

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DE COMPÓSITO DE POLIPROPILENO/FIBRA DE MADEIRA COM POLIPROPILENO RECICLADO EM ATERRO SANITÁRIO^{1a}

Celso Roman Jr, Gabriela B. Cervelin, Barbara C.A. Zoppas², Ana M.C. Grisa, Mara Zeni*

¹ Centro de Ciências Exatas e Tecnologias, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, RS (Brasil). Correo electrónico: e-mail: mzandrad@ucs.br

² Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, RS (Brasil)

Recibido: Enero 2015; Aceptado: Octubre 2015

ABSTRACT

There is a growing search for solutions that minimize environmental problems caused by the disposal of post-consumed polymeric materials. In this work, the influence of the addition of 50% (w/w) polypropylene masterbatch with wood fiber (PPm) in recycled polypropylene (PPr) on the biodegradation after landfill burial was evaluated. The specimens were placed on a landfill in the city of *Farroupilha*–RS. After 90, 180, and 270 days buried, the samples were characterized by compression test, optical microscopies and microbiological analyzes. The compression test showed that the samples with masterbatch incorporation (PP50) had a strength reduction of 10% in compression after 180 days. In the optical microscopies (MO) it was observed adhesion of microorganisms, which indicates degradation processes.

Keywords: Recycled polypropylene, degradation, landfill.

RESUMO

Há uma crescente busca por soluções que minimizem os problemas ambientais causados pelo descarte de materiais pós-consumo poliméricos. Neste trabalho, foi avaliada a influência da adição de 50% (m/m) do *masterbatch* de polipropileno com fibra de madeira (ppm) em polipropileno reciclado (PPr) na biodegradação após aterro enterrado. Os espécimes foram colocados em um aterro sanitário na cidade de *Farroupilha*–RS. Depois de 90, 180, e 270 dias enterrado, as amostras foram caracterizadas por teste de compressão, microscopia ótica e análises microbiológicas. O teste de compressão mostraram que as amostras com a incorporação do *masterbatch* (PP50) houve uma redução de 10% na força de compressão após 180 dias. Nas microscopias ópticas (MO) foi observada a aderência de microorganismos, o que indica os processos de degradação.

Palavras chave: Polipropileno reciclado, degradação aterro sanitário.

INTRODUÇÃO

A adição de cargas a polímeros normalmente tem como intuito reduzir custos, melhorar propriedades e ampliar aplicações. Esses materiais denominados compósitos poliméricos são constituídos por dois ou mais componentes de propriedades físicas e químicas diferentes. Através da combinação formada em um compósito pode-se obter um único material com propriedades similares ou superiores a de seus elementos constituintes [1].

Entre os vários resíduos encontrados em aterros sanitários, a quantidade de compósitos poliméricos é estimada em aproximadamente 20 a 30% do total de resíduos sólidos [2].

Por o descarte desses materiais ser um dos atuais problemas ambientais enfrentados, o desenvolvimento de compósitos de materiais plásticos reforçados com fibras naturais tem sido

¹Presented in the SLAP 2014 – Porto de Galinhas–PE, Brasil, october 2014.

objeto de estudo para amenização de tal problema.

Estes compósitos são denominados biocompósitos. Nestes, as propriedades físicas e mecânicas dependem de variados fatores, especialmente o tipo de matriz polimérica, o teor e propriedades do reforço e a interação entre a carga e matriz [3]. As propriedades mecânicas são amplamente afetadas conforme a dispersão da carga, minimização de espaços vazios e a aderência entre carga/matriz [4]. Um compósito com fraca adesão interfacial comumente possui propriedades mecânicas inferiores [5].

Como os principais componentes químicos das fibras vegetais são polares, tais como celulose, hemicelulose e lignina, essas quando adicionadas a uma matriz polimérica, de caráter apolar, possuem uma fraca adesão interfacial e por consequência, baixas propriedades mecânicas [6]. Isso impede uma melhor dispersão da fibra dentro da matriz, resultando em microaberturas e falhas [7].

Quando o material é exposto ao ambiente, nessas falhas ocorre a absorção de água e umidade, resultando no inchaço das fibras hidrofílicas, originando microtrincas e a consequente degradação das propriedades mecânicas do compósito. A absorção de água também resulta na alteração do peso do material [8].

