



Influência do aditivo antichama nas propriedades mecânicas do polipropileno submetido ao envelhecimento acelerado

Scarlett Lalesca Santos de Lima¹, Adriano Puglia Lima², Erick Pinto Marques³, Moises Ferreira Eleuterio Silva⁴, Luciano Pisanu⁵

¹ Senai Cimatec – Avenida Orlando Gomes, 1845, Piatã, Salvador-BA. scarlett.lima@fbter.org.br

² Universidade Federal da Bahia – Avenida Milton Santos, s/n, Ondina, Salvador-BA. adrianopuglia@outlook.com

³ Senai Cimatec – Avenida Orlando Gomes, 1845, Piatã, Salvador-BA. erick.marques@fieb.org.br

⁴ Senai Cimatec – Avenida Orlando Gomes, 1845, Piatã, Salvador-BA. moises.silva@fieb.org.br.

⁵ Senai Cimatec – Avenida Orlando Gomes, 1845, Piatã, Salvador-BA. lpisanu@fieb.org.br

RESUMO

O estudo avaliou uma formulação de polipropileno com aditivos antichama e anti-UV para aplicações na construção civil. A formulação foi testada segundo a norma UL94, sendo classificada como autoextinguível (V0). Os testes mecânicos mostraram que o polipropileno aditivado tem maior módulo de elasticidade, sugerindo maior rigidez, porém com tensão no escoamento e ruptura semelhantes ou ligeiramente inferiores ao PP convencional. A resistência ao impacto Izod do polipropileno aditivado foi significativamente menor, indicando menor capacidade de absorção de energia sob carga de impacto. Quanto à fluidez, o polipropileno aditivado obteve o escoamento aumentado, vantajoso em processos de moldagem. No ensaio de envelhecimento acelerado, houve redução inicial na resistência ao impacto após 30 dias, seguida por estabilização e aumento após 90 dias. As variações no módulo de elasticidade foram atribuídas a mudanças na estrutura molecular. Os resultados obtidos nas formulações se aplicam onde a durabilidade e estabilidade das propriedades mecânicas são severamente solicitadas.

Palavras-chave: Polipropileno, Antichama, Anti-UV, Construção civil.

INTRODUÇÃO

O polipropileno (PP) é um polímero termoplástico preparado cataliticamente a partir do propileno.¹ É amplamente utilizado na indústria de materiais de construção devido às suas características únicas e à sua versatilidade de aplicação. Contudo, a sua alta inflamabilidade e sensibilidade a agentes de oxidação e luz ultravioleta (UV) são aspectos que podem limitar a sua aplicação na construção civil.¹

Partindo dessa premissa, aditivos antichama e antiUV podem ser adicionados ao PP para melhorar suas propriedades. Os retardadores de fogo comerciais mais eficazes para reduzir a inflamabilidade das poliolefinas são os compostos contendo halogênio, sendo o bromo e o cloro os mais amplamente utilizados.² O bromo é o mais eficaz porque interfere no processo de combustão numa fase inicial devido à sua ligação mais fraca com o carbono.² A sua eficácia pode ser aumentada pela combinação com sinérgicos como antimônio, estanho, alumínio ou óxidos de ferro, fósforo e nitrogênio.³ O trióxido de antimônio tem sido o sinergista mais comumente utilizado para retardadores de fogo bromados. Geralmente, vários agentes anti-envelhecimento são adicionados ao PP para prolongar a vida útil, retardar a degradação foto e termo-oxidativa. Entre eles, os estabilizadores de luz de amina impedida (HALS) são, em sua maioria, estabilizadores de luz eficazes contendo o grupo funcional 2,2,6,6-tetrametil piperidina.⁴

Desta forma, a criação de uma formulação que resista ao fogo e as intemperes propiciadas pelo meio ambiente, como a radiação UV torna-se um objeto promissor para a construção civil. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi desenvolver uma formulação polimérica inovadora e altamente eficaz, especificamente projetada para garantir resistência ao fogo e à degradação causada pela exposição aos raios UV, com aplicação direta na construção civil. Visando elevar os padrões de segurança, durabilidade e sustentabilidade das estruturas construídas, proporcionando soluções avançadas e eficientes para o setor da construção.

MATERIAIS E MÉTODOS

Formulação

Para a produção da formulação, foi utilizada uma resina polimérica de polipropileno CP 241 produzidas pela empresa Braskem. Para tornar a resina

polimérica resistente a chama recorreu-se a utilização de aditivos antichama. Os aditivos escolhidos foram o decabromodifeniletano e o trióxido de antimônio ambos os aditivos antichamas halogenados e o estabilizador de luz de especificação comercial SABOSTAB 119 UV. Além disso foi adicionada uma carga mineral, denominada carbonato de cálcio e uma porcentagem de polipropileno reciclado. A Tabela 1 mostra a composição da formulação desenvolvida.

