

AVALIAÇÃO DA BIODEGRADAÇÃO DA BLENDAS POLI(BUTILENO ADIPATO CO-TEREFTALATO)/AMIDO TERMOPLÁSTICO EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE SOLO SIMULADO

EVALUATION OF BIODEGRADATION OF POLY(BUTYLENE ADIPATE CO-TEREPHTHALATE)/THERMOPLASTIC STARCH BLENDS IN DIFFERENT SIMULATED SOIL CONDITIONS

COSTA, Fernanda Andrade Tigre da¹; BARDI, Marcelo Augusto Gonçalves²

¹Graduanda do Curso de Engenharia Química – Universidade São Francisco; ²Professor do Curso Engenharia de Computação – Universidade São Francisco.

fernanda.tigre@outlook.com

RESUMO. A acumulação de materiais plásticos descartados no meio ambiente vem sendo motivo de preocupação pela sociedade científica. Uma alternativa para esse problema é a utilização de plásticos biodegradáveis. Dentre esses plásticos, a adição do amido termoplástico (TPS) ao poli(butileno adipato co-tereftalato) (PBAT) resulta em um polímero altamente biodegradável que, por esse fator, é utilizado para obter embalagens que exigem um curto tempo de vida útil. Contudo, o estudo tem o propósito de avaliar a biodegradação da blendas de PBAT/TPS em solo simulado. A pesquisa consiste na biodegradação do polímero em duas diferentes situações, uma em ambiente esterilizado totalmente controlado e outro em condições normais do ambiente. A análise foi realizada durante 30 dias, onde a cada cinco dias, foram retiradas as amostras de dois potes, um de cada tipo de ambiente, assim comparando-os após cada retirada por meio da variação de massa. A variação da perda de massa, nas duas situações, foi de aproximadamente 20% em um mês. Portanto, para analisar a variância das duas situações, foi realizado um teste estatístico (ANOVA) que comprovou que as perdas de massa, nas duas diferentes condições do solo, são estatisticamente iguais. Contudo, foi possível confirmar que a ação dos microrganismos, para esse estudo, não teve influência na velocidade da degradação do polímero, pelo menos durante sua fase inicial.

Palavras-chave: biodegradação em solo simulado, blendas PBAT/TPS, mecanismo de biodegradação.

ABSTRACT. The accumulation of plastic materials discarded in the environment has been a cause of concern for scientific society. An alternative to this problem is the use of biodegradable plastics. Among these plastics, the addition of thermoplastic starch (TPS) in the poly(butylene adipate co-terephthalate) (PBAT) results in a highly biodegradable polymer that, for this reason, is used to obtain packages that require a short shelf life. However, the study has the purpose of evaluating the biodegradation of PBAT/TPS blends in simulated soil. The research consists of the biodegradation of the polymer in two different situations, one in a fully controlled sterilized environment and another under normal environmental conditions. The analysis was performed during 30 days, where every five days, samples were taken from two pots, one of each type of environment, thus comparing them after each withdrawal by mass variation. The variation of mass loss, in both situations, was approximately 20% in one month. Therefore, in order to analyze the variance of the two situations, a statistical test was performed (ANOVA), which proved that the mass losses in the two different soil conditions are statistically the same. However, it was possible to confirm that the action of

microorganisms for this study had no influence on the rate of polymer degradation, at least during its initial phase.

Keywords: biodegradation in simulated soil, PBAT/TPS blends, biodegradation mechanism.

INTRODUÇÃO

Na sociedade atual, é frequente a utilização de plásticos sintéticos derivados de fontes petroquímicas, como polietileno (PE), polipropileno (PP) e poliestireno (PS). Sabendo-se que alguns desses plásticos utilizados como embalagens, sacolas e recipientes para alimentos, que são produtos de baixa vida útil, quando descartado incorretamente, como, por exemplo, nas vias públicas urbanas, provocam sérios problemas ambientais, sendo assim, motivo de preocupação por grande parte da comunidade científica. Isto se deve ao fato de tais polímeros possuírem um longo tempo de vida e, conseqüentemente, persistem por muitos anos após seu descarte (LUNA *et al*, 2015).

Na procura de soluções para a minimização da poluição ambiental ocasionada pelos resíduos plásticos, alternativas sustentáveis são empregadas com o intuito de diminuir o volume descartado desses materiais plásticos. Neste contexto, reciclagem e utilização de polímeros biodegradáveis são algumas alternativas viáveis (ROSA & PÂNTANO FILHO, 2003).

A reciclagem de polímeros é uma solução ambientalmente atraente, porém os resultados em uma escala mundial não foram tão bem sucedidos até agora. Os problemas encontrados nesse processo decorrem do fato de que é necessária a separação dos plásticos de outros resíduos orgânicos, o que consome tempo e recursos financeiros (ROSA & PÂNTANO FILHO, 2003).

