



ESTUDO DA DEGRADAÇÃO DE POLÍMEROS POR COLETA SELETIVA EM CAMPUS DO IFCE QUIXADÁ

Lima, S. G.¹; Brito, R. M.¹; Tavares, J. O.¹; Medeiros, F. J. F.¹; Feitosa, E. N.¹;
França, D. C.¹

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus
Quixadá, Av. José de Freitas Queiroz, 5000 – CEP: 63902-580, Quixadá –
CE/Brasil.

E-mail de correspondência: sabrina.goncalves.lima07@aluno.ifce.edu.br

RESUMO

Na sociedade, os materiais poliméricos são amplamente utilizados em diversas áreas industriais e seu uso exacerbado traz consigo diversos malefícios, pois estes possuem lenta degradação e quando descartados incorretamente podem trazer mudanças irreversíveis para o meio ambiente. Diante disso, a pesquisa teve como objetivo estudar os polímeros polipropileno e polietileno dispostos no solo, com a finalidade de verificar as possíveis degradações em intervalos de 15, 30, 45, 60 e 90 dias. O solo utilizado para realização da pesquisa foi encontrado no próprio campus, e os polímeros escolhidos para a pesquisa foram coletados a partir de coleta seletiva. Posteriormente, os polímeros foram caracterizados por FTIR (Infravermelho por Transformada de Fourier), MEV (Microscopia Eletrônica de Varredura), análise visual e perda de massa. As análises visuais mostraram mudanças positivas, no FTIR alterações em determinadas bandas e no MEV apontaram mudanças na estrutura do polímero.

Palavras-chave: Degradação, polímero, meio ambiente.

INTRODUÇÃO

Muito se tem discutido acerca da conscientização mundial em relação a necessidade do cuidado com o meio ambiente, principalmente quando se discute sobre o uso dos recursos naturais e da preocupação que existe com a possível escassez de recursos fósseis com o passar dos anos. Com isso, resultou-se em um aumento de pesquisas que dessem origem a processos que ajudassem ao meio ambiente ⁽¹⁾.

Os materiais poliméricos possuem tudo que o mercado procura, como as suas propriedades mecânicas e estruturais, bem como o seu baixo custo quando

comparado a outros materiais, estando presente em produtos alimentícios, higiene, limpeza e embalagens ⁽²⁾.

Diante disso, os polímeros ganharam notoriedade e são muito presentes no dia a dia. O seu uso em escala industrial se iniciou ainda na Segunda Guerra Mundial (1939-1945) e se intensificou nas últimas décadas. Com sua larga utilização, estudiosos buscam atualmente alternativas para diminuir os impactos que estes materiais geram no meio ambiente, e algumas possibilidades de diminuição desses impactos são a utilização de aterros, estudos de biodegradação, reciclagem e outros ⁽¹⁾.

A biodegradação tem ganhado notoriedade especialmente a degradação em solo, pois o solo possui uma vasta quantidade de microrganismos que são biodegradadores ⁽²⁾. De forma geral, a forma como os polímeros se degradam é resumida em processos físicos, químicos e biológicos, onde se resulta uma quebra da cadeia e influencia na perda da estrutura química e nas propriedades mecânicas que o material possui ⁽²⁾. Os processos de degradação podem ser foto-oxidativos (alta exposição solar), termo oxidativos (aquecimento com a presença de ar), biodegradativo (metabolização realizada por microrganismos), ou o processo hidrolítico ⁽³⁾.

Na literatura, encontra-se algumas espécies de microrganismos que possuem atividade de degradação em polímeros de polietileno, afetando as propriedades de cristalinidade, propriedades mecânicas, topografia da espécie e outros. As espécies desses microrganismos são: *Acinetobacter baumannii*, *Aspergillus terreus*, *Bacillus sphaericus*, *Rhodococcus ruber*, *Bacillus circulans* e entre outras ⁽¹⁾.

