

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Juliana Gutierrez da Silva

**POLPA DE FIBRA DE BANANEIRA PARA PRODUÇÃO DE
POLÍMEROS DE BIOPLÁSTICO**

Taubaté – SP
2018

JULIANA GUTIERREZ DA SILVA

**POLPA DE FIBRA DE BANANEIRA PARA PRODUÇÃO DE
POLÍMEROS DE BIOPLÁSTICO**

Dissertação apresentada como um dos requisitos para obtenção do Título de Mestra pelo Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Ciências Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Paulo Fortes Neto

**Taubaté – SP
2018**

JULIANA GUTIERREZ DA SILVA

**POLPA DE FIBRA DE BANANEIRA PARA PRODUÇÃO DE POLÍMEROS DE
BIOPLÁSTICO**

Dissertação apresentada como um dos requisitos para obtenção do Título de Mestra pelo Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Ciências Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Paulo Fortes Neto

Data: 10 de abril de 2018

Resultado: APROVADA

BANCA EXAMINADORA

Instituição

Prof. Dr. Paulo Fortes Neto

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof.^a Dr.^a Gannabathula Sree Vani

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof.^a Dr.^a Isabel Cristina de Barros Trannin

Ipabhi

Assinatura _____

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e pela proteção durante todo este trabalho, à minha família pela paciência e dedicação.

À Faculdade do Pantanal pelo apoio e fornecimento de todo material que precisei para esta pesquisa.

Ao Grupo Athenas pela oportunidade.

Ao meu orientador Prof. Dr. Paulo Fortes, que me auxiliou e teve paciência em me ensinar, apesar de minhas angústias e preocupações.

Por último, mas não menos importante, aos meus amigos e familiares, que direta ou indiretamente me ajudaram e incentivaram a completar este ciclo tão importante da minha vida.

POLPA DE FIBRA DE BANANEIRA PARA PRODUÇÃO DE POLÍMEROS DE BIOPLÁSTICO

**AUTORA: JULIANA GUTIERREZ DA SILVA
ORIENTADOR: PAULO FORTES NETO**

RESUMO

Com o grande crescimento populacional caracterizado pelo processo de produção e de consumo em massa, fatores como o crescimento populacional, industrialização e modernização, fazem surgir uma grande preocupação com as questões ambientais. Uma delas é o grande consumo de materiais plásticos que são utilizados todos os dias pela sociedade e, para minimização do impacto ambiental causado por esse consumo, uma das alternativas é a produção de polímeros biodegradáveis, que tem como vantagem a sua alta degradabilidade e ainda é obtido de fontes orgânicas, renováveis ou reaproveitáveis. Sendo assim, este estudo teve como objetivo produzir polímeros biodegradáveis a partir da polpa extraída do pseudocaule da fibra de bananeira. No processo de produção do bioplástico foram utilizadas diferentes proporções de amido de milho e polpa de fibra de bananeira, 10 mL de suco de limão, 10 mL de glicerina (99%) e 250 mL de água destilada. No teste de resistência, todas as amostras de bioplástico foram colocadas em placas de Petri, e submetidas inicialmente, em estufa, ajustadas em diferentes temperaturas (30, 40, 60 e 80°C) por 30 minutos para verificar até que temperatura os filmes apresentavam deformações. A temperatura máxima que os filmes suportaram foi de 80°C, após essa temperatura começaram a queimar. Para o teste de biodegradação utilizou-se 400 gramas de solo (em todos os tratamentos), coletados na camada de 0-20 cm de profundidade do solo. Os tratamentos de bioplástico de 7 x 7,5 cm foram pesados e enterrados no solo e incubados por 18 dias, em estufa com temperatura controlada em 25°C. Os resultados da biodegradação foram medidos através da diferença do peso inicial e final e tiveram uma variação na porcentagem de 34,75% a 82,56%, obtendo-se como média 61% de degradação entre os tratamentos. Dos quatro filmes (tratamentos) produzidos e avaliados, pode-se observar que os melhores resultados foram obtidos nos filmes em que foram adicionadas as maiores quantidades de fibra de bananeira tanto no teste de resistência quanto no teste de biodegradação, o que nos leva a concluir que quanto maior a quantidade de fibra de bananeira, maior será sua resistência. O que deixa claro que são necessárias novas pesquisas, sobre sua finalidade, sua aplicabilidade e testes para identificação de micro-organismos que fazem sua composição.

Palavras-chave: Biopolímeros; Meio Ambiente; Sustentabilidade; Poluição Ambiental; Resíduos da agroindústria; Gestão de resíduos.

