

# Síntese de biofilmes poliméricos utilizando amido de mandioca e milho

*Synthesis of polymeric biofilms using cassava and corn starch*

**Gustavo Gonçalves Silva**

Graduando do curso de Engenharia Química (UNIPAM).

Email: gustavo.gs.98@hotmail.com

**Sandra Lúcia Nogueira**

Professora orientadora (UNIPAM).

Email: sandraln@unipam.edu.br

---

**Resumo:** Em todo o mundo, tem-se reconhecido a necessidade de reduzir a quantidade de materiais plásticos desperdiçados e descartados no meio ambiente. As embalagens plásticas produzidas com os polímeros convencionais degradam-se muito lentamente no ambiente, já que sua principal propriedade é a durabilidade. O presente trabalho teve como objetivo sintetizar filmes a partir de amido de mandioca e milho pela técnica de espalhamento em placas de petri, usando o glicerol como agente plastificante e variando a concentração de amido, além de avaliar a espessura, transmitância e solubilidade dos biofilmes. A espessura variou de 0,08 até 0,26 mm, a transmitância de 30 até 80 % e a solubilidade ficou entre 14 e 37 %. Ajustando-se a concentração de amido e agente plastificante ao que se deseja aplicar, o biofilme pode ser usado como embalagem, já que os resultados se mostraram bons em relação à espessura, à transmitância e à solubilidade, porém mais testes e ensaios mecânicos devem ser feitos para a melhor confiabilidade.

**Palavras-chave:** Biofilme. Mandioca. Milho.

**Abstract:** Worldwide, the need to reduce the amount of plastic materials wasted and discarded in the environment has been recognized. Plastic packaging produced with conventional polymers degrades very slowly in the environment, since its main property is durability. The present work aimed to synthesize films from cassava and corn starch using the technique of spreading on petri dishes, using glycerol as a plasticizer and varying the starch concentration, in addition to evaluating the thickness, transmittance and solubility of biofilms. The thickness varied from 0.08 to 0.26 mm, the transmittance from 30 to 80% and the solubility was between 14 and 37%. By adjusting the concentration of starch and plasticizer to what you want to apply, the biofilm can be used as a packaging, since the results have been shown to be good in terms of thickness, transmittance and solubility, but more tests and mechanical tests must be done for the best reliability.

**Keywords:** Biofilm. Cassava. Corn.

---

## 1 INTRODUÇÃO

Em todo o mundo, tem-se reconhecido a necessidade de reduzir a quantidade de materiais plásticos desperdiçados e descartados no meio ambiente. As embalagens plásticas produzidas com os polímeros convencionais degradam-se muito lentamente no ambiente, já que sua principal propriedade é a durabilidade. Estes são resistentes às radiações, ao calor, ao ar, à água e, por serem materiais hidrofóbicos, não permitem o ataque de microrganismos, levando-se anos para se decomporem (SILVA, 2011).

No decorrer dos anos, os materiais plásticos produzidos a partir de fontes renováveis têm sido tema de extensas pesquisas de artigos científicos e avaliações, tanto pelo impacto ambiental que os plásticos convencionais provenientes de derivados do petróleo causam, quanto por interesses econômicos. Esses plásticos são designados como biodegradáveis e, apesar de ainda apresentarem custos de produção superiores aos polímeros convencionais e aplicações mais limitadas que os sintéticos, por serem menos flexíveis, menos resistentes e menos duráveis, é de suma importância a utilização deles na sociedade (BORGES, 2017).

Dados estatísticos mostram que, no Brasil, 240 a 300 mil toneladas de resíduos sólidos urbanos são despejados diariamente, dos quais cerca de 20% são plásticos. O número de produção de lixo é grande devido ao desenvolvimento industrial e populacional do país (SILVA, 2011). Para minimizar esse problema, existe a possibilidade da utilização de biofilmes, e o amido é um dos materiais que pode participar da elaboração desse material, sendo biodegradável quando descartado no meio ambiente. (HENRIQUE, 2008).

Biofilme é um filme fino, preparado a partir de materiais biológicos, que age como barreira a elementos externos, podendo ser usado como embalagens de alimentos. Conseqüentemente, pode proteger o produto embalado de danos físicos e biológicos e aumentar a sua vida útil (HENRIQUE, 2008).

