avaliadas com o auxílio de um marcador de 0,25 m² lançado aleatoriamente na parcela (FEY et al., 2013).

As coletas para determinar o rendimento da alface foram realizadas 50 dias após o transplante das mudas e foram coletadas 50 plantas por parcela para as avaliações que consistiram na obtenção da massa fresca da parte aérea.

As características avaliadas foram submetidas à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A Tabela 1 apresenta a média da temperatura e umidade do solo dos tratamentos sem e com coberturas de casca de arroz, polietileno e filme biodegradável, observa-se que a cobertura com casca de arroz apresentou a menor variação de temperatura em relação ao do solo descoberto quando comparada com as coberturas de polietileno e filme biodegradável. A cobertura com casca de arroz reduziu a temperatura do solo em 2,1°C quando comparado ao solo sem cobertura, 2,5°C em relação ao solo com CB e 2,9°C em relação ao solo com CP.

A redução da temperatura do solo com a casca de arroz está associada à sua coloração clara que reduz a absorção e reflete

uma parte da radiação de ondas curtas para a atmosfera e a outra é transmitida para o solo, e nessas condições o solo fica menos aquecido e com temperatura inferior ao do solo sem cobertura e com polietileno e filme biodegradável.

Tabela 1. Médias dos valores das temperaturas e umidade determinadas no solo sem e com cobertura de casca de arroz (CA), polietileno (CP) e filme biodegradável (CB), entre setembro, outubro e novembro de 2014.

Tratamentos	Temperatura	Umidade
	-----(°C)-----	-----(%)-----
SC	32,66A*	10,5C
CA	30,56B	13,3B
CP	33,50A	22,9A
CB	33,10A	22,7A
CV (%)	6,34	3,23

*Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

De acordo com Costa et al. (1997), isso ocorre porque a cobertura com material vegetal proporciona um maior efeito isolante

na superfície do solo e maior perda de energia por irradiação quando comparado com filmes plásticos, além de contribuir para o resfriamento, uma vez que permite a transferência de calor latente para o ambiente. Resultados semelhantes também foram encontrados por Andrade Júnior et al. (2005), os quais observaram que a temperatura média do solo coberto com casca de arroz foi igual à do solo sem cobertura e menor a temperatura do solo com plástico preto. Monteiro Neto et al. (2014) testando diferentes tipos de coberturas de solo constataram que a utilização de casca de arroz sobre o solo diminuiu a temperatura média em 1,2°C, quando comparada com a cobertura com plástico preto que propiciou a maior temperatura. Meneses et al. (2016) pesquisando diferentes coloração de plástico com cobertura de palha de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) verificaram uma diferença na temperatura entre 4,0°C e 5,1°C, respectivamente no solo sem e com cobertura de plástico preto, quando comparado com a temperatura do solo com palha de capim-elefante.

Diferentemente da cobertura com casca de arroz, as coberturas com plástico e filme biodegradável apresentaram temperaturas mais elevadas do que a temperatura do solo sem cobertura. A cobertura com polietileno elevou a temperatura do solo em até 0,8°C e com filme biodegradável em até 0,5°C quando comparado com o solo descoberto. Em experimento conduzido por Moura Filho et al. (2009), o filme de polietileno promoveu o aquecimento do solo, com aumento de 1°C em relação ao tratamento sem cobertura e de até 4,0°C em tratamentos com cobertura morta de capim-elefante. Andrade Junior et al. (2005) constataram que a temperatura do solo se mostrou superior em relação às parcelas com cobertura de polietileno, com valores, em média, entre 2 e 3°C maiores que aqueles medidos em solo descoberto. Já o valor da temperatura proporcionado pela cobertura com o filme biodegradável ficou abaixo de 2°C, conforme foi observado por Wortman et al. (2016) quando se comparam os valores da temperatura com o solo coberto com plástico biodegradável e o solo desnudo.

Em relação às temperaturas do solo com coberturas de polietileno e filme biodegradável, observa-se que a diferença entre as médias das temperaturas (Tabela 1) foi de 0,4°C mais elevada para o polietileno, porém este valor ficou abaixo de 1,3°C constatado por Carvalho et al. (2012) ao estudarem o desempenho das coberturas com filme biodegradável e polietileno na cultura do morangueiro. E também abaixo do observado por Barata (2014), pois ao avaliar a eficiência da irrigação com a utilização de cobertura de polietileno e filme biodegradável, verificou que a diferença da temperatura do solo foi de 1,7°C para o polietileno quando comparado com a temperatura do solo com filme biodegradável.

As temperaturas mais elevadas constatadas no solo com polietileno e filme biodegradável em relação à cobertura com casca de arroz, é atribuída à coloração preta do polietileno e filme biodegradável, pois a cor preta favorece a absorção de grande parte da energia irradiada pelo sol e promove a reirradiação desta para o solo (VALENZUELA e GUITIERREZ, 1995).

O aumento da temperatura do solo proporcionada pelo uso das coberturas de polietileno e filme biodegradável não proporcionou efeitos negativos sobre a produção de matéria seca da planta, indicando que o incremento da temperatura do solo ocasionado por essas coberturas foi positivo para a produção da alface (Tabela 3). Provavelmente a elevação da temperatura do solo observada com as coberturas de polietileno e filme biodegradável não afetaram o rendimento da alface, porque a temperatura ambiente durante o desenvolvimento da cultura variou entre 21,2°C a 23,8°C, ou seja, abaixo de 27°C considerada como temperatura adequada para o cultivo da alface (PUIATTI e FINGER, 2005).

Por outro lado, diversos estudos têm demonstrado que a produção de alface com cobertura de polietileno em condições climáticas que apresentam elevadas temperaturas, tende a apresentar um rendimento inferior ao observado com a cobertura de material vegetal (MOURA et al., 2006; MENESES et al., 2016)

Na Tabela 1 está apresentada a diferença nos valores da umidade determinadas nas amostras de solo sem e com coberturas,

nota-se que as coberturas do solo com polietileno e filme biodegradável apresentaram os maiores teores de água no solo, seguida depois pela casca de arroz e o menor teor foi observado no solo sem cobertura. O menor teor de água determinado no solo descoberto ocorreu porque nesta condição a superfície do solo fica exposta à radiação solar, sendo assim maior a perda de água por evaporação (MONTEIRO NETO et al., 2014; RIBAS et al., 2015).

As coberturas com polietileno e filme biodegradável aumentaram a retenção da água no solo em 12,4 e 12,5% respectivamente, quando comparados com a umidade do solo sem cobertura. Em termos relativos os teores de água no solo com polietileno e filme biodegradável foram superiores em 54,15 e 53,74% do valor de umidade determinado no solo descoberto. Já em relação à cobertura com casca de arroz a umidade dos solos cobertos com polietileno e filme biodegradável ficaram 41,92 e 41,40% acima do teor de umidade verificado no solo com casca de arroz.

Os valores de umidade do solo observados nos canteiros com coberturas de polietileno e filme biodegradável foram mais elevados, porque as películas de polímeros de polietileno e do amido do filme biodegradável apresentam baixa permeabilidade, evitando dessa forma a evaporação da água e mantendo a umidade mais elevadas nos intervalos entre as irrigações. E na casca de arroz a água fica retida nos poros entre as cascas, liberando-a gradativamente ao solo e deixando-o mais úmido na camada superficial (SAMPAIO et al. 1999, RAMAKRISHNA et al., 2006).

Nos estudos realizados para avaliar a diferença da umidade do solo revestido com polietileno e filme biodegradável, Costa et al. (2013) avaliado a eficiência da irrigação no solo na cultura do pimentão constaram também que a umidade do solo a 5 e 15 cm de profundidade foram mais elevadas com as coberturas de polietileno e filme biodegradável quando comparado com o solo descoberto. Porém, quando comparado com os teores de umidade do solo com polietileno e filme biodegradável, Carvalho et al. (2012) constataram

que a umidade no solo com filme biodegradável foi superior em 3,4% do valor determinado no solo com plástico.

Na Tabela 2 estão apresentadas a média de NH_4^+ e $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ determinadas no período de setembro e novembro de 2014. Verifica-se que os menores teores de nitrogênio mineral foram quantificados no solo do canteiro com cobertura de casca de arroz e os teores mais elevados foram no solo coberto com polietileno e filme biodegradável. Isso ocorre porque as elevadas temperaturas e a umidade do solo proporcionada por estas coberturas estimulam a atividade microbiana na mineralização do nitrogênio orgânico do solo e na nitrificação dos adubos nitrogenados (SAMPAIO et al., 1999; QUEIROGA et al., 2002).

Já os baixos teores de NH_4^+ e $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ verificados no solo com cobertura de casca de arroz podem estar relacionados, provavelmente, à imobilização destes nutrientes pelos microrganismos do solo ocasionados pela elevada relação C/N da casca de arroz (QUEIROGA et al., 2002; RODRIGUES et al., 2009). Por outro lado, os elevados teores dessas frações nitrogenadas no solo

com plástico e filme biodegradável devem-se ao fato de que essas coberturas reduzem a volatilização da amônia e a lixiviação de nitrito e nitrato, fazendo com que esses compostos nitrogenados se concentrem mais no solo (FERREIRA et al., 2009; RODRIGUES et al., 2009).

Tabela 2. Médias e desvio padrão dos teores de NH_4^+ e $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ determinados no solo dos canteiros sem (SC) e com coberturas com casca de arroz (CA), polietileno (CP) e filme biodegradável (CB), entre setembro, outubro, novembro e 2104.

Tratamentos	NH_4^+	$\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$
	----- (mg kg ⁻¹ de solo) -----	

SC	3,40A*	0,32A
CA	6,41B	1,22B
CP	11,65C	2,97C
CB	11,38C	3,30C
CV (%)	8,28	16,13

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

O número de planta invasora determinado no solo sem cobertura e com coberturas, cultivados com alface, foram de uma maneira geral controladas significativamente pelos tipos de coberturas (Tabela 3).

Tabela 3. Médias do número de plantas invasoras e produção de matéria fresca determinados no solo dos canteiros sem (SC) e com coberturas com casca de arroz (CA), polietileno (CP) e filme biodegradável (CB), entre setembro, outubro, novembro e 2104.