Os polímeros biodegradáveis são materiais plásticos nos quais a degradação resulta da ação de microrganismos de ocorrência natural como bactérias, fungos e algas (ASTM, 2004), isto é, naturalmente convertidos por processos biológicos, podendo ocorrer tanto na presença como na ausência de oxigênio, onde temos a biodegradação aeróbica ou a anaeróbica, respectivamente (PROVINCIALTO, 2013). Por conta dessa propriedade, os polímeros biodegradáveis são de grande interesse para as indústrias que optam por utilizar tais materiais como parte da sustentabilidade industrial; contudo, a comercialização dos polímeros biodegradáveis é ainda dificultada pela concorrência com os plásticos básicos que são baratos e familiares para o cliente (LUNA *et al*, 2015).

Segundo Casarin (2013), os principais polímeros biodegradáveis são os poliésteres baseados nos ácidos hidróxi-carbônicos, como poli(hidroxibutirato) (PHB), poli(ϵ -caprolactona) (PCL), poli(ácido láctico) (PLA) e copoliésteres biodegradáveis (como o poli(butileno adipato co-tereftalato) (PBAT)). Estes polímeros são bastantes utilizados no setor de embalagens e filmes, devido a sua alta resistência à umidade, à gordura, à mudança de temperatura e propriedade de barreira a gases (CASARIN *et al*, 2013).

O poli(butileno adipato co-tereftalato) (PBAT), comercialmente conhecido como Ecoflex® (produzido pela empresa BASF), está disponível para o mercado desde a década de 90. É um copoliéster alifático-aromático, termoplástico, biodegradável e sintético. É um polímero derivado do petróleo, e possui propriedades mecânicas semelhantes às do PE (polietileno) (OLIVEIRA *et al*, 2016). Sua estrutura química é composta por uma fração alifática (unidade BA), responsável pela sua biodegradabilidade, e uma parte aromática,

(unidade BT), que fornece boas propriedades mecânicas (NASCIMENTO FILHO *et al*, 2016), como ilustrado na Figura 1.

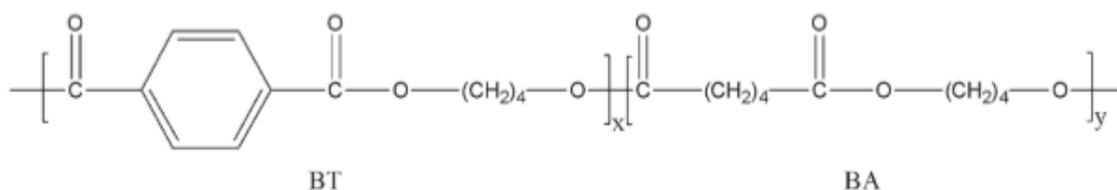


Figura 1. Estrutura química do PBAT (Fonte: KUCHNIER, 2014).

O PBAT é derivado de 1,4-butanodiol, ácido adípico e ácido tereftálico que mostrou ser totalmente biodegradável quando compostado (PERZ *et al*, 2016). Este polímero deve sua biodegradabilidade ao grupo butileno adipato e deve suas propriedades mecânicas à parte de tereftalato. (OLIVEIRA, 2017). Devido à estrutura aleatória do copolímero, o PBAT geralmente não pode cristalizar em um grau significativo, ao contrário dos homopolímeros alifáticos e aromáticos, o poli (butileno adipato) e o poli (butileno tereftalato), respectivamente (POLLET & AVÉROUS, 2012).

Devido às suas propriedades mecânicas, térmicas, e físico-químicas, o PBAT pode ser processado da mesma maneira que as poliolefinas e, dentre suas possíveis utilizações, pode-se citar a extrusão de filmes, chapas, monofilamentos, sopro, termoformação a vácuo, injeção e colaminação com papel. A utilização do PBAT em substituição a outros materiais pode ser intensificada visando gerar produtos que causam menor impacto ambiental quando descartados no meio ambiente (GAMA, 2014).

Uma alternativa para a obtenção de materiais poliméricos com propriedades que, em geral, não são encontradas em um único material, são as blendas poliméricas (LUNA *et al*, 2015). O termo blenda é utilizado para definir a mistura física de pelo menos dois polímeros, visando a obtenção de materiais com propriedades específicas para um determinado uso tecnológico (ROSA & PÂNTANO FILHO, 2003), podendo modificar propriedades como resistência mecânica, densidade, elasticidade, condutividade térmica, dureza e outros.

As blendas poliméricas contendo amido surgem como uma boa alternativa para minimizar os custos, bem como aumentar a biodegradação dos polímeros sintéticos (HELIODORO, 2013).

O amido é um polímero natural que ocorre largamente na natureza, no entanto, está presente em maiores quantidades nas plantas de milho, trigo, arroz, batata, mandioca e outros (ROSA & PÂNTANO FILHO, 2003). As moléculas de amido apresentam dois importantes grupos funcionais: o grupo –OH que é suscetível as reações de substituição e o grupo C–O–C onde a cadeia é mais suscetível de quebra (ROSA & PÂNTANO FILHO, 2003). O amido é composto por dois tipos de outros polímeros, a amilose e a amilopectina, cuja proporção é variável em função da origem vegetal (HELIODORO, 2013), como ilustrado na Figura 2. A maioria dos amidos nativos, tais como o de milho, de trigo e de batata, contém 20-30% de amilose. Mas existem amidos com um conteúdo de amilose alterado, como o amido “waxy”, com conteúdo de amilose maior que 99%, extraído de cereais modificados (LAZZAROTTO *et al*, 2015).

