

FILMES DE AMIDO PRODUZIDOS POR EXTRUSÃO

Bruna dos Santos, EPA, UNESPAR/Campus de Campo Mourão

brunadosantos@hotmail.com

Tânia Maria Coelho, EPA, UNESPAR/Campus de Campo Mourão

coelho.tania@ymail.com

Arthur Maffei Angelotti, EPA, UNESPAR/Campus de Campo Mourão

arthur_angelotti@hotmail.com

Ederaldo Luiz Beline, EPA, UNESPAR/Campus de Campo Mourão

lajes_altonia@gmail.com

Nabi Assad Filho, EPA, UNESPAR/Campus de Campo Mourão

nabiassadfilho@hotmail.com

Resumo: O crescente acúmulo de lixo não biodegradável, aliado à dificuldade de reciclagem da maioria das embalagens sintéticas na atualidade, tem atraído a atenção do meio acadêmico e industrial no sentido de desenvolver novos materiais biodegradáveis que atendam as exigências das indústrias. Neste contexto, a presente pesquisa apresenta como objetivo uma alternativa para as embalagens plásticas, estabelecendo uma forma de produzir blendas de polietileno à base de amido termoplástico, em grande escala, através da extrusão, com capacidade de permeabilização e estabilidade garantida, a partir de recursos renováveis de baixo custo. Tendo conhecimento que uma das maneiras de tornar um polímero antes poluente, biodegradável, é adicionando carga de amido à sua composição. Para isso foi utilizado métodos de modificação do amido natural em amido termoplástico, e em seguida preparadas as blendas, da mistura do amido termoplástico com o polietileno, via extrusão. As blendas obtidas se mostraram perfeitamente viáveis visto que não apresentaram sinais de degradação térmica, além de que manteve as características indispensáveis do polietileno. Constatando assim que as blendas produzidas apresentaram características plásticas ideais para a incorporação da blenda ao polietileno produzido nas empresas, sem dificultar os processos realizados na empresa e trazendo inúmeros benefícios ambientais, sociais e econômicos.

Palavras-chave: Amido Termoplástico; Blendas; Biodegradável.

1. Introdução

Muitos pesquisadores focam seu trabalho no estudo de polímeros de novas fontes, principalmente de fontes renováveis, com o intuito de vir a substituir polímeros derivados do petróleo, que se encontra escasso atualmente. Estes plásticos derivados de petróleo são prejudiciais ao ambiente, principalmente após o descarte (MIGUEL, 2014).

Nesse contexto, a busca por soluções que levem a um tipo de plástico descartável ideal vem mobilizando cientistas e ambientalistas há algum tempo. As pesquisas apostam na substituição dos plásticos convencionais por plásticos biodegradáveis.

O ponto positivo no uso das embalagens biodegradáveis é que o processo de degradação não se inicia enquanto os produtos estão em uso: a decomposição começa após uma prolongada exposição a agentes externos, como o sol, a chuva, vento e umidade, o que não compromete as propriedades dos produtos (FRAGMAQ, 2013).

Assim com a produção de plásticos biodegradáveis, apresentando como matérias primas polímeros naturais e com resistência à água, pode-se amenizar os problemas ambientais relacionadas ao plástico. Que além de ter reutilização, são renováveis e podem ser descompostos num pequeno período de tempo em comparação com os polietilenos.

Uma das maneiras de tornar um polímero antes poluente, biodegradável, é adicionando carga de amido à sua composição. Esse composto polimérico com adição de amido combina características fundamentais dos polímeros, tais como: modo de processamento, seja por extrusão, por injeção, capacidade de formação de filme além de boa resistência. Possui também características do amido, que por ser um alimento, consegue ser decomposto por fungos e bactérias (GOMES, 2014).

Desde o final dos anos 70, a aplicação do amido nativo como um material polimérico biodegradável, cargas em polímeros (plásticos) sintéticos, é estudada a fim de acelerar o processo de biodegradação (RÓZ, 2004; CARVALHO, 2002; BELHASSEN, 2011 *apud*. MIGUEL, 2014).

Em face ao contexto atual, uma nova tecnologia vem revolucionando o mercado de descartáveis: é o amido termoplástico, que é produzido a partir do amido (RÓZ, 2003).