Tratamentos	Plantas invasoras	Matéria fresca
	(Número de plantas/0,25m ²)	(g planta ⁻¹)
SC	11,41C*	575,02A
CA	6,40B	733,34B
CP	1,80A	823,14C
CP	1,40A	945,56C
CV (%)	17,73	12,25

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Percebe-se que o controle das plantas invasoras foi eficiente no solo com coberturas de plástico, filme biodegradável e casca de arroz quando comparado com o solo descoberto.

A redução das plantas invasoras ocasionadas pelas coberturas utilizadas no presente estudo ocorreu porque a cobertura de solo tem uma ampla ação sobre as plantas invasoras, cujas sementes necessitam de luz ou da variação térmica para germinarem permitindo manter assim a cultura de interesse sem competição durante parte de seu ciclo (REGHIN, et al., 2002; FREITAS et al., 2009).

Comparando-se o número de planta invasora determinado no solo sem cobertura e com coberturas de polietileno e filmes biodegradáveis, constata-se que essas coberturas proporcionaram uma redução média de 85% na incidência de plantas invasoras e na cobertura com casca de arroz está redução ficou em 43,86%. Nas coberturas com polietileno e filme biodegradável, as plantas invasoras germinaram juntos às mudas de alface, nos furos abertos nos filmes para colocar as mudas e na cobertura com casca de arroz, a emergência das invasoras ocorreu nos pontos em que a camada não ficou espessa o suficiente para impedir totalmente a incidência de luz solar sobre o solo. Resultados similares também foram observados por Ferreira et al. (2009), quando verificaram uma forte

supressão no crescimento de plantas espontâneas usando cobertura de polietileno e uma restrição moderada na incidência das plantas invasoras com a cobertura de casca de arroz. Biasi et al. (2009) também constataram uma redução acentuada na germinação de plantas invasoras no solo com cobertura de polietileno e uma menor germinação de invasoras no solo revestido com acículas de pinus. Também, Reghin et al. (2002) testando o cultivo de alface com coberturas de palhada de arroz, agrotêxtil e polietileno, verificaram que a massa seca das plantas invasoras desenvolvidas sob cobertura de agrotêxtil e polietileno, foi significativamente menor que aquelas desenvolvidas sob a palhada de arroz e solo descoberto. Segundo os autores, o fato deve estar relacionado tanto com a supressão no número quanto no crescimento estiolado das invasoras sob cobertura de solo, refletindo na incapacidade de acumulação de biomassa seca.

Ao analisar comparativamente a eficiência no controle de plantas invasoras no solo com coberturas de polietileno e filme biodegradável, verifica-se que a cobertura do solo com filme

biodegradável reduziu a infestação das plantas invasoras na mesma proporção que a cobertura com polietileno.

A Tabela 3 apresenta os resultados da produção de matéria fresca de alface cultivada nos canteiros sem cobertura e com cobertura de casca arroz, polietileno e filme biodegradável. Através da análise dos resultados observa-se que a produção de alface com filme biodegradável foi igual à verificada com polietileno e a diferença significativa no rendimento foi observada entre a cobertura com filme biodegradável e o solo descoberto e com cobertura de casca de arroz.

A matéria fresca da alface no cultivo com filme biodegradável foi 39,15 % superior à produção obtida no solo sem cobertura e quando comparada com a produção verificada na cobertura com casca de arroz, constata-se que ela foi 22,43% mais elevada.

Os tratamentos com coberturas de filme biodegradável, polietileno e casca de arroz apresentaram valores de produção de alface superiores ao determinado no canteiro sem cobertura. Esses

resultados sugerem que as coberturas aplicadas à superfície do solo, sejam de origem vegetal como a casca de arroz ou com filmes de polietileno e biodegradável, favoreceram o desenvolvimento da alface. Isso se deve aos benefícios do cultivo em solo coberto, pois nesse cultivo há menos competição com plantas invasoras; e melhor aproveitamento da água e nutrientes quando comparado com o solo nu, por não se verificar evaporação, mas somente transpiração da planta (Mc CRAW e MOSTES, 2007; ALMEIDA, 2015; MONTEIRO NETO, et al., 2014).

Dessa forma, as plantas do tratamento com cobertura de solo apresentaram melhores condições para o aproveitamento da água disponível que, ao ser reduzido gradualmente durante a secagem do solo, provavelmente reduz o estresse na planta, fazendo com que obtivesse melhor desenvolvimento e as maiores produções em massa de matéria fresca (MINUTO et al., 2008; RODRIGUES et al., 2009).

O valor da massa fresca ($733 \text{ g plantas}^{-1}$) verificada com a cobertura da casca de arroz ficou acima dos valores observados por

outros autores que colheram plantas de alface com massa fresca variando de 177,50 a 696,21 g plantas⁻¹ e a produção da massa fresca obtida com a cobertura de polietileno (823 g plantas⁻¹) foi superior aos valores observados em outros estudos que apresentaram uma variação entre 642,48 a 750,05 g plantas⁻¹ (CARVALHO, et al., 2005; FERREIRA, et al., 2009; BRANCO, et al., 2010; FERREIRA, et al. 2014).

Em relação ao rendimento com filme biodegradável vários estudos realizados na Europa para comparar a produção das culturas com coberturas de polietileno e filme biodegradável também não constataram diferenças significativas na produtividade e qualidade dos frutos entre as coberturas com polietileno e filme biodegradável (CORDEIRO, 2011; SARAÍVA, et al., 2012; COSTA, 2012; CARVALHO, 2012).

As diferenças de valores verificadas na massa fresca da alface no presente estudo com as observadas por outros autores no rendimento da alface cultivada com cobertura de casca de arroz, polietileno e filme biodegradável estão relacionadas às condições

climáticas da região, ao período de cultivo e à variedade da alface (FERREIRA, et al., 2009; MÓGOR, et al., 2009; FERREIRA, et al. 2014).

CONCLUSÃO

As coberturas de polietileno e filme biodegradável elevam a temperatura do solo em relação à temperatura do solo sem e com cobertura de casca de arroz;

As coberturas com filme biodegradável, polietileno e casca de arroz conservaram por mais tempo a umidade do solo, porém a umidade na média foi mais elevada no solo com filme biodegradável;

As coberturas do solo com filme biodegradável e polietileno favoreceram a mineralização das formas nitrogenadas no solo e a cobertura com casca de arroz ocasionou a imobilização do nitrogênio no solo;

O controle das plantas invasoras foi mais eficiente no solo com cobertura de polietileno e filme biodegradável;

As plantas de alface cultivadas em solos cobertos com polietileno e filme biodegradável apresentam maior produção de massa fresca de alface.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, W. F. Lima, L.A.; Pereira, G.M. Drip pulses and soil mulching effect on american crisphead lettuce yield. **Engenharia Agrícola**. v.35, n.6, 1009-1018p, 2015.

ANDRADE JÚNIOR, V.C.; YURI, J.E.; NUNES, U.R.; PIMENTA, F.L.; MATOS, C.S.M.; FLORIO, F.C.A.; MADEIRA, D.M. Emprego de tipos de cobertura de canteiro no cultivo da alface. **Horticultura Brasileira**. v. 23, n 4, 899-903p, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COMÉRCIO DE SEMENTES E MUDAS – ABCSEM. Projeto para levantamento dos dados socioeconômicos da cadeia produtiva de hortaliças no Brasil 2010/2011. Campinas: ABCSEM, 2011. Disponível em: <http://www.abcsem.com.br/docs/direitos_resevados.pdf>. Acesso em: 03 agosto. 2016.

BARATA, M.C.C.F.T. Estudo da gestão eficiente da água na cultura do pimento com filmes de cobertura do solo. 2014. 75 f. Dissertação

(Mestrado) - Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, 2014.

BIASI LA; KOWALSKI APJ; SIGNOR D; ALVES MA; LIMA FI; DESCHAMPS C. Tipos de cobertura do solo e épocas de colheita na produção de melissa. **Horticultura Brasileira**. v.27, n3, 314-318p, 2009.

BRANCO, R. B. F.; SANTOS, L. G. C.; GOTO, R.; ISHIMURA, I.; SCHLICKMANN, S.; CHIARATI, C. S. Cultivo orgânico sequencial de hortaliças com dois sistemas de irrigação e duas coberturas de solo. **Horticultura Brasileira**. v. 28, n.1, 75-80p, 2010.

BREMNER, J.M.; MULVANEY, C.S. Nitrogen-total. In: PAGE, A.L. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Madison: ASA, 1982. pt.2, p.595-624.

CARVALHO, J. E.; ZANELLA, F.; MOTA, J. H.; LIMA, A. L. S. Cobertura morta do solo no cultivo de alface cv. Regina 2000, em Ji-Paraná-RO. **Ciência e agrotecnologia**. v. 29, n. 5, p. 935-939, 2005.

CARVALHO, L.; OLIVEIRA, M.; DUARTE, E. A cultura outonal do morangueiro com plástico biodegradável-resultados do primeiro ano de monitorização no âmbito do projeto "AGROBIOFILM". IV Colóquio Nacional da Produção de Pequenos Frutos, **Actas Portuguesas de Horticultura**. n. 20, 85-93, 2012.

CORDEIRO, T. Influência dos plásticos biodegradáveis na produtividade, precocidade e qualidade do melão "Lusitano" (*Cucumis melo* var. *inodorus*). 2011. 66 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, 2011.

COSTA, R.C.; SARAIVA, F.A.; CARVALHO, A.R.; FRAGOSO, R.A.; DUARTE, A.E. O papel dos filmes de cobertura de solo biodegradáveis na eficiência do uso de água de Rega. 12º Congresso da Água, 16º ENASB/XVI SILUBESA.

COSTA, J.T.A.; SILVA, L.A.; MELO, F.I.O. Efeitos do turno de rega e Cobertura com casca de arroz na cultura do alho na Serra da Ibiapaba, Ceará. I. Umidade e temperatura do solo. **Ciência Agronômica**. v. 28, n. 1, p. 70-84, 1997.

COSTA, A. C. L. Influência de dois tipos de cobertura no solo na produtividade do morangueiro. 2012. 68 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de métodos e análise de solo. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 1997, 212p. (EMBRAPA - CNPS. Documento, 1).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. 1999. Sistema brasileiro de classificação de solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro, 412p.

