

## 13º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2022

### VALIDAÇÃO DE ANÁLISE DE BIODEGRADAÇÃO AERÓBICA E EM SOLO SIMULADO POR MEIO DE TESTE DE PH E CALCINAÇÃO

Winston S. Silva<sup>1\*</sup>, Nathan C. de Souza<sup>2</sup>, Gustavo M. Delfino<sup>3</sup>, Julia R. Dutil<sup>4</sup> e Tamires S. Nossa<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Bacharelado em Engenharia Mecânica, Bolsista PIBIC, IFSP, Câmpus Itapetininga, silva.winston@aluno.ifsp.edu.br.

<sup>2</sup> Bacharelado em Engenharia Mecânica, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Câmpus Itapetininga, nathan.cesar@aluno.ifsp.edu.br.

<sup>3</sup> Bacharelado em Engenharia Mecânica, Bolsista CNPq, IFSP, Câmpus Itapetininga, gustavo.delfino@aluno.ifsp.edu.br.

<sup>4</sup> Estudante de Nível Técnico em Eletromecânica, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Câmpus Itapetininga, julia.dutil@aluno.ifsp.edu.br.

<sup>5</sup> Doutora em Ciência e Engenharia de Materiais, IFSP, Câmpus Itapetininga, tamires.nossa@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.03.00.00-2 Engenharia de Materiais e Metalurgia

**RESUMO:** O grande aumento da demanda de produtos poliméricos, por motivo de sua grande diversidade de aplicações. São fáceis de processar, com baixo custo de produção, quando em comparação a outras classes de materiais. No entanto, devido à sua alta durabilidade, principalmente na fabricação de produtos de uso rápido, os polímeros sintéticos não são ideais, visto que causam sérios danos ambientais. Na tentativa de contornar este problema, foram desenvolvidos e postos em aplicação os polímeros biodegradáveis, e dessa forma, para estudos de biodegradabilidade desses polímeros, foram desenvolvidos sistemas que simulam a sua biodegradação quando em contato com o solo, baseados nas normas ISO 1485, para o sistema de solo aeróbico, e ASTM G160-03, para o sistema de solo simulado. A fim de se obter a validação do ensaio realizado no sistema aeróbico foi desenvolvida uma linha composta por recipientes contendo soluções de hidróxido de bário ( $\text{BaOH}_2$ ) e água destilada, que reagem com o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), e recipientes contendo solo aeróbico com umidade devidamente corrigida, onde posteriormente serão introduzidos os compostos poliméricos, com a finalidade de analisar a sua biodegradação. Além disso, para a validação do teste realizado em solo simulado foram produzidas amostras a partir de materiais biodegradáveis, para que após introduzidas no solo por determinado período a sua biodegradabilidade fosse analisada e devidamente determinada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biodegradação; solo simulado; solo aeróbico; biopolímeros.

#### VALIDATION OF AEROBIC AND SIMULATED SOIL BIODEGRADATION ANALYSIS THROUGH PH AND CALCINATION TEST

**ABSTRACT:** The great increase in the demand for polymeric products, due to their great diversity of applications. They are easy to process, with low production cost when compared to other material classes. However, due to their high durability, especially in the manufacture of quick-use products, synthetic polymers are not ideal, as they cause serious environmental damage. In an attempt to circumvent this problem, biodegradable polymers were developed and put into application, and thus, for biodegradability studies of these polymers, systems were developed that simulate their biodegradation when in contact with the soil, based on ISO 1485 standards, to the aerobic ground system, and ASTM G160-03, for the simulated ground system. In order to validate the test performed on the aerobic system, a line was developed consisting of containers containing solutions of barium hydroxide ( $\text{BaOH}_2$ ) and distilled water, which react with carbon dioxide ( $\text{CO}_2$ ), and containers containing aerobic soil, with properly corrected humidity, where later the polymeric compounds will be introduced, in order to analyze their biodegradation. In addition, for the validation of the test carried out in simulated soil, samples were produced from biodegradable materials, so that after being introduced into the soil for a certain period, their biodegradability could be analyzed and duly determined.

**KEYWORDS:** Biodegradation; simulated soil; aerobic soil; biopolymers.

## INTRODUÇÃO

Após seu surgimento, diversos polímeros apresentam enorme utilidade no mercado mundial, inicialmente, a partir da segunda metade do século XX, devido aos enormes benefícios que apresentam. No entanto, devido à sua alta durabilidade, na utilização de produtos sintéticos para uso e descarte imediatos, os polímeros sintéticos não são bons devido ao seu longo tempo de degradação, o que causa grandes danos ao meio ambiente.

