

ESTUDO COLORIMÉTRICO DA LIXIVIAÇÃO DE FILMES DE POLIESTIRENO ADITIVADO

NAURIENNI DUTRA FREITAS¹; LINCOLN AUDREW CORDEIRO²; PATRÍCIA SCHMITT³; CAMILA CHOLANT⁴; AMANDA DANTAS DE OLIVEIRA⁵

¹Universidade Federal de Pelotas - naurienni@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas - lincolnaudrewcordeiro.lac@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas - patricia.olimitt@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas - camila.cholant@ufpel.edu.br

⁵Universidade Federal de Pelotas - amandaoliveira82@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de materiais poliméricos é fundamental para a inovação de produtos em diferentes setores da indústria devido à sua versatilidade. Quando expostos a solventes ou ambientes específicos, esses materiais podem sofrer reações químicas, causando degradação. Nesse contexto, a incorporação de aditivos nos polímeros é comum para aprimorar suas propriedades (WANG et al., 2020; KHARMOUDI et al., 2024).

Métodos como ensaios de lixiviação avaliam a durabilidade desses materiais, medindo a quantidade de substâncias extraídas na exposição de polímeros ao calor, luz, umidade e produtos químicos. Dessa forma, a espectroscopia UV-Vis é amplamente utilizada para monitorar a liberação de substâncias químicas de materiais sólidos (AGUIRRE et al., 2015; SINGH et al., 2018; FIKAROVÁ et al., 2019; GUO et al., 2020).

A análise de cor também tem um papel importante ao avaliar a estabilidade e a resistência à descoloração dos polímeros após a exposição a diferentes condições ambientais (WROLSTAD et al., 2005; AGUIRRE et al., 2015).

No entanto, métodos colorimétricos tradicionais podem ser complexos, demorados e custosos em aplicações práticas. Com o avanço das tecnologias, dispositivos digitais, como câmeras, smartphones e scanners, vêm ganhando destaque na colorimetria digital (VEIGAS et al., 2012; SINGH et al., 2018; WONGTHANYAKRAM et al., 2019; FERNANDES et al., 2020; FAN et al.; LEWIŃSKA et al., 2021).

Ensaio simples de cor tem se destacado em estudos de pesquisa, apresentando diversas vantagens. Nesse aspecto, a análise com base na detecção RGB (vermelho, verde, azul) tem recebido atenção crescente (SINGH et al., 2018; FERNANDES et al., 2020; LEWIŃSKA et al., 2021). Contudo, ainda não há pesquisas aplicando a tecnologia RGB para detecção de lixiviação de polímeros.

Neste estudo, utilizou-se um método baseado em mudanças de cor para avaliar a lixiviação de poliestireno aditivado com pigmento natural. A análise foi realizada em conjunto com a técnica UV-Vis, que detectou a lixiviação do aditivo em meios neutro, alcalino, ácido e salino. As cores RGB foram capturadas com fotografias e analisadas com software especializado para detectar a perda de material em diferentes meios.

2. METODOLOGIA

Para investigar a liberação de pigmento no poliestireno, amostras foram preparadas a partir de resinas poliméricas de poliestireno contendo 5% de pigmento natural. Os filmes, com e sem pigmento, foram produzidos por *casting* e padronizados com dimensões de 1 cm². Em seguida, as amostras foram imersas por 72 horas em volumes iguais de quatro soluções: água destilada (neutro), NaCl (salino), NaOH (básico) e HCl (ácido). O objetivo foi quantificar a liberação de aditivos e avaliar os efeitos de cada meio. As medições de absorbância foram realizadas com o espectrofotômetro UV-Vis Shimadzu UV-1800. A água destilada foi usada como controle, e as diferenças nos espectros entre as soluções com e sem pigmento foram analisadas para entender o impacto da lixiviação na matriz polimérica.

A análise colorimétrica foi realizada capturando imagens das soluções com pigmento lixiviado, comparadas à solução de resina pura (incolor) em água destilada, usada como controle. A análise RGB (Red, Green, Blue) foi feita com o software ImageColor Picker. Após 72 horas de imersão, as fotografias das soluções foram tiradas com uma câmera de celular Samsung Galaxy J8 (16 MP) sem filtros automáticos, com iluminação controlada por lâmpadas LED de 6500K, posicionando a câmera a 30 cm das amostras em ângulo fixo de 30°. As imagens foram analisadas no software, e os valores RGB extraídos. Na Figura 1 é demonstrada a mudança de cores nas soluções.