A biodegradação de um polímero pode ser realizada de várias maneiras, os dois métodos mais utilizados na literatura são o de solo e solução. A degradação em solo, é utilizado uma amostra de solo seja ele compostado ou artificial, e o polímero é enterrado na amostra. O polímero é analisado através de intervalos de tempo para que seja determinado a perda de massa e mudanças nas propriedades ⁽⁴⁾.

Estudiosos apontam que a hidrolise e a lipases de diversos microrganismos são capazes de causar a degradação de polímeros e um fator que influência bastante nesse processo é a temperatura de incubação, indicando que o processo de degradação começa depois da hidrólise ⁽⁵⁾.

Diante disso, o trabalho teve como principal objetivo a análise de amostras de polietileno e polipropileno obtidos pela coleta seletiva do campus após a exposição delas no solo para verificar a sua degradação.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o estudo de degradação foram escolhidos os polímeros mais utilizados no IFCE - Campus Quixadá, o polipropileno (PP) e o polietileno (PE). Os materiais foram enterrados no solo, conforme Figura 1. As amostras foram removidas nos intervalos de 15, 30, 45, 60 e 90 dias.

Figura 1: Amostras do PP e PE enterradas no solo



As amostras de PP foram obtidas a partir de copos descartáveis, e as de PE foram utilizadas sacolas que eram oferecidas no lanche e foram utilizadas no seu tamanho original.

O local escolhido para disposição das amostras no solo não sofreu ações antrópicas e passou por acompanhamento com irrigação diária, pois a época escolhida para o estudo foi após a quadra chuvosa, impossibilitando a umidade através da chuva. Alguns fatores podem influenciar diretamente o solo e o ambiente, como a temperatura do local, fator climático, retenção de água do solo e entre outros, porém, são condições que são impossibilitadas de serem controladas quando se utiliza um ambiente externo ⁽⁶⁾.

As amostras foram analisadas após cada intervalo por análise visual, perda de massa, Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) para identificar os níveis de degradação que o polímero pode ter sofrido quando esteve em contato direto com o solo. O microscópio eletrônico utilizado para a realização do MEV foi um

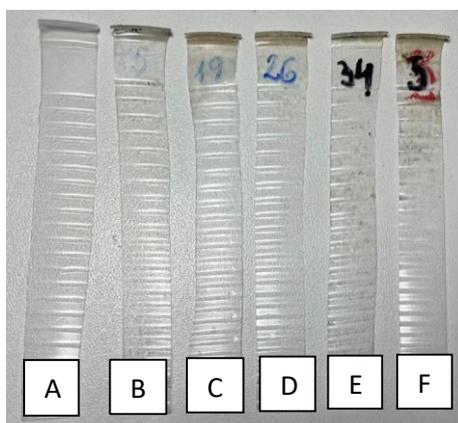
modelo HITACHI TM 3000, que faz parte do Núcleo de Análises Geológicas (NAGEO) do laboratório de microscopia eletrônica (LME) da UFC, bem como o espectrômetro do FTIR, que se trata do modelo Cary 360 da Agilent Technologies contando com uma varredura de 4000 a 400 cm^{-1} .

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise visual

A análise visual teve por objetivo identificar alterações nos polímeros tais como a presença de furos ou mudança na coloração que indicassem a degradação do mesmo. A Figura 2 ilustra o PP após os diferentes intervalos de tempo estudados. Ao analisar as amostras pode-se perceber que não houve a identificação de furos ou mudança de cor significativa, não houve irregularidade ou quebra de amostras quando manuseadas, podendo ser explicado pela alta cristalinidade, que é característica de um material resistente e rígido quando comparado a outros polímeros ⁽⁷⁾.

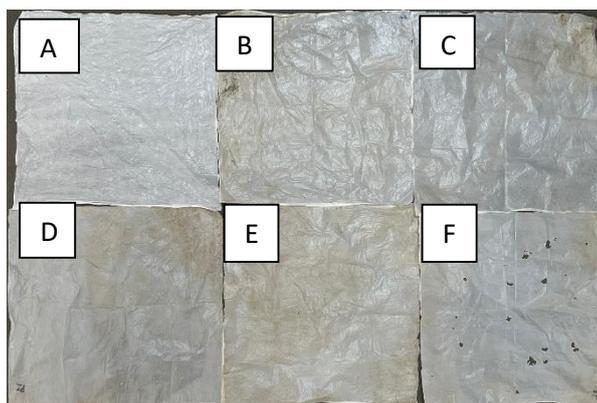
Figura 2: Amostras de PP identificadas por A, B, C, D, E e F se tratam dos intervalos de 0, 15, 30, 45, 60 e 90 dias.



