Consciesi
REVISTA CIENTÍFICA DO CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ITAPIRA

ISSN: 2525-9091 *versão eletrônica*

A REDUÇÃO DO IMPACTO DO PLÁSTICO NO MEIO AMBIENTE PELA AÇÃO ENZIMÁTICA DA BACTÉRIA ***Ideonella sakaiensis***

REDUCING THE IMPACT OF PLASTIC ON THE ENVIRONMENT BY THE ENZYMATIC ACTION *OF Ideonella sakaiensis* BACTERIA

Emilly Mariane da SILVA[1]

Patrick PEREIRA[2]

Igor Rapp Ferreira da Silva[3]

1 Técnica em Meio Ambiente pelo Instituto Educacional Ativa de Itapira.
semilly023@gmail.com

Consciesi
REVISTA CIENTÍFICA DO CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ITAPIRA

ISSN: 2525-9091 *versão eletrônica*

2 Psicólogo e Psicopedagogo pela UniFAJ. Mestre em Psicologia pela PUC-Campinas.
Professor de Psicologia da UNIESI.
patrickpereira@hotmail.com.br

3 Biólogo, Mestre e Doutor em Ciências Bióloga Unicamp
igorrapp@gmail.com

RESUMO

O Poli (etileno tereftalato), foi desenvolvido após a Segunda Guerra Mundial, onde era usado como uma fibra têxtil. A partir de 1950 com a consolidação da “Era dos Plásticos”, quando a exploração do petróleo se intensificou, a utilização de derivados a partir do craque do petróleo na síntese de polímeros evoluiu. Nos últimos 50 anos, a produção de plástico teve um crescimento muito expressivo e por mais que existam vantagens, os plásticos trazem inúmeros prejuízos ao meio ambiente e riscos à saúde. Um dos principais problemas relacionados ao plástico é o descarte inadequado, pois permanece sem se degradar por décadas, uma vez que o material é resistente a ataques microbianos devido a diversos fatores, como dureza e estrutura química. Portanto, identificar um microrganismo capaz de utilizar o PET como fonte de energia tornaria possível uma estratégia de reciclagem com baixo consumo de energia e traria resultados positivos para o meio ambiente. Diante disso, este artigo tem como objetivo trazer alternativas para reduzir a poluição causada pelo material PET, tais como a coleta seletiva e/ou a política nacional de resíduos sólidos. Destacando a descoberta de uma bactéria, a *Ideonella sakaiensis*, que utiliza o PET como fonte de carbono e energia e cuja enzima *PETase* divide o material em pequenas unidades, favorecendo a reciclagem e degradação do PET, mesmo em ambientes aquáticos. Utilizando análises bibliográficas a respeito dos temas citados, pode-se concluir que a implementação da bactéria em grande escala poderá proporcionar resultados positivos tanto para o meio ambiente quanto para o meio tecnológico.
Palavras Chave: Degradação do plástico; *Ideonella sakaiensis*; sustentabilidade.

ABSTRACT

Poly (ethylene terephthalate) was developed after World War II, when it was used as a textile fiber. From 1950 on, with the consolidation of the "Age of Plastic", when oil exploration was intensified, the use of derivatives from the oil crack in polymer synthesis has evolved. In the last 50 years, plastic production has had a very expressive growth and as much as there are advantages, plastics bring countless damages to the environment and risks to health. One of the main problems related to plastic is inadequate disposal, as it remains undegraded for decades, since the material is resistant to microbial attacks due to several factors such as hardness and chemical structure. Furthermore, identifying a microorganism that uses PET as source of energy would make a low energy consumption recycle strategy possible and would bring positive results to the environment. Thus, this article aims to bring

Consciesi
REVISTA CIENTÍFICA DO CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ITAPIRA

ISSN: 2525-9091 *versão eletrônica*

alternatives to reduce the pollution caused by PET material such as recycling selective collection and the national policy of solid waste, but its main focus is to highlight the discovery of a bacterium, *Ideonella sakaiensis*, that uses PET as a source of carbon and energy, and whose enzyme *PETase* divides the material into small units, which enables recycling and degradation, even in aquatic enviroment. Through bibliographic analysis regarding the mentioned themes, it can be concluded that the implementation of the bacteria in large scale may provide positive results both for the environment and for the technological environment.
Keywords: Plastic degradation; *Ideonella sakaiensis*; sustainability.

