

# Análise da degradação de filmes *mulching* em uma câmara de intemperismo acelerado

Palavras-Chave: POLIETILENO, AGRICULTURA, RADIAÇÃO UV-A

**Autores:**

**Guilherme Felipe da Silva Santos, IQ - UNICAMP**

**Prof. Marco Aurélio De Paoli, IQ - UNICAMP**

**Profª. Cassiana Carolina Montagner, IQ - UNICAMP**

**Dr. Luan de Souza Leite (orientador), IQ - UNICAMP**

---

## INTRODUÇÃO:

A cobertura do solo com filmes *mulching* é uma técnica muito utilizada, tendo uma série de benefícios para a produção agrícola global, tais como: controle de temperatura do solo, retenção de umidade e proteção contra ervas daninhas. A escolha da cor do filme é fundamental para atingir os objetivos desejados, por exemplo, o abacaxizeiro tem maior produtividade com a utilização de filme *mulching* preto, o pé de café com o filme branco, enquanto para morangueiro, a cor do filme não influencia (Silva et al., 2021).

Com uma série de benefícios, sua utilização é popularizada a nível global e estima-se que seu uso varia de 5 a 35 kg·km<sup>-2</sup> por ano (Liu et al., 2023). Diante da extensa utilização, seus impactos podem ser notórios, uma vez que é uma das principais fontes de microplásticos terrestres (Huang et al., 2020). Perante tamanha importância, o presente estudo tem como objetivo estudar a degradação de quatro filmes *mulching* de quatro cores distintas (branco, prata, preto e vermelho) durante 24 semanas em uma câmara de intemperismo acelerado (Q-Lab, EUA). Para isso, avaliou-se as mudanças de perda de massa, análise visual, índice de carbonila (IC) e morfologia da superfície nos quatro filmes ao longo do período de degradação.

## METODOLOGIA:

O manuseio das amostras foi realizado em uma sala exclusiva para tratamento de amostras plásticas, com a utilização de instrumentos metálicos devidamente higienizados. Os filmes *mulching*, de polietileno de baixa densidade, foram adquiridos em comércio local. Eles foram recortados em retângulos, com dimensões de 10,5 x 7,5 cm, totalizando uma área de exposição de 59,9 cm<sup>2</sup>. As amostras foram alocadas em porta amostras (Q-Lab, EUA) em pares, totalizando noventa e seis amostras. A exposição foi realizada de acordo com a ISO (2016) - 4892-3 (*Plastics – Methods of exposure to laboratory light sources*), que consiste em uma exposição contínua em duas etapas: (1)

seca, por 8h, à 60°C, com irradiância de 0,76 W·cm<sup>-2</sup> (UV-A) e (2) condensação, por 4h, à 50 °C, sem irradiação.

As coletas foram realizadas uma vez por semana, durante 8 semanas, e após, uma vez a cada 4 semanas, até atingir 24 semanas, priorizando sempre as coletas nas etapas de exposição secas. As amostras coletadas foram armazenadas em envelopes de papel, embrulhadas em papel alumínio e colocadas em dessecador por 24 horas antes das análises.

A espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier, no modo de reflectância total atenuada (FTIR-ATR), foi realizada no equipamento Agilent Cary 630, com 128 scans e resolução de 2 cm<sup>-1</sup> na faixa espectral de 4000 a 400 cm<sup>-1</sup>. O FTIR foi feito em triplicata com três subamostras de 2 x 2 cm. O IC foi calculado pela Equação 1 (Almold et. al., 2020).

$$IC = \frac{\text{área da banda do grupo carbonila (1850 cm}^{-1} \text{ a 1650 cm}^{-1})}{\text{área da banda do grupo metileno (1500 cm}^{-1} \text{ a 1420 cm}^{-1})} \quad (1)$$