O interesse pela utilização de blendas de amido termoplástico e polietileno ganhou relevância a partir da última década em função de uma nova visão, onde aumentar o conteúdo de materiais de fontes renováveis é requerido e também em função dos avanços técnicos obtidos com o termoplástico (MIRANDA, 2011).

Partindo de métodos de fabricação do amido termoplástico, pesquisados na literatura, e de algumas formas aplicação, serão pesquisadas novas maneiras de incorporar o amido numa tentativa de obter um produto com características hidrofílicas e biodegradáveis.

O objetivo desse trabalho é estabelecer uma forma de produzir blendas de polietileno à base de amido termoplástico com capacidade de permeabilização e estabilidade garantida, a partir de recursos renováveis de baixo custo. Para isso utilizaremos métodos de modificação do amido natural em amido termoplástico, e em seguida prepararemos blendas, da mistura do amido termoplástico com o polietileno, via extrusão. Essas blendas serão testadas via técnicas de qualidade e degradação.

2. Fundamentação Teórica

2.1 Importância da Sustentabilidade

A sustentabilidade está diretamente relacionada à necessidade de administrar com visão de futuro os recursos que abrange em dimensões econômica, social e ambiental (CANGEMI, 2005).

Com o impulso do desenvolvimento industrial, as empresas estão tomando um comportamento ambiental ativo, transformando uma postura passiva em oportunidades de negócios. No atual cenário econômico, muitas empresas fazem o possível para tornarem-se

competitivas nas questões de redução de custos, de minimizar o impacto ambiental e de agir com responsabilidade social. (LORA, 2000).

O que estas empresas têm descoberto é que controlar a geração e destinação de seus resíduos é uma forma a mais de economizar e que possibilite a conquista de preciosos pontos com a sociedade e o meio ambiente, pois não se trata apenas da produção de produtos, mas sim, a preocupação com seu destino final (LORA, 2000).

2.2 Plástico

A palavra deriva do grego *plastikos*, que significa próprio para ser moldado ou modelado, por se tratar de um material extremamente flexível. A principal fonte de matéria-prima desse produto é o petróleo, sendo que atualmente sua fabricação absorve cerca de 3% da produção mundial (CANGEMI, 2005).

Conforme Piatti *et al.* (2001), plástico é o “termo geral dado a matérias macromoleculares que poder ser moldados por ação de calor ou pressão”, e Cangemi (2005) o define como um material cujo constituinte fundamental é um polímero, principalmente orgânico e sintético.

2.2.1 Plástico Biodegradável

A denominação bioplástico é normalmente utilizada para dois tipos diferentes de produtos: plásticos produzidos a partir de matérias-primas renováveis, convertidas em produtos biodegradáveis ou não biodegradáveis, e plásticos biodegradáveis produzidos a partir de matérias-primas renováveis ou fósseis, também conhecidos como polímeros biodegradáveis (BPD) (AOYAMA, 2007).

Os plásticos biodegradáveis, ao contrário dos sintéticos derivados do petróleo, apresentam substâncias biodegradáveis onde os micro-organismos presentes no meio ambiente são capazes de convertê-las em substâncias mais simples, existentes naturalmente em nosso meio assim sofrem biodegradação com relativa facilidade, se integrando totalmente à natureza (CANGEMI, 2005).

De acordo com Ramalho (2009), plásticos biodegradáveis têm propriedades físicas e químicas semelhantes ao plástico comum, mas levam entre 18 a 20 meses para serem degradados. Isso porque muitos micro-organismos, como bactérias e fungos encontrados no solo, liberam algumas enzimas capazes de decompor os plásticos biodegradáveis, o que é impossível no caso do plástico convencional. A degradação dos plásticos biodegradáveis pode ser observada na sequência da Figura 1:



FIGURA 1- Degradação do plástico biodegradável. Fonte: (OLIVEIRA, 2010).

Assim os plásticos biodegradáveis, são materiais que tem seu processo de degradação ativado biologicamente por ação enzimática, ou também, mas não somente, por processos não enzimáticos como hidrólise e fotodegradação (RÓZ, 2003).