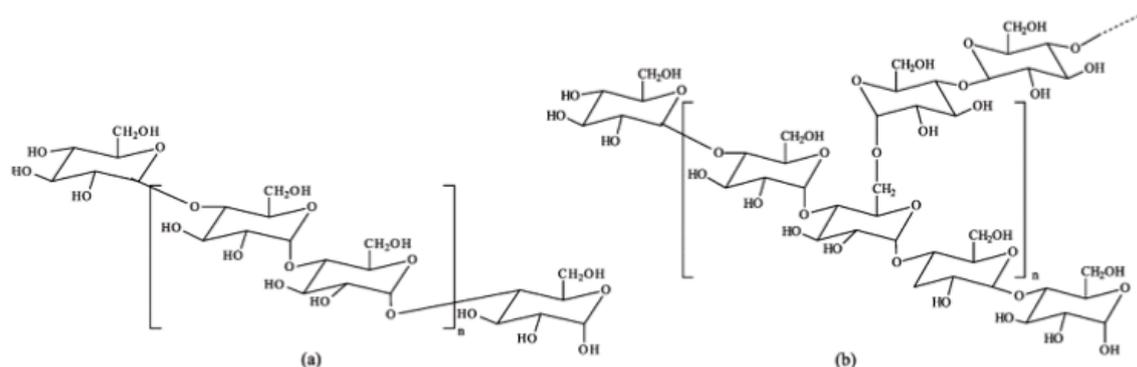


Figura 2. Estrutura química do amido; (a) amilose e (b) amilopectina (Fonte: MOTA *et al*, 2013).

A amilose é um polímero linear e a amilopectina é altamente ramificada. A amilose e a amilopectina podem ser dispostas numa estrutura semicristalina formando uma matriz de grânulos de amido com material amorfo alternativo (amilose) e cristalino (amilopectina), que é conhecido como anéis de crescimento em amido vegetal (ALCAZAR-ALAY & MEIRELES, 2015).

Apesar do amido granular não possuir característica termoplástica, é possível obter o amido termoplástico (TPS) através da destruição da estrutura semicristalina original dos grânulos. Para isso, o amido nativo deve ser submetido à pressão e cisalhamento adequados, à temperaturas específicas (depende da fonte do amido), e à um agente plastificante, como água ou glicerol. Assim, o amido se transforma em um material fusível (FERREIRA, 2012).

Quando o amido entra em contato com água fria, os grânulos incham rapidamente (de 10 a 20%), por causa da difusão e da absorção de água nas regiões amorfas, e este processo é reversível. Porém, quando os grânulos são aquecidos em água, eles incham irreversivelmente. Esse episódio é chamado de gelatinização, no qual há perda da organização estrutural, com fusão dos cristais (OLIVEIRA, 2015).

O glicerol e a água são os plastificantes mais utilizados para o amido, onde proporcionam uma melhoria na sua propriedade mecânica, tais como flexibilidade e durabilidade (AMARAL *et al*, 2014). Os plastificantes alteram, por exemplo, a temperatura de transição vítrea, a temperatura de fusão e as propriedades mecânicas de um polímero, pois reduzem ou até neutralizam as forças de interação intermoleculares, mas eles não alteram a natureza química do polímero (OLIVEIRA, 2015). O glicerol pode atuar como plastificante nas cadeias do amido devido à sua baixa massa molar, o que favorece a mobilidade das macromoléculas e a formação de estruturas vítreas (AMARAL *et al*, 2014).

A concentração do amido na blenda também é um fator de grande importância, pois quando adicionados em altas concentrações há perda das propriedades (MARTINS, 2015). Oduola (2015) estudou o efeito da adição de diferentes concentrações de amido (de 5% a 50%) em blendas com PP. Observou-se que, em relação ao amido, quanto maior sua concentração nas blendas, menor é o índice de fluidez, devido ao aumento da viscosidade, e menor é o valor da resistência de tração, devido a redução dos valores de tensão no escoamento e na ruptura. Entretanto, para as concentrações acima de 30% houve um decréscimo da resistência de impacto.

Em alguns casos, somente o polímero biodegradável sofre decomposição, enquanto o polímero sintético quebra-se em pedaços menores e é dissipado. Em outras situações, a adição do biopolímero pode contribuir para a quebra das moléculas do polímero não-biodegradável (OLIVEIRA, 2015). Assim, a utilização do amido termoplástico é uma alternativa interessante para substituir parcialmente os polímeros sintéticos em aplicações que não se requer um tempo longo de uso tais como embalagens, potes para plantio, pratos e talheres descartáveis (FERREIRA, 2012).

Apesar do TPS possuir vantagens, a sua baixa resistência mecânica, alta absorção de água e baixa compatibilidade com os polímeros sintéticos convencionais precisam ser melhorados para aumentar suas possibilidades de aplicação, seja como um material isolado, como matriz em compósitos termoplásticos ou em conjunto com os polímeros termoplásticos formando blendas (FERREIRA, 2012).

