



COMPÓSITOS DE POLIPROPILENO COM LIGNOSULFONATO E ZIRCÔNIO: MATERIAIS RETARDANTES DE CHAMA LIVRES DE HALOGÊNIO

Keiti Gilioli Tosin e Matheus Poletto

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos e Tecnologias, Universidade de Caxias do Sul - Rua Francisco Getúlio Vargas 1130 - CEP 95070-560, Caxias do Sul, RS, Brasil (kgtosin@ucs.br; mpolett1@ucs.br).

RESUMO

Os compósitos retardantes de chama convencionais frequentemente utilizam substâncias tóxicas que liberam gases perigosos, como compostos halogenados. Alternativamente, aditivos de fontes renováveis são mais seguros e sustentáveis. Este estudo explora compósitos de polipropileno (PP) com lignosulfonato de sódio (LG), fosfato de zircônio (ZrP) e fosfato de amônio (AP). A síntese envolveu processamento em reômetro de torque e moldagem por compressão, com 10%, 18% e 25% de AP em massa. Os materiais foram caracterizados por MEV, TGA e teste de queima UL-94. A morfologia mostrou boa dispersão das cargas e a termogravimetria indicou alterações na degradação do PP. Todos os compósitos demonstraram retardância à chama, com PP/25AP/8LG/5ZrP alcançando classificação V2, reduzindo o tempo de queima em 76,6% e diminuindo os índices de combustão (S) e de ignição (Di) em 25% e 3%, respectivamente. Esses compósitos são promissores como retardadores de chama seguros e eficazes.

Palavras-chave: polipropileno, retardante de chama, lignosulfonato, zircônio.

INTRODUÇÃO

Os compósitos têm sido cada vez mais utilizados em diversas áreas, desde a indústria automotiva até a construção civil, devido à sua alta resistência mecânica e durabilidade. No entanto, a resistência ao fogo desses materiais ainda é uma preocupação, especialmente em aplicações onde a segurança é crítica. Os compostos retardantes de chama podem ser categorizados como halogenados ou não-halogenados. Embora os compostos halogenados sejam frequentemente utilizados em compósitos termoplásticos para retardar a chama, eles apresentam problemas ambientais e riscos para a saúde humana durante o processo de combustão (1). Os aditivos provenientes de fontes renováveis não possuem halogênios e são eficazes na prevenção da propagação de chamas, além de demonstrar capacidade de carbonização e baixa toxicidade (2).

O lignosulfonato é um material de baixo custo e disponível em grandes quantidades por ser obtido como subproduto da indústria de celulose e papel (3). Esse composto pode ser utilizado para aprimorar as propriedades mecânicas de misturas poliméricas (4). Além disso, ele tem potencial como retardante de chama devido à sua estrutura aromática e à presença de grupos sulfonila, hidroxila, fenólicos e carboxila. Esses grupos promovem a formação de ligações químicas e interações com a superfície do material, resultando em uma camada protetora que retarda a propagação do fogo. Além disso, essas interações facilitam a liberação de gases que ajudam a extinguir as chamas (5).

O zircônio, por sua vez, é um aditivo que tem sido utilizado de diversas maneiras por fornecer proteção contra a propagação da chama, principalmente quando modificado em fosfato de zircônio devido à sua resistência térmica e estabilidade química, capacidade de troca iônica e facilidade de esfoliação (6). Além disso, é válido salientar que a presença de íons de zircônio em polímeros pode contribuir para a formação de uma camada protetora que atua retardando a propagação da chama (7). Recentemente, têm sido empregado fosfato de zircônio cristalino (α -ZrP) em compósitos poliméricos devido às suas propriedades de resistência térmica e estabilidade química, capacidade de troca iônica, além da facilidade de intercalação e/ou esfoliação. Dessa forma, o α -ZrP pode ser empregado como uma carga retardante de chama sinérgica para o desenvolvimento de compósitos retardantes de chama (6).