FEY, R.; SCHULZ, D.G.; JOÃO, A. L.; DRANSK, J.A.L.; DUARTE JÚNIOR, J.B.; MALAVASI, M.M.; MALAVASI, U.C. Identificação e interferência de plantas daninhas em pinhão-manso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.17, n.9, p.955–961, 2013.

FERREIRA, R.L.F.; ARAÚJO NETO, S.E.; ALVES, A.S.S.C.; ABUD, E.A.; REZENDE, M.I.F.L.; KUSDRA, J.F. Combinações entre cultivares, ambientes, preparo e cobertura do solo em características agronômicas de alface. **Horticultura Brasileira**. v. 27, n.3, 383-388p, 2009.

FERREIRA, R.L.F.; ALVES, A.S.S.C.; ARAÚJO NETO, S.E.; KUSDRA, J.F.; REZENDE, M.I.F.L. Produção orgânica de alface em diferentes épocas de cultivo e sistemas de preparo e cobertura de solo. **Bioscience Journal**. v.30, n.4, 1017-1023, 2014.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 421p. 2008.

FREITAS, F. C. L.; MEDEIROS, V.F.L.P.; GRANGEIRO, L. C.; SILVA, M.G.O.; NASCIMENTO, P.G.M.L.; NUNES, G. H. S. Interferência de plantas

daninhas na cultura do feijão-caupi. **Planta Daninha**. v.27, p.241-247, 2009.

McCRAW, D.; MOTES, J. (2007) Use of plastic Mulch and Row covers in vegetable production - Fact Sheets. Oklahoma Cooperative Extension.

MENESES, N.B.; MOREIRA, M.A.; SOUZA, I.M.; BIANCHINI, F.G. Crescimento e produtividade de alface sob diferentes tipos de cobertura do solo. **Revista Agro@ambiente On-line**. v.10, n.2, 123-129p, 2016.

MONTEIRO NETO, J.L.L.; SILVA, A.C.D.; SAKAZAKI, R.T.; TRASSATO, L.B.; ARAÚJO, W.F. Tipos de coberturas de solo no cultivo de alface (*Lactuca sativa* L.) sob as condições climáticas de Boa Vista, Roraima. **Boletim do Museu Integrado de Roraima**. v.8, n.2, 47-52p, 2014.

MÓGOR, A.F.; CÂMARA, F.L.A. Cobertura do solo, produção de biomassa e teores de Mn e Zn de alface no sistema orgânica. **Acta Scientiarum Agronomy**. v.31, n.4, 621-626p, 2009.

MOURA, N.S.B.; SOUZA, L.S.B.; BRAGA, M.B.; BRANDÃO, E.D.; CORREIA, J.S.; CARMO, J.F.A.; SILVA, F.Z.; SILVA, T.G.F. 2006. Temperatura do solo cultivado com meloeiro sobre diferentes coberturas do solo no sub-médio São Francisco. In CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, XVI Anais Belo Horizonte; p.1-5.

PUIATTI, M.; FINGER, F.L. Fatores climáticos. In: FONTES, P.C.R. Olericultura teoria e prática. Rio Branco: **Suprema**. v.1, p.17-38, 2005.

QUEIROGA, R.C.F.; NOGUEIRA, J.C.C.; BEZERRA NETO, F.; MOURA, A.R.B.; PEDROSA, J.F. Utilização de diferentes materiais como cobertura morta do solo no cultivo de pimentão. **Horticultura Brasileira**. v. 20, n. 3, p. 416-418, 2002.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C. de; CANTARELLA, H.; QUAGIO, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.

RAMAKRISHNA, A., Tam, H.M., Wani, S.P., Long, T.D. Effect of mulch on soil temperature, moisture, weed infestation and yield of groundnut in northern Vietnam. **Field Crops Research**. 95: 115-125. 2006.

REGHIN, M.Y; PURÍSSIMO, C; PRIA, M.D; FELTRIM, A.L; FOLTRAN, M.A. 2002. Técnicas de cobertura do solo e de proteção de plantas no cultivo da alface. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 20. *Resumos...* Uberlândia: SOB (CD ROM).

RIBAS, G.G., STRECK, N.A.; SILVA, S.D.; ROCHA, T.S.M.; LANGNER, J.A. Temperatura do solo afetada pela irrigação e por diferentes coberturas. **Engenharia Agrícola**. v.35, n.5, p.817-828, 2015.

RODRIGUES, D.S.; NOMURA, E.S.; GARCIA, V.A. Coberturas de solo afetando a produção de alface em sistema orgânico. **Revista Ceres**.v.56, n. 3, 332-335p, 2009.

SAMPAIO, R.A; FONTES, P.C.R.; SEDIYAMA, C.S. Resposta do tomateiro a fertirrigação potássica e cobertura plástica no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 34, n 1, 21-30p. 1999.

SARAIVA, A.; COSTA, R.; CARVALHO, L.; DUARTE, E. The use of biodegradable mulch films in muskmelon crop production. **Basic Research Journal of Agriculture Science and Review**, v. 14, p. 88-95, 2012.

VALENZUELA, P. e GUTIÉRREZ, H. (1999) Acolchado de suelo mediante filmes de polietileno. El Agroeconomico, Mayo. Fundación Chile

WORTMAN, S.E.; KADOMA, I.; CRANDALL, M.D. Biodegradable plastic and fabric mulch performance in field and high tunnel cucumber production. **HortTechnology**. v. 26, 148-155p. 2016.

CAPÍTULO 5

Comparação de metodologias para quantificar a biodegradação de filmes biodegradáveis em diferentes tipos de solo

¹Elizabeth da Costa Neves Fernandes de Almeida Duarte, ¹Artur Saraiva, ¹Raquel Alexandra Cardoso Costa, ²Paulo Fortes Neto, ²Nara Lucia Perondi Fortes, ²Gustavo Tadeu Alvarenga Marques de Souza

RESUMO

Atualmente o destino final do uso da cobertura de polietileno em culturas hortícolas leva a impactos ambientais negativos. Para superar estes problemas, as coberturas biodegradáveis foram desenvolvidas uma vez que podem ser incorporadas ao solo no final do ciclo da cultura. O objetivo deste estudo foi realizar os testes respirométricos em condições aeróbicas padronizadas utilizando dois métodos: um em condições de batelada (a 28°C) e outro em modo contínuo (a 25°C). Os testes de biodegradação foram desenvolvidos em três tipos de solo: Ferralsols

¹ Landscape, Environment, Agriculture and Food (LEAF), Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa – Portugal eduarte@isa.ulisboa.pt

² Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Universidade de Taubaté, Rua 4 de março, 432, Centro, Taubaté-SP, Brasil, CEP 12020-270, paulo.fortes@unitau.com.br

(T1); Calcissóis (T2) e Aeronossóis (T3) com 21 g/kg de matéria orgânica (MO), textura franco-arenosa, 5,8 pH (H₂O); 11 g/kg de matéria orgânica (MO), textura argilosa, 7,6 pH (H₂O) e 8 g/kg de matéria orgânica (MO), textura areia, 6,9 pH (H₂O). Como o filme biodegradável da marca Agrobiolfilm® (15µm) foi utilizado nos ensaios a campo no Brasil e Portugal ele foi selecionado para realizar os testes de biodegradação. Na Universidade de Taubaté o ensaio respirométrico foi desenvolvido no solo T1 em um sistema de batelada. Na Universidade de Lisboa a emissão de CO₂ foi medida em testes de aeração de fluxo contínuo nos solos T1, T2 e T3. Os resultados obtidos em relação ao teste no Brasil mostraram que a liberação de CO₂ foi maior no solo com Agrobiolfilm® (1,2 mg CO₂/g solo) e menor no solo sem o Agrobiolfilm® (0,69 mg CO₂/g solo). Os resultados nos ensaios realizados em Portugal para os solos T1, T2 e T3 com incorporação de Agrobiolfilm® foram de 3,04; 0,88 e 0,74 mg CO₂/ g solo e sem o Agrobiolfilm® foram de 1,88; 0,58 e 0,50 mg CO₂/ g solo, respectivamente. A quantidade de CO₂ verificada com a metodologia de aeração de fluxo contínuo foi superior em 2,5 vezes aos valores determinados na metodologia por batelada. No geral, a correlação entre a taxa de biodegradação e as diferentes características do solo se mostraram promissora para entender os complexos mecanismos envolvidos na biodegradação do solo.

INTRODUÇÃO

O uso de filmes de cobertura morta em sistemas de produção agrícola tem várias vantagens, como maior precocidade e rendimento da cultura (LAMONT, 1999; KYRIKOU e BRIASSOULIS, 2007). Essas vantagens fazem com que os filmes de cobertura sejam utilizados em uma variedade de espécies de culturas em todo o mundo criando um problema na sua manipulação, após o seu uso, uma vez que os filmes de polietileno (PE) não pode ser biodegradado naturalmente no campo. Os agricultores geralmente deixam os resíduos plástico no campo, levando à sua acumulação e, em alguns casos, são queimados (BRIASSOULIS, 2006; SCARASCIA-MUGNOZZA et al., 2006). Os filmes de cobertura biodegradável (BMF) foram desenvolvidos com amido de milho e por isso tem a vantagem de serem incorporados diretamente no solo ou podem ser compostados para sofrer a biodegradação pelos microrganismos (MORENO e MORENO, 2008; CONSÓRCIO AGROBIOFILM, 2013). A biodegradação desses materiais não pode ser facilmente controlada a campo, tornando o monitoramento em condições laboratoriais

muito importante, uma vez que tem impactos econômicos e ambientais (KYRIKOU e BRIASSOULIS, 2007). O BMF usado neste estudo é produzido com Mater-BiTM, que é uma mistura de um componente sintético com amido de milho (BASTIOLI, 1998; CONSÓRCIO AGROBIOFILM, 2013). No laboratório a metodologia utilizada para determinar a biodegradação do BMF baseia-se na medida do CO₂, uma vez que a quantidade de CO₂, liberada pela atividade dos microrganismos está correlacionada com a taxa cinética de biodegradação do BMF (MEI e MARIANI, 2005; BARRAGÁN et al., 2012). A quantidade de CO₂ liberada pela atividade microbiana no solo depende da composição química da cobertura morta e das características químicas, físicas e biológicas do solo. A matéria orgânica é a principal fonte de carbono do microrganismo e por isso uma das principais características do solo que interferem na respiração basal do solo (COSTA et al., 2008; PADILHA et al., 2014). Alguns autores que estudaram a biodegradação do BMF no solo constataram uma correlação direta entre a biodegradação do BMF e o teor de matéria orgânica no solo (BARRAGAN et al., 2012; SARAIVA

et al., 2012), no entanto outros referem que as emissões de CO₂ não estão diretamente correlacionadas com o conteúdo de matéria orgânica do solo, uma vez que a relação entre elas é complexa e difícil de entender (CARBONELL-BOJOLLO et al., 2012; SONG et al., 2013).