Tabela 1. Composição da formulação polimérica.

Material	Porcentagem (%)
Polipropileno CP 241	50
Polipropileno Reciclado	10
Carbonato de Cálcio	10
Decabromodifenil etano	22
Trióxido de antimônio	7,5
Sabostab	0,5

As formulações foram processadas em uma extrusora dupla rosca corrotacional Kraus Marffei, modelo ZE 30RX50D-UTX-UG com diâmetro de rosca de 30 mm e L/D de 40/30 e comprimento de 1200/1500. Foram adotados como parâmetros de processamento, 300 rpm de velocidade da rosca e temperatura das zonas de aquecimento de: Z1= 30°C, Z2= 175 °C, Z3-4= 180 °C, Z5-7= 185 °C, Z8-9= 190 °C, Z10-11= 195 °C, Z12= 200 °C.

Em seguida, esses materiais foram secados, desumidificados e, posteriormente, injetados os corpos de prova seguindo padrão da norma ASTM (Sociedade Americana de Testes e Materiais) na máquina de marca ROMI, modelo PRIMAX 100R.

Teste de inflamabilidade

O ensaio de flamabilidade foi realizado segundo a norma UL94, com o objetivo de alcançar a classificação V0. Isso foi executado utilizando-se cinco corpos de prova posicionados verticalmente em uma câmara de combustão. Segundo esta norma, o corpo de prova é queimado através de uma chama produzida por um queimador durante um intervalo de tempo de 10 segundos e

posteriormente retirada. Em seguida, após 5 segundos da primeira etapa, o corpo de prova é novamente submetido à chama por mais 10 segundos. Para atingir a classificação V0 a chama tem que se auto extinguir ou extinguir-se em um intervalo de tempo de no máximo 10 segundos.

Ensaio mecânicos

- **Impacto**

O ensaio de resistência ao impacto, foi realizado na máquina da marca CEAST INSTRON 9050, à 23 °C, seguindo a norma ASTM D256 (Resistência ao Impacto Izod).

Os corpos de prova utilizados tinham dimensões de aproximadamente 62 x 12 x 3 mm com entalhe em V de 2 mm em seu centro. Cada corpo de prova foi fixado no suporte do equipamento e submetido a uma energia potencial fornecida por um pêndulo a uma determinada altura girando em torno de seu próprio eixo atingindo o corpo de prova.

- **Flexão**

O ensaio de flexão foi realizado de acordo com a norma ASTM D790, com uma velocidade de 2 mm/min e uma distância entre os suportes de 51 mm em uma máquina universal da marca Emic, modelo DL 2000. Os corpos de prova utilizados possuem dimensões de aproximadamente 127 x 12,7 x 3,20 mm.

- **Fluidez**

A análise de MFI foi realizada conforme descrito na norma ASTM D1238-2013, no equipamento de marca KAYANESS INC. Os parâmetros utilizados foram: temperatura de 230 °C e carga de 2,60 kg.

Ensaio de envelhecimento acelerado

O ensaio de envelhecimento acelerado foi realizado em uma câmara modelo BASS – UUV/2009, as amostras expostas à fonte de radiação UV-A, utilizando lâmpadas com emissão de ultravioleta em torno de 340nm. As amostras ficaram expostas por períodos de 0 – 2190 horas, sendo retiradas amostras com 730, 1460 e 2190, que equivalem a 1 mês, 2 meses e 3 meses, respectivamente de exposição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da formulação polimérica se iniciou com o teste de inflamabilidade seguindo a norma UL94. Neste ensaio foi observado que a formulação passou em V0, o que significa que é autoextinguível e não houve liberação de nenhuma partícula flamejante. Em seguida, ensaios mecânicos foram realizados para avaliar o desempenho desse material para aplicações na construção civil. Desta forma, a Tabela 2 apresenta os dados comparativos do PP e PP aditivado obtidos dos ensaios mecânicos.

Tabela 2. Propriedades mecânicas do polipropileno e do polipropileno aditivado.