As fibras naturais, além de serem provenientes de fontes renováveis, também são não tóxicas, não abrasivas e com baixo custo e densidade. São constituídas por celulose, hemicelulose, lignina, pectina e ceras. Um fator importante para a utilização dessa fibra é o reaproveitamento feito de resíduos da indústria madeireira e moveleira. A recuperação dessa matéria-prima é proveitosa para as empresas por amenizar problemas de gestão ambiental e o emprego desses resíduos em compósitos é favorecido pelo seu baixo custo e grande disponibilidade [1].

Além de benefícios econômicos, as fibras são um método de aceleramento da degradação de compósitos, pois através da presença delas, torna-se muito mais fácil a formação de um biofilme na superfície do material. Um biofilme é constituído por uma mistura de microrganismos aderidos a uma superfície e a respectiva deposição de minerais e materiais orgânicos nesta [9].

A biodegradação pode vir a ocorrer pela reação da superfície do biofilme com a superfície da amostra e outros fatores importantes como ligações químicas, composição e massa molecular do material. A ação de enzimas secretadas por fungos e bactérias é a etapa inicial para o início do processo de oxidação. Para as poliolefinas, este processo é o que possibilita o inicio da biodegradação e o ataque por microrganismos [10].

Para compósitos com fibra de madeira, a formação de biofilme é esperada, pois a celulose presente nestas é uma excelente fonte de nutrientes para microrganismos. A absorção de água pelas fibras também contribui para a colonização das superfícies e o inchaço destas.

Após algum tempo de exposição a microrganismos e a umidade, o material pode vir a sofrer a biodegradação da celulose e consequentemente, apresentar propriedades mecânicas inferiores devido à formação de fissuras, furos e irregularidades na superfície do material [11].

EXPERIMENTAL

Preparação das amostras. As amostras foram preparadas adicionando diferentes quantidades de *masterbatch* de fibras de madeira e polipropileno (60/40 m/m) em polipropileno reciclado. O seguinte código foi estabelecido para cada composto: a PPr (apenas polipropileno reciclado), PP50 (50% *masterbatch* e 50% polipropileno reciclado) e PPm (masterbatch apenas). As amostras foram preparadas com a secagem dos materiais, durante 12 horas a 70°C e em seguida injetadas em injetora convencional marca HIMACO 150/80 com temperaturas de processamento de 170–185°C.

Após o preparo, as amostras foram enterradas no aterro sanitário da cidade de *Farroupilha* – RS para monitoramento da degradação em diferentes tempos e condições ambientais. As amostras colocadas em uma tela de polietileno e enterradas 1 m de profundidade (Figura 1). As amostras foram coletadas após 90, 180, e 270 dias de deposição. As amostras foram lavadas conforme norma ASTM D6288–89 [12] adaptada, e secas em dessecador por 48 horas.

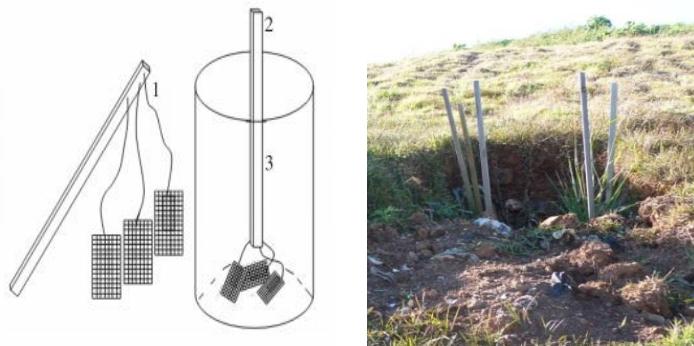


Figura 1. M étodologia utilizada para deposi o das amostras no aterro sanitário.

Propriedades mecânicas. Os ensaios de resistência à compressão foram realizados antes e após disposição em aterro sanitário, segundo a norma ASTM D695–10 adaptada, em uma máquina universal de ensaios *EMIC–DL3000*.

Microscopia óptica (MO). As micrografias ópticas (MO) foram realizadas nas amostras de PPm utilizando um microscópio com câmera acoplada, marca *Nikon Epiphot 200*.