A biodegradação de materiais orgânicos também está relacionada com a textura do solo, pois a biodegradação de resíduos orgânicos é mais lenta em solos argilosos quando comparados com solos arenosos. Isso ocorre devido à ligação criada entre a matéria orgânica e os minerais argilosos, que protegem a matéria orgânica de sua rápida decomposição (BAYER et al., 2002; SHI e MARSCHNER, 2012). Estudos realizados por Mariani (2008) com polímeros biodegradáveis em diferentes texturas de solo, constataram que as maiores taxas de emissão de CO₂ foram observadas em solos de textura arenosa e que as menores foram em solos de textura argilosa.

O objetivo deste trabalho foi realizar os testes respirométricos de batelada e fluxo contínuo em diferentes tipos de

solos após a incorporação de fragmento de filme biodegradável (Agrobiolfilm®).

DESENVOLVIMENTO

Para a realização dos ensaios de biodegradação foram coletadas amostras de solo em três áreas distintas: uma no Campus da Universidade de Taubaté - Brasil (T1) e as outras duas na região do Alentejo - Portugal (T2 e T3). As amostras foram coletadas a uma profundidade de 0 a 20 cm após a remoção da camada superficial. Elas foram secas ao ar e homogeneizadas por peneiramento (2 mm).

O solo T1 do Brasil e os solos T2 e T3 de Portugal utilizados nos testes respirométricos foram classificados como Ferralsols, Calcisols e Arenosols e foram selecionados devido a sua representatividade nos países de origem. As principais características físicas e químicas naturais dos solos estão apresentadas na Tabela 1.

Neste trabalho a cobertura utilizada de filme biodegradável foi do Agrobiolfilm® com 15µm de espessura, 1,10 m de largura, 1,27 de densidade e cor preta.

Tabela 1. Caracterização física e químicas dos solos T1, T2 e T3 utilizados nos testes de respirometrias.

	Soil characteristics			Methods
	T1	T2	T3	
Soil origin	Brazil - Taubaté	Portugal - Ervidel	Portugal - Odemira	
Organic Matter (g/Kg)	21	11	8	Combustion, CO2 detection throw IV
pH (H ₂ O)	5.8	7.6	6.9	(1:2.5) Potentiometry
Electrical conductivity (mS/cm)	0.20	0.51	0.18	(1:2) Conductimetry
Texture	Sandy- Loam	Clay	Sand	FAO, 2014
Soil classification	Ferralsols	Calcisols	Arenosols	FAO, 2014

Para determinar a taxa de biodegradação do Agrobiolfilm® foram realizados dois tipos de testes usando duas metodologias diferentes baseadas na liberação de CO₂ emitida do solo. Um resumo das principais características das metodologias está apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Resumo das metodologias utilizadas nos testes respirométricos

	Teste - UNITAU	Teste - ISA
Localização	Brasil - Taubaté	Portugal - Lisboa
Aeração	Descontínuo	Contínuo
Volume do frasco	2 L	3 L
Número de frasco	12	9
Temperatura	$28 \pm 1^\circ\text{C}$	$25 \pm 1^\circ\text{C}$
Determinação do CO ₂	Condutividade com solução de NaOH	Sensor infravermelho de CO ₂
Aquisição de dados/ aeração	A cada 10 dias	Contínuo

No Brasil a determinação da biodegradabilidade foi efetuada pela quantificação do CO₂ liberado do solo e foi realizado com uma proporção de 100 mg de filme biodegradável Agrobiofilm® para 100 g de solo (1:1.000) e a umidade ajustada a 70% da capacidade de campo (Figuras 1 e 2). O CO₂ foi determinado indiretamente através da condutividade elétrica da amostra da solução de NaOH retirada do interior de cada frasco onde o CO₂ foi capturado (RODELLA e

SABOYA, 1999), os frascos foram abertos regularmente para permitir a aeração e a substituição da solução de NaOH.

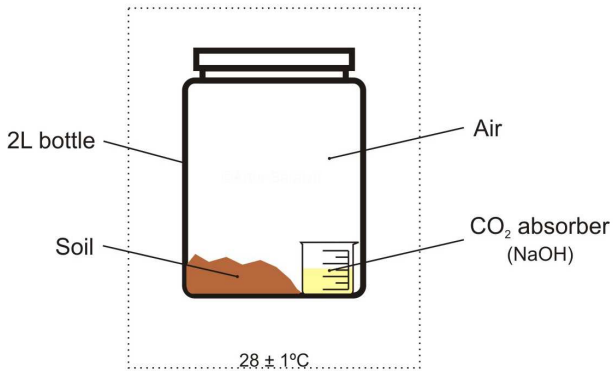


Figura 1. Desenho esquemático da metodologia do teste de respirometria por fluxo descontínuo-batch (UNITAU/Brasil)



Figura 2. Determinação do CO₂ liberado pelo método de fluxo descontínuo-batch (UNITAU/Brasil)

Os tratamentos utilizados foram: solo (testemunha), solo + celulose (controle positivo) e solo + filme biodegradável Agrobiolfilm® (material teste) com quatro repetições e mantidos incubados a 28°C durante 60 dias. A celulose e o filme biodegradável foram cortados em pedaços menores que 2 mm.

Em Portugal foram realizados dois testes respirométricos em modo de fluxo contínuo com os solos T1, T2 e T3 em um equipamento UmicLab1 (Figuras 3 e 4). UmicLab1 é um equipamento de laboratório para determinar a biodegradabilidade final de materiais orgânicos sob condições controladas por meio de um analisador de dióxido de carbono (WETLANDS BIOSIENCES, 2009). Esses testes também foram adaptados da ISO 17556 e foram realizados com a mesma proporção utilizada no Brasil. No primeiro teste com solo T1 foram utilizados 800 mg de filme biodegradável Agrobiolfilm® para 800 g de solo e depois a umidade da mistura foi ajustada para 50% da capacidade de campo. Os tratamentos foram os mesmos dos utilizados no Brasil solo (testemunha), solo + celulose (controle positivo) e solo + filme biodegradável

Agrobiofilm® (material teste) com três repetições e mantidos incubados a 25°C durante 60 dias.

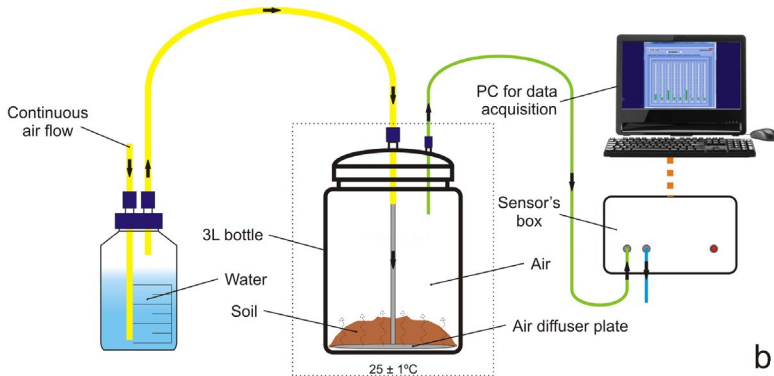


Figura 3. Desenho esquemático da metodologia do teste de respirometria por fluxo contínuo (ISA-UL/PORTUGAL)

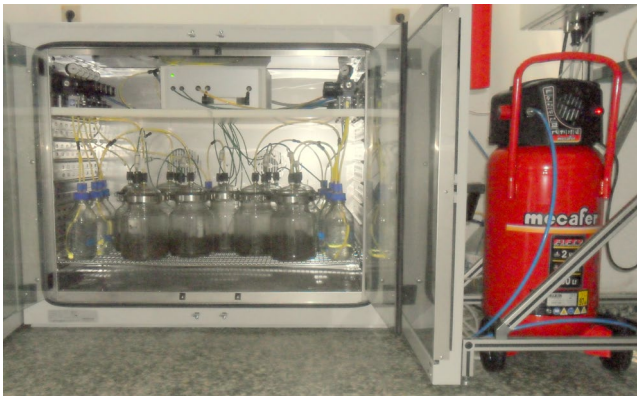


Figura 4. Equipamento UmicLab utilizados nos ensaios de biodegradação dos biofilmes (ISA-UL/PORTUGAL)

No segundo teste com solo T2 e T3 foram utilizadas 900 mg de filme biodegradável Agrobiolfilm® (material teste) para 900 g de solo ajustados a 50% da capacidade de campo. Os tratamentos utilizados foram: solo (testemunha), solo + celulose (controle positivo) e solo + filme biodegradável Agrobiolfilm® (material teste) com duas repetições e mantidos incubados a 25°C durante 60 dias. O solo + celulose não foi realizado, uma vez que esses solos já foram previamente utilizados e tiveram seu controle de atividade já realizado. Nos testes em Portugal a celulose e o filme biodegradável Agrobiolfilm® foram cortados em pedaços menores que 2mm e o solo foi continuamente aerado (fluxo de ar de 150 mL/min) e as medições de CO₂ foram armazenadas continuamente no PC para aquisição de dados. Os dados foram submetidos à análise de variância e a diferença entre as médias foi determinada seguindo o procedimento de Tukey (α 0,05).

Comparação entre as metodologias

Para a comparação das metodologias foi realizado um teste de biodegradação em Portugal e Brasil utilizando o mesmo

filme biodegradável e solo, conforme a descrição das metodologias apresentadas na Tabela 2. Os resultados estão apresentados na Tabela 3 em que é possível verificar que a taxa de biodegradação foi significativamente mais elevada no teste de fluxo contínuo (Portugal) quando comparado com o teste de fluxo descontínuo (Brasil).