PULP OF BANANA'S TREE FIBER FOR THE PRODUCTION OF BIOPLASTIC POLYMERS

**AUTHOR: JULIANA GUTIERREZ DA SILVA
ADVISOR: PAULO FORTES NETO**

ABSTRACT

With the great population growth characterized by the production process and mass consumption, factors such as population growth, industrialization and modernization, raise a great concern with environmental issues. One of them is the great consumption of plastic materials that are used every day by society and, to minimize the environmental impact caused by this consumption, one of the alternatives is the production of biodegradable polymers, which has the advantage of its high degradability and is still obtained from organic sources, renewable or reusable. Thus, this study aimed to produce biodegradable polymers from the pulp extracted from the banana tree fiber pseudocaulis. Different proportions of corn starch and banana fiber pulp, 10 mL of lemon juice, 10 mL of glycerin (99%) and 250 mL of distilled water were used in the bioplastic production process. In the resistance test, all the bioplastic samples were placed in Petri dishes, and initially submitted to an oven, set at different temperatures (86, 104, 140 and 176°F) for 30 minutes to verify the temperature until the films presented deformations. The maximum temperature that the films supported was 176°F, after that temperature began to burn. For the biodegradation test, 400 grams of soil was used (in all treatments), collected in the 0-20 cm layer of soil. The 7 x 7.5 cm bioplastic treatments were weighed and buried in the soil and incubated for 18 days in a temperature controlled oven at 77°F. The results of the biodegradation were measured by the difference of the initial and final weight and had a percentage change from 34.75% to 82.56%, obtaining a mean of 61% of degradation between the treatments. From the four films (treatments) produced and evaluated, it can be observed that the best results were obtained in the films in which the highest amounts of banana fiber were added in both the resistance test and the biodegradation test, which leads us to conclude that the larger the amount of banana tree fiber, the greater its resistance. This makes it clear that further research is needed on its purpose, its applicability and tests for the identification of microorganisms that make up its composition.

Keywords: Biopolymers; Environment; Sustainability; Environment pollution; Waste from agroindustry; Waste management.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Fibra de pseudocaule de bananeira seca ao sol (A) e fibra seca e moída (B)21
- Figura 2** - Filmes de bioplásticos obtidos com diferentes misturas de amido de milho e polpa de fibras de bananeiras (Tratamentos: 1, 2, 3, e 4).25
- Figura 3** - Filmes de bioplásticos com diferentes misturas de amido de milho e polpa de fibras de bananeiras (Tratamentos: 1, 2, 3 e 4), após o teste de resistência a temperatura.27
- Figura 4** - Percentual de biodegradação das amostras de bioplástico incubadas por 18 dias no solo.29
- Figura 5** - Filmes de bioplástico após 18 dias de incubação em solo.30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidades de amido de milho e polpa de fibra de bananeira por tratamento.....23

Tabela 2 - Peso Inicial e Final dos Tratamentos 1, 2, 3 e 4.....24

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CH ₄	Metano
CO ₂	Dióxido de Carbono
FAPAN	Faculdade do Pantanal
MT	Mato-grosso
PEBD	Poliétileno de Baixa Densidade
PHA	Polihidroxialcanoato
PHB	Polihidroxibutirato
PHBV	Polihidroxibutirato-covalerato
PHV	Polihidroxivalerato
PLA	Ácido Poliláctico
PVC	Policloreto de Vinila

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	12
2.1	Objetivo geral.....	12
2.2	Objetivos específicos	12
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	13
3.1	Biopolímeros e Polímeros biodegradáveis.....	14
3.2	Amido.....	16
3.3	Alternativas para produção de bioplásticos.....	17
3.4	Uso da fibra de Bananeira como fonte alternativa para produção do bioplástico	18
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	21
4.1	Local do estudo	21
4.2	Obtenção do pseudocaule de bananeira e preparo da polpa	21
4.3	Preparo do bioplástico.....	22
4.4	Teste de Resistência à Temperatura	23
4.5	Teste de biodegradação	23
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1	Produção do bioplástico	25
5.2	Teste de Resistência à Temperatura 3.....	26
5.3	Teste de Biodegradação.....	28
5	CONCLUSÕES.....	32
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

1 INTRODUÇÃO

O meio ambiente vem sofrendo com a poluição e degradação causada pelo Homem que, por sua vez, vem estudando e elaborando estratégias para diminuir os impactos ambientais causados pela humanidade. Uma das estratégias de diminuição dos impactos causados pelo uso excessivo de plásticos é a produção de polímeros, ou seja, de plásticos biodegradáveis que têm como vantagem a alta degradabilidade e sua obtenção a partir de fontes orgânicas, renováveis ou reaproveitáveis

O plástico vem tomando conta do planeta desde 1862, quando foi inventado pelo inglês Alexander Parkes, reduzindo os custos comerciais e alimentando os impulsos consumistas da civilização moderna (FABRO *et al.* 2007). No caso específico das sacolas de supermercado, a matéria-prima é o plástico filme, produzido a partir de uma resina chamada polietileno de baixa densidade (PEBD).