Da mesma forma que o lignosulfonato e o zircônio, o fosfato de amônio também tem sido bastante explorado em compósitos poliméricos contra a propagação da chama (8). É importante salientar que o fosfato de amônio não é prejudicial à saúde em comparação com outros aditivos à base de fósforo, é livre de halogênio e não libera uma quantidade adicional de fumaça em comparação com outros retardadores de chama halogenados (9). Portanto, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver materiais retardantes de chama sem a utilização de halogênios para que possam ser aplicados na indústria de modo a não trazer malefícios ao meio ambiente e a saúde humana caso entrem em combustão.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais necessários para o desenvolvimento dos compósitos termoplásticos foram o polipropileno (PP), fosfato de amônio (AP), lignosulfonato (LG) de sódio e fosfato de zircônio (ZrP). O PP selecionado é um copolímero fornecido pela Braskem, grade CP 442 XP, com índice de fluidez igual a 6 g/10 min (230 °C/2,16 kg). O AP foi fornecido pela Sigma-Aldrich, assim como o ZrP. Já o LG, de nome comercial de Ultrazine NA, na forma de pó, foi fornecido pela Borregaard Linotech Brasil.

Preparação das amostras

Foi analisado como diferentes teores de fosfato de amônio (AP) podem afetar as características térmicas dos compósitos termoplásticos. Os teores para análise foram estabelecidos em 10, 18 e 25 % em massa (10). A Tabela 1 apresenta a nomenclatura e as formulações dos compósitos que foram sintetizados.

Tabela 1. Compósitos termoplásticos sintetizados. Fonte: O autor (2024).

Amostras	AP*	LG*	ZrP*
PP/10AP/8LG/5ZrP	10	8	5
PP/18AP/8LG/5ZrP	18	8	5
PP/25AP/8LG/5ZrP	25	8	5

AP= fosfato de amônio, LG= lignosulfonato;

ZrP= fosfato de zircônio

* % m/m.

Os materiais necessários para a sintetização dos compósitos foram previamente secos em uma estufa à 80°C por cerca de 8h. Para a mistura dos materiais foi utilizado um reômetro de torque Haake. Primeiramente, os materiais foram processados com uma velocidade de rotação de 60 rpm a 180 °C por 6 min. Os compósitos foram moldados em forma de placas por um processo de moldagem por compressão à uma temperatura de 180 °C e pressão de 10 toneladas por 5 minutos com 3 degasagens a cada 10 segundos. Após, os compósitos foram submetidos a uma prensa fria com pressão de 6 toneladas e 180°C por cerca de 5 minutos. Os corpos de prova foram obtidos por meio do corte das placas, que posteriormente foram caracterizados.

Caracterização

Foi realizada a Microscopia Eletrônica de Varredura das amostras de modo a visualizar a dispersão das cargas na matriz polimérica. A análise foi conduzida utilizando um microscópio eletrônico de varredura por emissão de campo (MEV/FEG) Mira Tescan 3, operando a uma tensão de aceleração de 15 kV. As amostras foram submetidas a fratura criogênica e recobertas com uma camada de ouro. Já a análise termogravimétrica foi executada com um equipamento Shimadzu TGA-50. A taxa de aquecimento foi de 10 °C/min, cobrindo uma faixa de temperatura de 20 a 600 °C. A análise foi realizada sob uma atmosfera de oxigênio para simular as condições reais em que os compósitos serão aplicados posteriormente, utilizando um fluxo de 50 mL/min.

A partir dos resultados obtidos na termogravimetria foi determinada a taxa de perda de massa e as diferentes fases de degradação, visando analisar os parâmetros de combustão das amostras. Entre os parâmetros considerados estão a temperatura de ignição (T_i), a temperatura de queima completa (T_B), o índice de combustão (S), o índice de ignição (D_i), o tempo correspondente à taxa máxima de degradação (t_m), o tempo de ignição (t_{ig}), a taxa máxima de degradação e a taxa média de degradação.

A temperatura de ignição é definida como o ponto em que a taxa de degradação térmica aumenta em 1% por minuto, indicando o início da degradação térmica primária. Por outro lado, a temperatura de queima completa é o ponto em que a taxa de degradação térmica diminui em 1% por minuto, sinalizando o final do processo de degradação térmica. Além disso, o tempo correspondente à taxa máxima de degradação e o tempo de ignição são determinados pelas respectivas temperaturas de máxima degradação e ignição (11).