Vários estudos foram realizados sobre modificações químicas do amido com o objetivo de reduzir sua afinidade pela água; porém, essas modificações comprometem a relação custo/benefício do material e sua biodegradabilidade.

A adição do TPS ao PBAT resulta em um material conhecido comercialmente por Ecobras®. O Ecobras® é um polímero biodegradável desenvolvido em parceria entre as empresas BASF e Corn Products do Brasil e está disponível no mercado desde 2007. É uma blenda polimérica binária constituída de Ecoflex® e amido de milho termoplástico (TPS), com mais de 50% de matéria-prima renovável (“Ecobras(TM) - BASF & Corn Products,” 2008). Ambos os polímeros são formados por unidades de D-glucopiranosilo. A reação se dá entre fragmentos da resina de PBAT e os grupos hidroxila do amido, gerando um copolímero enxertado de amido-poliéster anfifílico. O teor de PBAT na composição final pode variar de 30% a 70% (BARDI, 2014).

A biodegradação de blendas de PBAT/TPS já foi estudada por diversos pesquisadores, porém sempre em ambientes laboratoriais controlados. O sistema PBAT/TPS é um composto 100% biodegradável, com parte de sua composição final proveniente de fonte renovável. Dentre as principais aplicações deste sistema estão a fabricação de filmes para embalagens e a produção de tubetes para reflorestamentos (OLIVEIRA *et al*, 2016). Entretanto, não foram encontradas informações na literatura quanto aos efeitos ambientais da degradação de PBAT/TPS (BARDI, 2014).

No trabalho de Nascimento Filho (2016), investigou-se o efeito da incorporação de uma carga nanoparticulada (argila organofílica comercial importada C20A, em teor de 1%) no torque de blendas PBAT/TPS com teores de TPS variando de 10%, a 30% processados em temperaturas de 130, 150 e 170°C durante 20 minutos a 60 rpm.. Os resultados indicam que a degradação dos sistemas aumenta com a temperatura de processamento e composição das blendas, tendendo a ser mais severa em teores mais elevados de amido. Porém, a degradação é bem mais sensível à temperatura do que ao teor de amido das blendas. A degradação sofrida pelos sistemas com baixo teor de amido processados à baixa temperatura (130°C) é pouco significativa (NASCIMENTO FILHO *et al*, 2016).

Embora existam alguns estudos que avaliam as propriedades da blenda PBAT/TPS em suas diferentes combinações com outros materiais, poucos são os estudos que relatam a biodegradação desses materiais e principalmente quando o objetivo é analisar o mecanismo microbiológico da degradação da blenda. Portanto, ainda é um campo incerto de acordo com a literatura.

Dessa maneira, este trabalho pretende avaliar a biodegradação da blenda de PBAT/TPS em solo simulado derivado duas diferentes situações, uma em ambiente esterilizado totalmente controlado e outro em condições normais do ambiente.

METODOLOGIA

A pesquisa a ser abordada neste projeto se desenvolve por meio da metodologia quantitativa, visto que os resultados esperados são resultados que podem ser quantificados. Contudo, o procedimento para a coleta de dados para a pesquisa é do tipo experimental, onde o objetivo do teste é analisar a perda de massa da blenda PBAT/TPS em função do tempo de exposição à degradação em solo simulado. Houve também uma constante atualização da revisão bibliográfica em que os trabalhos anteriores são considerados relevantes para a área da pesquisa.

Materiais

Para a realização deste projeto, Ecobras® (BASF S.A., São Paulo, SP), obtido na forma de filmes em bobina, gentilmente doados pela Corn Products do Brasil S.A. (Jundiaí, SP), foi caracterizado e submetido aos ensaios de biodegradação. No estudo de Bardi (2014), foi realizado um ensaio preliminar com o Ecobras®. Foram aplicados ao material alguns tipos revestimentos, um verniz não pigmentado e cinco cores de tintas, e então, expostos ao envelhecimento acelerado em câmara tipo “QUV” e à compostagem em ambiente natural, assim, analisando os efeitos dos revestimentos no processo de degradação da amostra. Contudo, foi observado que a camada de revestimento atua como barreira que inibe a degradação do plástico.

Na preparação do solo para o ensaio da biodegradação, foram utilizados os seguintes materiais:

- Terra vegetal, preparada com composto orgânico, de origem vegetal, rico em nutrientes que exercem influência direta no solo, melhorando suas propriedades (marca: Pedra Grande Produtos Orgânicos LTDA, origem: Bragança Paulista – SP – Brasil);
- Areia Média-Fina (origem: Bragança Paulista – SP – Brasil);
- Água Química e Microbiologicamente Pura (deionizada e desmineralizada). Obtida pela técnica de osmose reversa (marca: Quimis Aparelhos Científicos LTDA, local de fabricação: Diadema – SP – Brasil, modelo: Q842-210).