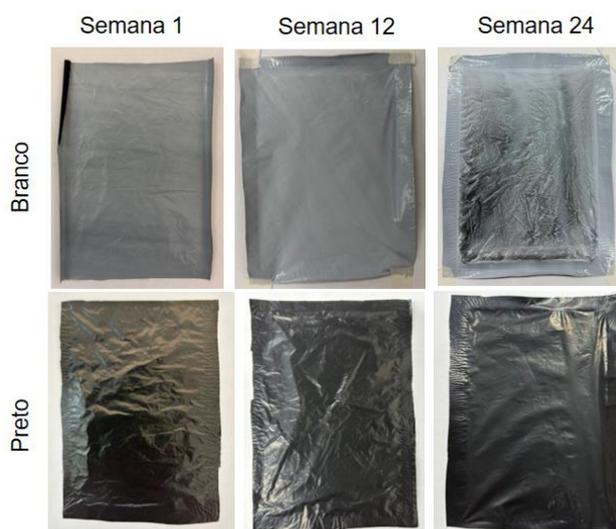
As amostras foram fotografadas para as análises visuais. As análises gravimétricas foram realizadas por pesagem simples, sob uma placa de Petri, numa balança da marca OHAUS (EUA) modelo DV215CD. As morfologias das amostras foram examinadas em um microscópio eletrônico de varredura (MEV) por emissão de campo da marca Quanta FEG 250 (FEI Co., EUA) no modo alto vácuo, as amostras foram montadas em uma fita de carbono e cobre condutor, seguido por revestimento de irídio pulverizado em um instrumento Bal-Tec MD020 (Balzers).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

### *Varição da massa e análise visual*

Os filmes apresentaram aparência consistente e homogênea nas inspeções visuais durante as primeiras 12 semanas (Fig. 1).

**Figura 1 – Fotografias dos filmes *mulching* branco e preto após 1,12 e 24 semanas de exposição.**

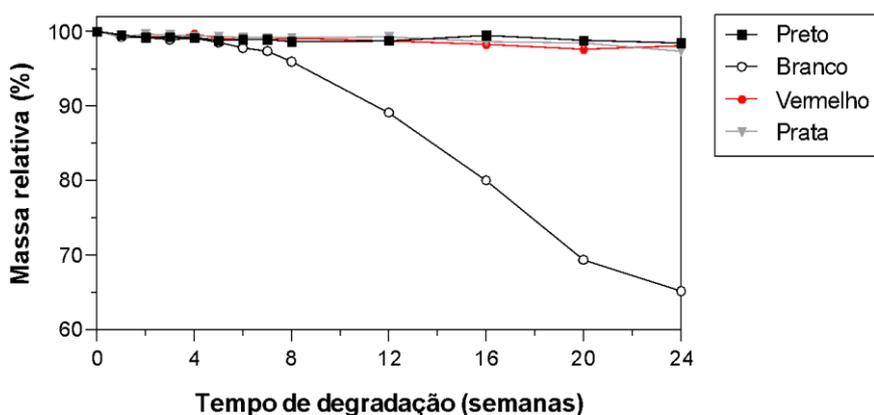


**Fonte: Autoria própria**

Houve enrugamento da área não exposta (moldura externa), indicando uma mudança na disposição física do polímero, com possível contração do filme. A perda de coloração foi evidenciada para o filme branco após 12 semanas, com aumento progressivo da opacidade e remoção da camada branca. Os demais filmes não apresentaram alterações significativas.

O filme branco perdeu cerca de 35% de massa ao longo das 24 semanas de exposição, enquanto os demais tiveram remoções menores que 3% (Fig. 2). A intensa perda de massa pode ser evidenciada pela remoção da camada branca do polímero e aparecimento da camada preta externa (Fig. 1), já que o filme é feito em multicamadas. Tal resultado indica que o filme branco ao ser exposto a radiação UV, pode perder massa e eventualmente gerar microplástico ao ambiente.