Com a Equação 1 foi calculado o índice de combustão (S) e o índice de ignição (D_i) foi determinado seguindo a Equação 2. Os parâmetros $(\frac{dm}{dt})$ correspondem à variação de massa com o tempo no ponto máximo de degradação (max) e a média da variação da massa com o tempo (médio) durante todo processo de degradação térmica (11, 12).

$$S = \frac{(\frac{dm}{dt})_{max} (\frac{dm}{dt})_{médio}}{T_i^2 \times T_B} \quad (1)$$

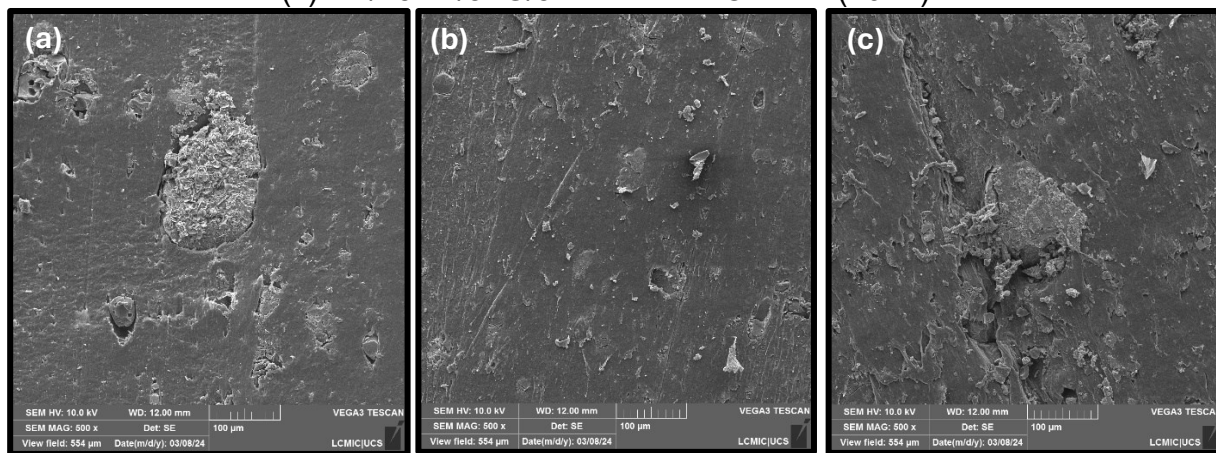
$$D_i = \frac{\left(\frac{dm}{dt}\right)_{max}}{t_m \times t_{ig}} \quad (2)$$

Já o comportamento de flamabilidade dos materiais foi avaliado conforme a norma UL-94. Três corpos de prova foram preparados com espessura de 3,2 mm, largura de 13 mm e comprimento de 125 mm. As amostras foram posicionadas verticalmente usando uma garra e suporte universal, e expostas a uma chama controlada por duas vezes, durante 10 segundos cada. A avaliação considerou se a queima se estendeu até a garra e se houve gotejamento ou fagulhas que incendiassem o algodão colocado na base do suporte.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As morfologias dos compósitos estão apresentadas na Figura 1. Foram modificados os teores do AP, de modo a encontrar uma melhor formulação para os compósitos. Dessa forma, estão apresentadas as micrografias com aumento de 500x para os compósitos PP/10AP/8LG/5ZrP, PP/18AP/8LG/5ZrP e PP/25AP/8LG/5ZrP.

Figura 1. Micrografias (500x) para (a) PP/10AP/8LG/5ZrP, (b) PP/18AP/8LG/5ZrP e (c) PP/25AP/8LG/5ZrP. Fonte: O autor (2024).