Propriedade	PP CP 241	PP aditivado
Módulo de elasticidade (MPa)	1242	1754
Tensão no escoamento (MPa)	13,73	13,68
Tensão na ruptura (MPa)	17,48	14,33
Resistência ao impacto Izod (J/m)	33,50	14,83
Fluidez (g/10 min)	23,23	29,62

Observa-se que polipropileno aditivado tem um módulo de elasticidade maior, indicando uma maior rigidez do material. No entanto, a tensão no escoamento e na ruptura do polipropileno aditivado são semelhantes ou ligeiramente inferiores ao PP convencional. A resistência ao impacto Izod do polipropileno aditivado é significativamente menor do que a do PP convencional, sugerindo uma menor capacidade de absorção de energia sob carga de impacto. Quanto à fluidez, o polipropileno aditivado apresenta uma maior fluidez, o que pode ser vantajoso em processos de moldagem que exigem um material mais fluido.

O aumento do módulo de elasticidade no polipropileno aditivado é atribuído à presença de cargas minerais, como o carbonato de cálcio, que aumentam a rigidez do material. As variações na tensão no escoamento e na ruptura são devido à influência dos aditivos na estrutura molecular do polímero, afetando suas propriedades mecânicas. A redução na resistência ao impacto Izod do polipropileno aditivado é resultado da presença de aditivos que tornam

o material mais rígido e frágil. Já a maior fluidez é devido à presença de aditivos que melhoram a processabilidade do material.

Após a avaliação do teste de inflamabilidade e propriedades mecânicas, foi realizado o ensaio de envelhecimento acelerado para simular, em um curto período de tempo, as condições ambientais de raios ultravioleta às quais o material estará exposto ao longo de sua vida útil. As amostras ficaram expostas por períodos de 0 – 2190 horas, sendo retiradas amostras com 730, 1460 e 2190 horas, que equivalem a 1 mês, 2 meses e 3 meses, respectivamente de exposição. Após este período os corpos de prova de flexão e de impacto foram ensaiados para avaliar se houve perda de propriedades (Figura 1 e 2 respectivamente).

Figura 1. Resistência a impacto antes e após 30, 60 e 90 dias de envelhecimento.

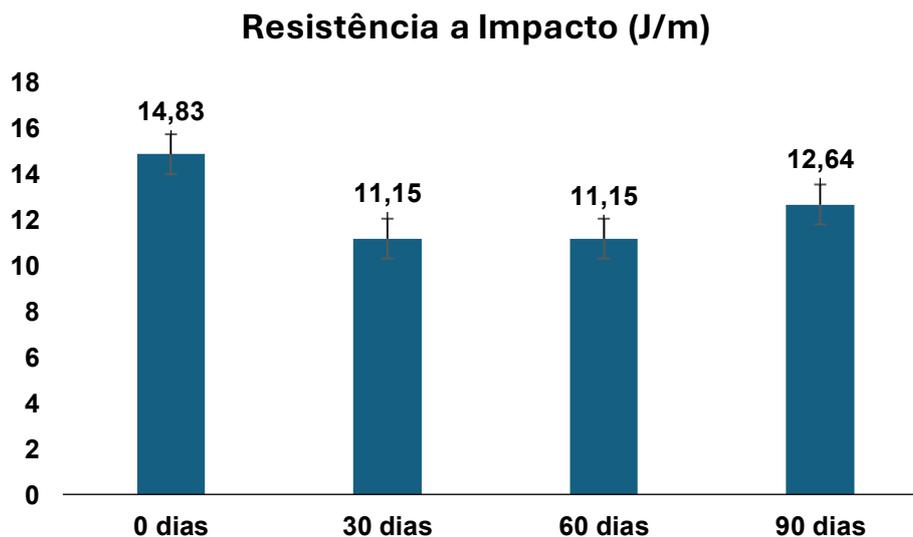
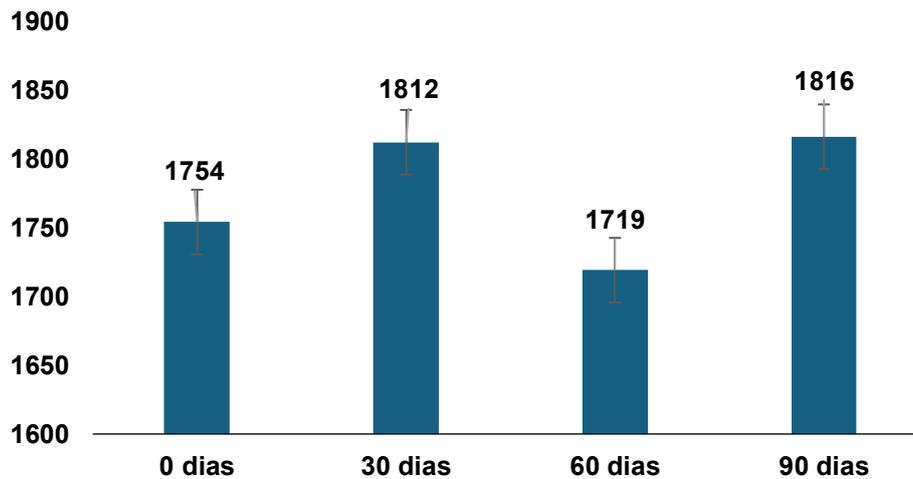


Figura 2. Módulo de elasticidade antes e após 30, 60 e 90 dias de envelhecimento.

