

Caracterização e propriedades de bioplásticos obtidos a partir de polvilho doce com diferentes proporções de amido

Characterization and properties of bioplastics obtained from sweet powder with different starch proportions

Alexandre Reis de Azevedo*
Carolina Chaves Fernandes**

Resumo

A presente pesquisa foi conduzida com o objetivo de caracterizar filmes de bioplásticos obtidos através do polvilho doce com diferentes proporções de amido e relacioná-los com os diferentes plásticos, já existentes, identificando características físicas, químicas e térmicas. Tendo em vista que a substituição dos plásticos hoje utilizados na produção de materiais de construção, embalagens, peças automotivas, etc; são advindas de materiais não renováveis e esta substituição seria de grande contribuição para o meio ambiente pela produção dos filmes poliméricos presentes neste estudo apresentaremos sua composição de fontes renováveis.

Palavras-Chave: Bioplásticos. Caracterização. Fontes renováveis.

*Doutorado em Química pela Universidade Federal Fluminense, Brasil; Professor no Centro Universitário La Salle do Rio de Janeiro, Brasil; Email: alexandre.azevedo@lasalle.org.br

** Graduanda em Engenharia de Produção no Centro Universitário La Salle do Rio de Janeiro, Brasil; Email: carolinacfernandes@live.com

Abstract

The present research was conducted with the objective of characterizing bioplastic films obtained through sweet powder with different starch proportions and relating them to the different plastics, already existing, identifying physical, chemical and thermal characteristics. Bearing in mind that the replacement of plastics used today in the production of building materials, packaging, automotive parts, etc; they come from non-renewable materials and this replacement would be of great contribution to the environment by the production of the polymeric films present in this study, we will present its composition from renewable sources.

Keywords: Bioplastics. Description. Renewable sources.

Introdução

Há décadas os plásticos vêm sendo o material de fabricação comercial que se acumulou em maior quantidade no planeta levantando grandes benefícios, mas também uma série de questões ambientais como: tempo de degradação; custo de reciclagem e o acúmulo em lixões e no meio ambiente. Os plásticos também são fontes de gás carbônico, quando da sua queima, pois são oriundos de fontes não renováveis. O petróleo é sua fonte primária, ou seja, o material inicial para a produção. Uma grave crise de recursos não renováveis está cada vez mais próxima e uma alternativa a utilização dos plásticos é vista por toda comunidade científica como fundamental para o futuro do nosso planeta. O plástico tornou-se uma parte da vida cotidiana devido a suas propriedades como flexibilidade, força, versatilidade, além de ser facilmente adaptadas em filmes finos para o acondicionamento de alimentos aumentando sua vida útil. Mas no ambiente está criando problemas não resolvidos, como poluição e desperdício (BHARTI, 2016).

Aproximadamente 300 milhões de toneladas/ano de plásticos são geradas em nosso planeta, sendo 1/3 dessa composição oriunda de embalagens. Desse total 8 milhões de toneladas/ano de plásticos acabam por chegar ao mar, agredindo de forma brutal o habitat de milhões de espécies (GRIMBERG, 2018).

Pensando em substituir esse material que tem em média de 100 a 450 anos para decomposição e não afetar o mercado que só na indústria brasileira é composto por 11.600 empresas, aproximadamente, e trazer qualidade agregada ao pós-consumo consciente em todos os setores. Assim como o maior consumidor de plásticos processados no Brasil, que é o setor de construção civil, já substituiu materiais lesivos ao ser humano, a substituição do plástico por bioplásticos representaria um grande passo na longa jornada para um mundo sustentável. Eles que são utilizados na construção de tubos, conexões, caixilhos de janelas e isolamentos. O segundo maior consumidor de plásticos processados é a indústria de alimentos, seguida pela indústria automobilística. Juntas, as três principais indústrias ocupam quase 55% dos plásticos processados como um segmento final (DE OLIVEIRA, 2012). A obtenção de filmes plásticos biodegradáveis (os bioplásticos) tem despertado bastante interesse pela comunidade científica mundial como forma de substituir o uso do plástico derivado de petróleo, tendo em vista que na sua produção utiliza-se matéria-prima de fonte renovável. Inserido no contexto atual de preocupação crescente com o ambiente tem-se o bioplástico, que é um material produzido a partir de matéria-prima 100% renovável e que em geral, quando descartado em condições que favorecem o seu processo de decomposição, integra-se mais rápido à natureza do que os plásticos convencionais (VIVEIROS, 2002).