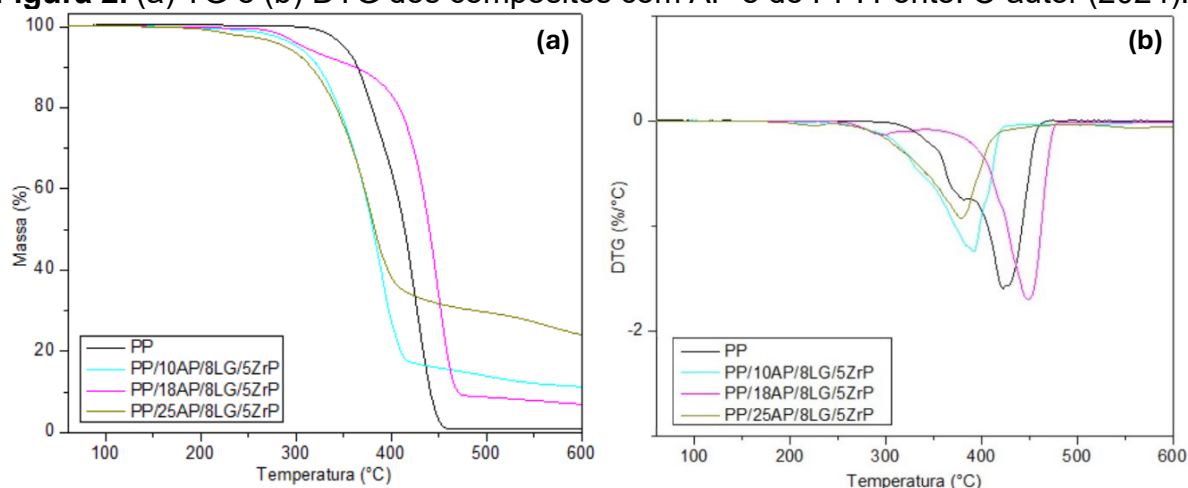


Ao analisar as micrografias é possível perceber que os teores de 18 e 25 % em massa de AP apresentaram uma boa dispersão do composto e homogeneidade do material. Isso ocorre, pois a presença de grupos fosfato pode acabar melhorando a adesão de outros materiais. Porém, observa-se que a adição de 10% em massa do composto não resultou em uma dispersão homogênea na matriz polimérica em

comparação com os outros resultados. Isso indica que a interação entre os aditivos e o polipropileno pode não ter sido suficientemente eficaz nessa concentração. A falta de interação adequada entre os aditivos e a matriz polimérica pode causar problemas de dispersão e distribuição desigual dos aditivos, resultando em regiões com concentrações muito altas ou muito baixas de aditivos. Consequentemente, isso pode levar a inconsistências nas propriedades mecânicas, térmicas e químicas do material (14).

A análise termogravimétrica dos materiais e as curvas derivadas obtidas são apresentadas na Figura 2. Todos os compósitos apresentaram apenas um evento de perda de massa, com exceção do PP/18AP/8LG/5ZrP, que demonstrou um pequeno pico de degradação, seguido por outro mais proeminente. Esse material também demonstrou uma melhora na estabilidade térmica em comparação ao polipropileno. Segundo Prieur et al. (2016), a incorporação de fosfato em conjunto com a lignina induz a uma desestabilização térmica abaixo de 400 °C e melhor estabilidade quando essa temperatura é ultrapassada. Além disso, uma maior redução na taxa de perda de massa na presença de oxigênio pode ser atribuída ao fósforo, que é conhecido por prevenir a oxidação do carvão (16).

Figura 2. (a) TG e (b) DTG dos compósitos com AP e do PP. Fonte: O autor (2024).



A Tabela 2 apresenta os resultados da temperatura em que ocorre a perda de massa de 3%, as temperaturas de degradação máxima ($T_{\text{pico 1}}$ e $T_{\text{pico 2}}$) e o teor de cinzas a 600°C para os compósitos com AP e para o PP. Segundo Cavdar et al. (2019), a temperatura máxima de perda de massa para os compósitos com AP pode ser atribuída à liberação de água e amônia. Os parâmetros $T_{3\% \text{ PD}}$ e a T_{pico} do

compósito PP/25AP/8LG/5ZrP são inferiores ao PP, o que está de acordo com a literatura para retardantes de chama sem halogênios (15). Entretanto, o teor de cinzas remanescentes do PP/25AP/8LG/5ZrP foi o mais alto obtido dentre as amostras, podendo estar associado ao maior teor de AP utilizado. No artigo de Prieur et al. (2016), o material que mais apresentou teor de cinzas remanescentes também foi o que obteve melhores resultados de retardância a chama no teste de perda de massa (16).

Tabela 2. Dados obtidos a partir das análises térmicas para os compósitos com AP e para o PP. Fonte: O autor (2024).

Amostras	T _{3% PD} (°C)	T _{pico 1} (°C)	T _{pico 2} (°C)	Teor de cinzas (600 °C) (%)
PP	341	-	430	0,8
PP/10AP/8LG/5ZrP	284	-	394	11,3
PP/18AP/8LG/5ZrP	292	311	450	6,9
PP/25AP/8LG/5ZrP	263	-	380	24,0

AP= fosfato de amônio, LG= lignosulfonato; ZrP= fosfato de zircônio.

A Tabela 3 apresenta os parâmetros de combustão calculados para o PP e os compósitos com AP em diferentes teores. De maneira geral, todos os compósitos desenvolvidos com AP apresentaram apenas um estágio de perda de massa por volta de 290 °C e temperatura de queima completa em cerca de 419 °C.