**Figura 2 – Variação da massa relativa ao tempo de degradação.**



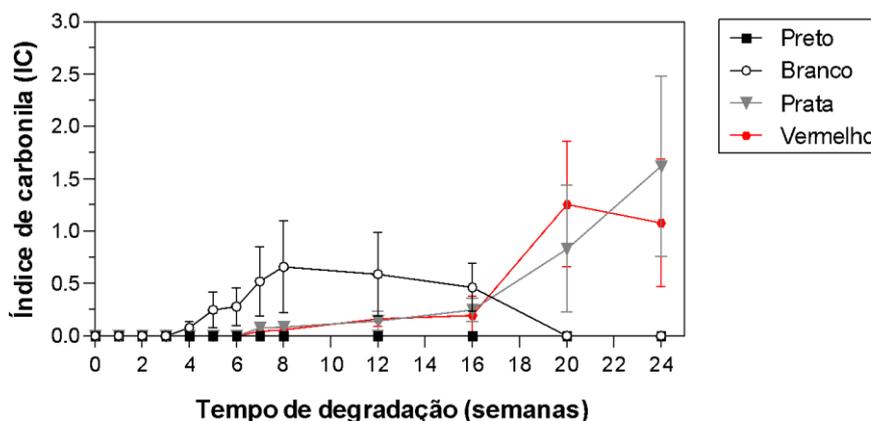
**Fonte: Autoria própria**

### *Índice de carbonila*

A quantidade de grupos carbonílicos é incrementando conforme a ocorrência de reações fotolíticas, fotoxidativas e termoxidativas estimuladas pela incidência de luz ultravioleta (Salem, MA; Farouk, H; Kashif, I., 2002) ocorrem. Tal processo resulta em alterações nas cadeias poliméricas, como remanejamentos e quebras (Du, B.; Lee, C.; Ji, Y., 2024), concomitando na degradação do polímero. Todos os filmes, com exceção do filme preto, apresentam incremento no IC ao longo do tempo de exposição (Fig. 3).

O preto não teve variação no IC, pois o intervalo utilizado para integração e obtenção da área apresenta muito ruído, o que inviabiliza os cálculos. O filme branco apresentou o maior incremento no IC inicialmente, atingindo valor máximo na semana 8 (0,66), e após isso, decaiu até atingir o valor de 0 na semana 20. Tal fato pode ter ocorrido devido a perda de massa intensa durante o tempo de exposição (Fig. 2). Os filmes prata e vermelho começaram a se degradar intensamente após 8 semanas, apresentando o pico da carbonila nos espectros cada vez mais intenso. O filme prata apresentou o maior valor de IC (1,6) após 24 semanas.