2.3 Amido

Santos (2012) define o amido como um carboidrato nutricional, sendo um polissacarídeo composto de amilose e amilopectina que são facilmente hidrolisadas, produzindo carboidratos de baixo peso molecular.

O amido é um polímero natural que é encontrado em vegetais dos quais a reserva energética é composta por esse polímero, pois tem características propícias na formação de polímeros biodegradáveis, além de haver abundância de fontes de amido no Brasil é matéria-prima de baixo custo quando comparada a polímeros sintéticos, sendo possível a produção de material plástico a partir do mesmo, numa ampla escala industrial (SILVA, 2010).

2.3.1 Amido Modificado

As modificações do amido podem ser físicas, químicas, enzimáticas ou combinadas, visando modificar a estrutura do amido para que assim ele possa ser ajustado à determinada aplicação produzindo os efeitos desejados. Exemplos de modificações são: extrusão, anelring, gelatinização, oxidação, acidificação, dextrinização (SANTOS, 2012).

Os efeitos em processos industriais podem ser: maior resistência ao cisalhamento e a ciclo de congelamento/descongelamento, manutenção de viscosidade e estrutura, formação de géis, produção de monossacarídeos, entre outros (SANTOS, 2012).

De acordo com Cerada *et al.* (s.d.) as modificações do amido nativo são feitas para proporcionar produtos amiláceos com propriedades necessárias para usos específicos.

2.3.2 Amido Termoplástico

Em face ao contexto atual, uma nova tecnologia vem revolucionando o mercado de descartáveis: é o amido termoplástico, que é produzido a partir do amido (RÓZ, 2003).

O estudo para o emprego do amido termoplástico na substituição do plástico convencional, destinado a algumas aplicações específicas vem ganhando força e recebendo considerável atenção no cenário dos recursos renováveis. Esses podem ser empregados como saco de lixo, filmes para proteger alimentos, fraldas infantis, hastes flexíveis com pontas de algodão para uso na higiene pessoal; na agricultura vem sendo empregado como filme na cobertura do solo e recipientes para plantas (RÓZ, 2003).

O amido, quando submetido à pressão, cisalhamento, temperaturas na faixa de 90-180°C e na presença de um plastificante como água ou glicerol, o amido se transforma em um material fundido que na presença de um agente plastificante, pode ser gelatinizado, e sob efeito de cisalhamento se transformar em um fundido (CORRADINI *et al.*, 2007). Ainda de acordo com o autor, nesse fundido, as cadeias de amilose e amilopectina estão intercaladas, e a estrutura semicristalina original do grânulo é destruída, esse material é denominado amido termoplástico (TPS) ou amido desestruturado ou amido plastificado sob pressão e temperatura.

2.4 Plastificantes

Os plastificantes são geralmente, moléculas pequenas, pouco voláteis e são adicionados aos polímeros de alto peso molecular para amolecê-los ou abaixar seu ponto de fusão durante o

processamento, ou para lhe adicionar uma flexibilidade ou extensibilidade semelhante à da borracha (CANGEMI, 2005).

O amido natural apresenta ponto de fusão acima de sua temperatura de degradação, sendo necessário adicionar um plastificante para diminuir sua temperatura de fusão para realizar seu processamento. Os plastificantes mais usados para o amido são: a água e o glicerol (CORRADINI *et al.*, 2007).

Após o processo de desestruturação e plastificação do amido não ocorreram mudanças nos valores de torque, indicando que não ocorreram processos de degradação e reticulação nas condições utilizadas para o processamento (CORRADINI *et al.*, 2007).

2.5 Polietileno

Polímeros são compostos químicos obtidos a partir da ligação de unidades elementares ou monômeros, os quais se repetem sucessivamente. Um dos tipos de polímeros mais conhecidos é o polietileno (LONTRA, 2011).

O polietileno é obtido pela polimerização do monômero gasoso etileno em reator sob determinadas condições de temperatura e pressão. Possui uma das mais simples estruturas de todos os polímeros, podendo ser reproduzido através de vários processos que lhe conferem características próprias de densidade, peso molecular e distribuição de peso molecular; o que explica a sua grande variedade de processos de transformação e de aplicações (LONTRA, 2011).