Sendo o plástico um material que existe há apenas um século, ainda não determinou precisamente quanto tempo demora esse processo, mas sabe-se que é superior a 100 anos. É enorme o potencial de danos ao meio ambiente exercido, dessa maneira, pelas pessoas que jogam plásticos nas praias, matas, rios e mares. Calcula-se que cerca de 90% das sacolas plásticas acabam em lixeiras, ou como lixo. Este número pode parecer assustador, mas na verdade estes objetos ocupam apenas cerca de 0,3% do volume acumulado nas lixeiras (FABRO *et al.* 2007).

Em meio a esta situação, a produção de polímeros biodegradáveis por meio de resíduos orgânicos, surge como uma alternativa para remediar os danos causados por essa prática. Dentre as fontes alternativas para obtenção de bioplásticos, temos o amido extraído da batata, mandioca, milho, fruto-do-lobo e pó de madeira, palha de milho e microfilmes de celulose (SANTOS, 2009; MENDES; CUVELO, 2009; MACHADO *et al.* 2010; SANTOS, *et al.* 2013; SIMÃO, *et al.* 2015).

Este trabalho tem como contribuição principal o estudo para identificar uma nova fonte para produção de filmes biodegradáveis, que possa ser mais acessível ao mercado e futuramente competir com o plástico comum.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o potencial de uso da fibra do pseudocaule de bananeira na produção de bioplásticos.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar qual das 4 proporções é a ideal da polpa de fibra de bananeira a ser utilizada na produção do polímero biodegradável.
- Avaliar a resistência à temperatura dos 4 tratamentos de bioplástico contendo a polpa da fibra de bananeira.
- Avaliar a degradabilidade dos 4 tratamentos do polímero contendo a polpa da fibra da bananeira.

3 REVISÃO DE LITERATURA

De acordo com Piatti; Rodrigues (2005), a “palavra “plástico vem do grego *plásticos* e é empregada em várias áreas do conhecimento humano, apresentando um espectro de significados, mas em geral, se refere a algo moldável”.

O plástico vem sendo utilizado, cada vez mais para substituir vários objetos que eram construídos à base de madeira, vidro, tecido, entre outros. Nesse sentido, podemos afirmar que o plástico “é material cujo constituinte fundamental é um polímero, principalmente, orgânico e sintético, sólido em sua condição final (como produto acabado) e que, em alguma fase de sua produção foi transformado em fluido, adequado à moldagem por ação de calor e/ou pressão” (PIATTI; RODRIGUES, 2005).

Uma das aplicações do plástico é na produção de sacolas de supermercados, feiras e outros estabelecimentos que são reutilizadas para o descarte de lixo doméstico o que, de acordo com Santos *et al.* (2013) “o reconhecimento da necessidade de reduzir a utilização de materiais plásticos, e de sua reciclagem está se tornando quase que uma obrigação para os fabricantes e consumidores”.

Conforme Oliveira *et al.* (2012) os sacos plásticos foram “introduzidos nos anos de 1970 e, rapidamente, tornaram-se muito populares, em especial devido a sua distribuição gratuita nos supermercados e lojas, possibilitando a sua reutilização para embalar tudo o que passa pelo caixa, não importando o tamanho do produto que se tenha à mão”. Esse hábito já foi introduzido na rotina da nossa sociedade.

Segundo Oliveira *et al.* (2012) “no Brasil são produzidas cerca de 3 milhões de toneladas de plástico. Atualmente, 10% do lixo brasileiro são compostos por sacolas plásticas e cada brasileiro utiliza 19 quilos de sacolas por ano”. São dados alarmantes, pois, todo esse lixo acaba chegando aos bueiros das nossas cidades, trazendo grandes transtornos, como alagamento de bairros e custos para as prefeituras na limpeza desses bueiros.

Conforme Oliveira *et al.* (2012)

no caso específico das sacolas de supermercado, a matéria-prima é o plástico filme, produzido a partir de uma resina chamada polietileno de baixa densidade (PEBD). No Brasil, são produzidas 210 mil toneladas anuais de plástico filme, o que já representa 9,7% de todo o lixo do país.