Tabela 3. Parâmetros de combustão. Fonte: O autor (2024).

Amostras	T _i (°C)	T _B (°C)	t _{ig} (min)	t _m (min)	$(\frac{dm}{dt})_{max}$ (%/min)	$(\frac{dm}{dt})_{medio}$ (%/min)	Sx10 ⁻⁷ (% ² min ⁻² °C ⁻³)	D _i x10 ⁻² (%min ⁻³)
PP	329,4	457,0	31,5	41,2	15,4	1,7	5,28	1,19
PP/10AP/8LG/5ZrP	290,3	418,2	27,8	37,7	12,6	1,5	5,36	1,20
PP/18AP/8LG/5ZrP	290,3	418,8	27,8	37,5	12,5	1,5	5,31	1,19
PP/25AP/8LG/5ZrP	281,2	420,8	25,5	32,5	9,5	1,4	3,98	1,15

Ao analisar a temperatura de ignição (T_i), observa-se que todos os compósitos apresentaram temperaturas mais baixas que o polímero puro, indicando maior suscetibilidade ao fogo em condições normais de uso. Além disso, todos os materiais também mostraram tempos de ignição (t_{ig}) e tempos médios (t_m) menores em comparação ao PP. No entanto, o compósito PP/25AP/8LG/5ZrP destacou-se por ter os menores índices de combustão (S) e de ignição (D_i) entre as amostras,

provavelmente devido ao maior teor de AP utilizado (8). Em relação ao PP puro, houve uma redução nesses índices de 25% e 3%, respectivamente.

Os resultados correspondem às curvas de TGA apresentadas na Figura 2, onde o compósito PP/25AP/8LG/5ZrP também mostrou um início de degradação mais baixo, mas com maior estabilidade térmica e maior quantidade de cinzas remanescentes (Tabela 2) entre as amostras. Conforme a literatura, além de ser utilizado na indústria para a produção de pigmentos e fertilizantes, o fosfato de amônio também tem mostrado potencial como retardante de chama (15).

Os resultados obtidos para os compósitos no teste de queima vertical conforme a UL-94 estão representados na Tabela 4.

Tabela 4. Resultados obtidos no teste de chama vertical, conforme a UL-94. Fonte: O autor (2024).

Amostras	t^{1a} / t^{2b} (s)	Queima total	Gotejamento	Classificação
PP	14,2 / 110,6	Sim	Sim	NC*
PP/10AP/8LG/5ZrP	157,0 / 109,5	Sim	Sim	NC*
PP/18AP/8LG/5ZrP	145,4 / 140,4	Sim	Sim	NC*
PP/25AP/8LG/5ZrP	19,0 / 7,0	Não	Sim	V2

a: tempo máximo de combustão em 5 amostras depois da primeira ignição de 10 s;

b: tempo máximo de combustão em 5 amostras depois da segunda ignição de 10 s;

* NC: não se aplica.

Observou-se que os compósitos tenderam a apresentar um maior tempo de queima em relação ao PP puro, indicando que esses materiais apresentam melhor retardância à chama. Além disso, o aumento no teor de fosfato de amônio permitiu que o material auto-extinguísse o fogo, não resultando em queima total das amostras. O compósito PP/25AP/8LG/5ZrP teve um tempo total de queima de 84,8 s para os 5 corpos de prova, com uma média de 16,9 s por corpo de prova. Além disso, na análise de combustão o PP/25AP/8LG/5ZrP também apresentou os menores índices de combustão e de ignição, indicando que o teor ideal de aditivo é de 25% em massa. Xia et al. (2018) desenvolveram um compósito retardante de chama de PLA e fosfato de amônia com múltiplos grupos hidroxila, verificando que o aumento no teor do aditivo permitiu alcançar a classificação V0 de acordo com a UL-94 (8).

Para um material polimérico obter a classificação V2 no teste de queima vertical, ele deve ter um tempo de queima individual inferior a 30 segundos e um tempo total inferior a 250 segundos para os cinco corpos de prova utilizados (17). O

compósito PP/25AP/3LG/5ZrP cumpre esses requisitos, qualificando-se como retardante de chama de classificação V2 de acordo com o teste UL-94. Isso indica que esse material tem capacidade de resistir à propagação do fogo, aumentando a segurança em ambientes onde a inflamabilidade é uma preocupação. Essa classificação é particularmente importante em setores como o automotivo, construção civil e eletrônicos, onde é crucial ter materiais com boas propriedades de retardamento de chama para garantir a segurança dos produtos e dos usuários (18).