Inoculação em *Sabouraud*. Análises microbiológicas foram feitas em amostras recolhidas da água de lavagem e da terra depositadas nestas, e posteriormente analisadas através da técnica de Inoculação em *Sabouraud*. 6 alçadas de terra macerada e homogeneizada foram diluídas em 1 mL de

água destilada. Após homegeinizaçao da mistura, 2 alçadas desta foram inoculadas em placas de agar-Sabouraud por 10 dias a 25°C.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ensaios de resistência à compressão foram realizados em amostras de PPr, PP50 e PPm, antes e após 90, 180, e 270 dias de deposição no aterro. Obtiveram-se os resultados apresentados na figura 2. Os resultados apresentados na figura 2 mostram que as amostras depositadas em aterro sanitário tiveram alterações de resistência mecânica. O material polimérico sem a adição de máster com fibras (PPr) obteve um pequeno aumento nas propriedades mecânicas. Este devido a uma pequena reticulação que ocorre em poliolefinas no início da degradação [13].

As amostras de PP50 apresentaram uma diminuição na resistência mecânica após o período de 180 dias depositadas no aterro sanitário. Houve uma diminuição média de 10% na resistência mecânica, a qual se manteve estável após 270 dias de deposição. As amostras de PPm após 90 dias depositadas reduziram suas propriedades mecânicas em 18%, as quais se mantiveram estáveis na retiradas de 180 e 270 dias. Este fator ocorre devido à absorção de umidade pelas fibras e consequentemente, a fragilização do compósito.

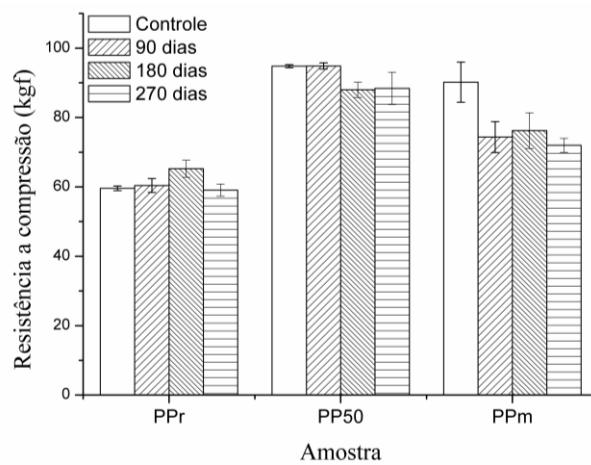


Figure 2. Resultados das propriedades mecânicas do ensaio de compressão.

Na retirada das amostras do aterro sanitário, nos períodos de tempo, foram realizadas Microscopias Ópticas das amostras de PPM. Na primeira retirada observou-se a presença de hifas (Figura 3). Já na segunda retirada pode-se identificar micélios na superfície destas. Esses micro-organismos aderidos na superfície do material polimérico indicam uma adesão de biofilme na superfície do compósito. Para compósitos com fibra de madeira, a formação de biofilme é esperada, pois a celulose presente nestas é uma excelente fonte de nutrientes para microrganismos. A absorção de água pelas fibras também contribui para a colonização das superfícies e o inchaço destas.