De acordo Coutinho *et al.* (2003) o polietileno é um polímero parcialmente cristalino, flexível, que em temperaturas abaixo de 60 °C são parcialmente solúveis em todos os solventes. Entre tantos, dois fenômenos podem ser observados:

- Interação com solventes, sofrendo inchamento, dissolução parcial, aparecimento de cor ou, com o tempo, completa degradação do material;
- Interação com agentes tensoativos, resultando na redução da resistência mecânica do material por efeito de tenso-fissuramento superficial.

2.6 Blendas

O nome blenda vem do inglês “*blend*”, que significa mistura. De acordo com Miranda (2011) as blendas de amido termoplástico e polímeros sintéticos são estudados desde os anos de 1970, quando os polímeros biodegradáveis ganharam ênfase mediante as primeiras discussões referentes à poluição causada pelas embalagens plásticas, consideradas de difícil degradação.

Conforme Anielipiccoli (2011) os principais requisitos para o desenvolvimento de blendas são:

- Características químicas dos componentes da blenda;
- Condições de mistura: temperatura, taxa ou velocidade de processamento, razões de viscosidade;
- Composição.

2.7 Análise de Decomposição

Kellen (1983) *apud*. Dantas *et al.* (2000) apontam que a perda de massa, o exame visual da amostra, a alteração na estrutura química, ou ainda, o decaimento da resistência mecânica original são técnicas geralmente usadas para se avaliar a degradabilidade ou deterioração de materiais poliméricos, celulósicos ou metálicos.

A degradação dos materiais ocorre em função de uma complexa combinação de fatores, tais como, temperatura, pH do meio, teor de umidade, luminosidade e pressão atmosférica (MAGALHÃES, 2001).

A degradação por radiação ultravioleta em polímeros consiste da quebra da cadeia polimérica acompanhada pela oxidação. Isto leva a perda de resistência mecânica e deterioração da superfície aparente do plástico. A adição de pigmentos opacos pode ser uma barreira ao efeito da radiação e poderá concentrar este efeito de degradação às camadas mais extremas da superfície, protegendo o material internamente (DANTAS, 2000).

3. Metodologia

Para a fundamentação do presente projeto foi realizada uma investigação de literatura detalhada a respeito da mistura de polietileno com bioplástico a partir do amido, e os processos necessários para o embasamento teórico científico.

A parte experimental foi realizada partindo de coleta de dados na literatura, do processamento do produto final a partir das matérias primas adquiridas e, finalmente, foi realizado testes laboratoriais para posterior análise.

A fim de obter o amido termoplástico (Figura 2), foi realizado o processo de modificação do amido natural, através da adição de glicerina via extrusão, que possibilita a modificação das propriedades mecânicas aumentando a resistência.

Adquirido o amido termoplástico, e sequenciando o trabalho, o mesmo foi inserido em um misturador com o polietileno (Figura 3) para obter as blendas plásticas com a finalidade de realizar testes.



FIGURA 2 - Amido termoplástico via extrusão. Fonte: elaborada pelo autor.

IX EEPA

IX ENCONTRO DE ENGENHARIA
DE PRODUÇÃO AGROINDUSTRIAL
19 A 20 DE NOVEMBRO DE 2015



FIGURA 3 - Polietileno. Fonte: elaborada pelo autor.

Foram utilizados 10% do termoplástico triturado para constituir a mistura. Dessa forma, foi realizada a mistura do polietileno e de amido termoplástico por meio de um misturador, a fim de proporcionar aos produtos uma mistura rápida, eficiente e precisa. Posteriormente, esse material foi extrusado por resistência elétrica para adquirir a forma de uma blenda plástica.

Para realizar a mistura, foi colocado o polietileno no misturador e adicionado em pequenas quantidades o amido termoplástico. Dando sequência na extrusão, o equipamento foi aquecido por cerca de 1 hora antes do início de processo até que estivesse no ponto ótimo de extrusar a mistura, aproximadamente 120 °C.

A Figura 4 apresenta a extrusora para processamento de plástico de rosca simples, que é o equipamento semelhante ao utilizado no desenvolvimento do projeto.



FIGURA 4 - Extrusora de 60 mm rosca simples.

Após o processamento da amostra, da mistura de amido termoplástico e polietileno, foi avaliada a sua qualidade para comparação com o polietileno industrial, com a finalidade de garantir que o produto obtido mantenha as mesmas características e propriedades indispensáveis de um polietileno.