**Figura 3 – Variação de índice de carbonila durante o tempo de degradação.**

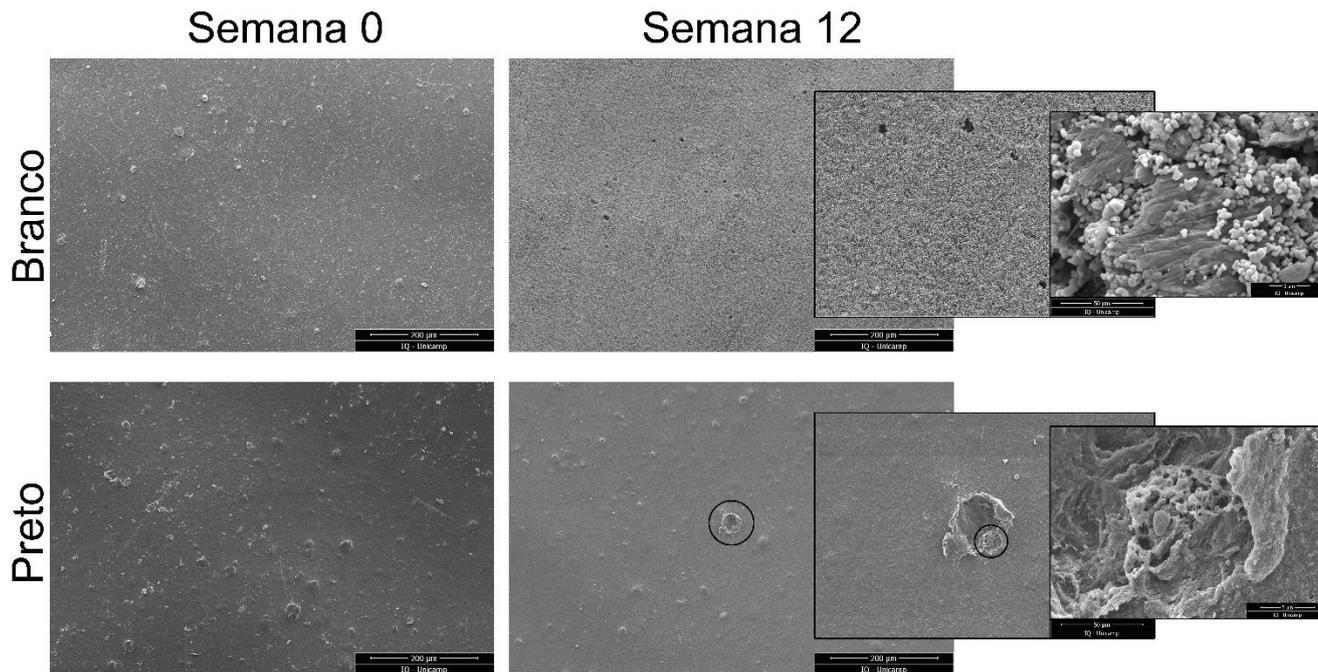


**Fonte: Autoria própria**

#### *Microscopia eletrônica de varredura (MEV)*

Os filmes virgens apresentaram pequenas irregularidades superficiais, o que não se manteve ao longo da exposição. O filme branco foi o mais afetado, devido a intensa degradação apresentada anteriormente, com sua superfície extremamente erodida, com diversas cavidades ao longo do material (Fig. 4). A degradação se mostrou uniforme para o segmento analisado, apresentando diversas imperfeições e cavidades.

**Figura 4 - Imagens dos filmes branco e preto na semana 0 e 12 em diferentes magnificações.**



**Fonte: Autoria própria**

O filme preto apresentou uma superfície com menos irregularidades, comparado ao filme virgem, com uma pequena cavidade (circulada em preto na Fig. 4). Tal depressão pode ser resultado dos processos degradativos ocorridos no material. O polímero apresentou singelos sinais de erosão, e que

aparentemente não se repetem por toda a amostra. O material portanto, não é intemperizado da mesma forma em toda sua extensão, com áreas mais suscetíveis a degradação.

## CONCLUSÕES:

O presente estudo avaliou a degradação de quatro filmes *mulching*, comumente utilizado na agricultura, em uma câmara de intemperismo acelerado. Os filmes tiveram comportamentos distintos na variação de massa e análise visual. O branco sofreu uma degradação significativa e rápida, enquanto os demais (prata, preto e vermelho) apresentaram uma degradação sutil e lenta. Entretanto, a análise microscópica e IC mostraram que esses filmes também sofreram processos de degradação ao longo da exposição, com diversas erosões superficiais e variações na quantidade de grupos carbonílicos. Logo, o estudo demonstra a heterogeneidade da degradação dos filmes *mulching*, fator que deve ser considerado quando eles são aplicados na agricultura devido à geração de microplástico.

## BIBLIOGRAFIA

Hoseini, M.; Steada, J.; Bond, T. Ranking the accelerated weathering of plastic polymers. *Environ. Sci.: Processes Impacts*, 2081-2091, 2023.

Silva, B.; Silva, J.; Martins, M.; Sousa, E.; Ferreira, L. Uso do *mulching* e seus efeitos no desenvolvimento de plantas de interesse econômico: uma revisão narrativa *Agronegócio e sustentabilidade: métodos, técnicas, inovação e gestão*, 6, 68-77, 2021.

Liu, Y.; Zhong, Y.; Hu, C.; Xiao, M.; Ding, F.; Yu, Y.; Yao, H.; Zhu, Z.; Chen, J.; Ge, T.; Ding J. Distribution of microplastics in soil aggregates after film mulching. *Soil Ecol. Lett.* 5, 230171, 2023.

Huang, Y.; Liu, Q.; Jia, W.; Yan C.; Jie Wang, J. Agricultural plastic mulching as a source of microplastics in the terrestrial environment. *Environmental Pollution* 260, 114096, 2020.

International Organization for Standardization. (2016) ISO 4892-3:2016 - Plastics – Methods of exposure to laboratory light sources – Part 3: Fluorescent UV lamps

Almold, J.; Sugumaar, P.; Wezel, M.; Hill, G.; Wallis, C. Determination of the carbonyl index of polyethylene and polypropylene using specified area under band methodology with ATF-FTIR spectroscopy. *e-Polymers* 20, 369-381, 2020.

Salem, M.; Farouk, H.; Kashif, I. Physicochemical changes in UV-exposed low-density polyethylene films. *MACROMOLECULAR RESEARCH*, 10, 3, 168-173, 2002.

Gomes, R.; Fernandes, A.; Waldman, W. How to Measure Polymer Degradation? An Analysis of Authors' Choices When Calculating the Carol Index. *Environmental Science & Technology* 58 (17), 7609-7616, 2024.

Du, B.; Lee, C.; Ji, Y. Study of Factors Affecting UV-Induced Photo-Degradation in Different Types of Polyethylene Sheets. *Polymers*, 16, 2709, 2024.