Tendo em vista os impactos ambientais e financeiros causados pelas sacolas plásticas, uma das alternativas para diminuição desta agressão ao meio ambiente é a produção de sacolas biodegradáveis, que ao entrar em contato com o solo, dentro de um curto período, se degrada naturalmente, tendo em vista que boa parte deste produto vai para os lixões das cidades.

Oliveira *et al.* (2012) afirma que

o lixo urbano, sendo inesgotável, é também um grave problema para a sociedade e os órgãos responsáveis pela limpeza pública, pois grandes quantidades de volumes de resíduos de toda natureza são descartadas no meio urbano, o que necessita de um destino final adequado.

É difícil imaginarmos o mundo sem plástico, pois, o utilizamos em quase tudo em nossa rotina, por isso devemos buscar novas fontes renováveis ou reutilizáveis para que possamos substituí-lo de forma que nosso planeta não seja prejudicado ainda mais. Nesse sentido, podemos apontar os polímeros biodegradáveis como uma nova técnica para a produção de plástico.

3.1 Biopolímeros e Polímeros biodegradáveis

O mercado mundial de plásticos é dominado largamente pelos produtos de origem petroquímica. Atualmente, a cota de mercado dos bioplásticos é inferior a 1%, mas, de acordo com Lemos (2013), a capacidade de produção mundial deveria quintuplicar entre os anos de 2011 e 2016, ou seja, passaria de 1,2 milhões de toneladas produzidos em 2013, para 5,8 milhões de toneladas em 2016.

Diante destas informações podemos perceber que há uma oportunidade para produção de bioplásticos, sabendo que o Brasil detém uma enorme disponibilidade de recursos naturais renováveis e reaproveitáveis. De acordo com Lemos (2013) “a importância dos bioplásticos aumentará, cerca de dois terços em relação a sua cota atual, tendo como principais contribuintes o ácido poliláctico (PLA) para 290 mil toneladas (+60%) e o polihidroxialcanoato (PHA) para 142 mil toneladas (+700%)”.

Conforme Franchet; Maconato (2006) “estes polímeros são materiais biodegradáveis, e a degradação resulta primariamente da ação de micro-

organismos, tais como fungos, bactérias e algas de ocorrência natural, gerando CO₂, CH₄, componentes celulares e outros produtos”.

Para que a biodegradação ocorra, além dos parâmetros biológicos, é necessário levar em consideração os parâmetros ambientais envolvidos no processo, como os ventos, a composição química da água, do ar e do solo entre outros. A biodegradabilidade não é, portanto, resultado de uma simples ação de micro-organismos, porque as condições nas quais eles atuam devem ser consideradas (PIATTI; RODRIGUES, 2005).

Para Saboya (2013), a biodegradação é a degradação causada por atividade biológica, especialmente enzimática, associada a uma alteração significativa da estrutura química do material. A degradação dos polímeros biodegradáveis pode levar apenas semanas ou meses para acontecer, tudo depende da ação dos micro-organismos presente no ambiente.

Conforme Rosa *et al.* (2001) “nos últimos anos tem havido um interesse crescente, em nível mundial, em relação aos polímeros biodegradáveis, principalmente quando se considera o desenvolvimento de novos produtos que provoquem o menor impacto ambiental”. E, conforme Brito *et al.* (2011) alguns fatores ambientais e socioeconômicos que estão relacionados ao crescente interesse pelos biopolímeros são: os grandes impactos ambientais, causados pelos processos de extração e refino utilizados para a produção dos polímeros provenientes do petróleo, a escassez do petróleo e aumento do seu preço.

Para Brito *et al.* (2011) os polímeros biodegradáveis podem ser provenientes de fontes naturais renováveis como milho, celulose, batata, cana-de-açúcar, ou serem sintetizados por bactérias a partir de pequenas moléculas como o ácido butírico ou ácido valérico. Os polihidroxicanoatos (PHAs), poliésteres alifáticos, também denominados biopolímeros ou bioplásticos, são polímeros biodegradáveis produzidos por uma grande variedade de bactérias, a partir de fontes renováveis. Nestes termos, existem três tipos de polímeros biodegradáveis: Polihidroxibutirato (PHB), Polihidroxicanoato (PHV), Polihidroxibutirato-covalerato (PHBV).

Dentre os polímeros biodegradáveis, os que têm atraído mais atenção são os produzidos a partir de fontes renováveis, ou seja, os que são oriundos da natureza, que trazem para o polímero sua biodegradabilidade.

Entre as fontes renováveis houve um aumento também no uso de fibras naturais, como reforço dos mesmos, pois conforme Pires (2009) há um interesse na

exploração de fibras naturais, pois se trata de um recurso natural renovável, biodegradável e que auxilia do desenvolvimento socioeconômico de áreas rurais, e atende aos conceitos de sustentabilidade.