O biofilme geralmente é produzido com materiais biológicos, como polissacarídeos, proteínas, lipídios e derivados. A sua obtenção está baseada na dispersão ou solubilização dos biopolímeros em um solvente (água, etanol ou ácidos orgânicos) e acréscimo de aditivos (plastificantes ou agentes de liga), obtendo-se uma solução ou dispersão filmogênica (GONTARD; GUILBERT; CUQ, 1992).

O amido se destaca na elaboração de biopolímeros, pois ele alia o manejo do ciclo de carbono com disponibilidade, pelo seu preço baixo e facilidade de manuseio. Biofilmes a base de amido apresentam boas propriedades de barreira a gases como O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> e ao óleo. Uma forma de melhorar as propriedades dos biomateriais é através do desenvolvimento de filmes compostos, uma vez que a combinação dos polímeros tem como vantagem agregar os pontos positivos de cada um dos constituintes isolados (GONTARD; GUILBERT, 2006).

Sendo assim, diversos estudos têm usado o amido para a formação de embalagens biodegradáveis. Uma técnica que pode ser usada para elaboração de filmes biodegradáveis é a de *casting*, que consiste no espalhamento do material em placas de petri, em uma superfície plana, para posterior secagem. (BORGES, 2017).

O objetivo do presente trabalho é sintetizar filmes a partir de amido de mandioca e milho pela técnica de espalhamento em placas de petri, usando o glicerol como agente plastificante e variando a concentração de amido, além de avaliar as propriedades físico-químicas do material obtido.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 PLÁSTICOS BIODEGRADÁVEIS

Segundo *Plastics Europe* (2012), a indústria de produtos plásticos vem crescendo continuamente desde a segunda metade do século XX, alcançando 280 milhões de toneladas em 2011, o que representa um aumento de cerca de 9% ao ano desde 1950, quando a produção era de apenas 1,5 milhões de toneladas. A produção brasileira representa 2% da produção mundial de plásticos, tendo produzido 6 milhões de toneladas em 2011 (ABIPLAST, 2012). O crescimento estrondoso no consumo de plásticos pode ser explicado pelo fato de que esses materiais representam um número muito grande de demanda nas áreas da saúde (INNOCENTNI-MEI; MARIANI, 2005).

Os plásticos biodegradáveis provenientes de fontes naturais renováveis têm sido foco de interesse para o desenvolvimento de novas tecnologias que visam à preservação ambiental e à busca de potenciais alternativas de substituição de plásticos convencionais oriundos de fontes de petróleo. Neste contexto, a utilização do plástico verde, proveniente de uma fonte renovável, pode colaborar para a solução de problemas de acúmulos de resíduos de plásticos.

Nesse contexto, o amido tem sido considerado um polímero com alto potencial para esses fins, principalmente no setor de embalagens. Seu perfil atrativo envolve características como baixo custo, alta disponibilidade, renovabilidade e biodegradabilidade. A elaboração de biofilme envolve basicamente três componentes: um agente formador de filme, um solvente e um plastificante (TEXEIRA, 2007).

Os biofilmes elaborados com amido, apesar de apresentarem várias vantagens, apresentam também alguns pontos negativos, como as interações desses filmes com a água (que representam uma séria limitação tecnológica à sua comercialização). As propriedades dos filmes são afetadas pela variação da umidade relativa do ar durante a sua estocagem ou o seu uso (THIRÉ *et al*, 2004).

### 2.2 AMIDOS DE MANDIOCA E MILHO

O amido de mandioca é largamente produzido no mercado nacional, sendo encontrado a baixo preço. Ele e os amidos de milho, batata, arroz e trigo têm sido os mais utilizados comercialmente. O amido é constituído de duas frações: amilose e amilopectina, sendo as quantidades específicas para cada tipo de amido. Esses dois componentes podem ser separados, possibilitando novas “*blendas*” com outras

proporções e aumentando, assim, a sua utilização como embalagem (FARIAS *et al.*, 2012).

O amido é um dos principais componentes da maioria dos vegetais. No Brasil, denomina-se amido o produto extraído das partes aéreas dos vegetais (sementes, etc.) e fécula, o produto obtido da extração das partes subterrâneas comestíveis dos vegetais (tubérculos, raízes e rizomas) (BRASIL, 1978). A definição geral de “amido”, porém, abrange amidos e féculas.