A Figura 3 ilustra as amostras de PE após as retiradas nos intervalos de tempo de 0, 15, 30, 45, 60 e 90 dias. A amostra A apresenta uma superfície plana e lisa. Após exposição ao solo é possível observar mudanças a partir do primeiro intervalo, de 15 dias, a amostra B. Observa-se que a amostra apresenta coloração diferente, opacidade e presença de solo retido, indicando possível degradação. Pôde-se perceber que a presença de solo retido nas amostras foi aumentando e, para o tempo de 90 dias, é possível observar a presença de furos

e ruptura das amostras. Alterações visuais percebidas na superfície do polímero, como as características citadas anteriormente não são suficientes para corroborar que o processo metabólico da degradação está acontecendo, porém, pode ser um indicativo de um ataque realizado por microrganismos do solo ⁽⁸⁾.

Figura 3: Amostras de PE identificadas por A, B, C, D, E e F são dos intervalos de 0, 15, 30, 45, 60 e 90 dias.



Perda De Massa

A massa dos polímeros foi medida antes da disposição no solo e depois. Quando retiradas, as amostras foram limpas com um auxílio de pincel para que não houvesse danos. A fórmula utilizada para os cálculos é apresentada por (1) ⁽⁹⁾:

$$WL\% = 100 (W_0 - W_r)/W_0 \quad (1)$$

Onde W_0 é o peso inicial e W_r o peso após o processo.

A Tabela 1 apresenta a perda de massa para o PP nos diferentes intervalos. Para o primeiro intervalo, o de 15 dias, é possível visualizar que o polímero ganhou massa, porém quando comparado com o de 30 dias, obteve uma pequena queda. Estudos relatam que perda de massa do PP em solo ocorre a partir de 45 dias, indicando que o PP possui um efeito modulador, logo, a biodegradação acontece nas suas interfaces ⁽⁷⁾.

Tabela 1: Perda de massa do PP nos intervalos de 15, 30, 45, 60 e 90 dias.

Polipropileno (PP)			
Tempo (dias)	Peso inicial (g)	Perda (g)	Perda (%)

0	0,08616	0	0
15	0,09036	-0,0042	-4,87
30	0,08871	-0,0025	-2,96
45	0,08060	0,0055	6,45
60	0,08457	0,0015	1,85
90	0,07385	0,01231	14,29

Na Tabela 2 pode-se observar os resultados de perda de massa para o PE nos intervalos de 15, 30, 45, 60 e 90 dias. É possível visualizar um ganho de massa no primeiro intervalo, que pode ser entendido como uma possível absorção de umidade ou devido a presença de agregados do solo ao polímero.

Esse comportamento de perda de massa pode ser considerado uma possível indicação de degradação e este resultado corrobora com as imagens obtidas pela análise visual, onde no maior intervalo o polímero apresentou furos em toda sua extensão. Logo, com os resultados obtidos é possível inferir que, provavelmente quanto mais tempo o polímero estiver em contato com o solo, maior o seu nível de degradação ⁽⁶⁾ ⁽¹⁰⁾.

Tabela 2: Amostras de PE nos intervalos de 15, 30, 45, 60 e 90 dias.