Silva *et al.* (2009) destacam que diversas fibras vegetais são produzidas em praticamente todos os países e, usualmente, são designadas como materiais lignocelulósicos. Algumas fibras ocorrem espontaneamente na natureza, outras são cultivadas e ainda existem aquelas que são resíduos gerados, principalmente, pela agroindústria como é o caso dos resíduos da bananicultura, que gera como resíduo o pseudocaule da bananeira, que é uma fibra lignocelulósica.

A elevada disponibilidade de fibras lignocelulósicas, somada à necessidade de uma fonte renovável para a produção de polímeros, abre uma grande oportunidade para avanços tecnológicos que agreguem valor aos produtos da agroindústria e, ao mesmo tempo, atuem na fixação de carbono na natureza (Silva *et al.* 2009).

3.2 Amido

Conforme Mendes (2009), “os polissacarídeos são os mais abundantes carboidratos na natureza e servem como substância de reserva e como componente estrutural das células das plantas”.

O amido é um polissacarídeo que se encontra nas plantas, sendo armazenado nas raízes, caules e sementes (SABOYA, 2013). As principais fontes de amido são a batata, o milho, o trigo, a mandioca, o arroz, entre outros. Os amidos são blocos de carboidratos do tipo α -D glicose. Rosa *et al.* (2001) afirmam que “o amido é uma matéria prima abundante, que permite o desenvolvimento de produtos recicláveis”.

Conforme Mali (2010), a aplicação do amido na produção de filmes se baseia nas propriedades químicas, físicas e funcionais da amilose para formar géis e na sua capacidade de formar filmes.

Ainda segundo Mali (2010) o custo deste tipo de embalagem é maior que o das embalagens tradicionais, como as de polietileno, no entanto, o consumidor, em geral, está mais consciente em relação à preservação do meio ambiente, aceitando muitas vezes preços mais elevados em favor desta preservação.

De acordo com Brito *et al.* (2011)

o amido termoplástico sem modificação é sensível à umidade e é mais frágil, especialmente após envelhecimento, que os plásticos sintéticos. Assim, para obtenção de produtos com aceitação comercial, o amido deve ser modificado ou misturado a outros polímeros para melhorar suas propriedades e minimizar sua sensibilidade a água.

Neste aspecto, alguns estudos estão sendo desenvolvidos em busca de alternativas para a produção dos bioplásticos, com menores quantidades de amido em sua composição para melhorar suas propriedades e para aumentar sua aceitação comercial, como será desenvolvido no item a seguir.

3.3 Alternativas para produção de bioplásticos

Nos dias atuais temos vários estudos que buscam alternativas de substituição do plástico, estes estudos apresentam opções que buscam encontrar novos materiais poliméricos que possam substituir parcialmente os materiais sintéticos.

A indústria petroquímica nas suas refinarias tem como objetivo principal a produção de combustíveis, maximizando a sua rentabilidade através da valorização de produtos secundários de menor volume, produzindo entre outros, plásticos e produtos químicos (LEMES, 2013).

Novos materiais estão sendo desenvolvidos para a substituição dos plásticos convencionais, tendo em vista as novas tendências e questões ambientais.

Uma das dificuldades da produção do bioplástico é o custo, pois as bactérias e os substratos utilizados para tal finalidade possuem custo elevado. Para diminuir o custo, alguns bioplásticos podem ser produzidos a partir de fontes renováveis, tais como o óleo da mamona, o milho, a partir do qual se obtém amido, que é um polímero natural (TELLES *et al.*, 2011).

Uma das alternativas de substituição é preparar compósitos de PHB que, conforme Coutinho *et al.* (2004)

é um composto de uma classe dos polímeros termoplásticos chamados “polihidroxicanoatos”, que serve a muitas bactérias como uma maneira de armazenar dentro da célula, materiais que podem servir de reserva para obtenção de carbono e como fonte de energia para o caso de ausência de um dos dois. As plantas modificadas geneticamente para produção de PHB como a batata (*Solanum tuberosum*) e tabaco (*Nicotiana tabacum*), podem fornecer outros meios de produzir este polímero. O PHB pode ser usado na fabricação de embalagens para produtos de limpeza, higiene, cosméticos e produtos farmacêuticos.

Temos ainda como alternativa a batata que, conforme Neves *et al.* (2013) “é um tubérculo promissor na indústria de polímeros de amido. No entanto, apesar de possuir destaque no setor alimentício, do total de batata produzida, aproximadamente 35% (casca e resto de polpa) é descartada no processo de industrialização”.