De acordo com SILVA (2005), as principais fontes de amido são os cereais, as raízes, os tubérculos e as leguminosas. Diversas pesquisas, ao longo de décadas, foram conduzidas na caracterização desse produto quanto às suas características químicas e físicas. Sabe-se que o amido é utilizado nas mais diversas indústrias, destacando-se, principalmente, na indústria de alimentos, de papel e papelão, têxtil e farmacêutica.

Comercialmente, o amido é extraído principalmente do milho, do trigo, da batata e da mandioca. No mundo, são produzidos cerca de 48,5 milhões de toneladas de amido, sendo os EUA responsáveis pela maior produção de amido de milho (24,6 milhões de toneladas, 62,4%) e a União Europeia a maior produtora de amido de batata (1,8 milhão de toneladas, 69,2%) e de trigo (2,8 milhões de toneladas, 68,3%). A produção mundial de outros amidos é de 2,5 milhões de toneladas, com a mandioca como principal fonte (FRANCO *et al.*, 2001). O amido é uma alternativa viável para esse fim, devido a sua biodegradabilidade, baixo custo e disponibilidade (CHANDRA; RUSTGI, 1998).

### 2.3 POLIMERIZAÇÃO DO AMIDO

As reações que levam à formação dos plásticos são chamadas polimerizações. Uma polimerização é uma transformação química em que moléculas pequenas, denominadas de monômeros, juntam-se para formar moléculas maiores, as macromoléculas. A polimerização se parece muito com um jogo de encaixe ou lego, em que a união de blocos pode formar cadeias com ou sem ramificações. Para que a reação de polimerização aconteça, é necessário que os monômeros tenham, no mínimo, funcionalidade igual a dois, ou seja, pontos reativos que sofram a reação em condições adequadas (PIATTI, 2005).

O amido é composto principalmente de duas macromoléculas distintas, a amilose e a amilopectina, ambas contendo de  $\alpha$ -D-(glicose). A amilose é um polímero linear ou ligeiramente ramificado, de massa molecular na faixa de 105 a 106 g/mol, unidas por ligações do tipo  $\alpha$ -D-(1 $\rightarrow$ 4). A amilopectina também contém ligações do tipo  $\alpha$ -D-(1 $\rightarrow$ 4), mas possui ligações glicosídicas do tipo  $\alpha$ -D-(1 $\rightarrow$ 6) nos pontos de ramificação. Para a obtenção de um termoplástico à base de amido por técnicas de processamento convencionais, como extrusão e injeção, é necessário destruir o grânulo e sua natureza semicristalina. A estabilidade, a transformação e as propriedades físicas dos materiais à base de amido dependem da natureza das zonas amorfa e cristalina presentes na estrutura do grânulo. A transformação do amido granular em um termoplástico é influenciada pelas condições de processamento como temperatura, teor e tipo de plastificante e fontes do amido utilizado. Água e glicerol são os plastificantes

mais geralmente utilizados para obtenção do termoplástico à base de amido (SILVA, 2003).

### 3 METODOLOGIA

Os amidos de mandioca e milho foram providenciados do almoxarifado do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Para a produção dos biofilmes, foi utilizado o glicerol como agente plastificante.

#### 3.1. PREPARO DOS FILMES

Para obtenção da suspensão dos amidos de mandioca e milho, foram pesados 100 mL de água destilada, com três concentrações diferentes de amido, sendo 3, 5 e 7 gramas, e 30% de glicerol em relação à massa seca de amido utilizada; também foi feita a suspensão com a mistura dos dois amidos. Em seguida, a suspensão foi aquecida, sob agitação mecânica (Figura 1). Após a solução atingir 70°C, a solução foi mantida por 15 minutos em agitação para gelatinização completa do amido. Após esse processo, a solução foi despejada sobre as placas de petri, o mesmo volume para todas as placas. Depois, foi submetida à secagem na estufa a 40°C por 24 horas.

**Figura 1** - (a) gelatinização do amido de milho (b) gelatinização do amido de mandioca



Fonte: Arquivo dos autores, 2019. Fonte: Arquivo dos autores, 2019.

Os filmes foram identificados com códigos para facilitar a escrita e interpretação, Mandioca (MA), Milho (MI) e a mistura dos dois amidos (MIS), representados na Tabela 1.