Módulo de Elasticidade (MPa)



A redução inicial na resistência ao impacto observada após 30 dias pode estar relacionada a processos de degradação do material, como a quebra de ligações químicas ou a formação de defeitos estruturais. Por outro lado, o aumento subsequente na resistência ao impacto após 90 dias pode indicar que o material passou por um processo de estabilização ou recuperação parcial de suas propriedades.

Da mesma forma, as variações no módulo de elasticidade ao longo do ensaio podem ser atribuídas a mudanças na estrutura molecular do material. Aumentos no módulo de elasticidade podem indicar um aumento na rigidez do material devido à formação de estruturas mais ordenadas, enquanto diminuições podem estar relacionadas à degradação ou relaxamento das estruturas moleculares.

Em suma, os resultados do ensaio de envelhecimento acelerado destacam a importância de considerar os efeitos do envelhecimento em materiais poliméricos, especialmente em aplicações onde a durabilidade e a estabilidade das propriedades mecânicas são críticas. Estudos adicionais podem ser necessários para entender melhor os mecanismos envolvidos nos processos de envelhecimento e suas implicações na performance do material em diferentes condições de uso.

CONCLUSÃO

O desenvolvimento de uma formulação polimérica resistente ao fogo e à degradação causada pela exposição aos raios UV para aplicação na construção civil é de extrema importância devido às exigências cada vez maiores por materiais mais duráveis e seguros. Neste estudo, foi possível observar que a adição do carbonato de cálcio resultou em melhorias significativas nas propriedades do polímero e os aditivos antichama e UV aumentaram sua resistência ao fogo e sua durabilidade quando exposto à luz solar. Além disso, os ensaios de envelhecimento acelerado demonstraram que a formulação desenvolvida manteve suas propriedades mecânicas ao longo do tempo, o que é crucial para sua aplicação na construção civil. Esses resultados indicam que a formulação polimérica desenvolvida neste estudo tem o potencial de ser uma alternativa viável e eficaz para aplicações na construção civil, proporcionando maior segurança e durabilidade às estruturas construídas. No entanto, são necessários estudos adicionais para avaliar seu desempenho em condições reais de uso e para otimizar ainda mais sua formulação.

REFERÊNCIAS

¹ MADDAH, A. H. Polypropylene as a Promising Plastic: A REVIEW. AMERICAN JOURNAL OF POLYMER SCIENCE, v. 6, p. 1-11, 2016. DOI: 10.5923/j.ajps.20160601.01.

² MARNEY, D. C. O.; RUSSEL, L.J.; STARK, T. M. The influence of an N-alkoxy HALS on the decomposition of a brominated fire retardant in polypropylene. POLYMER DEGRADATION AND STABILITY, v. 93, p. 714-722, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2007.12.008>.

³ ZHANG, S.; HARROCKS, A. R. A review of flame retardant polypropylene fibres. PROGRESS IN POLYMER SCIENCE, v. 28, p. 1517-1538, 2003. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2003.09.001>.

⁴ ZHANG, Q. *et al.* Low molecular weight hindered amine light stabilizers (HALS) intercalated MgAl-Layered double hydroxides: Preparation and anti-aging performance in polypropylene nanocomposites. POLYMER DEGRADATION AND STABILITY, v. 154, p. 55-61, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2018.05.027>.

TITLE

Development of a polymeric formulation resistant to fire and degradation caused by exposure to UV rays for use in civil construction.

ABSTRACT

The study evaluated a polypropylene formulation with anti-flame and anti-UV additives for civil construction. The formulation was tested according to the UL94 standard, being classified as self-extinguishing (V0). Mechanical tests showed that polypropylene with additives has a higher modulus of elasticity, suggesting greater rigidity, but with yield stress and rupture similar to or slightly lower than conventional PP. The Izod impact resistance of the additive polypropylene was significantly lower, indicating lower energy absorption capacity under impact load. Regarding fluidity, polypropylene with additives was more fluid, which is advantageous in molding processes. In the accelerated aging test, there was an initial reduction in impact resistance after 30 days, followed by stabilization and increase after 90 days. Variations in the elastic modulus were attributed to changes in molecular structure. The results highlight the success of the formulation for applications where durability and stability of mechanical properties are critical.

Keywords: Polypropylene, Flame retardant, Anti-UV, Civil construction.