Atualmente, artifícios foram criados para reverter tais danos, onde se destacam os polímeros biodegradáveis, que se originam na biodegradação, ação provocada por microrganismos, fungos e bactérias, que por sua vez age em suas macromoléculas, dissolvendo-as em moléculas menores, processo inverso do que comumente ocorre com polímeros sintético (COSTA, K. et al., 2001). Dessa forma, a análise das taxas de biodegradação desses biopolímeros são indispensáveis ao andamento do projeto.

A partir do teste de Sturm, é possível identificar a capacidade de degradação por meio do CO<sub>2</sub> liberado pelo material, de acordo com a norma ISO14855, que define o potencial de biodegradação de um determinado material como diretamente proporcional a quantidade de dióxido de carbono produzido no processo de degradação.

Também foi possível analisar a taxa de degradação através do teste em solo simulado, segundo a norma ASTM G160-03, que se iniciou na preparação do solo com materiais como esterco, solo fértil e areia, de modo que a umidade e o pH de todos os componentes é controlado. Então, foram produzidas e pesadas amostras de biopolímeros de duas formulações diferentes para o teste, uma composta unicamente por amido termoplástico (TPS) e outra também composta por TPS, mas acrescida por fibras de bambu previamente tratadas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Biodegradação em solo simulado*

Na parte prática da pesquisa referente a biodegradação das amostras em solo simulado, foram seguidos todos os critérios apresentados na norma ASTM G160-03. Por via disso, foram realizadas algumas adaptações na técnica, com o objetivo de melhor atender a demandas futuras do ensaio solicitadas ao campus, ocasionadas pelo projeto de biodegradação. Devido a tudo que foi abordado, confeccionou-se alguns módulos/estações dimensionadas para conter cada uma das amostra. Sendo assim, através de um arquivo no formato .dwg, previamente selecionado na plataforma online Thingiverse, devidamente adaptado no software Simplify e encaminhado à impressora 3D GT4Max, fabricada pela GTMax, disponível no laboratório do campus, foi possível realizar a impressão de 60 módulos (Figura 1), em um período médio de dois meses.



FIGURA 1 - Módulos utilizados no ensaio de biodegradação em solo simulado.

### *Biodegradação em solo aeróbico*

Toda a composição do ensaio realizado foi baseada na norma ASTM D5338-98. Inicialmente, obteve-se os materiais base do projeto, sendo estes hidróxido de bário( $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ), dispositivos de conexão pneumáticos, bomba de ar comprimido, mangueiras de silicone, água destilada, rolhas de borracha, kitassatos e erlenmeyers. Logo após, já no laboratório do campus IFSP de biopolímeros (LaBioPol), tudo foi devidamente adaptado e conectado sobre uma bancada(Figura 2), com garantia de que funcionasse devidamente. Tudo foi posicionado na seguinte ordem: no início foram posicionadas seis linhas de entrada de saída (linha 1), contendo soluções de hidróxido de bário; em seguida na segunda linha (linha 2), posicionou-se uma triplicata de kitassatos contendo 200 ml de água destilada em cada um; já na terceira linha (linha 3), foi adaptada uma triplicata de amostras contendo 110 g de solo confeccionado segundo a norma, posicionadas dentro de um banho à 58°C, com + ou - 2°C de tolerância; enfim, na saída foi conectada a última linha (linha 4), composta por erlenmeyers contendo a mesma solução de hidróxido de bário da linha inicial, com sua saída ligada diretamente a recipientes contendo água com o intuito de impossibilitar a saída do ar do sistema.



FIGURA 2a. Linha 1



FIGURA 2b. Linha 2



FIGURA 2c. Linha 3



FIGURA 2d. Linha 4

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### *Calcinação do solo aeróbico*

Foi averiguado a quantidade de sólidos voláteis presentes na composição do solo de Sturm, mediante a norma ASTM 14855. Por meio de uma triplicata de amostras, realizou-se a calcinação média de 1,4 g do solo (Figura 3), através de um forno do tipo mulha, possibilitando notar que uma média de 31% da composição do solo desidratado, era formado por sólidos voláteis, assim as amostras apresentaram um percentual menor que 70%, adequado mediante a norma à validação do teste.