**Tabela 1** - Descrição dos códigos usados.

Amostras	Amido (%)	Glicerol (%)
MA3	3	30
MA5	5	30
MA7	7	30
MI3	3	30
MI5	5	30
MI7	7	30
MIS3	3	30
MIS5	5	30
MIS7	7	30

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

### 3.2. CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES

Os filmes foram caracterizados conforme a seleção de melhores concentrações, avaliando-se sua maleabilidade e textura. Posterior a essa seleção, procedeu-se aos testes de espessura, transmitância e solubilidade.

#### 3.2.1 Espessura

A espessura dos filmes foi determinada com a ajuda de um micrômetro com sensibilidade de 0,01 mm, com média de 5 pontos aleatórios.

#### 3.2.2 Transmitância

A transmitância de luz dos filmes foi determinada utilizando-se Espectrofotômetro Genesys 10 UV, com comprimento de onda de 500 nm. Os filmes foram cortados em retângulos (6mm x 30mm) e aderidos à parede interna da cubeta do espectrofotômetro. A introdução da cubeta vazia (ar) foi considerada a referência (100%). A média foi calculada através de três repetições.

#### 3.2.3 Solubilidade

A determinação da solubilidade foi realizada com filmes de área conhecida, 2 cm<sup>2</sup>, cortados e secos em estufa a 45 °C por aproximadamente 24 h.

Os filmes foram pesados para determinação da matéria seca inicial. Em seguida, foi feita a imersão dos filmes em água destilada. Foi avaliado tempo de contato de 12 h. Posteriormente, os filmes foram filtrados e secos novamente em estufa, colocados em dessecador até a temperatura ambiente, e pesados novamente para determinação da matéria não solubilizada.

A solubilidade dos biofilmes foi expressa em porcentagem e calculada conforme a Equação 1.

$$Sol = \frac{Mi - Mf}{Mi} * 100 \quad [1]$$

*Sol* corresponde à porcentagem de material solubilizado; *Mi*, à massa inicial; *Mf*, à massa final de material não solubilizado.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 PRODUÇÃO DOS FILMES

Durante os testes preliminares de produção dos biofilmes, foram levados em consideração o manuseio e textura. Por isso, o trabalho teve seguimento com as concentrações de 3, 5 e 7% dos amidos de mandioca e milho e 30% de glicerol. Todos os biofilmes gelatinizaram e foram retirados das placas de petri com facilidade, exceto os biofilmes de milho que, no início, estavam pegajosos, mas depois de um tempo já ficaram com uma boa textura.

Percebeu-se que os biofilmes produzidos a partir da mistura dos dois amidos (MIS3, MIS5, MIS7) foram os melhores para manusear e os mais uniformes. A Figura 2 apresenta os biofilmes MIS3, MIS5 e MIS7.

**Figura 2** - Biofilmes MIS3, MIS5 e MIS7 respectivamente



Fonte: Arquivo dos autores, 2019.

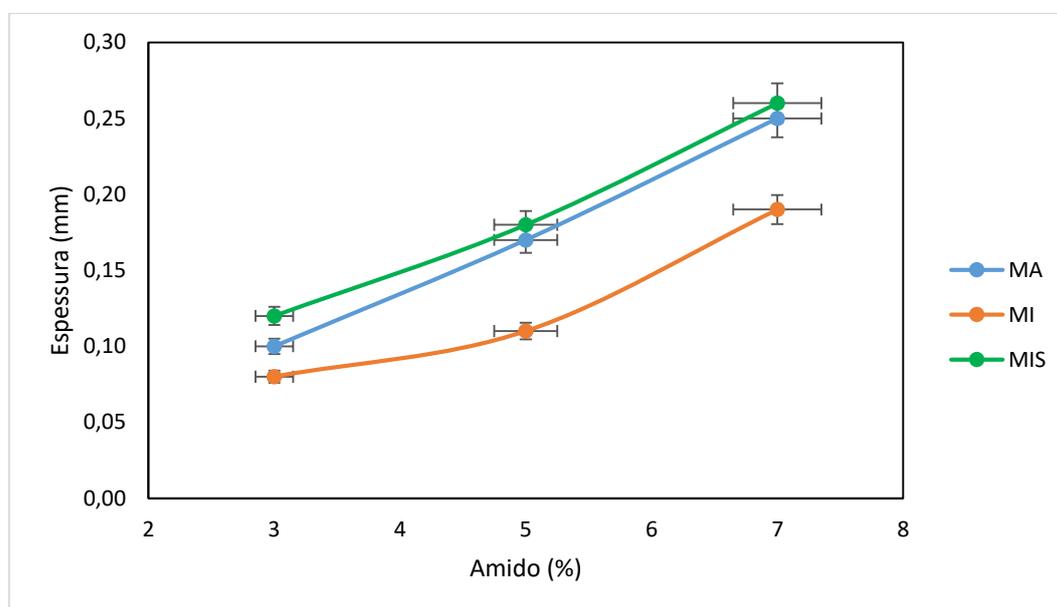
## 4.2 CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES

Partindo-se das concentrações encontradas, MA3, MA5, MA7, MI3, MI5, MI7, MIS3, MIS5 e MIS7, foram avaliadas as características dos filmes.

### 4.2.1 Espessura

Os biofilmes produzidos com 30 % de glicerol, variando-se a concentração de amidos em 3, 5 e 7 %, de mesmo volume, são apresentados no Gráfico 1.

**Gráfico 1** - Espessura dos biofilmes de 30 % de glicerol com MA3, MA5, MA7, MI3, MI5, MI7, MIS3, MIS5 e MIS7.



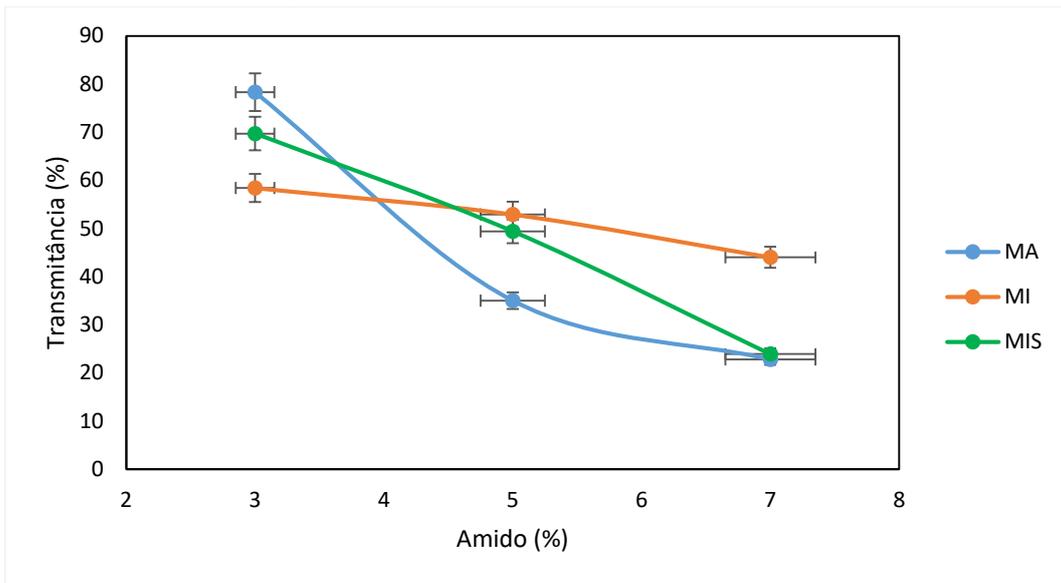
Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

De acordo com o gráfico, as espessuras variaram de 0,08 até 0,26 mm. Nota-se que, com o aumento da concentração de amido, a espessura também aumenta.

### 3.2.3 Transmitância

A transmitância teve um efeito negativo com o aumento de concentração do amido, como consequência a opacidade dos biofilmes também variou proporcionalmente de acordo com a concentração de amido. Segundo Alves (2009), quanto maior a concentração de amido, mais opaco será o biofilme. Nota-se essa diferença a olho nu, o que pode ser visto na Figura 2.

O Gráfico 2 apresenta a relação de transmitância e concentração de amido.