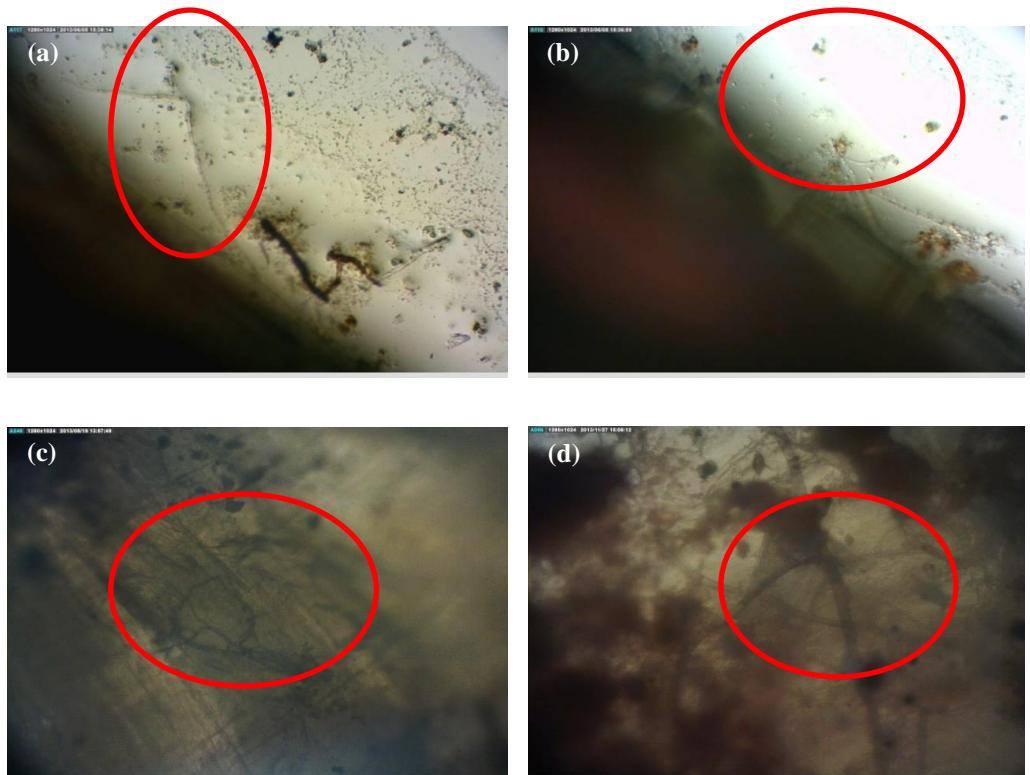


Figura 3. Micrografias (MO) das amostras mostram a formação de hifas e micelios após (a,b) 90 dias; c) 180 dias; d) 270 dias de deposição em aterro sanitário (400X).

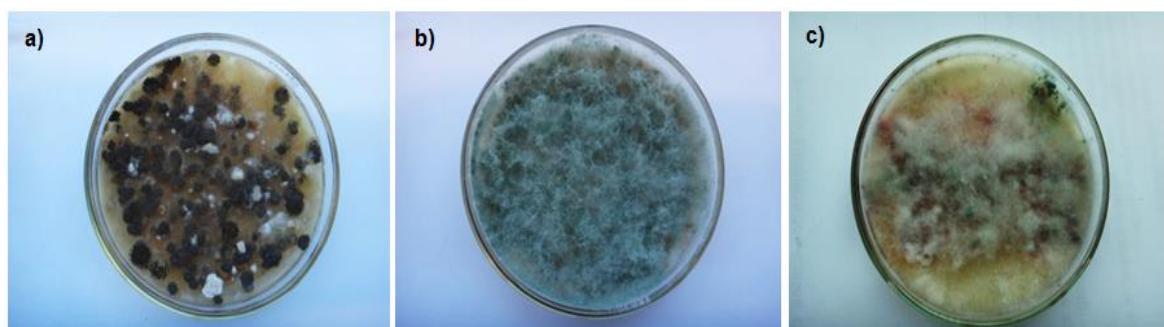


Figura 4. Fotografias de crescimento microbiano através de inoculação de *Sabouraud* da terra aderida na superfície das amostras.

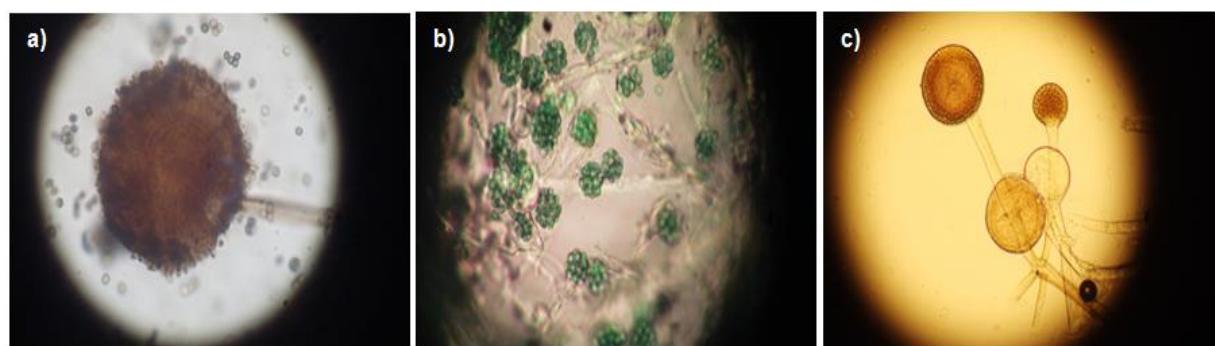


Figura 5. Micrografias (MO) dos microorganismos analisados pela inoculação de *Sabouraud* a) *Aspergillus niger*; b) *Trichoderma spp*; c) *Rhizopus spp*.