Para realização dos testes de qualidade foi considerada a degradação dos filmes diante das variáveis reais do clima, como temperatura, umidade relativa do ar, precipitações pluviométricas, insolação e radiação ultravioleta.

Além dos testes de qualidade em relação à análise de biodegradação, realizaram-se testes de tração, compreensão e elasticidade.

Os copos de provas foram enterrados a fim de analisar com precisão o período de degradação deste material.

Obtido o produto ideal, nosso objetivo é empregar as blendas produzidas como aditivo nas indústrias para incorporar ao plástico convencional.

A nossa perspectiva é, em uma tonelada de polietileno industrial, utilizar 0,1% da blenda produzida, sendo suficiente para modificar a estrutura química do polietileno produzido nas empresas, para diminuir o tempo de degradação sem influenciar suas características físicas indispensáveis ao polietileno.

Os experimentos foram realizados nos laboratórios de Química e Física Aplicada da UNESPAR/Fecilcam e a extrusora foi cedida por um empresário local que a disponibilizou para finalizar nosso projeto de pesquisa.

4. Resultados e Discussões

Durante o processamento do termoplástico foi observado que as blendas apresentaram um fluxo contínuo ao longo de toda extrusora.

A mistura processada (blendas) foi parcialmente recolhida na forma de cordão, conforme Figura 5:



FIGURA 5 - Blendas de amido termoplástico e polietileno via extrusão. Fonte: elaborada pelo autor.

Foi realizado um exame físico das amostras processadas, considerando o aspecto do material obtido após o processo de mistura e também após o processo de extrusão.

Quanto a mistura, foi realizada com sucesso pela sua homogeneidade, sem fraturas, com grande poder de flexibilidade e elasticidade, provando que essa etapa foi obtida com êxito.

As amostras obtidas após o processo de extrusão se mostram perfeitamente viáveis, pois não apresentaram sinais de degradação térmica e não houve alterações na coloração, constatando que a blenda plástica foi obtida com êxito.

Também foi possível analisar que a blenda se fundiu bem, provando que a rede de amido se implantou no polímero de polietileno.

Com o objetivo de comprovar a desestruturação do amido, a blenda foi mantida imersa em água, isso para comprovar que o produto manteve as características indispensáveis do polietileno. A mesma não apresentou nenhuma modificação estrutural.

Com essas análises as blendas produzidas apresentaram características plásticas ideais para serem incorporadas em polietileno, produzido pelas empresas do ramo, garantindo a total diluição em uma nova extrusão, sem dificultar os processos a que serão submetidas nas empresas, além de trazer inúmeros benefícios ambientais, sociais e econômicos.

5. Considerações Finais

Com o objetivo de substituir o plástico convencional por um material biodegradável neste trabalho foram preparadas blendas de amido termoplástico modificado por glicerina, seguido da mistura de polietileno de baixa densidade e, sob novo processamento obteve-se as blendas, via extrusão reativa, as quais foram caracterizadas por ensaios mecânicos, absorção de umidade, análise termodinâmica e visual.

A extrusão das blendas foi considerada satisfatória. Amostras de amido termoplástico com polietileno processadas se mostraram com qualidade quanto à homogeneidade, flexibilidade e aparência, em relação ao polietileno, as blendas obtidas mantiveram as características e propriedades indispensáveis de um polietileno.

Até o momento o teste de degradação não foi possível analisar, pois o produto está enterrado, e encontra sem deterioração visual.

A partir das blendas produzidas, com características plásticas ideais a incorporação ao polietileno produzido nas empresas, temos a perspectiva de serem empregadas nas indústrias de plástico, para isso temos que vencer a dificuldade que a vigilância sanitária nos impõe para a obtenção do polietileno.

O resultado esperado é um polietileno aditivado à base de amido termoplástico com capacidade de permeabilização e estabilidade garantida, com vantagens da matéria prima ser de baixo custo e abundante, a técnica de fabricação ser simples e a composição totalmente biodegradável. Auxiliando na preservação do meio ambiente.