Como polímeros normalmente envolvem uma larga faixa de valores de massa molar podemos esperar grande variação em suas propriedades. Alterações no tamanho da molécula, quando esta é pequena, provocam grandes mudanças nas suas propriedades físicas. Estas alterações tendem a ser menores com o aumento do tamanho da molécula, sendo que para polímeros as diferenças ainda existem, mas são pequenas. Isso é vantajosamente usado, produzindo-se comercialmente vários tipos (grades) de polímeros, para atender às necessidades particulares de uma dada aplicação ou técnica de processamento. (CANEVAROLO JR., 2006)

De acordo com a definição emitida pelo *Committee on the Characterization of Materials* da *U.S. National Academy of Sciences* a caracterização descreve os aspectos de composição e estrutura (incluindo

defeitos) de um material, que são significativos para uma preparação particular, estudo de propriedades ou uso, e são suficientes para a reprodução do material.

Nosso grupo de pesquisa vem ao longo dos últimos 3 anos publicando diversos trabalhos sobre a síntese de bioplásticos inclusive sendo premiado nos anos de 2017 e 2018 no Simpósio de Engenharia de Produção, SIMEP (V SIMEP 2017 e VI SIMEP 2018).

Como consequência natural do nosso trabalho de pesquisa a caracterização e a comparação dos bioplásticos produzidos com os plásticos convencionais tem como principal objetivo poder demonstrar as aplicações que os nossos produtos poderão ter no mercado.

Utilizando como base as normas americanas *American Society for Testing Materials* (ASTM) para caracterização de plásticos foram realizados uma série de testes para poder chegar ao objetivo principal do trabalho. Essas normas são baseadas em testes físicos, químicos e mecânicos que estão descritos abaixo.

1. Parâmetros de caracterização

1.1. Densidade

A densidade é uma propriedade da matéria que relaciona massa e volume. Em outras palavras, ela define a quantidade de massa de uma substância contida por unidade de volume (PIATTI, 2005).

$$\text{Densidade} = \text{massa} / \text{volume}$$

A determinação da massa é de fácil medida. O volume pode ser medido a partir das medidas de cada amostra ou utilizando o princípio de Arquimedes (mede o deslocamento de água ou de outro solvente pelo princípio da impenetrabilidade). A massa pode ser medida com balança de grande precisão. Alguns polímeros apresentam densidades maiores ou menores que a água, que pode ser usada como um parâmetro qualitativo da densidade do material analisado. Os polímeros EPS, HDPE, LDPE, LLDPE e PP

são menos densos que a água. Já os tipos HIPS, PET, PS, PVC são mais densos.

1.2. Teste de chama

A análise do comportamento do polímero em contato com a chama do bico de Bunsen permite a identificação de elementos químicos presentes. Os espectros de emissão são constituídos pelo conjunto das radiações emitidas quando os elétrons transitam de níveis de energia superiores para níveis inferiores. Cada elemento emite diferentes conjuntos de radiações, o que nos permite identificar os elementos pela análise dos espectros, assim cada elemento contém um espectro de emissão característico, funcionando como uma “impressão digital” que permite a sua identificação. A técnica da análise elementar por via seca (teste de chama) baseia-se no fato de quando sujeitos a elevadas temperaturas os íons metálicos passam a estados excitados e ao voltarem a estados menos energéticos emitem radiações, isto é observável sobre a forma de uma chama colorida. O conjunto das radiações emitidas corresponde ao espectro de emissão (KUNST et al, 2014).

1.3. Teste de resistência química

A solubilidade de compostos orgânicos é um importante parâmetro para a caracterização química, pois demonstra uma série de propriedades das substâncias. A polaridade é um importante fator que ajuda na compreensão da solubilidade de diferentes substâncias. Substâncias polares tendem a ser solúveis em solventes polares e as substâncias apolares em solventes apolares. De maneira geral os compostos orgânicos apresentam polaridade variável o que justifica o teste com diferentes solventes. Esses testes permitem prever a presença ou ausência de grupos funcionais específicos e também a reatividade em alguns casos. (ASTM D543 - 01, 2001).