CONCLUSÃO

A análise por MEV confirmou a incorporação dos aditivos na matriz de polipropileno. Através da termogravimetria (TGA), foram avaliados os índices de combustão e ignição, constatando-se que o compósito com os menores valores também apresentou o melhor desempenho no teste de queima vertical UL-94. Consequentemente, o material PP/25AP/3LG/5ZrP atingiu a classificação V2, sendo considerado um retardante de chama. De maneira geral, os resultados indicam que os compósitos desenvolvidos têm potencial para aplicação como materiais retardantes de chama, oferecendo uma solução promissora para a demanda por materiais mais seguros, eficazes e livres de halogênios.

REFERÊNCIAS

- (1) RASLAN, H. A.; AWAD, E. H. Physico-mechanical and thermal stability of wood flour / waste polypropylene nanocomposites: Impact of flame retardant fillers and gamma irradiation. POLYMER BULLETIN, v. 79, n. 2, p. 1133-1149, 2022. doi.org/10.1007/s00289-021-03562-8.
- (2) ZHAN, J.; WANG, J.; LIN, J.; ZHAO, G.; JI, S.; LI, X.; LI, J.; WANG, G.; CHEN, L.; GUAN, Y.; NACEUR, H. Flame-retardant, thermal and mechanical properties of PLA/ramie fiber composites. POLYMER COMPOSITES, v. 43, n. 7, p. 4244-4254, 2022. doi.org/10.1002/pc.26685.
- (3) TAWIAH, B.; YU, B.; YANG, W.; YUEN, R.; FEI, B. Flame retardant poly (lactic acid) biocomposites based on azo-boron coupled 4,4'-sulfonyldiphenol and its combination with calcium lignosulfonate - Crystalline and mechanical properties. POLYMERS FOR ADVANCED TECHNOLOGIES, v. 30, n. 9, p. 2207-2220, 2019. doi.org/10.1002/pat.4649.

- (4) SCHNEIDER, M.; FINIMUNDI, N.; PODZOROVA, M.; PANTYUKHOV, P.; POLETO, M. Assessment of Morphological, Physical, Thermal, and Thermal Conductivity Properties of Polypropylene/Lignosulfonate Blends. *MATERIALS*, v. 14, n. 3, p. 543, 2021. doi.org/10.3390/ma14030543.
- (5) LI, P.; LIU, C.; XU, Y. J.; JIANG, Z. M.; LIU, Y.; ZHU, P. Novel and eco-friendly flame-retardant cotton fabrics with lignosulfonate and chitosan through LbL: Flame retardancy, smoke suppression and flame-retardant mechanism. *POLYMER DEGRADATION AND STABILITY*, v. 181, p. 109302, 2020. doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2020.109302.
- (6) KHANAL, S.; LU, Y.; DANG, L.; ALI, M. XU, S. Effects of α -zirconium phosphate and zirconium organophosphonate on the thermal, mechanical and flame retardant properties of intumescent flame retardant high density polyethylene composites. *RSC ADVANCES*, v. 10, n. 51, p. 30990-31002, 2020. doi.org/10.1039/d0ra04929h.
- (7) VAHIDI, G.; BAJWA, D. S.; SHOJAEIARANI, J.; STARK, N.; DARABI, A. Advancements in traditional and nanosized flame retardants for polymers — A review. *JOURNAL OF APPLIED POLYMER SCIENCE*, v. 138, n. 12, p. 50050, 2020. doi.org/10.1002/app.50050.
- (8) XIA, L.; JIAN, R.; AI, Y.; ZHENG, X.; ZHAO, B. An effective multi-hydroxy-containing ammonium phosphate towards flame-retarding poly(lactic acid): flame retardance, thermal and pyrolysis behaviors. *JOURNAL OF ANALYTICAL AND APPLIED PYROLYSIS*, v. 134, p. 265-273, 2018. doi.org/10.1016/j.jaap.2018.06.016.
- (9) CAVDAR, A. D.; BORAN, S.; ERTAS, M.; MENGELOGLU, F. Ammonium zeolite and ammonium phosphate applied as fire retardants for microcrystalline cellulose filled thermoplastic composites. *FIRE SAFETY JOURNAL*, v. 107, p. 202-209, 2019. doi.org/10.1016/j.firesaf.2018.11.008.
- (10) LU, Y.; LU, Y.; YANG, Y.; LIU, Y.; DING, D.; CHEN, Y.; ZHANG, G. Guangxian. Synthesis and application of a novel high durable cotton flame retardant rich in P N covalent bonds and ammonium phosphate groups. *CHEMICAL ENGINEERING JOURNAL*, v. 454, p. 140422, 2023. doi.org/10.1016/j.cej.2022.140422.
- (11) PROTÁSSIO, P.; SCATOLINO, M.; CAXITO, A.; OLIVEIRA, A.; FIGUEIREDO, I.; ASSIS, M.; TRUGILHO, P. Assessing Proximate Composition, Extractive Concentration and Lignin Quality to Determine Appropriate Parameters for Selection of Superior Eucalyptus Firewood. *BIOENERGY RESEARCH*, v. 12, p. 626–641, 2019. doi.org/10.1007/s12155-019-10004-x.