Tabela 3. Resultados da comparação entre metodologias durante os 60 dias de incubação

	Comparação entre as metodologias (Portugal e Brasil)			
	Emissão de CO ₂ (mg CO ₂ g _{soil} ⁻¹)		Taxa de biodegradação (%)	
	Solo	Solo + Agrobiofilm®	Agrobiofilm®	Celulose
Descontínuo	0.6	1.20	18.7a	31.6a
Brasil	9			
Contínuo	1.8	3.04	48.9b	99.2b
Portugal	8			

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a $\alpha=0.05$.

A taxa de biodegradação do Agrobiofilm® e celulose foi cerca de três vezes maior no teste de aeração com fluxo contínuo, pois a aeração contínua aumenta a difusão do oxigênio em todo o solo levando a uma maior atividade dos microrganismos na

biodegradação da matéria orgânica (INNOCENTI, 2005; WALPOLA e ARUNAKUMARA, 2010; COSTA et al., 2014; PADILHA et al., 2014).

Este aumento é observado também na liberação de CO_2 do solo testemunha com um valor de 1,88 mg CO_2/g solo no fluxo contínuo contra 0,69 mg CO_2/g solo no teste descontínuo.

Na Figura 5 ao analisar a dinâmica da biodegradação do filme biodegradável no modo descontínuo, podem ser distinguidos dois estágios na curva. No início ao longo dos primeiros 5 dias de incubação espera-se que o crescimento das células vivas no meio esteja associado ao início do processo de biodegradação. Do 5º dia de incubação até o final do ensaio aos 60 dias, a taxa de biodegradação aumentou lentamente como mostrado na Figura 5.

Ao analisar a dinâmica da biodegradação do Agrobiolfilm® no fluxo contínuo podem ser distinguidos dois estágios na curva presumivelmente correspondendo a diferentes eventos ao longo do processo de biodegradação. No início ao longo dos primeiros 15 dias de incubação espera-se que o crescimento de células vivas no meio esteja associado ao início do processo de

biodegradação. Nos 15º a 38º dias de incubação seguintes, a taxa de biodegradação aumentou acentuadamente como mostra a Figura 5.

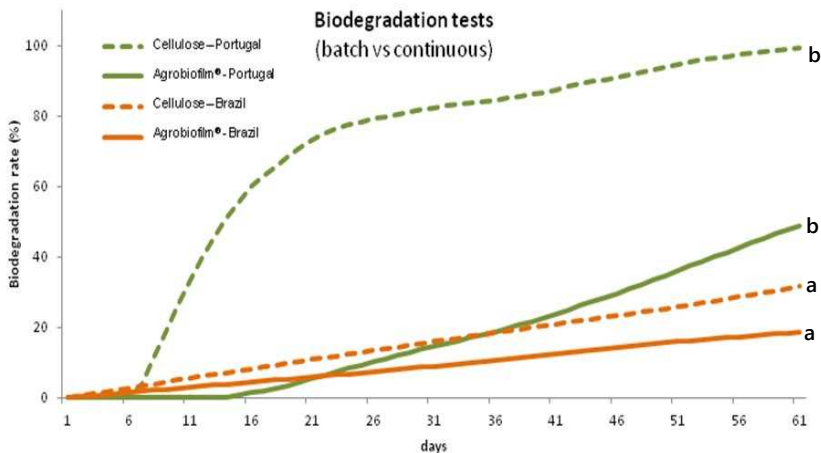


Figura 5. Resultados da taxa de biodegradação no solo pelos métodos de (a) fluxo descontínuo-batch (Brasil) e (b) fluxo contínuo (Portugal)

Em relação ao controle positivo com celulose observa-se que entre o 5º e o 15º dia a biodegradação é quase exponencial no teste de fluxo contínuo enquanto em condições de fluxo descontínuo nota-se um comportamento linear. Após 60 dias a celulose atingiu quase 100% de biodegradação no teste de fluxo contínuo, contra 31,6% no fluxo descontínuo, esses resultados demonstram que a

aeração contínua é favorável à atividade dos microrganismos durante a biodegradação de carbono no solo.

A biodegradabilidade em diferentes tipos de solos

Para avaliar o efeito das características do solo na biodegradação do Agrobiofilm® foi realizado um teste respirométrico nos três tipos de solos (T1, T2 e T3) com areação de fluxo contínuo. Os resultados estão apresentados na Tabela 4, verifica-se que a biodegradação no solo T1 foi superior em cinco vezes a taxa de biodegradação dos solos T2 e T3. Pelo mesmo tempo o solo T1 apresentou a maior emissão de CO₂ e alcançou a maior taxa de biodegradação quando comparado com o solo T2 e T3. Esse comportamento pode ser devido ao maior teor de matéria orgânica do solo T1 como relatado por outros autores que observaram taxas de biodegradação mais elevadas em solos com maiores teores de matéria orgânica (BARRAGAN et al., 2012; SARAIVA et al., 2012).

A maior biodegradação no solo T1 também pode estar associada com a textura do solo, pois solos com textura média

apresentam uma melhor distribuição no tamanho dos poros promovendo assim uma melhor distribuição do ar e da água para os microrganismos ao contrário das texturas dos solos T2 e T3 (INNOCENTI, 2005; WALPOLA e ARUNAKUMARA, 2010; PADILHA et al., 2014).

Tabela 4. Liberação de CO₂ e taxa de biodegradação em diferentes tipos de solos durante 60 dias de incubação.

Comparação com diferentes tipos de solos			
Tipos de solos	Emissão de CO ₂ (mg CO ₂ g _{solo} ⁻¹)		Taxa de biodegradação (%)
	Solo	Solo+ Agrobiofilm®	Agrobiofilm
T1 – Brasil	1,88	3,04	48,9b
T2 – Portugal	0,58	0,88	10,2a
T3 – Portugal	0,50	0,74	11,2a

**Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a $\alpha=0.05$.

A biodegradação de resíduos orgânicos como filmes biodegradáveis é mais lenta em solos argilosos quando comparada a solos de textura arenosa, uma vez que os minerais de argila criam uma ligação estável com a matéria orgânica (BAYER et al., 2002; SHI e

MARSCHNER, 2012). Ao comparar os resultados no solo T1 com os reportados por Agrobiofilm (2013) em um solo com 25 g/ kg de matéria orgânica e textura argilosa, pode-se verificar que para o mesmo tempo de ensaio (60 dias) a taxa de biodegradação foi cerca da metade da biodegradação alcançada no solo T1. Esses resultados comprovam que a textura do solo pode ser tão importante quanto o teor de matéria orgânica no solo. Ao comparar os resultados dos experimentos T2 e T3 nota-se que o teor de matéria orgânica não é o único fator que influencia a biodegradação. O solo T2 apresenta o maior teor de matéria orgânica quando comparado ao solo T3, mas a biodegradação alcançada não é diferente, uma vez que existem outros fatores que influenciam a taxa de biodegradação. Esses resultados demonstraram que o teor de matéria orgânica não pode ser o único fator considerado na previsão da taxa de biodegradação do Agrobiofilm®.

A partir da análise da Figura 6, verifica-se que o solo T1 possui uma elevada atividade dos microrganismos com 1,88 mg CO₂/g solo contra 0,58 mg CO₂/g solo e 0,50 mg CO₂/g solo dos

solos T2 e T3, respectivamente. De fato, o CO₂ liberado pelo solo T1 é mais de três vezes superior ao quantificado nos solos T2 e T3 o que indica sua maior adequação a biodegradação do Agrobiofilm®.

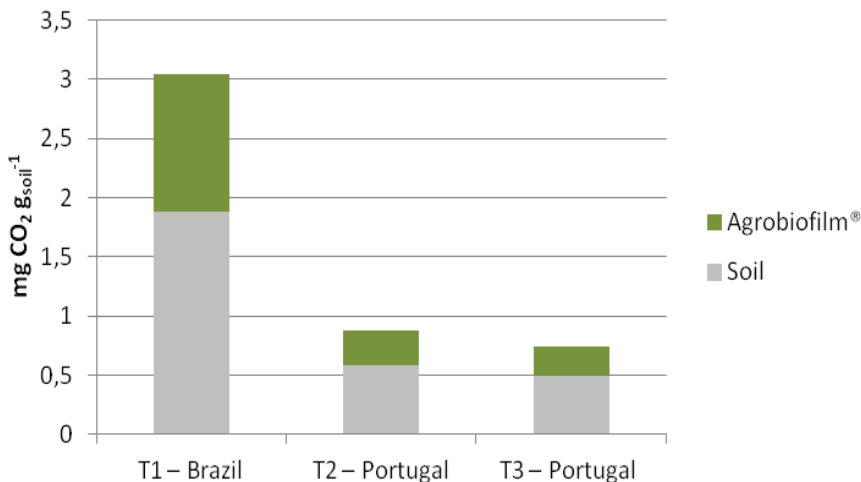


Figura 6. Liberação de CO₂ nos solos T1, T2 e T3.

CONCLUSÃO

A partir deste estudo pode-se concluir que:

- A modificação da metodologia de um sistema com condições de fluxo descontínuo para um de fluxo contínuo causou um aumento na taxa de biodegradação de 2,5 a 3,0 vezes;

- O solo do Brasil tem condições químicas e físicas favoráveis à biodegradação do filme biodegradável;
- O teor de matéria orgânica e a textura do solo influenciaram diretamente na taxa de biodegradação do filme biodegradável;
- É muito importante proceder à caracterização das taxas de biodegradação obtidas em diferentes áreas e tipos de solo onde os filmes biodegradáveis serão utilizados como cobertura de solo;
- As interações entre as características físicas do sol, a matéria orgânica e a taxa de biodegradação do filme biodegradável são complexas e requerem estudos adicionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONSÓRCIO AGROBIOFILM (2013). Agrobiofilm - Plásticos Biodegradáveis para Cobertura de Solo. 1ª Edição Silvex, Biobag & Icse (Ed.) 160 Pp.