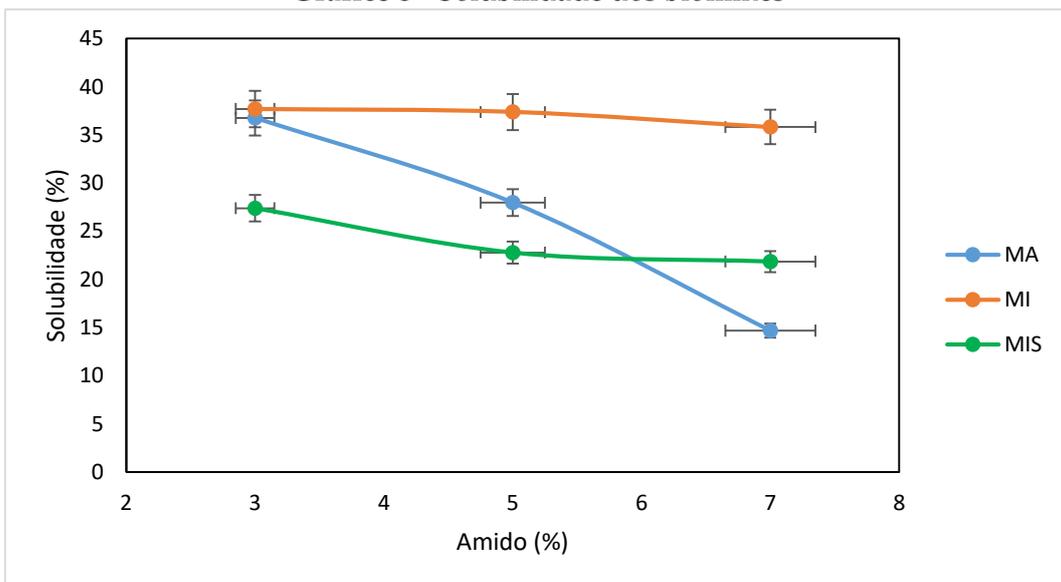
**Gráfico 2 - Transmitância dos biofilmes**

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Nota-se, conforme é apresentado no Gráfico 2, que, com o aumento de concentração de amido, a transmitância diminui. Como foi descrito anteriormente, isso mostra que, ao se aumentar a concentração de amido, o biofilme fica mais opaco.

### 3.2.2 Solubilidade

Os valores de solubilidade dos biofilmes produzidos são apresentados no Gráfico 3.

**Gráfico 3 - Solubilidade dos biofilmes**

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

A solubilidade dos biofilmes teve pouca variação. Conforme a concentração de amido utilizada aumentou, a solubilidade diminuiu. Nota-se que a solubilidade de nenhum dos biofilmes passou de 40%. Isso mostra que ele resiste bem em contato com água. Petrikoski (2013) observou, em seus estudos, que a solubilidade é influenciada pelos aditivos utilizados, principalmente o plastificante.

## 5 CONCLUSÃO

A partir dos biofilmes produzidos no presente trabalho, concluiu-se que a espessura aumenta com adição de amido, a transmitância diminuiu com o aumento da concentração de amido, a solubilidade também diminuiu com o aumento de concentração de amido e é influenciada pelo plastificante usado. Os resultados dos biofilmes foram satisfatórios, já que a espessura e a transmitância podem ser ajustadas com a concentração de amido, e a solubilidade com o volume de agente plastificante. Para futuros projetos, devem-se realizar mais testes e ensaio mecânicos e ajustar a concentração de amido e agente plastificante de acordo com a aplicação que se deseja utilizar, pois assim o biofilme pode ser viável para o uso de embalagens.

## REFERÊNCIAS

ABIPLAST. **Perfil 2012**: Indústria Brasileira de Transformação de Material plástico. 2012. Disponível  
[http://file.abiplast.org.br/download/estatistica/perfil2012\\_versao\\_eletronica.pdf](http://file.abiplast.org.br/download/estatistica/perfil2012_versao_eletronica.pdf).

ALVES, J. S. **Elaboração e caracterização de filmes de amido de milho e parafina**. 2009. 136 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

BORGES, A. L. G; LAURINDO, J. B. Preparação de filmes biodegradáveis de amido de mandioca pelo método tape-casting e com secagem ao sol. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 12., 2017, São Carlos. **Anais [...]**, São Carlos, v. 1, n. 4, 2017.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução à química de alimentos**. São Paulo: Atual, 1992. v. 2.

BRASIL. Resolução nº 12, de 24 de julho de 1978. Normas Técnicas Relativas a Alimentos e Bebidas (produtos amiláceos e derivados incluídos). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 24 jul. 1978.