- (12) XIANG-GUO, L.; BAO-GUO, M.; LI, X.; ZHEN-WU, H.; XIN-GANG, W. Thermogravimetric analysis of the co-combustion of the blends with high ash coal and waste tyres. *THERMOCHIMICA ACTA*, v. 441, p. 79-83, 2006. doi.org/10.1016/j.tca.2005.11.044.
- (13) ROSA, C. C.; SANTOS, V. F. Supervisor de processo de transformação de plástico por injeção: SENAI (2016) 325 p., 2016.
- (14) FISCHER, J.; CABLE, K.; DADMUN, M. Identifying optimal dispersant aids for flame retardant additives in tetramethyl cyclobutanediol-based copolyesters. *JOURNAL OF APPLIED POLYMER SCIENCE*, v. 139, n. 34, 2022. doi.org/10.1002/app.52811.
- (15) DONG, Y.; LISCO, B.; WU, H.; KOO, J. H.; KRIFA, M. Flame retardancy and mechanical properties of ferrum ammonium phosphate–halloysite/epoxy polymer nanocomposites. *JOURNAL OF APPLIED POLYMER SCIENCE*, v. 132, n. 13, 2014. doi.org/10.1002/app.41681.
- (16) PRIEUR, B.; MEUB, M.; WITTEMANN, M.; KLEIN, R.; BELLAYER, S.; FONTAINE, G.; BOURBIGOT, S. Phosphorylation of lignin to flame retard acrylonitrile butadiene styrene (ABS). *POLYMER DEGRADATION AND STABILITY*, v. 127, p. 32-43, 2016. doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2016.01.015.
- (17) MARTY, J.; IDELSOHN, S. R.; ONATE, E. A Finite Element Model for the Simulation of the UL-94 Burning Test. *CROSSMARK*, n. 54, p. 1783-1805, 2018. doi.org/10.1007/s10694-018-0769-0
- (18) HU, C.; FONTAINE, G.; TRANCHARD, P.; DELAUANAY, T.; COLLINET, M.; MARCILLE, S.; BOURBIGOT, S. In-situ investigation of temperature evolution of drippings via an optimized UL-94 instrumentation: application to flame retarded polybutylene succinate. *POLYMER DEGRADATION AND STABILITY*, v. 155, p. 145-152, 2018. doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2018.07.015.

POLYPROPYLENE COMPOSITES WITH LIGNOSULFONATE AND ZIRCONIUM: HALOGEN-FREE FLAME RETARDANT MATERIALS

ABSTRACT

Conventional flame-retardant composites often use toxic substances that release hazardous gases, such as halogenated compounds. Alternatively, additives from renewable sources are safer and more sustainable. This study explores polypropylene (PP) composites with sodium lignosulfonate (LG), zirconium phosphate (ZrP), and ammonium phosphate (AP). The synthesis involved processing in a torque rheometer and compression molding, with 10%, 18%, and 25% AP by weight. The materials were characterized by SEM, TGA, and UL-94 burning test. The morphology showed good dispersion of the fillers, and thermogravimetry indicated changes in PP degradation. All composites demonstrated flame retardancy, with PP/25AP/8LG/5ZrP achieving a V2 rating, reducing burning time by 76.6%, and decreasing combustion (S) and ignition (Di) indices by 25% and 3%, respectively. These composites are promising as safe and effective flame retardants.

Keywords: polypropylene, flame retardant, lignosulfonate, zirconium.