Polietileno (PE)			
Tempo (dias)	Peso inicial (g)	Perda (g)	Perda (%)
0	0,28938	0	0
15	0,31835	-0,02897	-10,01
30	0,30112	-0,01174	-4,06
45	0,32456	-0,03518	-12,16
60	0,31528	-0,02590	-8,95
90	0,27794	0,01144	3,95

Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR)

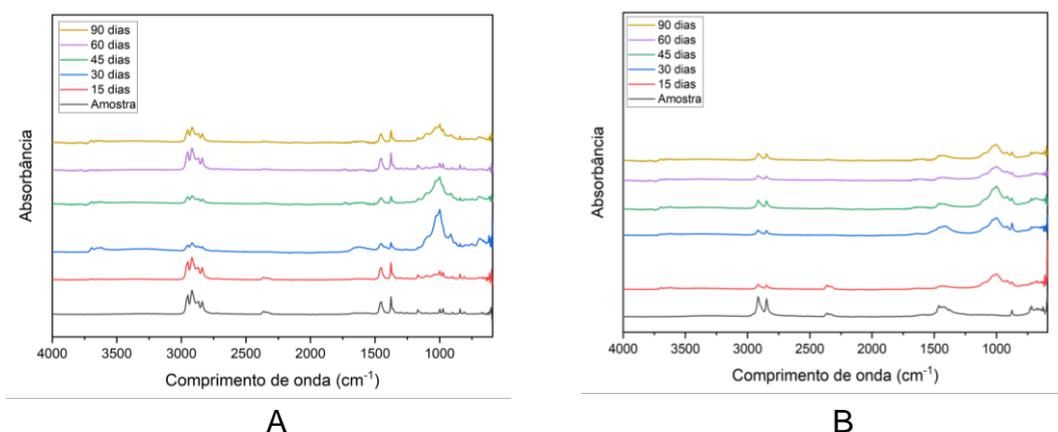
A Figura 4 - A apresenta o FTIR do PP nos intervalos de 0, 15, 30, 45, 60 e 90 dias, respectivamente. A partir da Figura 4 - A é possível observar que o polipropileno teve algumas bandas que são indícios de uma possível degradação como o estiramento alifático de CH, bandas de absorção cristalina, mudança de cristalinidade e o grupo metila. No intervalo de 2950 até 2800 cm^{-1} , a banda é

correspondente ao estiramento alifático CH, estando presente em todos os intervalos ⁽¹¹⁾.

No intervalo de 30 dias é possível visualizar bandas de absorção cristalina em 995 cm^{-1} referente a medida de cristalinidade e isotaticidade do polipropileno, estando relacionado a fração da unidade de repetição que está no polímero. A incidência de picos que variaram nos intervalos de 30, 45 e 90 dias que tiveram bandas de 916 a 691 cm^{-1} podendo indicar uma provável sinalização na mudança de cristalinidade do polipropileno que ficou disposto no solo ⁽¹²⁾.

A absorbância de pequenos picos em 1375 cm^{-1} é percebida por conta do grupo metila, na pesquisa a sua proporção é minimizada com o decorrer do tempo, indicando que o polímero passou por uma posição primária na sua cadeira polimérica ⁽¹²⁾. Ao analisar os resultados, foi possível perceber que os picos gerados pelo PP não foram expressivos, corroborando com a análise visual, que sugere que o polímero não obteve uma degradação significativa, dando resultado a um espectro com picos baixos.

Figura 4: Gráficos FTIR de PP e PE das amostras de 0, 15, 30, 45, 60 e 90 dias, respectivamente.