2. Materiais e métodos

2.1. Reagentes

Ácido Acético - $C_2H_4O_2$ (Proquímios), Ácido Nítrico - HNO_3 (Proquímios), Ácido Clorídrico - HCl (Proquímios), Ácido Sulfúrico - H_2SO_4 (Reagen), Hidróxido de sodio - $NaOH$ (Reagen) - 60%, Álcool Etilico, Etanol - C_2H_6OH (Proquímios), Álcool Metílico, Metanol - CH_3OH (Proquímios), Tetracloreto de carbono - CCl_4 (Reagen), Benzeno - C_6H_6 (Proquímios), Acetona - C_3H_6O (Proquímios); Bico de bunsen (Prolab), balança de precisão digital (Nowak), paquímetro digital (Betafer).

2.2. Métodos

Foram selecionados 6 filmes poliméricos produzidos através de diferentes proporções de polvilho doce e amido, conforme metodologia descrita e publicada em: "Estudo comparativo das características de bioplásticos produzidos a partir de polvilho doce com diferentes proporções de amido em micro-ondas". (MACHADO, 2018, p. 311-314).

A tabela 1 abaixo mostra a composição dos filmes poliméricos de acordo com as proporções de amido utilizadas:

Tabela 1 - Composição dos filmes poliméricos

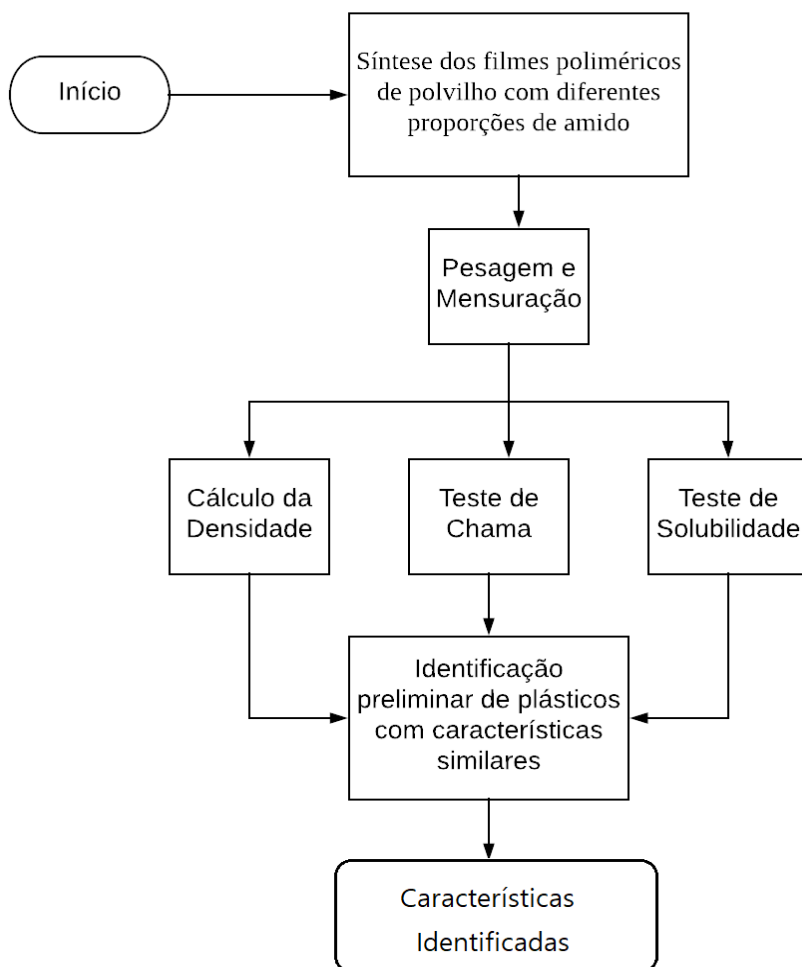
Amostra	Polvilho Doce (%)	Amido de Milho (%)
A1	100	0
A2	90	10
A3	80	20
A4	70	30
A5	60	40
A6	50	50

Fonte: Os autores

Os testes de caracterização foram realizados de acordo com a Norma D 543 - 95 adaptada. Os resultados obtidos foram utilizados para determinar as características de cada filme polimérico. Inicialmente foi realizado o teste de chama com uma amostra de 0,5 cm de cada filme polimérico.