1. História da Indústria do Plástico

A “Era dos Plásticos” se consolida a partir de 1950, quando a exploração do petróleo cresceu, dando oportunidade ao surgimento da indústria petroquímica. Então, a utilização de derivados obtidos a partir do craque do petróleo na síntese de polímeros, tais como o etileno, o propileno, o acetileno, o benzeno, o fenol, entre outros, permitiu o aparecimento de numerosas matérias plásticas. Como apontam Piatti e Rodrigues, “uma das razões que fazem os plásticos serem materiais de uso cada vez mais expandido é a sua durabilidade, consequência de sua estabilidade estrutural” (2005, p46).

Nos últimos 50 anos a produção de plástico teve um crescimento relativamente expressivo. Somente a China é responsável por 25% da produção mundial de plásticos, a Europa ocupa a posição de segundo lugar. O crescimento da indústria de plásticos teve efeitos em vários setores da economia, sendo China ou Europa incapazes de manter o ritmo de crescimento ou de inovações sem esse material. Contudo, mesmo com as suas diversas aplicações, os plásticos são compostos por misturas de diversas substâncias tais como polímeros e aditivos, que podem trazer prejuízos ao meio ambiente e riscos à saúde (DIAS, 2016).

Consciesi
REVISTA CIENTÍFICA DO CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ITAPIRA
ISSN: 2525-9091 versão eletrônica

Os polímeros conquistaram o seu espaço na sociedade atual, sendo incorporados na vida cotidiana de toda a população. Não obstante, polímeros são geralmente resistentes ao ataque microbiano devido a alguns fatores como dureza, absorção limitada de água e tipo de estrutura química. Mesmo que em sua constituição haja compostos não poliméricos (lubrificantes, pigmentos e antioxidantes) que auxiliem no ataque microbiano, tais constituintes são insuficientes para diminuir o tempo de biodegradação. Após o descarte, o plástico pode permanecer inerte por décadas, ou séculos, o que acaba por gerar um acumulo ambiental desses materiais (CANGEMI, 2005).

2. UMA POSSÍVEL SOLUÇÃO PARA A UTILIZAÇÃO MASSIVA DO PET

Entre todos os polímeros já desenvolvidos, o PET possui um local de destaque por durabilidade e versatilidade nas aplicações. O Poli (etileno tereftalato), mais conhecido como PET, foi desenvolvido em meados de 1940, após a Segunda Guerra Mundial. O material constitui o termoplástico mais facilmente fabricado devido ás excelentes características mecânicas e suas propriedades térmicas. Primeiramente, o PET foi desenvolvido para ser usado como uma fibra têxtil, ainda baseado em fibras, e depois aplicado na fabricação de filmes de polímeros, devido à sua composição (TANIGUCHI e colaboradores., 2019).

O PET é obtido industrialmente por transformações químicas chamadas de reação de polimerização. A reação de produção se inicia com a esterificação de monômeros, moléculas menores, e a sequência de condensação dos mesmos leva

Consciesi
REVISTA CIENTÍFICA DO CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ITAPIRA
ISSN: 2525-9091 versão eletrônica

à formação do material PET, processo chamado de policondensação. Os polímeros resultantes dessa reação poderão ter massas molares médias variáveis.

A adequada seleção da massa molar da matéria-prima é fundamental para o PET, e seu controle é feito pela variação de parâmetros do processamento, como a temperatura. Para isso, a amostra de PET é submetida a um tratamento térmico em reatores que possuem atmosfera inerte. A presença de oxigênio induz um processo de degradação oxidativa e degradação térmica, provocando uma redução na massa molar do polímero (PEREIRA e colaboradores.,2001).

Somente em 2013, foram produzidas cerca de 56 milhões de toneladas de PET em todo o mundo. Atualmente, os únicos produtos reciclados são garrafas, porém a quantidade reciclada representa apenas 37% do volume total de produção.