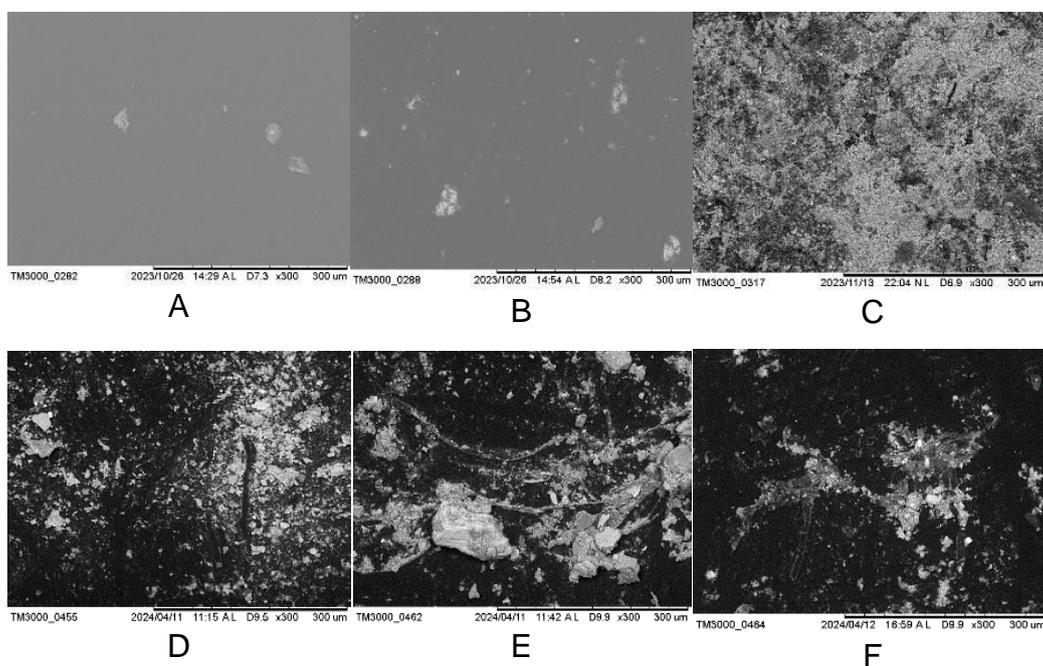


A Figura 4 - B apresenta o FTIR do PE nos intervalos de 0, 15, 30, 45, 60 e 90 dias. A partir da amostra virgem, o PE permaneceu com suas bandas da amostra em todos os intervalos, observando um alargamento de $2938\text{ a }2804\text{ cm}^{-1}$, e identificando o estiramento assimétrico e simétrico forte de $-\text{CH}_2$, dentro deste intervalo o PE possui dois picos específicos, o $2908\text{ e }2852\text{ cm}^{-1}$, indicando o estiramento C-H ⁽¹¹⁾. Outros grupos funcionais foram identificado em $1502\text{ a }1360\text{ cm}^{-1}$, indicando um alargamento e uma distensão da ligação $-\text{C}=\text{C}$ e bem como na faixa de $880\text{ a }986\text{ cm}^{-1}$ estando presente os grupos insaturados ⁽¹³⁾.

Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A Figura 6 apresenta as micrografias do PP obtidas por MEV nos intervalos de 0-A, 15-B, 30-C, 45-D, 60-E e 90-F dias, respectivamente. Na Figura 6 - A é possível observar a amostra virgem que tem uma superfície densa e homogênea, com pequenas impurezas tendo em vista que elas foram obtidas após do uso do cotidiano no Campus. Com o passar do tempo, observa-se que as amostras apresentam um maior agregado de materiais em sua superfície, mas sem indicação de mudanças estruturais ou indicativos de degradação, corroborando com os resultados de perda de massa e com a análise visual.

Figura 6: MEV das amostras de PP identificadas por A, B, C, D, E e F são dos intervalos de 0, 15, 30, 45, 60 e 90 dias respectivamente.