BARRAGÁN, D.H., PELACHO, A.M., MARTIN-CLOSAS, L. A respirometric test for assessing the biodegradability of mulch films in the soil. *Acta Horticultura*. v.938, p.369–376, 2012.

BASTOLI, C., (1998). Science and politics of change. *Green Chem.* 59, pp.263.

BAYER, C., MIELNICZUK, J., MARTIN-NETO, L., ERNANI P.R. Stocks and humification degree of organic matter fractions as affected by no-tillage on subtropical soil. **Plant Soil.**v.238, p.133-40, 2002.

BRIASSOULI, D. Mechanical behaviour of biodegradable agricultural films under real field conditions. **Polymer Degradation Stability.** v.91, p.1256–1272, 2006.

CARBONELL-BOJOLLO, R., TORRES, M.A.R.R., RODRIGUEZ-LIZANA, A., ORDÓÑEZ-FERNÁNDEZ, R. Influence of soil and climate conditions on CO₂ emissions from agricultural soils. **Water Air Soil Pollution.** v.223, p.3425-3435, 2012.

COSTA, F.S., BAYER, C., ZANATTA, J.A., MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v.32, p.323-332, 2008.

COSTA, R., SARAIVA, A., CARVALHO, L., DUARTE, E. The use of biodegradable mulch films on strawberry crop in Portugal. **Scientia Horticultura**, 173, p.65–70, 2014.

INNOCENTI, F.D. Biodegradation Behaviour of Polymers in the Soil. In: Bastioli, C. Handbook of biodegradable polymers. United Kingdom: **Rapra Technology Limited**. p.57-108, 2005.

ISO, 2003. Plastics—determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials in soil by measuring the oxygen demand in a respirometer or the amount of carbon dioxide evolved. In: DIN EN ISO 17556. ISO.

KYRIKOU, I., BRIASSOULIS, D. Biodegradation of agricultural plastic: a critical review. **Journal Polymer Environmental**. v.15, p.125–150, 2007.

LAMONT, WJ (1999). Vegetable Production Using Plasticulture. In: <http://www.agnet.org>.

MARIANI, P.D.S.C. (2008). Estudo da biodegradação da blenda poli (ϵ -Caprolactona)/Amido modificado/proteína isolada de soja em diferentes solos: Caracterização dos produtos formados e avaliação da toxicidade. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas São Carlos, SP

MEI, L.H.I., MARIANI, P.D.S.C. (2005). Visão geral sobre polímeros ou plásticos ambientalmente degradáveis (PADs). Campinas: Editora e Gráfica Flamboyant, v.1, pp.41.

MORENO, M.M., MORENO, A. Effect of different biodegradable and polyethylenemulches on soil properties and production in a tomato crop. **Science Horticulturae**. v.116, p.256–263, 2008.

PADILHA, K.M., FREIRE, M.B.G.S., DUDA, G.P., SANTOS, U.J., SILVA, A.O., EDIVAN SOUZA, E.R. Indicadores biológicos de dois solos com a incorporação de subproduto da agroindústria de café. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**. v.38, p.1377-1386, 2014.

RODELLA, A.A., SABOYA, L.V. Calibration for conductimetric determination of carbon dioxide. **Soil Biology and Biochemistry**, 31, p.2059-2060, 199.

SARAIVA, A., COSTA, R., CARVALHO, L., DUARTE, E. The use of biodegradable mulch films in muskmelon cop protection. **Basic Research Journal of Agricultural Science and Review**, v.1, n.4, p.88-95, 2012.

SCARASCIA-MUGNOZZA, G., SCHETTINI, E., VOX, G., MALINCONICO, M., IMMIRZII, B., PAGLIARA, S. Mechanical properties decay and morphological behavior of biodegradable films for agricultural mulching in real scale experiment. **Polymer Degradation Stability**, 91, p.2801–2808, 2006.

SHI, A., MARSCHNER, P. Addition of a clay subsoil to a sandy top soil alters CO₂ release and the interactions in residue mixtures. **Science of the Total Environment**, 465, p.248-254, 2012.

SONG, Z., YUAN, H., KIMBERLEY, M.O., JIANG, H., ZHOU, G., WANG, H. Soil CO₂ flux dynamics in the two main plantation forest types in subtropical China. **Science of the Total Environment**, v.444, p.363-368, 2013.

WALPOLA, B.C., ARUNAKUMARA, K.K.I.U. (2010). Decomposition of gliricidia leaves: The effect of particle size of leaves and soil texture on carbon mineralization. **Journal Tropical Agricultural Research Extension**, 13, p.20-23, 2010.

Wetlands Biosciences. (2009). UMIC Lab1 user's guide. Vol. 7

CAPÍTULO 6

Emissão de CO₂ e biomassa microbiana em solos sob cobertura com filme biodegradável, polietileno e casca de arroz

¹Nara Lucia Perondi Fortes, ¹Gustavo Tadeu Alvarenga Marques de Souza, ¹Paulo Fortes Neto, ²Artur Saraiva, ²Raquel Alexandra Cardoso Costa, ²Elizabeth da Costa Neves Fernandes de Almeida Duarte, ³Alana Cristina de Oliveira

RESUMO

No Brasil, em 2010, cerca de 2.500 t de filmes de cobertura foram utilizados na horticultura. Após a colheita as coberturas de polietileno são frequentemente enterradas ou queimadas como resíduos, uma vez que a reciclagem de películas é demorada e dispendiosa devido ao elevado custo de mão de obra para a remoção. Os filmes biodegradáveis apresentam-se como uma

¹ Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Universidade de Taubaté, Rua 4 de março, 432, Centro, Taubaté-SP, Brasil, CEP 12020-270, paulo.fortes@unitau.br

² Landscape, Environment, Agriculture and Food (LEAF), Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa – Portugal eduarte@isa.ulisboa.pt

³ Discente da Graduação em Agronomia, Universidade de Taubaté, Rua 4 de março, 432, Centro, Taubaté-SP, Brasil, CEP 12020-270

alternativa ao uso do polietileno, uma vez que são incorporados no solo com resíduos culturais no final do ciclo da cultura. Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a biodegradação de diferentes tipos de coberturas em solos tropicais. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com cinco repetições e quatro tratamentos: solo sem cobertura (SC), palha de arroz (PA), cobertura de polietileno (CP) e cobertura de filme biodegradável (FB). No laboratório, um teste respirométrico foi realizado com o solo, a 70% de capacidade de retenção de água e 28°C. A produção de dióxido de carbono foi medida a cada 2 dias, durante um período de 20 dias. O carbono microbiano também foi determinado pelo método de fumigação, ao final do teste respirométrico. Os resultados mostraram que a cobertura com FB produziu mais dióxido de carbono, 82,01 mg de C-CO₂ g solo⁻¹, do que outras coberturas. O carbono microbiano foi maior na modalidade PA com 21,56 µg C_{mic} g solo⁻¹, seguido por FB com 19,60 µg C_{mic} g solo⁻¹ e menores valores foram encontrados na SC e CP, com 12,18 e 13,57 µg C_{mic} g solo⁻¹, respectivamente. A partir dos resultados obtidos, os maiores valores de CO₂ verificados foram provavelmente devidos a um efeito sinérgico entre o conteúdo de carbono da cobertura morta e a taxa de crescimento do microrganismo.

INTRODUÇÃO

A técnica da cobertura do solo (*mulching*) com polietileno está perfeitamente implementada no mundo inteiro para diversas culturas agrícolas e com benefícios comprovados, tais como aumento de produção e qualidade dos frutos, melhores condições de solo para o desenvolvimento das raízes e controle de plantas infestantes (MILES et al. 2012). No Brasil o filme de polietileno é utilizado como cobertura de solo em uma área de 9 mil hectares, procedimento que apresenta uma tendência de crescimento em torno de 13% ao ano (BLISKA, 2011). Estudos realizados pelo Comitê Brasileiro de Desenvolvimento e Aplicação de Plásticos na Agricultura (Cobapla) constataram que em 2010 foram consumidas cerca de 2.500 toneladas/ano de filmes plásticos de polietileno para cobertura do solo no cultivo de flores, frutas e hortaliças (RETO, 2010).

No entanto, as quantidades de resíduos gerados no final do ciclo produtivo e a dificuldade de enviar estes resíduos para um destino adequado tornam premente o desenvolvimento de uma

solução alternativa ao uso de polietileno na cobertura de solo (GARTHE e KOWAL, 1993).

A contaminação ambiental causada pela queima ou incorporação da cobertura de polietileno no solo, tem levado a comunidade científica a procurar estratégias para minimizar estes problemas ambientais e entre elas está a utilização de filmes biodegradáveis como cobertura de solo, pois o bioplástico por ter em sua composição o amido, tem como vantagem a possibilidade de ser incorporado e biodegradado pelos microrganismos do solo em dióxido de carbono, sais minerais e biomassa microbiana (KYRIKOU e BRIASSOULIS, 2007; SIVAN, 2011; KASIRAJAN e NGOUAJIO, 2012). Dessa forma, a cobertura do solo com filme biodegradável poderá ser uma alternativa para solucionar o problema do destino final do polietileno, pois estudos realizados pelo Projeto Europeu FP7 AGROBIOFILM constataram que o bioplástico apresentou a mesma produtividade e qualidade obtida com o polietileno e ainda teve como vantagem a possibilidade de ser incorporado e biodegradado pelos microrganismos do solo (CONSÓRCIO AGROBIOFILM, 2013).

A biodegradação do filme biodegradável é influenciada pela composição do polímero, temperatura, umidade, fertilidade, matéria orgânica do solo e as condições climáticas da região, talvez essas variáveis interagindo em conjunto ou isoladas sejam responsáveis para explicar os diferentes resultados verificados nos estudos de campo realizados em condições de clima temperado.

Assim Olsen e Gounder (2001) utilizando filme biodegradável na cobertura do solo para a produção de hortaliças na Espanha constataram que 20% do filme foi degradado em 33 dias no verão, 38 dias na primavera, 56 no outono e 83 dias no inverno. Lopez et al. (2007) estudando o cultivo do melão em uma região mediterrânea da Espanha, constataram que o filme biodegradável levou cerca de 120 dias para se decompor após ser incorporado ao solo. Saraiva et al. (2012) constataram que a biodegradabilidade do filme biodegradável e o polietileno não apresentaram diferença significativa em solos com 1% de matéria orgânica, por outro lado, Barragán et al. (2010) observaram elevadas taxas de biodegradação

do filme biodegradável em solos com teores de matéria orgânica acima de 3,9%.