A maioria dos resíduos de PET são descartados como rejeitos e introduzidos no meio ambiente. Este material é muito estável e, consequentemente resistente à degradação microbiana. Portanto, descobrir maneiras de degradar esse polímero traria benefícios ao meio ambiente. Sendo uma das alternativas, desse modo, identificar microrganismos que utilizem o PET como sua fonte de carbono. Assim, usar suas funções biológicas, tornaria uma estratégia de reciclagem de baixo impacto ambiental desse plástico possível (YOSHIDA e colaboradores,2016).

Na literatura, existem poucos relatos sobre a degradação do PET ou sobre sua utilização para apoiar o crescimento microbiano. Porém, uma vez identificados, os microrganismos que possuam um mecanismo enzimático necessário para degradar o PET, esses podem servir para o desenvolvimento de uma estratégia de remediação ambiental, através da degradação biológica desse material. YOSHIDA

Consciesi
REVISTA CIENTÍFICA DO CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ITAPIRA
ISSN: 2525-9091 *versão eletrônica*

et al. (2016) coletaram 250 amostras ambientais (solos, lodo e esgoto) contaminadas com PET. Após o exame microscópico de uma das amostras sedimentares, houve o isolamento de um microorganismo que poderia digerir filmes de PET de baixa cristalinidade (1,9%). Após ensaios enzimáticos detalhados desse novo organismo, ficou claro a existência de enzimas que tornavam essa bactéria capaz de utiliza o PET para o seu crescimento, tendo esse material como fonte o carbono.

Tal capacidade está relacionada a existência de duas enzimas capazes de, conjuntamente, degradar o PET. A primeira enzima do sistema é a *PETase* que é capaz de degradar o PET em mono (2-hidroxietil) ácido tereftálico. A segunda é chamada de *MHETase*, essa vai converter o primeiro resíduo em ácido tereftálico e etilenoglicol. Esse último sendo utilizado pela bactéria como fonte de carbono. (YOSHIDA *et al.,*2016).

AUSTIN *et al.*, em 2018, isolaram a *PETase* e determinaram sua estrutura, concluindo que tal enzima tem homologia com as cutinases, responsáveis pela degradação da cutícula de plantas. Além disso, mostraram que a alteração de apenas dois aminoácidos em sua sequência, há o aumento significante da atividade *PETase*. Dessa forma, provavelmente, haja um potencial em utilizar essas enzimas como plataformas para engenharia, modificando-as e otimizando o processo enzimático afim de garantir a degradação, não somente do PET, mas também de outros poliésteres (AUSTIN e colaboradores,2018).

3. UTILIZAÇÃO DO PLÁSTICO X PRESERVAÇÃO AMBIENTAL

Consciesi
REVISTA CIENTÍFICA DO CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ITAPIRA
ISSN: 2525-9091 versão eletrônica

Os hábitos de consumo da sociedade atual, a definição de regulamentações específicas, a implementação de centros de pesquisas e o desenvolvimento de tecnologias adequadas, constituem uma pauta de ações de setores governamentais e empresariais, como na reciclagem de embalagens, por exemplo. A rentabilidade do mercado de reciclagem de embalagens plásticas no Brasil, como em outros países desenvolvidos, traz aspectos atraentes para iniciativas empresariais no setor. Essa reciclagem pode ser entendida como sendo a implementação de processos e técnicas para otimizar a utilização de energia, matérias – primas, produtos e materiais empregados na fabricação de embalagens, amparando conceitos econômicos, sociais e de impacto ambiental adequado (FORLIN&FARIA, 2002 p1).

Atualmente, existe uma extrema preocupação mundial com o ambiente aquático, em especial com o marinho, pois compreende uma grande parcela do planeta e a sua importância no ciclo global está amplamente definida e difundida. Durante muito tempo, foi possível acreditar que os oceanos seriam capazes de se recuperar diante de todos os impactos que a ação humana lhe causaria, porém, diante de acontecimentos recentes, fenômenos inesperados, alertas estão surgindo para mostrar a real situação dos oceanos. As regiões litorâneas têm sido submetidas a frequentes impactos ambientais, tanto de origem urbana como industrial e sem um planejamento ambiental, a consequência traz diversas fontes de emissão de poluentes para o solo, água e ar (MANZANO, 2009 p1).