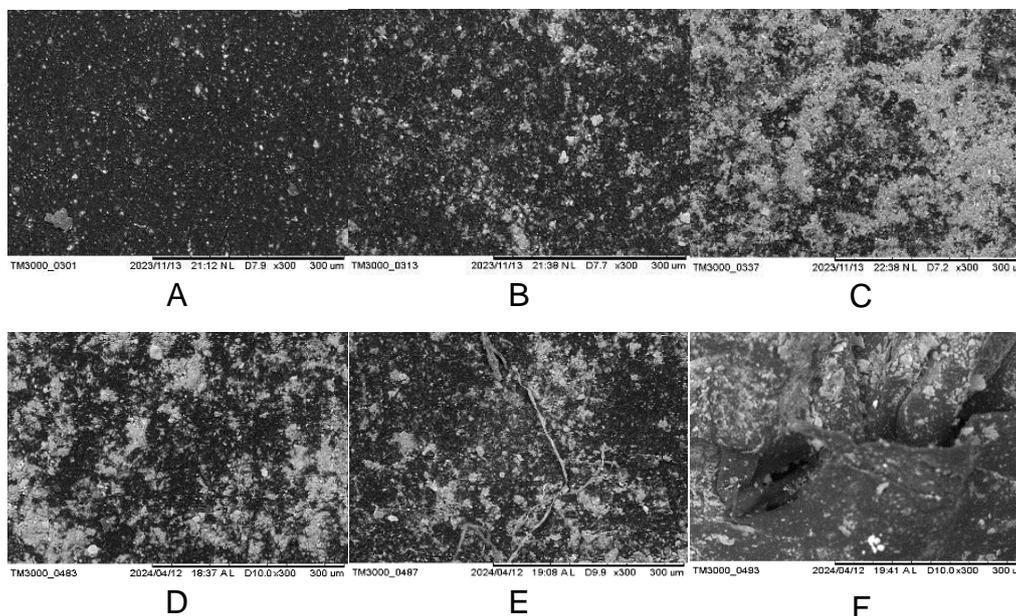


A Figura 7 apresenta as micrografias do PE obtidas por MEV nos intervalos de 0-A, 15-B, 30-C, 45-D, 60-E e 90-F dias, respectivamente. Inicialmente observa-se que a amostra A tem uma superfície com muitas impurezas já agregadas a ela devido a ser uma amostra obtida após o uso. Nos primeiros 30 dias de exposição ao solo do polietileno (PE) pode-se visualizar a formação de micro poros no material que são intensificados para os maiores intervalos.

A amostra F apresenta a micrografia próxima aos buracos que aparecem na análise visual e indicam uma possível degradação no material, indicando uma

erosão, deixando a amostra frágil e indica que a degradação será maior quanto maior for o tempo enterrado ⁽¹⁴⁾.

Figura 7: MEV das amostras de PE identificadas por A, B, C, D, E e F são dos intervalos de 0, 15, 30, 45, 60 e 90 dias, respectivamente.



CONCLUSÃO

Conclui-se que a partir dos resultados obtidos das análises estudadas observa-se que o PP apresentou pouca modificação nos intervalos, apresentando apenas pequenas alterações no MEV. A ausência de mudanças na estrutura analisada pelo FTIR e apenas mudança na micrografia pode ser devido a presença do solo agregado as amostras de forma superficial.

Para o PE conclui-se que ocorreram modificações ao longo dos intervalos em estudo. Ocorreu perda de massa para os maiores intervalos, a análise visual mostrou a presença de buracos em toda a superfície da amostra o que indica uma possível degradação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pelo fomento à pesquisa e ao IFCE Campus Quixadá pela infraestrutura para realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- (1) COSTA, C. Z.; ALBUQUERQUE, M. C. C.; BRUM, M. C.; CASTRO, A. M. Degradação Microbiológica E Enzimática De Polímeros: Uma Revisão. **QUIM. NOVA**, v. 38, n. 2, p. 259-267, fev. 2015. doi.org/10.5935/0100-4042.20140293
- (2) PONTAROLO, E. L. **A Modelagem Matemática No Estudo Da Cinética De Degradação De Polímeros Biodegradáveis**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Unioeste/Campus Toledo, 2020.
- (3) ZHENG, J.; SUH, S. Strategies to reduce the global carbon footprint of plastics. **NATURE CLIMATE CHANGE**, v. 9, n. 5, p. 374-378, 2019. doi.org/10.1038/s41558-019-0459-z
- (4) WANG, H.; WEI, D.; ZHENG, A.; XIAO, H. Soil burial biodegradation of antimicrobial biodegradable PBAT films. **POLYMER DEGRADATION AND STABILITY**, v. 116, p. 14-22, jun. 2015. doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2015.03.007
- (5) NAIR, N. R.; SEKHAR, V. C. NAMPOOTHIRI, K. M.; PANDEY, A. Biodegradation of Biopolymers. **Current Developments in Biotechnology and Bioengineering**, 1ª ed, Amsterdam: Elsevier. cap. 32, p. 739–755, 2017.
- (6) SOUZA MACHADO, F. A. **Avaliação da biodegradação de embalagem comercial a base de amido a partir da bioatividade do solo e da respirometria**. Dissertação (Mestre em Engenharia Química) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro/Seropédica, Rio de Janeiro. 2018.
- (7) CAMPOS, A.; MARCONATO, J.C.; FRANCHETTI, S. M. M. Biodegradação de Filmes de PP/PCL em solo e solo com chorume. **POLÍMEROS, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**, v. 20, n. 4, p. 295-300, 2010. doi.org/10.1590/S0104-14282010005000039
- (8) PALSIKOWSKI, P. A. **Estudo do comportamento da biodegradação em solo de blendas compatibilizadas de PLA/PBTA e seus efeitos genotóxicos e mutagênicos**. Dissertação (Mestre em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Campinas/ São Paulo, 2015.
- (9) VIEIRA, A.C.; VIEIRA, J.C.; FERRA, J.M.; MAGALHÃES, F. D.; GUEDES, R.M.; MARQUES, A. T. Estudo mecânico de fibras PLA-PCL durante degradação in vitro. **Comportamento mecânico de materiais biomédicos**. v. 4, ed. 3. p. 451-460. Abril, 2011. doi.org/10.1016/j.jmbbm.2010.12.006