Vários estudos estão sendo realizados nesta área de produção de bioplásticos e um dos estudos mais recentes aponta a utilização do soro do leite para produção destes polímeros. Conforme Fernandes *et al.* (2015) “filmes biodegradáveis à base de proteínas de soro de leite apresentam grande potencial para aplicação como embalagens, devido às excelentes propriedades mecânicas e ópticas”. Este produto apresenta grande potencial econômico, tendo em vista que o soro de leite é um produto que os laticínios fazem a distribuição para a população sem custo de aquisição.

Conforme Machado *et al.* (2010)

pesquisas envolvendo o emprego de polímeros biodegradáveis como substitutos dos polímeros sintéticos convencionais aumentaram nos últimos anos, assim como o uso de fibras naturais como reforço dos mesmos. As vantagens da utilização de reforços lignocelulósicos em polímeros são a baixa densidade, baixa abrasividade, possibilidade de incorporação de elevados teores resultando em elevada rigidez, manutenção da reciclabilidade, biodegradabilidade e grande variedade de cargas reforçativas existentes.

Silva *et al.* (2009) apontam que por razões técnicas e comerciais, também, a indústria automotiva começou a usar compósitos com fibras vegetais, sendo esta uma tendência mundial. As fibras vegetais aparecem, então, como uma valiosa alternativa às fibras inorgânicas. O uso de fibras naturais na indústria automotiva, além de substituir recursos não-renováveis, possibilita a fabricação de peças mais leves e mais seguras.

3.4 Uso da fibra de bananeira como fonte alternativa para produção do bioplástico

O uso de fontes reutilizáveis, como fibras naturais para a produção do bioplástico tem chamado a atenção de pesquisadores, apresentando vantagens como sua grande abundância.

Para Silva *et al.* (2009) as fibras lignocelulósicas são excelentes matérias-primas para a química de polímeros e compósitos, o que pode ser comprovado pelos elevados números de patentes nacionais e internacionais e de produtos já comercializados.

Conforme Bastos e Simão (2007), o pseudocaule da bananeira, planta da família *Musacea* é o principal resíduo da bananicultura. Este resíduo é deixado na lavoura como lixo orgânico e por isso atrai biodeterioradores. O pseudocaule é constituído de três camadas: a capa (externa), seda (interna) e a renda que é a intermediária.

No relatório do Sebrae (2008) foi estimado que as plantações de bananeiras, no Brasil, são responsáveis pela ocupação de 500 mil hectares, sendo a segunda fruta mais cultivada no país. Conforme dados da Embrapa (2005) o Brasil produz 6.282.000 toneladas, sendo o segundo maior produtor mundial, ficando atrás somente da Índia que produz 16.820.000 toneladas. Esses dados apontam que no Brasil há uma grande quantidade de resíduos de bananeira, que são fontes de fibras lignocelulósicas e que poderão ser utilizados na produção de bioplástico.

Alguns autores vêm trabalhando com fibras lignocelulósicas para a produção de bioplásticos. Por exemplo, Gomes *et al.* (2013), usaram a fibra de bananeira para substituir a fibra de vidro em compósitos de polietileno de alta densidade, e durante sua pesquisa identificou que os “compósitos de fibra de bananeira, quando comparados aos de fibra de vidro, apresentam um desempenho menor, porém, o compósito com 10% de fibra de vidro apresentou valor de propriedade de módulo elástico próximo ao compósito com 20% de fibra de bananeira”, demonstrando que, em maior quantidade, a fibra de bananeira proporciona ao filme maior resistência elástica. Balzer *et al.* (2007), apontam que a deformação na ruptura reduz-se discretamente com a crescente adição de fibra de bananeira, resultados esperados para polímeros reforçados. Estes autores avaliaram as propriedades de compósitos de polímero PVC rígido com adição de fibras de bananeira e concluíram que “a incorporação da fibra de bananeira ao PVC produz os efeitos esperados em qualquer sistema polímero/fibra de reforço: aumento da resistência à tração, discreta redução no alongamento e na ruptura e aumento da resistência ao impacto”.

Amorim *et al.* (2007) realizaram um trabalho com o pseudocaule da bananeira para extração da nanocelulose, por meio de dois métodos: o químico, que utiliza agentes químicos específicos para cozinhar sob pressão o material; e o

método mecânico, que utiliza apenas energia mecânica, não envolvendo emprego de reagentes químicos, porém com custo mais elevado. Assim, foi possível extrair nanocelulose por hidrólise ácida, tendo como matéria prima fibras do pseudocaule da bananeira.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local do estudo

O estudo foi realizado no Laboratório de Química da Faculdade do Pantanal -FAPAN, situado no município de Cáceres-MT, entre os meses de abril a junho de 2017.