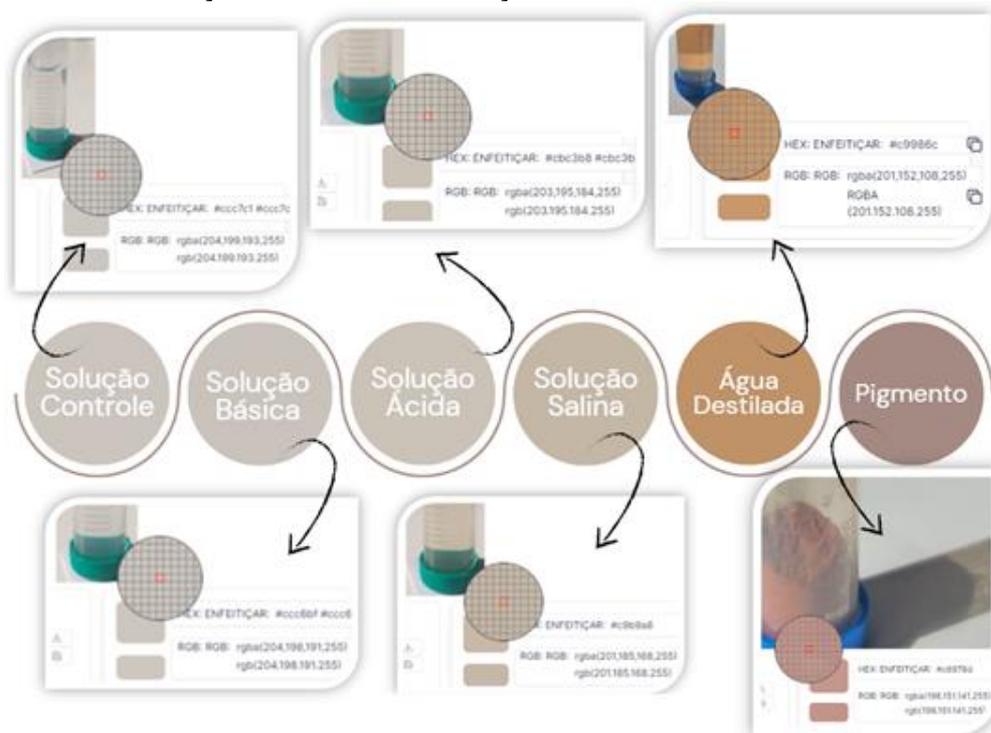


Figura 1: Avaliação das cores das soluções com o software ImageColor Picker.

Comparando os valores RGB das amostras puras e aditivadas, foi possível identificar a presença de aditivos pela coloração marrom característica. A solução controle, composta por resina de poliestireno pura imersa em água destilada, foi utilizada como referência, já que os outros meios também são translúcidos, enquanto a resina pura é naturalmente incolor.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos no ensaio de lixiviação demonstram a concentração de pigmento liberado (em g/mL) nas diferentes soluções ao longo de 72 horas.

As variações de cor observadas através da análise colorimétrica refletem as diferenças na concentração do pigmento nas soluções lixiviadas. Dessa forma, o método de colorimetria demonstrou que a adição de pigmento à matriz polimérica resultou em mudanças significativas na cor das soluções, uma vez que o pigmento utilizado possui tonalidades avermelhadas.

Na Figura 2 é apresentada uma comparação entre os resultados obtidos com a espectroscopia UV-Visível e a análise colorimétrica.

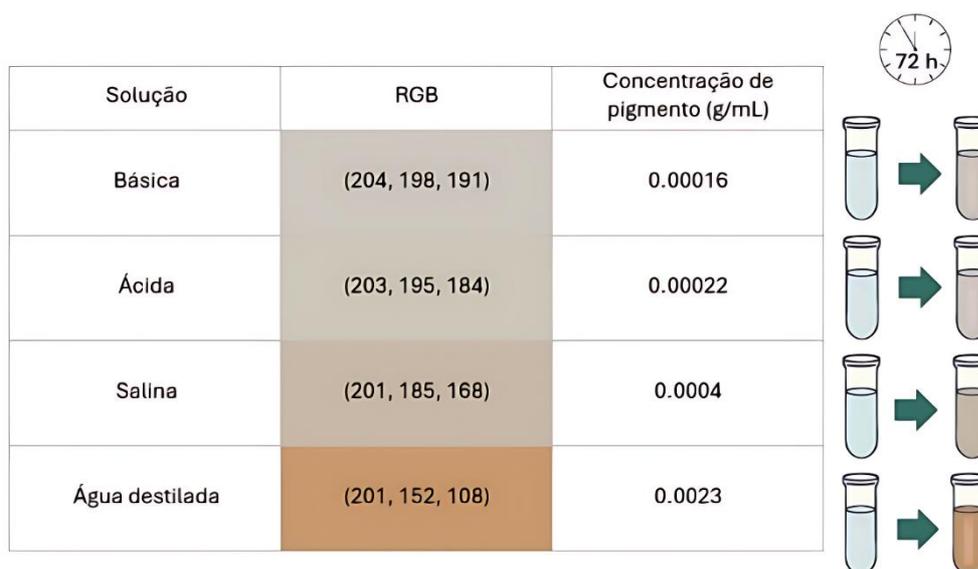


Figura 2: Resultados da Espectroscopia UV-Visível e Colorimetria

Embora a solução controle fosse incolor, uma leve tonalidade cinza foi observada, possivelmente influenciada por superfícies adjacentes, como a tampa do tubo falcon. No entanto, esse efeito foi considerado consistente entre todas as análises, já que as amostras foram fotografadas sob as mesmas condições de iluminação. Para determinar a presença do pigmento, foi utilizado como referência o RGB do material puro, com predominância de tons avermelhados (198, 151, 141).