- (10) HUANG, D.; XU, Y.; LEI, F.; YU, X.; OUYANG, Z.; CHEN, Y.; JIA, H.; GUO, X. Degradação do plástico polietileno no solo e efeitos na composição da comunidade microbiana. **REVISTA DE MATERIAIS PERIGOSOS**, v. 416, ago. 2021. doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126173
- (11) BUCEK, A.; ZAHORANOVÁ, A.; POPELKA, A.; KOVACIK, D. Tratamento de plasma de ácido acrílico de tecido não tecido de polipropileno. **FIBRAS E TÊXTEIS NA EUROPA ORIENTAL**. v. 24. 2016. doi:10.5604/12303666.1221751
- (12) TOFA, T. S.; YE, F.; KUNJALI, K. L.; DUTTA, J. Fotodegradação aprimorada de luz visível de fragmentos microplásticos com platina plasmônica/ Fotocatalisadores de nanobastões de óxido de zinco. **MPDI /Catalysts**. v. 9, edição 19, 2019. doi.org/10.3390/catal9100819
- (13) LONGO, C.; SAVARIS, M.; ZENI, M.; BRANDALISE, R. N.; GRISA, A. M. C. Estudo de degradação de polipropileno (PP) e polipropileno (BOPP) no meio ambiente. **MATERIALS RESEARCH**; v. 14, p. 442-448. 2016. doi.org/10.1590/S1516-14392011005000080
- (14) EUAPHANTASATE, N., PRACHAYAWASIN, P., UASOPON, S., METHACANON, P. Moisture Sorption Characteristic and their Relative Properties of Thermoplastic Starch / Linear Low Density Polyethylene Films for Food Packaging. **MATERIALS TECHNOLOGY**, v. 18, n. 2, p. 103-109, jan. 2008.

STUDY OF POLYMER DEGRADATION BY SELECTIVE COLLECTION ON IFCE QUIXADÁ CAMPUS

ABSTRACT

In society, polymeric materials are widely used in various industrial areas, and their excessive use brings several harmful effects, as they degrade slowly and, when improperly disposed of, can cause irreversible changes to the environment. In light of this, the research aimed to study polypropylene and polyethylene polymers placed in soil to verify possible degradations at intervals of 15, 30, 45, 60, and 90 days. The soil used for the research was found on the campus, and the polymers chosen for the research were collected through selective collection. Subsequently, the polymers were characterized by FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy), SEM (Scanning Electron Microscopy), visual analysis,

and mass loss. The visual analyses showed positive changes, FTIR revealed alterations in certain bands, and SEM indicated changes in the polymer structure.

Keywords: Degradation, polymer, environment.