A segunda etapa do processo de caracterização foi a realização dos testes de solubilidade. Foram separados 10 reagentes para cada filme polimérico sendo no total 60 tubos, ou seja, cada amostra foi testada em cada um dos 10 reagentes (solventes). A caracterização seguiu os passos descritos no fluxograma abaixo (figura 1):

Figura 1: Fluxograma simplificado para identificação de polímeros



Fonte: Os autores

Foram utilizados os principais polímeros derivados do petróleo para fazer comparação das propriedades dos plásticos obtidos (tabela 2).

Tabela 2: Características físico-químicas dos polímeros¹³

Polímero*	Densidade (g/cm ³)	Odor	Teste de chamas	Flamabilidade	Outras características
Poliacetal	1,42	vinagre	amarela	auto-extinguível	solúvel em amônia
PP	0,91	parafina queimada	amarela com base azul	incendeia	funde escorre e não goteja
PVC	1,47	Acre	amarela com borda azul	auto-extinguível	amolece e carboniza. Teste de Beilstein positivo
PE	0,95	parafina queimada	amarela com borda azul	incendeia	funde, escorre e goteja
PC	0,93	Fenólico	amarela	auto-extinguível	fuligem, difícil incendiar. solúvel em clorofórmio
PET	1,24	adocicado	amarela	incendeia	material fundido torna-se claro. Fuligem grande
OS	2,15	adocicado	amarela com base azul	incendeia	muita fuligem, carboniza bastante
PA	1,01-1,15	vegetação queimada	azul com pontos amarelos	incendeia	quando funde fica claro e escorre
PU	1,15-1,50	Acre	amarela com base azul	incendeia	fumaça preta
Silicone	0,99-1,50	Acre	amarela	incendeia	fumaça preta> Incha em tricloroetileno

Fonte: O autor

¹³ Tabela de abreviações segundo as normas ASTM e iso. <https://v2.luminpdf.com/viewer/5d23353a7547a3001939e24f>.

3. Resultados e discussões

3.1. Determinação da densidade

Os filmes foram produzidos na forma de cilindros maciços. A massa foi medida em balança de precisão e o volume através das medidas de raio e altura do cilindro, possibilitando assim o cálculo da densidade dos filmes. A tabela 3 apresenta os dados sobre a determinação da densidade.

Tabela 3 – Características físicas dos filmes

	Espessura (cm)	Massa (g)	Volume (cm ³)	Densidade (g/cm ³)
A1	0,168	15,81	10,68	1,48
A2	0,176	14	17,5	0,8
A3	0,208	13,32	13,19	1,01
A4	0,213	15,59	13,56	1,15
A5	0,215	17,1	13,68	1,25
A6	0,227	18,33	14,43	1,27

Fonte: Os autores.

A partir dos valores de densidade determinados podemos verificar que com exceção da amostra A2, todas as outras apresentam densidade acima de 1,0 g/cm³ (densidade da água).

3.2. Características organolépticas e térmicas

Os filmes poliméricos foram testados com relação aos parâmetros abaixo obtendo os resultados dos testes químicos e térmicos segundo a tabela 4.

Tabela 4 – Análise quanto às propriedades organolépticas e térmicas

Polímero	Aparência	Rigidity	Surface	Teste de chama	Flamabilidade	Odor	Observações
A1	Transparente	flexível	vítrea	amarela, não goteja, sem fuligem	incendeia	pena ou cabelo queimado	amolece e borbulha
A2	Transparente	flexível	vítrea	amarela, não goteja, sem fuligem	incendeia	adocicado	amolece e borbulha
A3	Transparente	flexível	vítrea	amarela, não goteja, sem fuligem	incendeia	adocicado	amolece e borbulha
A4	Transparente	flexível	vítrea	amarela, não goteja, sem fuligem	incendeia	pena ou cabelo queimado	amolece e borbulha
A5	Translúcido	flexível	vítrea	amarela, não goteja, sem fuligem	incendeia	pena ou cabelo queimado	amolece e borbulha
A6	Translúcido	flexível	vítrea	amarela, não goteja, sem fuligem	incendeia	pão queimado	borbulha pouco, demora para queimar

Fonte: Os autores.