Infelizmente, todo o material descartado não desaparece no ambiente, principalmente nos oceanos, onde as correntes oceânicas mantem os resíduos sólidos em constante circulação, que são posteriormente concentrados por correntes

Consciesi
REVISTA CIENTÍFICA DO CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ITAPIRA
ISSN: 2525-9091 versão eletrônica

e ondas em frentes oceânicas convergentes (CARR, 1987 apud MANZANO, 2009), chamados de giros ou vórtices. Em sua grande maioria, os resíduos plásticos não são biodegradáveis, e sim “fotodegradáveis”, um processo no qual suas partículas se quebram em tamanhos cada vez menores pela ação do sol. Um exemplo marcante é o porto de Santos, o polo da Região Metropolitana da Baixada Santista, possui uma intensa atividade industrial em sua volta, com a falta de tratamentos adequados, a poluição do local é potencializada, desaguada nos oceanos (MANZANO, 2009 p1).

No Rio Grande do Sul, toda a costa encontra-se contaminada por resíduos sólidos, principalmente nas áreas onde há uma influencia da atividade turística, como a Praia do Cassino, Praia Grande e a Praia da Guarita. O plástico representa o maior problema dentre os contaminantes encontrados, pelo seu continuo aporte e alto tempo de residência no ambiente, trazendo a necessidade de medidas sustentáveis, praticadas pela sociedade como um todo, unindo qualquer tipo de interesse. Sendo assim, são possíveis as atitudes de criação de bens mais duráveis, incluindo embalagens reutilizáveis e biodegradáveis (PIANOWSKI, 1997 p1).

O desenvolvimento de novas tecnologias e de novos mercados para o plástico reciclado assume um papel importante para o gerenciamento de seus resíduos. Particularmente, no Brasil, apesar do estado incipiente do sistema de coleta de material, há a possibilidade de criar um sistema de coleta inovador, eficiente e de baixo custo a partir da centralização dos esforços individuais de catadores. Uma característica peculiar do Brasil é a presença de uma classe de trabalhadores de baixa renda que usufruem da atividade de coleta de resíduos

Consciesi
REVISTA CIENTÍFICA DO CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ITAPIRA
ISSN: 2525-9091 versão eletrônica

recicláveis e acaba por inserir o país entre os maiores recicladores mundiais. Portando, a legalização, o incentivo e a profissionalização dos catadores pela formação de cooperativas, além de inserir uma parcela da população dentro de uma sociedade ativa economicamente, pode contribuir para uma forma de viabilização da coleta seletiva em âmbito nacional (SANTOS, *et al*., 2004).

No Brasil, em 2010, foram reciclados 953 mil toneladas de plásticos (sendo 606 mil toneladas de plásticos pós consumo e o restante de plásticos industriais), representando um crescimento de 2,5% em relação a 2009. O maior empecilho à reciclagem decorre da gestão inadequada dos resíduos sólidos, incluindo os plásticos. Fatores essenciais para um bom funcionamento de um sistema de reciclagem são a coleta seletiva e a logística reversa. A Política Nacional de Resíduos Sólidos, aprovada em 2010, é uma medida importante para direcionar a população a um descarte adequado de seus resíduos, além de incentivar procedimentos para tratamentos, como a reciclagem. Contudo, diversas outras ações governamentais, dos estados e municípios, se fazem necessárias, assim como a união de governo e indústria para o desenvolvimento de uma gestão adequada (OLIVEIRA, 2012, p1).

A atuação conjunta de governos, universidades, organizações não-governamentais e recicladores, podem gerar incentivos e grande impacto para a reciclagem do país, trazendo mais indústrias para este meio. O fortalecimento das cooperativas ou associações de catadores também pode auxiliar na logística do gerenciamento do lixo. Todas essas cooperativas são responsáveis por grande parte da separação de materiais que estão sendo reutilizados ou reciclados no Brasil.

Consciesi
REVISTA CIENTÍFICA DO CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ITAPIRA
ISSN: 2525-9091 *versão eletrônica*

Para o resíduo plástico, sua identificação e separação é fator crucial para sua posterior reintrodução na cadeia de valor, trazendo assim uma gestão mais eficiente e comprometida com a inclusão social (KIPPER, *et al*., 2009).