CHANDRA, R.; RUSTGI, R. Biodegradable polymers. **Progress in Polymer Science**, Oxford, v. 23, n. 7, p. 1273- 1335, July 1998.

FAKHOURI, F. M.; FONTES, L. C. B.; GONÇALVES, P. V. M.; MILANEZ, C. R.; COLLARES-QUEIROZ, F. P. Filmes e coberturas comestíveis compostas à base de amidos nativos e gelatina na conservação e aceitação sensorial de uvas Crimson. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 369-375, abr./jun. 2007.

FARIAS, M. G., F. M.; FAKHOURI, C. W. P.; CARVALHO, J. L. R. ASCHERI. Caracterização físico-química de filmes comestíveis de amido adicionado de Acerola (Malpighia Emarginata D.C.). **Quím. Nova**, São Paulo, v. 35, n. 3, 2012.

FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C. B.; LEONEL, M.; CEREDA, M. P.; VILPOUX, O.; SARMENTO, S. B. S. **Propriedades gerais do amido**. São Paulo: Fundação Cargill, 2001. 224p (Série Cultura de Tuberosas Amiláceas Latino-Americanas, 1).

GONTARD, N.; GUILBERT, S. Bio-packaging: technology and properties of edible and/or biodegradable material of agricultural origin. **Boletim SBCTA**, v. 30, p. 3-15, 1996.

GONTARD, N.; GUILBERT, S.; CUQ, J. L. Edible wheat gluten films: influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. **Journal of Food Science**, v. 57, p. 190-195, 1992.

HENRIQUE, Celina Maria; PASCOLI CEREDA, Marney; BRUDER SILVEIRA SARMENTO, Silene. Características físicas de filmes biodegradáveis produzidos a partir de amidos modificados de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, 2008.

INNOCENTINI-MEI, L. H.; MARIANI, P. D. S. C. **Visão Geral Sobre Polímeros ou Plásticos Ambientalmente Biodegradáveis PADs**. 2005. Disponível em: [http://www.feq.unicamp.br /images/stories/documentos/dtp\\_edps.pdf](http://www.feq.unicamp.br /images/stories/documentos/dtp_edps.pdf).

LOURDIN, D.; COIGNARD, L.; BIZOT, H.; COLONNA, P. Influence of equilibrium relative humidity and plasticizer concentration on the water content and glass transition of starch materials. **Polymer**, v. 38, n. 21, p. 5401-5406, 1997.0

OLIVEIRA, M. C. B. R. **Gestão de Resíduos Plásticos Pós-Consumo: Perspectivas para a Reciclagem no Brasil**. 2012. 91f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Instituto Alberto Luiz Coimbra, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

PETRIKOSKI, A. P. **Elaboração de biofilmes de fécula de mandioca e avaliação do seu uso na imobilização de caulinita intercalada com ureia**. 2013. 130 f. (Mestrado em

Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

PIATTI, Tania M.; RODRIGUES, Reinaldo A. F. **Plásticos**: características, usos, produção e impactos ambientais. Maceió, EDUFAL, 2005

PLASTICS EUROPE. **Plastics the Facts 2012**: an analysis of European production, demand and waste data for 2011. 2012. Disponível em:  
file:///D:/Downloads/FINAL\_PlasticsTheFacts\_Nov2012\_EN\_web\_resolution.pdf

SILVA, A. L. B. B.; SILVA, E. O. da. **Conhecendo materiais poliméricos**. 2003. 84 p. (Grupo de Pesquisa em Novos Materiais) – Instituto de Ciências Exatas e da Terra; Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2003.

SILVA, W. A. **Elaboração e caracterização de biofilmes obtidos de diferentes fontes de amido**. 2005. 80 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

SILVA, Everton Menezes da. **Produção e caracterização de filmes biodegradáveis de amido de pinhão**. 2011.

TEIXEIRA, E. M. **Utilização de amido de mandioca na preparação de novos materiais termoplásticos**. 2007. Tese (Doutorado em Físico-Química) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

THIRÉ, R. M. S.; SIMÃO, R. A.; ARAÚJO, P. J. G.; ANCHETE, C. A. Redução da hidrofobicidade de filmes biodegradáveis a base de amido por meio de polimerização por plasma. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v. 14, p. 57-62, 2004.