4.2 Obtenção do pseudocaule de bananeira e preparo da polpa

O resíduo utilizado foi o pseudocaule de bananeira retirada da camada externa do pseudocaule da espécie *Musa* sp (Figura 1). As amostras de pseudocaules foram coletadas de uma produção particular de subsistência de um morador da cidade de Cáceres/MT.

A camada externa do pseudocaule foi cortada em tiras de 30 cm de comprimento e largura de 2 cm. As fibras foram secas ao sol por 15 dias, moídas em moinho de facas, e peneiradas em malha de 0,55 mm (Santos *et al.*, 2014).

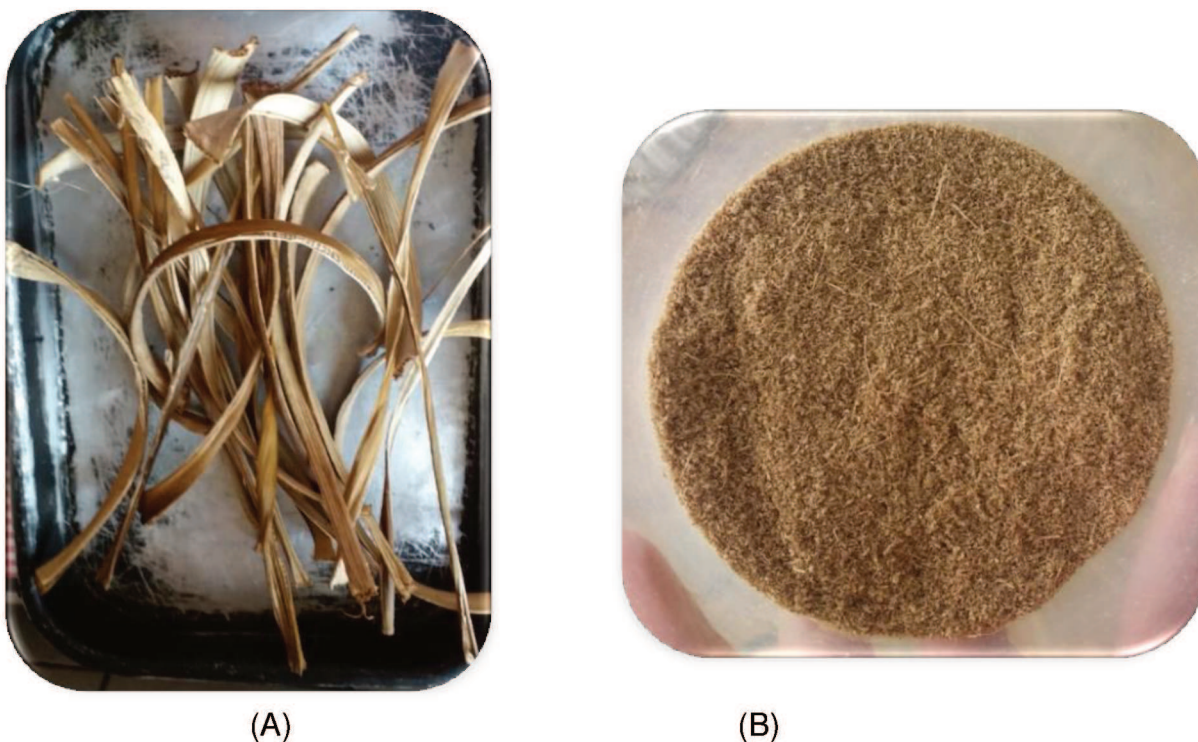


Figura 1 - Fibra de pseudocaule de bananeira seca ao sol (A) e fibra seca e moída (B)
FONTE: A autora.

Para o preparo da polpa, diferentes quantidades de fibra de bananeira (tabela 1) foram colocadas em um béquer de 1000 mL, sendo este colocado em uma manta aquecedora com agitação manual da solução. Em seguida, adicionou-se 250 mL de solução de NaOH 20% m/v ao béquer, a fibra de bananeira e com o sistema ajustado até a temperatura de 50°C, e a temperatura monitorada a cada 20 minutos, durante 1 hora. Depois desse procedimento, com o auxílio de um filtro, a fibra de bananeira foi lavada com água destilada até a água de lavagem atingir o pH neutro. Posteriormente, a fibra foi colocada em um outro béquer de 1000 mL, contendo 100 mL de solução de HCl 0,5 mol L⁻¹. Essa mistura foi aquecida e agitada por 45 minutos, no intervalo de temperatura variando entre 60°C a 80°C. O procedimento de lavagem com água destilada até esta atingir o pH neutro foi repetido. A polpa obtida da fibra foi colocada em um béquer de 1000 mL, contendo 200 mL de solução de NaOH 2% m/v, sob agitação e aquecimento até 70°C, por 40 min. Depois a polpa foi lavada até que a água de lavagem apresentasse pH neutro.