Um projeto de implementação da bactéria *Ideonella sakaiensis* poderia trazer resultados positivos para o meio ambiente, especialmente no que tange às consequências geradas pelo descarte de plásticos, uma vez que grande parte da produção de PET é descartada de maneira inapropriada, principalmente em oceanos. Com a ação da bactéria, cuja enzima é denominada *PETase*, pode-se dividir a substância em pequenas unidades, o que favoreceria a reciclagem e diminuiria o impacto causado no meio em que se encontra, pois, estima-se que futuramente seja necessária uma nova tecnologia de limpeza do PET reciclado, especialmente em países com cenários comerciais similares ao Brasil.

Especificamente no Brasil, existe uma grande chance de se atingir o maior índice de reciclagem mecânica, devido à expansão do mercado consumidor do PET pós-consumo. Isso se deve ao fato deste país possuir grande segmento no mercado de plásticos destinado à indústria de embalagens e de alimentos (ROMÃO, *et al*.,2009).

Estudos avançados sobre a bactéria *Ideonella sakaiensis* que possui enzimas que podem degradar o plástico, conseguem alcançar imensos objetivos se forem postos em prática. Uma extensa caracterização do substrato da bactéria pode proporcionar um ponto de partida para o desenvolvimento de sistemas de degradação do PET sobre determinada medida, uma evolução que trará resultados positivos ao meio ambiente e ao meio tecnológico.

Consciesi
REVISTA CIENTÍFICA DO CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ITAPIRA
ISSN: 2525-9091 *versão eletrônica*

O ambiente necessita de uma mudança drástica devido aos danos que estão se intensificando cada vez mais. A reciclagem do PET, como destaque, tem fortes apelos não só para a questão social, mas também para questões ecológicas e econômicas. Para melhores resultados perante a este problema, é fundamental o papel da educação ambiental, para que haja uma grande mudança em meio às metrópoles, sendo também essencial o maior investimento em informação e tecnologias que facilitem a reciclagem de materiais, e assim favorecer uma maior proteção ao meio ambiente (DIAS & TEODÓSIO, 2006,. p.2).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando a atuação da *PETase* sobre o material composto de PET, a degradação não ocorre por completo, sobram pequenas moléculas que podem ser transformadas em matéria-prima para a fabricação de diversos outros produtos, que podem ir de fármacos até biocombustíveis. Portanto, se produzidas em escalas industriais podem trazer inúmeros benefícios ao meio, além da própria degradação do material.

Pensando em outros aspectos, um estudo como este poderia abrir caminhos para possibilidades de uma melhor gestão, como uma maneira mais viável e promissora de utilizar ferramentas da legislação do Estado, podendo, por exemplo, aumentar a competividade que favorece a expansão do processo de inovação de uma porcentagem maior da indústria brasileira.

Entretanto, o problema do lixo pode ser tratado como um problema socioeconômico, no qual a falta de uma educação igualitária para todos resulta em

ISSN: 2525-9091 *versão eletrônica*

consequências graves para o meio ambiente, como o descarte inadequado de resíduos, por exemplo. Além da educação ambiental, também deve ser trabalhado na implementação da Politica Nacional de Resíduos Sólidos, uma lei que organiza a forma como o seu país lida com os resíduos e rejeitos, exigindo dos seus setores total transparência, incluindo toda a logística reversa. Valorizar a coleta seletiva e os coletores, que colaboram com o descarte do lixo, ter uma sociedade que pratique a igualdade e saiba cuidar do meio onde vive, traria o respeito humano e ambiental, reduzindo a velocidade na qual a poluição vem crescendo, através da consciência da sociedade, acontece o impulso de transformar e construir (#067 Plástico, 2019).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSTIN, H. P. *et al.* Characterization and engineering of a plastic-degrading aromatic polyesterase**. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**. v. 115, n. 19, 2018.

CANGEMI, J. M. Biodegradação: uma alternativa para minimizar os impactos decorrentes dos resíduos plásticos. In: Química Nova na Escola, São Paulo, n. 22, p. 17-21, 2005. Disponível em: < http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc22/a03.pdf >. Acesso em: 20 mar. 2020.