A análise conjunta dos dados de espectroscopia UV-Visível e colorimetria revelou que a água destilada apresentou a maior liberação de pigmento, com concentração de 0,0023 g/mL e tons mais escuros e avermelhados (RGB: 201, 152, 108). A solução salina apresentou menor concentração de pigmento (0,0004 g/mL), com tons mais claros (RGB: 201, 185, 168). As soluções ácida (0,00022 g/mL) e alcalina (0,00016 g/mL) mostraram liberação ainda menor de pigmento, com predomínio de tons azulados, indicando baixa presença de aditivo (RGB: 203, 195, 184 e RGB: 204, 198, 191, respectivamente). A combinação das técnicas evidenciou que a colorimetria complementa os dados quantitativos da espectroscopia, permitindo uma visualização clara da degradação e liberação de pigmentos nos diferentes meios analisados.

4. CONCLUSÕES

O estudo apresentou um método rápido e eficaz para detectar a lixiviação de aditivos em polímeros. Nessa lógica, a técnica de colorimetria complementa os ensaios de lixiviação, permitindo uma análise abrangente da integridade e estabilidade de materiais poliméricos em condições adversas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIRRE SOTO, A.; HWANG, A.; GLUGLA, D.; WYDRA, J.; MCLEOD, R.; BOWMAN, C.; STANSBURY, J. Coupled UV–Vis/FT–NIR spectroscopy for kinetic analysis of multiple reaction steps in polymerizations. *Macromolecules*. 2015;48:6781–6790. **Macromolecules**, v.48, p.6781-6790, 2015.

FERNANDES, G. M.; DE SOUSA, J.; DA SILVEIRA PETRUCI, J. F.; BATISTA, A. D. Based analytical device for colorimetric detection of Cu²⁺ in Brazilian sugarcane spirits by digital image treatment. **Microchemical Journal**, v.159, p.105463, 2020.

FAN, Y.; LI, J.; GUO, Y.; XIE, L.; ZHANG, G. Digital image colorimetry on smartphone for chemical analysis: **A review. Measurement**, v.171, p.108829, 2021.

FIKAROVÁ, K.; COCOVI-SOLBERG, D. J.; ROSENDE, M.; HORSTKOTTE, B.; SKLENÁŘOVÁ, H.; MIRÓ, M. A flow-based platform hyphenated to on-line liquid chromatography for automatic leaching tests of chemical additives from microplastics into seawater. **Journal of Chromatography A**, v.1602, p.160-167, 2019.

GUO, Y.; LIU, C.; YE, R.; DUAN, Q. Advances on water quality detection by uv-vis spectroscopy. **Applied Sciences**, v.10, n.19, p.6874, 2020.

LEWIŃSKA, I.; SPEICHERT, M.; GRANICA, M.; TYMECKI, Ł. Colorimetric point-of-care paper-based sensors for urinary creatinine with smartphone readout. *Sensors and Actuators B: Chemical*, v.340, p.129915, 2021.

SINGH, G.; RAJ, P.; SINGH, H.; SINGH, N. Colorimetric detection and ratiometric quantification of mercury (II) using azophenol dye: 'dip & read' based handheld prototype device development. **Journal of Materials Chemistry C**, v.6, n.46, p.12728-12738, 2018.

VEIGAS, B.; JACOB, J. M.; COSTA, M. N.; SANTOS, D. S.; VIVEIROS, M.; INÁCIO, J.; BAPTISTA, P. V. Gold on paper–paper platform for Au-nanoprobe TB detection. **Lab on a Chip**, v.12, n.22, p.4802-4808, 2012.

WANG, K.; AMIN, K.; AN, Z.; CAI, Z.; CHEN, H.; CHEN, H.; TANG, B. Z. Advanced functional polymer materials. **Materials Chemistry Frontiers**, v.4, n.7, p.1803-1915, 2020.

WONGTHANYAKRAM, J.; HARFIELD, A.; MASAWAT, P. A smart device-based digital image colorimetry for immediate and simultaneous determination of curcumin in turmeric. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.166, p.104981, 2019.

WROLSTAD, R.; DURST, R.; LEE, J. Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. **Tendências em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.16, p.423-428, 2005.