Foram utilizados vasilhames plásticos à base de PEAD (polietileno de alta densidade) como recipientes para enterrar as amostras. Também foi utilizado uma tela de fibra de vidro (marca: Sombrite, local de fabricação: Campinas – SP – Brasil, nível de sombreamento: 50%) para revestir as amostras, fazendo com que a mesma não se perca no solo, facilitando em sua retirada.

Procedimentos

A princípio, foram preparados os solos para o ensaio. Composto inicialmente por terra vegetal e areia média-fina, que foi peneirada através do agitador de peneiras eletromecânico (marca: Solotest, modelo: 1.202.23) na granulometria de 600µm, e depois foi feita a adição da

água deionizada e desmineralizada, obtida pela técnica de osmose reversa. As proporções de terra vegetal, areia média-fina e da água foram de 58%, 21% e 21%, respectivamente. A partir da preparação do solo, foi iniciada a preparação das amostras de PBAT/TPS, onde, para cada pote, foram enterradas quatro amostras de 3x3cm do material estudado. As amostras foram colocadas dentro de uma tela permeável, de fibra de vidro, para que facilite no momento de retirá-los após a degradação, fazendo com que o material não se perca no solo.

A análise inicial consiste na avaliação da perda de massa da amostra no processo de biodegradação em solo. Portanto, as amostras, antes e depois de exposição ao solo simulado, foram pesadas numa balança analítica (marca Kern), para analisar essa perda de massa.

Os potes separados para serem esterilizados foram devidamente selados e colocados na autoclave vertical, por aproximadamente 1 h, juntamente com o solo e com as telas das amostras.

A análise foi realizada durante 30 dias, onde, a cada cinco dias, foram retiradas as amostras de dois potes, um do estéril e outro do normal, assim comparando-os a cada retirada.

A temperatura e o pH de cada pote foram frequentemente examinados e suas umidades controladas por meio de medidor digital de solo. Nos potes esterilizados, foi preciso executar esses testes dentro de uma cabina de segurança biológica (marca: Grupo VECO, local de fabricação: Campinas – SP – Brasil, modelo: A1), mantendo assim, o conteúdo do pote estéril.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 ilustra a variação de temperatura medida ao longo dos 30 dias de exposição das amostras em solo simulado. Como a temperatura é em relação ao ambiente em que os potes se encontravam, não houve diferença de temperatura entre os potes normais e os esterilizados.

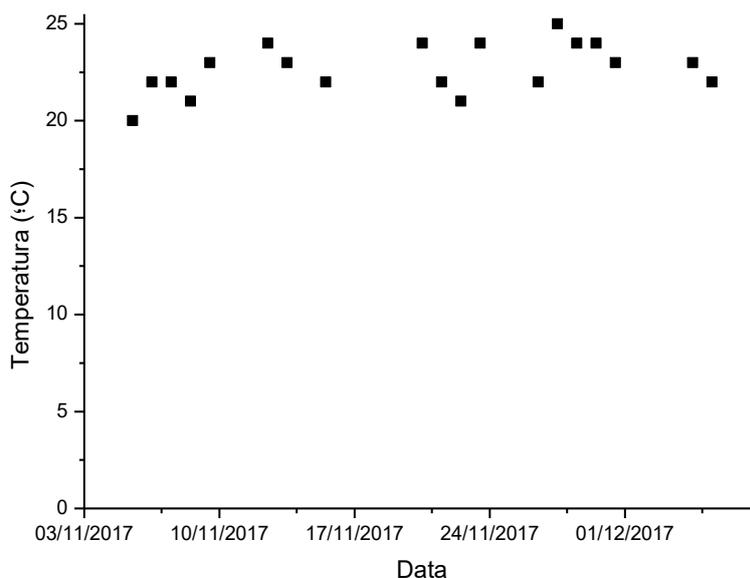


Figura 3. Gráfico da variação de temperatura durante o estudo (Fonte: Próprio autor).

Quando houve acréscimo da temperatura, ocorreu uma diminuição da umidade na maioria dos potes, devido ao aumento da taxa de evaporação da água. Porém, quando isso ocorria, era feita uma reposição da água até que se chegasse uma umidade padrão (normal).

É possível que os potes esterilizados, ao serem autoclavados, sofreram mudança quanto à capacidade de retenção da água, pois a mesma diminuiu. Portanto, ao adicionar as mesmas quantidades de água que foram adicionadas nos potes normais, o solo não absorveu tanto a água e grande parte da água ficou dispersada pelo pote. Urbanek *et al* (2010) corroboram esta informação, já que o processo de autoclavagem pode alterar substancialmente as propriedades hidráulicas do solo.

Uma consequência dessa mudança foi na degradação da amostra, pois nesse caso, as amostras sofreram uma grande influência pela degradação por hidrólise. Nos potes normais, o solo absorveu toda a água e permaneceu úmida, no entanto, as amostras estavam revestidas por uma tela, e por isso foram privadas do contato direto total com o solo úmido. Já nos potes esterilizados, a água que não foi absorvida pelo solo, penetrou pela tela e teve contato direto com a amostra, influenciando em sua degradação, visto que o material é um polímero hidrolítico. Por meio da Figura 4, é possível notar visualmente a diferença na área de contato das amostras nos dois solos.