Já estudos realizados em condições de solos tropicais como no Brasil para avaliar a biodegradabilidade do filme biodegradável com outros tipos de cobertura do solo são raros ou inexistentes.

Sendo assim, o presente capítulo tem como objetivo apresentar os resultados da emissão de C-CO₂ e a biomassa microbiana do solo sob cobertura com filme biodegradável, polietileno e casca de arroz.

DESENVOLVIMENTO

O estudo foi realizado no Laboratório de Microbiologia Agrícola e Fitopatologia da Universidade de Taubaté, em Taubaté-SP, Brasil. As amostras de solo foram coletadas a 20 cm de profundidade, 60 dias após a incorporação no solo das coberturas com casca de arroz, polietileno e filme biodegradável. O solo foi classificado como um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico de

textura média (EMBRAPA, 1999) e com a seguinte composição química: pH (H₂O) = 5,8; MO = 21 g dm⁻³; P = 30 mg dm⁻³; K = 3,5 mmol_c dm⁻³; Ca = 30 mmol_c dm⁻³; Mg = 14 mmol_c dm⁻³; H + Al = 18 mmol_c dm⁻³; SB = 47,5 mmol_c dm⁻³; T = 65,5 mmol_c dm⁻³ e V = 73%.

O filme biodegradável da marca Agrobiofilm[®] produzido a partir de um copoliéster alifático/aromático com matriz de amido (Mater Bi[®]) foi produzido e doado pela empresa portuguesa SILVEX Indústrias de Plásticos e Papeis S.A.

Para a determinação da liberação de C-CO₂ pesou-se 100 g de solo peneirado e seco ao ar e depois adicionou-se água destilada para ajustar a umidade do solo para 70% da capacidade de retenção de água (CRA). Após o ajuste da umidade o solo foi colocado dentro de um frasco de vidro (2L) e ao lado do solo foi colocado um recipiente contendo 40 mL de solução de hidróxido de sódio 0,5 mol L⁻¹ para absorver o CO₂ liberado do solo. Os frascos de vidros, depois de fechados, foram levados para a incubação em uma sala climatizada à temperatura de ±28°C e em ausência de luz durante um período de 15 dias. A cada intervalo de 3 dias foram

realizadas as determinações da quantidade de CO₂ liberado do solo por condutivimetria, conforme metodologia descrita por Rodella e Saboya (1999). O carbono referente à biomassa microbiana do solo foi determinado pelo método de fumigação e extração conforme os procedimentos descritos por Vance et al. (1987).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro blocos e cinco tratamentos: 1-Sem cobertura (SC); 2-Cobertura com casca de arroz (PA); 3-Cobertura com polietileno (CP) e 4-Cobertura com filme biodegradável (FB).

Os resultados foram submetidos a análise de variância e a diferença entre as medias foram avaliadas pelo teste de Tukey a 5%. Os dados foram analisados pelo software "SAS for Windows" (SAS, 2000).

Respiração microbiana do solo

Os resultados da liberação de C-CO₂ acumulada do solo das amostras coletadas nos canteiros sem cobertura e com coberturas de cascas de arroz, polietileno e filme biodegradável, 60

dias após a incorporação das coberturas no solo estão apresentados na Figura 1.

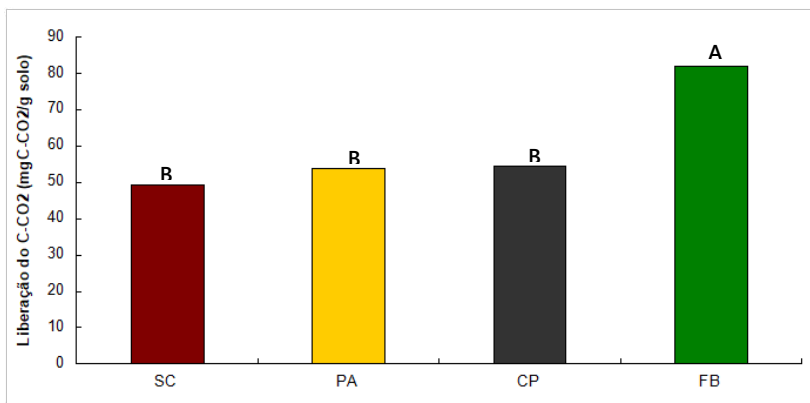


Figura 1. Liberação de C-CO₂ do solo determinado em amostras coletadas nos canteiros sem cobertura (SC) e com coberturas de palha de arroz (PA), polietileno (CP) e filme biodegradável (FB). (Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey).

As emissões de C-CO₂ foram influenciadas significativamente pelos tipos de coberturas incorporadas no solo, sendo os maiores valores observados no solo com incorporação de filme biodegradável e os menores no solo sem cobertura e com incorporação de casca de arroz e polietileno. As médias acumuladas das emissões de C-CO₂ determinadas no período foi de 82,01 no solo sem cobertura, 53,90 na casca de arroz, 54,41 no polietileno e

49,32 mg de C-CO₂ g de solo⁻¹ com filme biodegradável. A diferença entre as emissões de C-CO₂ do solo sem e com incorporação das coberturas foi de 39,86% para o filme biodegradável, 9,35 % para a casca de arroz e 8,50 % para o polietileno. Esses resultados sugerem que a tendência observada, poderá estar associada à biodegradação do filme biodegradável, pois a sua incorporação no solo pode ter disponibilizado moléculas de amido que por serem solúveis foram rapidamente degradadas em glicose e assimiladas pelos microrganismos como fonte de energia e convertidas em emissões de C-CO₂ (BASTIOLI et al. 1990, KASIRAJAN e NGOUAJIO, 2012).

Carbono da biomassa microbiana do solo

Na Figura 2 estão apresentados os valores do carbono da biomassa microbiana determinados nas amostras de solo coletadas nos canteiros sem e com a incorporação das coberturas.

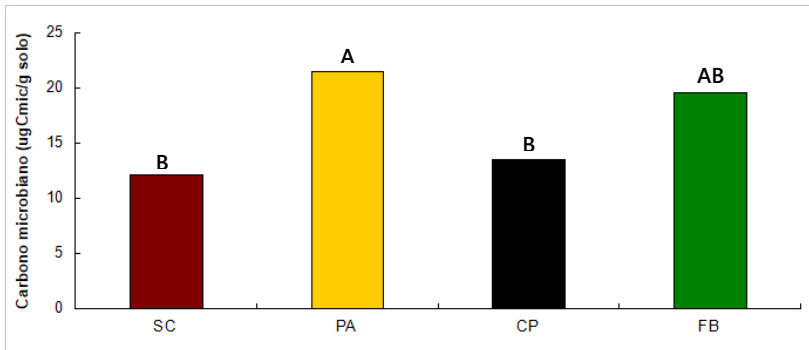


Figura 2. Carbono da biomassa microbiana do solo determinado em amostras coletadas nos canteiros sem cobertura (SC) e com a incorporação das coberturas de palha de arroz (PA), polietileno (CP) e filme biodegradável (FB) no solo. (Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey).

Nota-se que o tipo de cobertura incorporada ao solo influenciou significativamente o teor de carbono microbiano, sendo os maiores valores determinados nos canteiros com coberturas de palha de arroz e filmes biodegradável e os menores no solo sem cobertura e com cobertura de polietileno. As médias do conteúdo de carbono microbiano foram de 21,56 na palha de arroz, 19,60 no bioplástico, 13,57 no polietileno e 12,18 $\mu\text{g C}_{\text{mic}} \text{ g de solo}^{-1}$ no sem cobertura (Figura 2). As coberturas de solo com palha de arroz, filme biodegradável e polietileno proporcionaram um aumento de 43,50;

37,85 e 10,24%, respectivamente, no conteúdo de carbono microbiano do solo quando comparado com o solo sem incorporação de cobertura.

O maior conteúdo de carbono microbiano determinado no solo com a incorporação da cobertura da palha de arroz pode estar relacionado à elevada relação C/N da casca de arroz que ao ser incorporado ao solo favoreceu o processo de assimilação de carbono pelos microrganismos do solo. Dessa forma, nessa condição, a sua decomposição no solo será gradual e com os microrganismos consumindo parte do carbono como fonte de energia e nutriente, e a outra parte do carbono sendo imobilizada para a produção de células microbianas (ALMEIDA et al., 2009). Segundo Oliveira et al. (1999,) isso ocorre porque os resíduos com elevada relação C/N como a palha de arroz apresentam elevados teores de hemicelulose, celulose e lignina e que após serem incorporados ao solo reduzem a taxa de conversão do carbono orgânico em C-CO₂ e elevam a conversão para a produção de carbono microbiano. Já no solo com filme biodegradável o conteúdo de carbono microbiano foi inferior

ao solo com casca de arroz e superior ao solo sem cobertura e com incorporação de polietileno. Nesse caso, o amido existente no filme biodegradável foi utilizado como fonte de carbono e energia pelos microrganismos do solo, pois o amido é um carboidrato solúvel que rapidamente é biodegradado pelos microrganismos do solo e uma grande parte do carbono é convertido em $C-CO_2$ e uma pequena parte é assimilada para a produção de novas células (KASIARAJAM e NGOUJIO, 2012). Entre os tratamentos com coberturas o menor conteúdo de carbono microbiano no solo foi quantificado com a incorporação de polietileno e isso pode ser atribuído ao fato de que a película de polietileno é uma resina termoplástica obtida a partir do etileno polimerizado a alta pressão. Devido ao processo de polimerização a resina termoplástica apresenta em sua composição físico-química característica que conferem ao polietileno ser um material impermeável, inalterável à água e resistente a biodegradação pelos microrganismos (VALENZUELA e GUTIÉRREZ, 1999).

O menor conteúdo de carbono microbiano constatado no solo sem cobertura e com polietileno foi devido principalmente à falta de oferta de carbono orgânico lábil para os microrganismos do solo.