Analisando a tabela (4), os filmes apresentaram grande semelhança quando expostos ao fogo com exceção do filme A6 que apresentou maior tempo para ser consumido pela chama e menor presença de borbulhas quando em processo de queima. Quanto às características físicas, foi

possível observar que quanto maior a quantidade de amido mais translúcido o filme aparenta, ou seja, do filme A1 para o A6 os filmes foram gradativamente se tornando translúcidos.

Com relação à maleabilidade foi possível estudar a influência do amido. Quando misturado ao polvilho doce o aumento da quantidade de amido aumentou a rigidez do bioplástico produzido.

3.3. Resistência química

Os filmes poliméricos foram testados quanto a sua resistência a ácidos, bases (forte e fraca) e com solventes orgânicos de diferentes polaridades. Os resultados obtidos estão descritos na tabela 5.

Tabela 5 – Resistência química

Polímero	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Ácido clorídrico	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa
Ácido nítrico	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa
Ácido sulfúrico	Excelente	Excelente	Muito boa	Muito boa	Boa	Baixa
Ácido acético	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Hidróxido de sódio	Muito boa	Muito Boa	Muito boa	Muito boa	Boa	Boa
Álcool etílico	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Acetona	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Metanol	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Tetracloro de carbono	Excelente	Muito boa	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Benzeno	Excelente	Muito boa	Excelente	Excelente	Muito boa	Boa

Fonte: Os autores.

Foi observado que quando expostos ao ácido clorídrico, nítrico e acético os filmes apresentaram excelente resistência não sofrendo alterações. Já quando expostos ao ácido sulfúrico foi possível perceber que quanto maior a porcentagem de amido nos filmes menor a resistência mecânica. Isso foi verificada pela perda de massa do filme em função do tempo de exposição durante 20 minutos.

O hidróxido de sódio provocou deformação em alguns filmes poliméricos com destaque para os A5 e A6 (com proporções de 40% e 50% de amido) causando inchaço nas amostras demonstrando uma menor resistência a essa base forte.

Quanto aos solventes orgânicos os filmes poliméricos apresentaram boa resistência com exceção do filme A6 que teve uma reatividade, evidenciada pela mudança de tonalidade, quando exposto ao benzeno.

Após todos os resultados obtidos para os bioplásticos testados, podemos concluir que apresentam características que podem ser associadas ao plástico convencional policarbonato (PC) que possui as seguintes propriedades: densidade $1,20\text{g/cm}^3$, cristalinidade muito baixa, termoplástico, incolor, transparente, e como um polímero amorfo (CANEVAROLO JR, 2004). Apresentam também características vítreas o que os torna semelhantes ao vidro, porém apresenta maior resistência ao impacto, boa estabilidade dimensional, elétricas, resistência ao escoamento sob carga e resistente a chama (PASSATORE, 2013) e (GORNI, 2003). O policarbonato (PC) é um dos três plásticos mais utilizados na engenharia (ANGELINI, 1999).

Uma combinação única de ductilidade, transparência, rigidez e resistência torna os bioplásticos testados como promissores substitutos aos plásticos convencionais (principalmente o policarbonato).

Como perspectivas futuras da linha de pesquisa pretendemos sintetizar novos bioplásticos e ainda desenvolver técnicas de modelagem dos bioplásticos.

5. Conclusões

A partir dos resultados e de suas análises podemos concluir que:

Os testes realizados foram satisfatórios para indicar um comportamento dos filmes poliméricos testados;

Com o conjunto de propriedades apresentadas foi possível concluir que os bioplásticos testados apresentam características similares a policarbonato;

A continuidade dos estudos com os bioplásticos é de grande interesse devido suas possíveis aplicações;

E possível determinar com certo grau de facilidade as propriedades de outros bioplásticos produzidos em nosso grupo de pesquisa.

A síntese de bioplásticos tem sido utilizada também como uma alternativa viável ao ensino de polímeros, área de grande interesse para a engenharia.

Referências

ANGELINI, Joceli Maria Giacomini. **Estudo de Tensões Residuais em Policarbonato Moldado por Injeção**. 1999. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

ASTM D543 – 01 – American Society for Testing Materials. **Standard Practices for Evaluating the Resistance of Plastics to Chemical Reagents**. In: Annual Book of ASTM Standards, 2001.