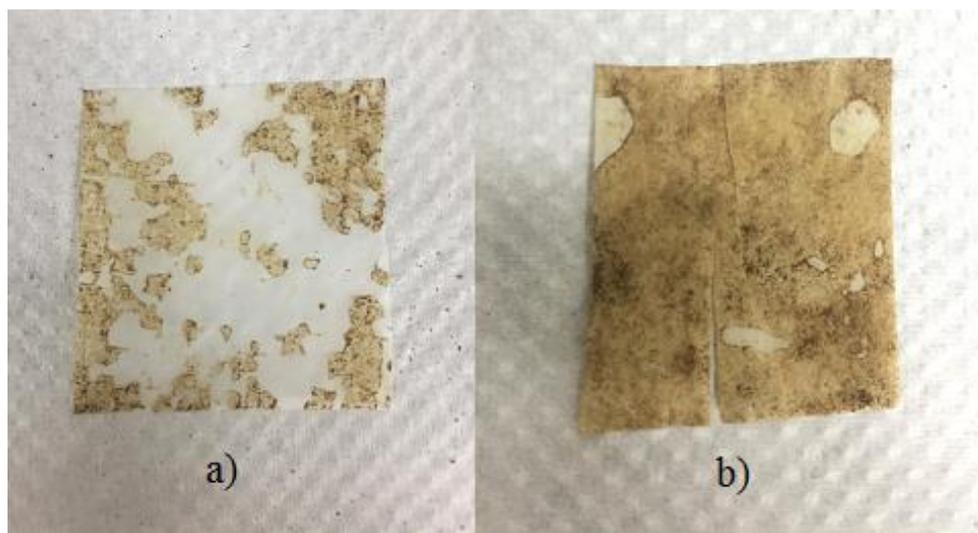


Figura 4. a) amostra em solo normal; b) amostra em solo esterilizado (Fonte: Próprio autor).

O pH dos solos variou entre 6,0 – 6,5 ao longo de todo ensaio. De acordo com Silva *et al* (2016), em termos de nutrição de plantas, a faixa ideal de pH situa-se em torno de 5,6 a 6,2. Portanto, essa variação do pH está adequada para a nutrição da maioria das plantas. Pois é nessa faixa que o alumínio encontrasse precipitado e a maioria dos nutrientes encontrasse em formas solúveis, sendo assim, suscetíveis de serem absorvidas pelas raízes (SILVA *et al*, 2016).

As Figuras 5 e 6 apresentam a perda de massa, em porcentagem, das amostras, ao longo dos 30 dias de exposição em solo simulado, nos diferentes ambientes.

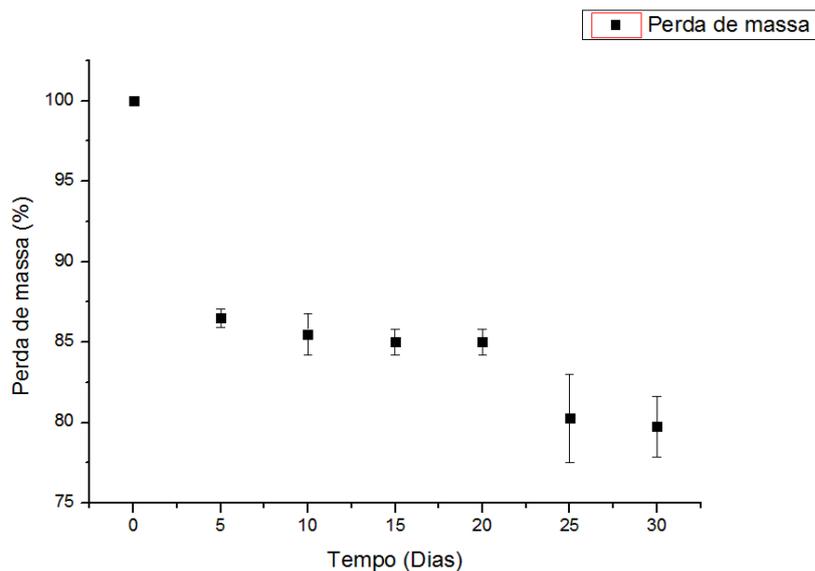


Figura 5. Valores médios e desvios-padrão da perda de massa em ambiente normal em função do tempo.