A avaliação conjunta da liberação de C-CO₂ (Figura 1) e a quantidade de carbono microbiano (Figura 2), observada nos locais com adição de palha de arroz e filme biodegradável, permitem inferir que a incorporação desses materiais no solo ocasionou mudanças nos padrões metabólicos dos microrganismos. Assim no solo com adição de palha de arroz a comunidade microbiana decompositora predominante foi composta por microrganismos com maior capacidade para imobilizar o carbono. Por outro lado, a incorporação de filme biodegradável estimulou as comunidades microbianas com capacidades metabólicas para imobilizar e mineralizar o carbono durante a biodegradação do bioplástico no solo. De acordo com Moreira e Siqueira (2006), essa alteração metabólica que ocorre entre a comunidade microbiana do solo está relacionada ao conteúdo de carbono label existente no resíduo orgânico incorporado ao solo.

CONCLUSÃO

-O filme biodegradável apresentou uma biodegradabilidade mais elevada no solo do que as coberturas com palha de arroz e polietileno.

-A incorporação do filme biodegradável estimulou o desenvolvimento de comunidades microbianas imobilizadoras e mineralizadoras de carbono orgânico no solo.

-A biodegradabilidade variou de acordo com a disponibilidade do carbono orgânico presente na composição química das coberturas de palha de arroz, filme biodegradável e polietileno.

- As medidas de liberação de C-CO₂ e de carbono da biomassa microbiana foram sensíveis à incorporação das coberturas de palha de arroz, filmes biodegradáveis e polietileno no solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONSÓRCIO AGROBIOFILM (2013). Agrobiofilm - Plásticos Biodegradáveis para Cobertura de Solo. 1ª Edição Silvex, Biobag & Icse (Ed.) 160 Pp.

ALMEIDA, D., KLAUBERG FILHO, O., FELIPE, A.F., ALMEIDA, H.C. Carbono, nitrogênio e fósforo microbiano do solo sob diferentes coberturas em pomar de produção orgânica de maçã no sul do Brasil. **Bragantia**. v.68, n.4, p.1069-1077, 2009.

BARRAGÁN, D.H., PELACHO, A.M., MARTIN-CLOSA, L. A respirometric test for assessing the biodegradability of mulch films in the soil. **Acta Horticultura**.v.938, p.369–376, 2012.

BASTIOLI, C. Science and politics of change. **Green Chemistry**. 59, pp.263, 1998.

BLISKA, A. Plasticultura e Cultivo Protegido: Informação e Planejamento são Indispensáveis. **Revista Plasticultura**. n. 2, p. 8, 2011.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. (1999). Sistema brasileiro de classificação de solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro, 412p.

GARTHE, J.W., KOWAL, P.D. (1993). Recycling used agricultural plastics. Penn State Fact Sheet C-8.

KASIRAJAN, S., NGOUJIO, M. Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications: a review. **Agronomy for Sustainable Development**. v. 32, p. 501-529, 2012.

KYRIKOU, I., BRIASSOULIS, D. Biodegradation of agricultural plastic: a critical review. **Polymer Degradation Stability**. 15, p.125–150, 2007.

MILES, C.R., WALLACE, A., WSZELAKI, J., MARTIN, J., COWAN, T., WALTERS, D. Durability of potentially biodegradable alternatives to plastic mulch in three tomato production regions. **HortScience**. v. 47, n. 9, p. 1270-1277, 2012.

MOREIRA, F.M.S., SIQUEIRA, J.O. (2006). Microbiologia e Bioquímica do Solo. Lavras: UFLA, 729p.

OLIVEIRA, M.W., TRIVELIN, P.C.O., PENATTI, C.P., PICCOLLO M.C. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.34, n.12, p.2359-2362, 1999.

OLSEN, J.K., GOUNDER, R.K. Alternatives to polyethylene mulch film - a field assessment of transported materials in capsicum (*Capsicum annum* L.). **Australian Journal of Experimental Agriculture**. v. 41, p. 93-103, 2001.

RODELLA, A.A., SABOYA, L.V. Calibration for conductimetric determination of carbon dioxide. **Soil Biology and Biochemistry**. 31, p.2059-2060, 1999.

RETO, M.A.S. (2010). Plásticultura -Plásticos propõem aos agricultores explorar benefícios além do simples abrigo do tipo guarda-chuva. Disponível em: <http://www.plastico.com.br/plasticultura-plasticos-propoem-aos-agricultores-explorar-seus-beneficios-alem-do-simples-abrigo-do-tipo-guarda-chuva/>.

SARAIVA, A., COSTA, R., CARVALHO, L., DUARTE, E. The use of biodegradable mulch films in muskmelon cop protection. **Basic Research Journal of Agricultural Science and Review**. v.1, n.4, p.88-95, 2012.

SIVAN, A. New perspectives in plastic biodegradation. **Current Opinion in Biotechnology**. v. 22, p. 422-426, 2011.

Software Statistical Analysis System – SAS. (2002). Procedures guides. Version 6. Cary [EstadosUnidos]: SAS by SAS INSTITUTE –Inc. Cary, NC, USA.

VALENZUELA, P.; GUTIÉRRES, H. (199). Acolchado de suelo mediante filmes de polietileno. *El Agroeconomico*, mayo. Fundación Chile.

VANCE, E.D., BROOKS P.C., Jenkinson D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**. v.19, p. 703-707, 1987.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abobrinha 45, 51, 52

Absorção de nutrientes 87

Água no solo 20, 66, 71, 84, 97

Amido 24, 26, 27, 28, 29, 30, 82, 89, 98, 117, 118, 136, 144, 147, 150

B

Bactérias 27

Biodegradação 8, 14, 30, 31, 32, 45, 47, 48, 49, 51, 58, 59, 60, 115,
116, 117, 118, 119, 120, 121, 125, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133,
134

Biomassa microbiana 8, 14, 139, 142, 145, 148, 152

C

Calcisols 120

Carbono microbiano 140, 148, 149, 150, 151

Celulose 126

Consumo de água 21, 83

E

Emissões de CO₂ 25, 119

Erva daninha 66

F

Ferrasols 120

Fungos 27, 60

Frutos 8, 21, 22, 23, 32, 36, 40, 41, 52, 53, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71,
72, 77, 86, 106, 109, 140

G

Germinação 22, 60, 67, 76, 103

H

Hortaliças 7, 13, 15, 16, 18, 31, 32, 45, 46, 56, 66, 67, 108, 109, 141,
142

I

Irrigação 15, 21, 35, 39, 41, 45, 47, 54, 65, 79, 83, 89, 95, 98, 109, 113,
114

L

Latossolo Vermelho Amarelo 64, 88, 144

Lixiviação 15, 20, 30, 66, 85, 100

M

Macrofauna do solo 16, 18, 45, 56

Mater Bi® 144

Matéria orgânica 31, 32, 66, 116, 118, 119, 128, 130, 131, 132, 134,
142, 143
Massa seca 21, 67, 103
Microrganismos 16, 15, 19, 26, 27, 30, 33, 99, 117, 118, 127, 130, 131,
132, 141, 142, 147, 149, 150, 151
Mineralização do nitrogênio 20, 85, 99
Morango 19, 33, 41, 45, 48, 49, 51
Mulching 7, 13, 15, 17, 35, 37, 38, 39, 42, 43, 78, 80, 108, 137, 140

P

Pimentão 7, 8, 32, 45, 48, 49, 51, 54, 64, 65, 68, 70, 71, 72, 74, 77, 79,
98
Plantas invasoras 8, 16, 21, 22, 32, 52, 64, 65, 82, 83, 90, 101, 102, 103,
104, 105, 107
Produtividade 16, 18, 21, 30, 32, 33, 49, 54, 55, 56, 66, 67, 77, 86, 106,
142

R

Raios solares 66
Reciclagem 23, 130
Respiração basal 118
Restos vegetais 55, 66, 68, 81, 84, 85, 86, 87

S

Superfície do solo 84, 90, 93, 97, 105, 159

T

Temperatura do solo 82, 84, 87, 90, 91, 93, 94, 95, 96, 107

Tomate 32, 45, 49, 51, 54, 57

Tratos culturais 83, 86

U

Umidade do solo 20, 55, 83, 90, 91, 97, 98, 99, 107, 144

Uso agrícola 29

Sobre os autores

Elizabeth da Costa Neves Fernandes de Almeida Duarte, graduada em Engenharia Química, Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra, Mestre em Bioinorgânica pela Universidade de Oxford, Doutora em Engenharia do Ambiente, especialidade em Sistemas Naturais e suas Tensões, pela Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia., Especialista na área de tratamento e valorização agronômica/energética de águas residuais/lamas/bio-resíduos, Professora Catedrática Jubilada no Instituto Superior de Agronomia (ISA) – Universidade de Lisboa, Leciona unidades curriculares nos Mestrados de Engenharia do Ambiente, Alimentar, Zootécnica, Viticultura e Enologia, Segurança Alimentar (FMV-ULisboa).

Nara Lúcia Perondi Fortes, graduada em Biologia pela Universidade de Passo Fundo (UPF), Mestre em Microbiologia Agrícola e do Ambiente pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Doutora em Agronomia pela Universidade Estadual de São Paulo (UNESP), Professora de graduação do curso de Agronomia da Universidade de Taubaté (UNITAU) e Professora do Programa de Pós-graduação Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté (UNITAU).

Paulo Fortes Neto, graduado em Agronomia pela Universidade de Taubaté (UNITAU), Mestre em Microbiologia Agrícola e do Ambiente pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Doutor em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP), Professor de graduação do curso de Agronomia da Universidade de Taubaté (UNITAU), Professor dos Programas de Pós-graduação Profissional e Acadêmico em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté (UNITAU) e Coordenador adjunto do Programa Profissional em Ciências Ambientais (UNITAU).

Rita do Amaral Fragoso, graduada em Química Tecnológica pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Doutora em Engenharia Agro-Industrial pelo Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa, Professora Auxiliar no Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa colaborando na docência de unidades curriculares dos cursos de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Engenharia Alimentar e Engenharia Enológica (FMV-ULisboa).



UNITAU

Universidade de Taubaté



ANO INTERNACIONAL DAS
FRUTAS E VEGETAIS

2021

ISBN: 978-65-86914-18-4

CBL



9 786586 914184