BHARTI, S. N.; Swetha, G. Need for Bioplastics and Role of Biopolymer PHB: a Short Review. **Journal of Petroleum & Environmental Biotechnology**, v. 7, n. 2, 2016. Disponível em: <<https://www.omicsonline.org/open-access/need-for-bioplastics-and-role-of-biopolymer-phb-a-short-review-2157-7463-1000272.php?aid=69989>>. Acesso em: 27 dez. 2018.

CANEVAROLO JR., S. V. **Técnicas de caracterização de polímeros**. São Paulo: Artliber Editora, 2003.

_____. **Ciência dos polímeros**. São Carlos, SP: Artliber, 2004.

_____. **Ciência dos polímeros**. 2 ed. São Paulo: Artliber, 2006.

COSTA, D. M. A.; SILVA, L. A.; LIMA, M. T. J. Caracterização de blendas de amido de feijão macáçar, quitosana e glicerol. **Holos Environment**, Rio Claro, SP, v. 18, n. 2, p. 207–226, jul./dez. 2018.

C.S.M.S.E. – Committee on the Survey of Materials Science and Engineering, NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, Materials Science and Engineering, Washington, D. C., 1974.

DE OLIVEIRA, M. C. B. R. **Gestão de resíduos plásticos pós-consumo: perspectivas para a reciclagem no Brasil**. 2012. Dissertação (Mestrado em

Planejamento Energético) – Universidade Federal Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

MACHADO, M. W. K. (Org.). **A engenharia de produção na contemporaneidade 2**. Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. E-Book. Disponível em: <<https://www.finersistemas.com/atenaeditora/index.php/admin/api/ebook/PDF/2014>>. Acesso em: 29 maio 2020.

GORNI, Antonio Augusto. Introdução aos plásticos. **Revista plástico industrial**, São Paulo, v. 10, n. 9, s. p, ago. 2003. Disponível em: <<http://www.gorni.eng.br/intropol.html>>. Acesso em: 29 maio 2020.

GRIMBERG, Elizabeth; PRADO, Renato; LEITE, Clauber. **Revista Unisanta Bio Science**, Editorial, Edição Especial – Oceanos livres de plásticos, São Paulo, v. 7, n. 6, p. 1–2, 2018. Disponível em: <<http://ojs.unisanta.br/index.php/bio/article/view/1410/1188>>. Acesso em: 27 dez. 2018.

KUNST, Raquel; WENZEL, Judite Scherer; UHMANN, Rosangela Ines Matos; BREMM, Cenira. Teste de Chamas: uma prática diferenciada para o Ensino de Química. In: Encontro de Debates sobre o Ensino de Química (EDEQ), 34, 2014, Rio Grande do Sul. **Anais...** Rio Grande do Sul: Universidade de Santa Cruz do Sul, 2014, p. 495–499.

LAZZARI, Letícia. **Reconstrução em alta resolução das variações paleoambientais em sedimentos ao longo dos últimos 14 mil anos na Plataforma continental do Rio de Janeiro, SE-Brasil**. 2016. Tese (Doutorado em Química) – Pontifícia Universidade do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

PASSATORE, Claudio R. **Química dos polímeros**. Material didático, 3º módulo – Curso Técnico em Química. São Paulo: Escola Técnica Estadual Tiquatira, jan./jun. 2013.

PESSÔA, Vitor Alves de Figueiredo. **Reciclagem e reutilização de materiais poliméricos plásticos**. 2018. Monografia (Graduação em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

PIATTI, Tania Maria; RODRIGUES, Reinaldo Augusto Ferreira. **Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais**. Alagoas: Editora da Universidade Federal de Alagoas, 2005.

RESENDE, Lorena de Moraes. **Análise das características do polietileno verde como alternativa à substituição do polietileno petroquímico**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Centro Universitário de Formiga, Formiga, 2018.

VIVEIROS, M. Bagaço vira plástico biodegradável. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 3 nov. 2002, Cotidiano, Caderno Ambiente, s.p.. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/cotidiano/ult95u62132.shtml>>. Acesso em: 9 jan. 2019.