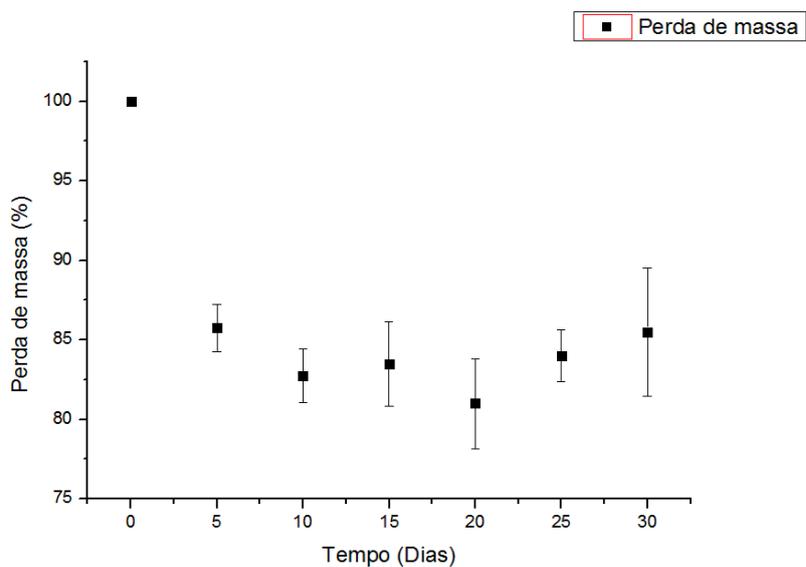


Figura 6. Valores médios e desvios-padrão da perda de massa em ambiente esterilizado em função do tempo.

As Figuras 7 e 8 apresentam a evolução do estágio da degradação do material, ao longo dos 30 dias de exposição em solo simulado, nos diferentes ambientes.



Figura 7. Degradação da blenda em ambiente normal durante 30 dias.

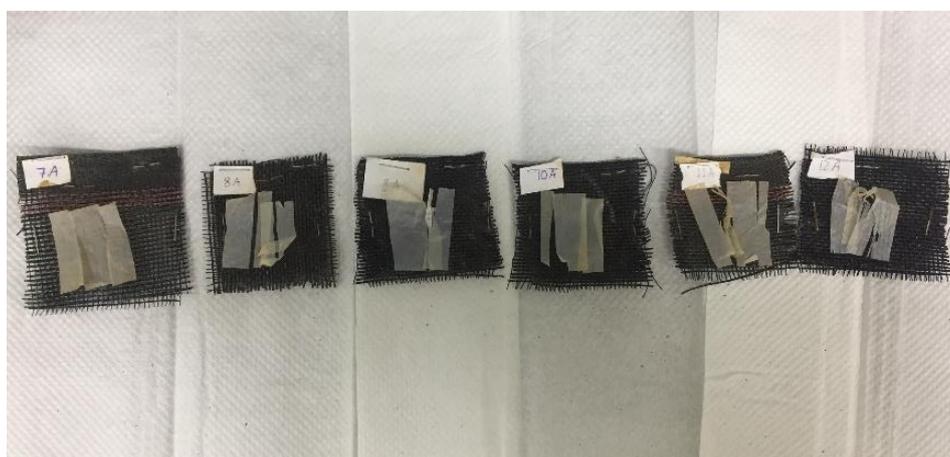


Figura 8. Biodegradação da blenda em ambiente esterilizado durante 30 dias.

A variação da perda de massa, nas duas situações, foi de aproximadamente 20% em um mês. Portanto, para analisar a variância das duas situações, foi realizado um teste estatístico (ANOVA). Os resultados do teste estão apresentados na Tabela 1. Para determinar se alguma das diferenças entre as médias é estatisticamente significativa, é preciso comparar o valor-p com o nível de significância.

Tabela 1. Análise de variância (ANOVA).

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor-f	Valor-p
Fator	1	0,000005	0,000005	0,00	0,973
Erro	12	0,050927	0,004244		
Total	13	0,050933			

GL: grau de liberdade; SQ (Aj.): soma dos quadrados ajustada; QM (Aj.): total dos quadrados médios ajustado; Valor-f: derivado da distribuição F de Fisher-Snedecor; Valor-p: probabilidade de significância.

Fonte: Próprio autor.

O valor do nível de significância foi de $\alpha=0,05$, portanto, o valor-p é maior que α . Isso afirma que as diferenças entre as médias não são estatisticamente significativas, ou seja, são estatisticamente iguais.

CONCLUSÃO

Com base nos dados obtidos pela perda de massa nas duas situações, foi possível confirmar que a ação dos microrganismos, para esse estudo, não teve influência na velocidade da degradação do polímero, pelo menos durante sua fase inicial, visto que, as amostras dos potes esterilizados sofreram hidrólise, enquanto nos potes normais somente a biodegradação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq) pela Bolsa de Iniciação Tecnológica (processo nº. 127372/2017-02).

REFERÊNCIAS

ALCAZAR-ALAY, S. C.; MEIRELES, M. A. A. **Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources.** *Food Sci. Technol (Campinas)*. v. 35, n. 2, p. 215-236, 2015.

AMARAL, L. J. D.; DIAS, F. T. G.; ZORZI, J. E.; CRUZ, R. C. D. **Obtenção de amidos termoplásticos para a extrusão de pós cerâmicos.** 2014.

ASTM – (American Society for Testing and Materials). **D6400-04. Standard Specification for Compostable Plastics.** 2004.

BARDI, M. A. G. **Avaliação do impacto ambiental gerado por tintas gráficas curadas por radiação ultravioleta ou feixe de elétrons em materiais para embalagens plásticas convencionais ou biodegradáveis pós-consumo.** Tese. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO São Paulo, 2014.