DIAS, Juliana De Carvalho. Rotas de destinação dos resíduos plásticos e seus aspectos ambientais: uma analise da potencialidade da biodegradação, 2016. 88 fls. Dissertação (Mestrado em planejamento energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: 2016

GONÇALVES-DIAS, S. L. F; TEODÓSIO, A. S. S. Estrutura da cadeia reversa: “caminhos” e “descaminhos” da embalagem PET. **Produção**, v. 16, n. 3, p. 429-441, 2006

KIPPER, L. M; MÄHLMANN, C. M.; RODRÍGUEZ, A. L. Ações estratégicas sistêmicas visando à integração da cadeia produtiva e de reciclagem de plásticos. **Revista Produção Online**, v.9, n.4, p. 848-865, 2009. Disponível em http://www.producaoonline.org.br/index.php/rpo/article/view/348. Acesso em: 22 abr. 2020.

Consciesi
REVISTA CIENTÍFICA DO CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ITAPIRA

ISSN: 2525-9091 *versão eletrônica*

MANZANO, Aruanã Bittencourt. Distribuição, taxa de entrada, composição química e identificação de fontes de grânulos plásticos na Enseada de Santos, SP, Brasil, 2009, 122 fls. Dissertação (Mestrado em Ciências, área de Oceanografia biológica) – Universidade Estadual de São Paulo. São Paulo: 2009.

MIYAZAKI, Danilo Yokio. Reciclagem química do poli (tereftalato de etileno), através de alcoólise, para obtenção e utilização do poliol na síntese de poliuteranas. 2016, 84 fls. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba: 2016.

OLIVEIRA, Maria Clara Brandt Ribeiro. Gestão de resíduos plásticos pós-consumo: Perspectiva para a reciclagem no Brasil. 2012, 91 fls. Dissertação (Mestrado em planejamento energético) – Universidade Federal do Rio de janeiro. Rio de Janeiro: 2012

PEREIRA, R.C. C; MACHADO, A. H; SILVA, C. G. (Re) Conhecendo o PET. **Química e Sociedade**, v_, n. 15, 2002.

PIANOSKI, F. Resíduos sólidos e esférulas plásticas nas praias do Rio Grande do Sul – Brasil. 1997. 78 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Oceanologia) - Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande/RS.

#067 Plástico: recusar canudinho vai nos salvar?. Entrevistadores: Lucas Andrade e Camila Beraldo. Entrevistados: Alexander Turra, Jaci Magalhães e Sylmara Dias. Podcast Addict, 09 agos. 2019. Podcast. Disponível em: <https://podcastaddict.com/episode/78014137>. Acesso em: 18 jul. 2020.

PIATTI, Tânia Maria; RODRIGUES, Reinaldo Augusto Ferreira. Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais. 1 ed. Macéio: Edufal – Editora da Universidade Federal do Alagoas, 2008.

ROMÃO, W.; et al. Poli (Tereftalato de Etileno), PET: Uma revisão sobre os processos de síntese, mecanismos de degradação e sua reciclagem. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol. 19, n. 2, p. 121-132, 2009.

TANASUPAWAT, S; et al. *Ideonella sakaiensis sp*. Nov., isolated from a microbial consortium that degrades poly(ethylene terephthalate). **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 66, p. 2813- 2818, 2016.

TANIGUCHI, I; et al. Biodegradation of PET: Current Status and Application Aspects. **ACS Catalysis,** v. 9, n. 5, p. 4089-4105, 2019.

YOSHIDA, S; et al. Discovery of a Bacterium that Degrades and Assimilates Poly(ethylene terephthalate) could Serve as a Degradation and/or Fermentation Platform for Biological Recycling of PET Waste Products. In: Keio University site, press release, Kyoto,/Japão: 2016. Disponível em: <

Consciesi
REVISTA CIENTÍFICA DO CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ITAPIRA

ISSN: 2525-9091 *versão eletrônica*

https://www.keio.ac.jp/en/press_releases/2016/cb96u90000005501-att/160330_2.pdf >. Acesso em: 25 fev. 2020.

YOSHIDA, S; et al. A bacterium that degrades and assimilates poly(ethylene terephthalate). **Science**, vol. 351, n. 6278, p. 1196 – 1199, 2016.