Referências

ANIELIPICCOLI. *Blendas poliméricas*, 2011. Disponível em: <<http://www.trabalhosfeitos.com/ensaios/Blendas-Polim%C3%A9ricas/61522.html>>. Acesso em: 13 de março de 2015.

AOYAMA, K. *Estudo de mercado: Bioplástico*. Embaixada do Brasil em Tóquio. Tóquio: SECOM – Setor de Promoção Comercial, 2007, p. 1.

CANGEMI, J. M.; SANTOS, A. M.; CLARO NETO, S. *Biodegradação: Uma alternativa para minimizar os impactos decorrentes dos resíduos plásticos*. Química nova na escola. China: 43ª Assembleia Geral da IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada), 2005, p. 17-19.

CERADA, M. P.; VILPOUX, O.; DEMIATE, I. M. Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino Americanas. Volume 3. In: *Amidos Modificados – Capítulo 12*, p. 246-249.

CORRADINI, E. *et al. Amido Termoplástico*. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2007, p. 9-14.

IX EEPA

IX ENCONTRO DE ENGENHARIA
DE PRODUÇÃO AGROINDUSTRIAL
19 A 20 DE NOVEMBRO DE 2015

COUTINHO, F. M. B.; MELLO, I. L.; LUIZ C. S. M. *Polietileno: Principais Tipos, Propriedades e Aplicações*. Rio de Janeiro: Instituto de Química – UERJ, 2003, p. 1-13.

DANTAS, M. L. S.; PARRA, R.; NEVES, J. M. *Degradação de embalagens compostas em intempéries e radiação ultravioleta*. CIADICYP - Congresso Iberoamericano de investigación em celulosa y papel. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo, 2000.

FRAGMAQ. *Benefícios de embalagens e plásticos biodegradáveis*, 2013. Disponível em: <<http://www.pensamentoverde.com.br/produtos/beneficios-de-embalagens-e-plasticos-biodegradaveis/>>. Acesso em: 08 de agosto de 2015.

GOMES, R. O. *Caracterização de propriedades mecânicas de plásticos biodegradáveis à base de amido*. Projeto de Graduação. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica, 2014.

LONTRA, B. G. F. *Reciclagem mecânica de polietileno de alta densidade obtido a partir de sacolas plásticas*. Graduação - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Escola Politécnica, 201, p. 14.

LORA, E. *Prevenção e controle da poluição no setor energético industrial e transporte*. 2^a edição. Brasília: Interciência, 2000.

MAGALHÃES, A. M. *Tempo de degradação de materiais descartados no meio ambiente*. Jornal do centro brasileiro para conservação da natureza - nº37. Viçosa/MG:Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa, 2001.

MIGUEL, O. D. *Blendas de amido termoplástico e polietileno grafetizado (enxertado)*. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais e Área de Concentração em Desenvolvimento, Caracterização e Aplicação de Materiais). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2014.

MIRANDA, V. A. R. *Blendas de polietileno e amido termoplástico modificado*. 2011.103 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais). Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2011, p. 31-40.

OLIVEIRA, C. I. *Plástico biodegradável*, 2010. Disponível em: <<http://profcarlaquimica.blogspot.com.br/2010/09/plastico-biodegradavel-o-lixo-urbano-e.html>>. Acesso em: 26 de fevereiro de 2015.

PIATTI, T. M. *et al. Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais*. Série: Conversando sobre Ciências em Alagoas. Maceió, 2005. 51p.

RAMALHO, M. *Plásticos biodegradáveis proveniente da cana de açúcar: Polímeros biodegradáveis*. São Paulo: Centro Paula Souza, 2009, p. 33.

RÓZ, A. L. O Futuro dos Plásticos: Biodegradáveis e Fotodegradáveis. In: *Polímeros - Ciência e Tecnologia*, nº 4, vol 13. São Carlos: Instituto de Química de São Carlos – USP, 2003, p. 1-2.

SANTOS, T. P. R. *Produção de amido modificado de mandioca com propriedade de expansão*. 2012. 96 f. Mestrado - Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Universidade Estadual Paulista. Botucatu/SP, 2012.

SILVA, M. L. V. J. *Tecnologia para produção de superfícies hidrofóbicas e filmes de amido de milho termoplástico por plasma*. Rio de Janeiro: Escola politécnica - UFRJ, 2010, 73 p.