CASARIN, S. A.; AGNELLI, J. A.; MALMONGE, S. M.; ROSÁRIO, F. **Blendas PHB/copoliésteres biodegradáveis: biodegradação em solo.** *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 23, n. 1, p. 115-122, 2013.

FERREIRA, A. M. **Estudo de composições de amido termoplástico: extrusão reativa e nanocompósitos com microfibrilas de celulose.** 2012.

GAMA, B. E. P. N. **Preparação e caracterização do polímero biodegradável poli-butileno adipato cotereftalato, associado aos polímeros semicondutores poli-o-etoxianilina e poli-ometoxianilina e ao óxido de estanho e índio.** PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS – FIMAT. 2014.

HELIODORO, V. F. M. **Estudo das propriedades físico-químicas de filmes de amido e blendas amido/látex: propriedades térmicas e de transporte de vapor de água.** 2013.

KUCHNIER, C. N. **Estudo do efeito de aditivo extensor de cadeia multifuncional em blendas de PLA/PBAT.** 2014.

LAZZAROTTO, S. R. S.; SIQUEIRA, G. L. D. A.; PRADO CORDOBA, L.; HORNUNG, P. S.; LAZZAROTTO, M.; SCHNITZLER, E. **Efeitos da oxidação induzida com permanganato de potássio na modificação do amido de milho ceroso.** 2015.

LUNA, C. B. B.; SILVA, D. F.; BASÍLIO, S. K. T.; ARAÚJO, E. M.; SILVA, A. L.; BEZERRA, A. F. C. **Desenvolvimento de blendas poliméricas visando à tenacificação dos polímeros: uma revisão.** *Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas*, v. 36, n. 1, p. 67-80, 2015.

MARTINS, A. B. **Efeito de ácidos carboxílicos em blendas de polipropileno e amido termoplástico.** Universidade federal do Rio Grande do Sul, 2015.

MOTA, E. N. D.; AMARAL, L. J.; OLIVEIRA, R. V. B. D.; CRUZ, R. C.; ZORZI, J. E. **Processabilidade de amido termoplástico.** Congresso Brasileiro de Polímeros. Florianópolis, SC: Associação Brasileira de Polímeros, 2013.

NASCIMENTO FILHO, A. A.; UFCG, C. G.; MIRANDA, I. C.; COELHO, E. H.; CARVALHO, L. H.; CANEDO, E. L. **Reometria de torque de nanocompósitos obtidos a partir de blendas ecoflex-amido termoplástico.** 22º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais 06 a 10 de Novembro de 2016, Natal, RN, Brasil.

ODUOLA, M. K.; AKPEJI, P. O. **Effect of Starch on the Mechanical and Rheological Properties of Polypropylene.** *American Journal of Chemical Engineering*, v. 3, n. 2-1, p. 1-8, 2015.

OLIVEIRA, B. C. **Estudo da degradação in vitro de polímeros a base de poli (butileno adipato co tereftalato) processados por impressão 3D e modelagem por injeção.** 2017.

OLIVEIRA, C. F. P. **Obtenção e caracterização de amido termoplástico e de suas misturas com polipropileno.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2015.

OLIVEIRA, T. A.; OLIVEIRA, R. R.; BARBOSA, R.; ALVES, T. S. **Efeito de ciclos de reprocessamento na degradação de blendas de pp/pbat-tps.** 22º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais 06 a 10 de Novembro de 2016, Natal, RN, Brasil.

PERZ, V.; BLEYMAIER, K.; SINKEL, C.; KUEPER, U.; BONNEKESSEL, M.; RIBITSCH, D.; GUEBITZ, G. M. **Data on synthesis of oligomeric and polymeric poly (butylene adipate-co-butylene terephthalate) model substrates for the investigation of enzymatic hydrolysis.** *Data in brief*, 7, 291-298. 2016.

POLLET, E.; AVÉROUS, L. **Clay Nano-Biocomposites Based on PBAT Aromatic Copolyesters.** *Environmental Silicate Nano-Biocomposites*, p. 219, 2012.



PROVINCIATTO, L. A. **Sacolas em PEAD: um estudo sobre sua biodegradação.** *RETEC-Revista de Tecnologias*, v. 5, n. 1, 2013.

ROSA, D. S.; PÂNTANO FILHO, R. **Biodegradação: um ensaio com polímeros.** Bragança Paulista: Univ. São Francisco Editora, 2003.

SILVA, A. M. D.; CANUTO, D. S. D. O.; ALVES, M. C.; BUZETTI, S.; MORAES, M. L. T. D.; SAKAMOTO, A. Y. **Chemical characteristics of a red latosol in recovering under Pinus spp.** *Ciência Florestal*, v. 26, n. 4, p. 1049-1060, 2016.

URBANEK, E.; BODI, M.; DOERR, S. H.; SHAKESBY, R. A. **Influence of Initial Water Content on the Wettability of Autoclaved Soils.** *Soil Science Society of America Journal*, 74(6), 2086-2088, 2010.

Aceito em: 06/06/2018.

Publicado em: 10/12/2018.