Após a calcinação, verificou-se que o solo produziu cerca de 120 mg de dióxido de carbono por grama de sólido volátil após o período de incubação, ou seja, obteve uma produção entre 50 mg e 150 mg de dióxido de carbono por grama de sólido volátil, o suficiente para atender as condições estabelecidas pela norma.



FIGURA 3. Triplicata de amostras do solo após a calcinação.

### *Teste de pH do solo simulado*

Já para o solo simulado, verificou-se que a média de seu pH, onde após o término do ensaio, uma triplicata contendo as amostras do solo onde foram ensaiadas cada uma das amostras, na proporção de 20:1, de modo que cada uma delas foi preparada assim como demonstrado na Figura 4, contendo 20 g de H<sub>2</sub>O para cada 10 g de solo, assim como indica a norma ASTM G160-3.

Com isso, através de um phmetro de bancada, foi identificado que em média as porções do solo onde as amostras de TPS estavam contidas apresentou um pH de 6,8, enquanto as porções do solo que continham as amostras de TPS + 5%PB apresentaram um pH de 6,5, tornando assim o teste válido mediante a norma, pelo fato dos resultados se encontrarem em média próximos e até mesmo superiores ao pH de 6,5.

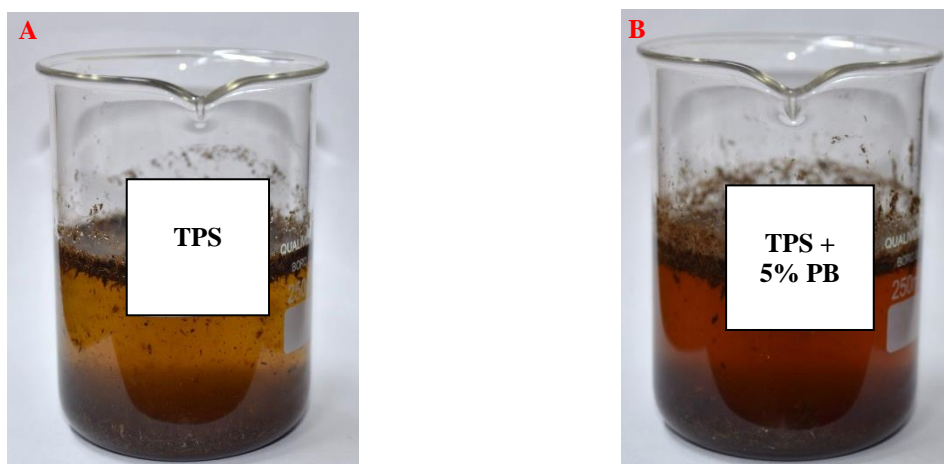


FIGURA 4. Modelo da triplicata das porções de solo utilizadas no teste de pH que continham as amostras de TPS (A) e TPS+5%PB (B) durante o período do ensaio de biodegradação.

### **CONCLUSÕES**

Em virtude dos aspectos e dados abordados, torna-se crucial o controle e parametrização dos processos que compõem os ensaios de biodegradação, visando sempre minimizar os erros e incertezas ao longo dos testes que se acumulam mediante a quantidade de técnicas e etapas empregadas. Por fim, após ao término de todo o processo, nota-se que os resultados obtidos estão de acordo com as normas, validando assim os testes realizados.

### **AGRADECIMENTOS**

Agradecimentos ao grupo de pesquisa do laboratório de biopolímeros (LaBioPol) do IFSP campus Itapetininga, ao IFSP e ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) que atua em conjunto com o grupo de pesquisa, sendo responsável pela consolidação da bolsa dos autores.

### **REFERÊNCIAS**

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Practice for Evaluating Microbial Susceptibility of Nonmetallic Materials by Laboratory Soil Burial. **ASTM G160-03**. Chicago, 2019.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Determining Aerobic Biodegradation of Plastic Materials Under Controlled Composting Conditions, Incorporating Thermophilic Temperatures, **ASTM 5338-98**. Filadelfia, 2021.

COSTA, Karla Cristina Freitas. Estudo da degradação de polímeros sintéticos de importância industrial por linhagens fúngicas. 2001. 125 f. Dissertação (Mestrado) - **Curso de Biologia, Universidade Estadual de Campinas**, Campinas, 2001.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials under controlled composting conditions — Method by analysis of evolved carbon dioxide, **ISO 14855**. Geneva, 2012.