A Figura 4 ilustra a fotografia do crescimento microbiano da terra depositada nas amostras

após 90 dias de deposição em aterro, analisadas através da técnica de Inoculação em *Sabouraud*.

Foram identificadas colônias filamentosas cinzas sugestivas de *Mucor spp*, colônias filamentosas negras sugestivas de *Aspergillus spp*, colônias filamentosas verdes sugestivas de *Trichoderma spp*, colônias filamentosas verdes sugestivas de *Penicillium spp* e a presença de colônias filamentosas brancas e bactérias não identificadas.

Fotografias do crescimento microbiano da água de lavagem das amostras após a deposição pelo período de 90 dias estão ilustradas na Figura 5. Através da técnica de Inoculação em *Sabouraud* pode-se identificar colônias filamentosas sugestivas de *Trichoderma spp*, colônias filamentosas negras sugestivas *Aspergillus niger*, colônias verde musgo sugestivas de *Penicillium spp*, colônias filamentosas cinzas sugestivas de *Mucor spp* e bactérias não identificadas.

CONCLUSÕES

As conclusões descritas abaixo apresentam os efeitos sobre as amostras enterradas por 270 dias a 1 m de profundidade no aterro sanitário.

As microscopias ópticas e Inoculação de *Sabouraud* mostram a formação de um biofilme na superfície da amostra. A adesão destas colônias de microorganismos indica o início de processos de degradação/biodegradação das amostras poliméricas.

Os ensaios de compressão das amostras apresentaram redução no percentual de força e esta ocorrência foi creditada a fragilização das fibras devido à absorção de umidade. Pode-se também relacionar essa fragilização com a presença de microorganismos evidenciados pelas microscopias ópticas.

Agradecimentos. Agradecimentos ao *Laboratório de Pesquisa em Química de Materiais* da *Universidade de Caxias do Sul*, ao CNPq e a empresa *SAS Plastic*.

REFERÊNCIAS

- [1] Hillig É, Iwakiri S, Andrade MZ, Zattera AJ, *Rev. Árvore*, **32**(2), 299(2008)
- [2] Longo C, Savaris M, Zeni M, Brandalise R N, Grisa AMC, *Mat. Res.*, **14** (4), 442(2011)
- [3] Singha A S, Rana R K, *Mats & Design*, **41**, 289(2012)
- [4] Ishizaki MH, Viscontei LY, Furtado CRG, Leite MCAM, Leblanc JL, *Rev. Polímeros*, **16** (3), 182(2006)
- [5] Furlan LG, Duarte UL, Mauler RS, *Rev. Quím. Nova*, **35** (8), 1499 (2012)
- [6] Mahlmann CM, Muller FLD, Kipper LM, Rodríguez AL, Teixeira DB, “*Compósitos de matriz de polipropileno reciclado reforçado com fibras de bananeira e de sisal tratadas com anidrido maleíco e hidróxido de sódio*”. In *10º Congresso Brasileiro de Polímeros (CBPol) 2009*. Foz do Iguaçu. BR.
- [7] Santos EF, Nachtigal SM, *Efeito de Agentes de Acoplamento em Compósitos de Polipropileno com Fibra de Coco*, Dissertação de Mestrado. Porto Alegre, Brasil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, POA-BR, 2007
- [8] Butylina, S, Hyvänen M, Kärki T, *Polym. Degrad. & Stab.*, **97**, 337(2012)
- [9] GU JD, *Intern. Biodet. & Biodeg.*, **52**(2), 69 (2003)
- [10] Stomberg E, Karlsson S, *Intern. Biodet. & Biodeg.*, **63**(8), 1045(2009)
- [11] Flemming H C, *Mater. & Corros.*, **61**(12), 986 (2010)
- [12] Norma ASTM. D-6288-98, *Standard Practice for Separation Washing of Recycled Plastics Prior Testing*, Pensilvânia (EUA): American Society for Testing and Materials, 1998
- [13] Rosario F, Pachekoski WM, Silveira APJ, Santos SF, Júnior HS, Casarin AS, *Polímeros*, **21** (2), 90(2011)