4.3 Preparo do bioplástico

No processo de produção do bioplástico foram utilizadas diferentes quantidades de amido de milho e polpa de fibra de bananeira (Tabela 1), 10 mL de suco de limão, 10 mL de glicerina (99 %) e 250 mL de água destilada em um béquer de 600 mL, que foi aquecido no bico de Bunsen. Após o aumento da viscosidade, a mistura permaneceu por mais 15 minutos sob a temperatura de 80°C, e após esse tempo o processo foi encerrado. Nesse ponto, o béquer foi retirado do bico de Bunsen e o gel foi despejado em uma placa de vidro (80 cm x 30 cm), de forma que não fosse totalmente espalhado na placa, para formar um filme mais espesso. Para secagem a placa de vidro foi exposta ao sol por 3 (três) dias e após a secagem, o filme formado foi retirado e armazenado em um ambiente livre de poeira (Santos *et al.*, 2014).

Na Tabela 1 estão descritas as quantidades de amido de milho e polpa de fibra de bananeira utilizadas nos tratamentos.

Tabela 3 - Quantidades de amido de milho e polpa de fibra de bananeira por tratamento.

Tratamentos	Amido de Milho		Fibra de bananeira	
	gramas	%	gramas	%
1	15	150%	10	66,6%
2	10	75%	20	100%
3	15	60%	25	166,6%
4	10	40%	25	250%

FONTE: A autora.

4.4 Teste de Resistência à Temperatura

Todas as amostras de bioplástico foram colocadas em placas de Petri, e submetidas ao aquecimento em estufa, em diferentes temperaturas (30, 40, 60 e 80°C) por 30 minutos para verificar em que temperatura os filmes poderiam apresentar deformações. Consideramos deformações, as rachaduras que surgiram nos tratamentos. Em relação a temperatura, é considerada máxima de 80°C pois, em uma temperatura superior os fragmentos começaram a queimar.

4.5 Teste de biodegradação

Para o teste de biodegradação, foram adicionados a todas as amostras, 400 g de solo, coletado na camada de 0-20 cm de profundidade. As amostras foram pesadas (tabela 2) e colocadas em um béquer de 500mL, e fragmentos de bioplásticos de 7 x 7,5 cm foram pesados e enterrados no solo e incubados por 18 dias, em estufa com temperatura controlada de 25°C. Em seguida, os fragmentos de bioplásticos foram retirados, lavados para eliminar o solo aderido e colocados em estufa a 40°C por 15 minutos, para secagem e posterior determinação do peso de massa seca e cálculo do percentual de biodegradação. A tabela a seguir mostra o peso inicial e final dos tratamentos, os quais foram usados para o cálculo do percentual de degradação.

Tabela 4 - Peso Inicial e Final dos Tratamentos 1, 2, 3 e 4.

Tratamentos	Peso Inicial	Peso Final
	-----Gramas-----	
1	1,337	0,626
2	0,958	0,167
3	2,366	0,626
4	2,641	1,723

FONTE: A autora.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Produção do bioplásticos

A figura 2 apresenta os filmes de bioplástico produzidos a partir da mistura de diferentes quantidades de amido de milho e polpa de fibra de bananeira. Percebeu-se que, esteticamente os filmes ainda apresentaram aspecto grosseiro, ou seja, a fibra de bananeira precisava ser refinada para que o filme ficasse mais transparente. No entanto, devido à falta de instrumentos adequados a esta pesquisa, não foi possível uma melhor refinação da fibra. Observando a amostra 1, a qual foi adicionado maior quantidade de amido do que de fibra, pode-se perceber que apresentou maior transparência que os demais filmes, no restante das amostras foi possível ainda ver as fibras.



Figura 2 - Filmes de bioplásticos obtidos com diferentes misturas de amido de milho e polpa de fibra de bananeira – Tratamentos: 1, 2, 3, e 4.

FONTE: A autora.

Conforme Bastos e Simão (2007), a partir da redução do diâmetro das fibras presentes nos compósitos obtidos foi possível obter uma maior adesão fibra/matriz, mesmo em condições menos favoráveis de processamento. Os autores ainda destacaram que, possivelmente, fibras com menores dimensões tenderiam a produzir compósitos com melhores propriedades mecânicas.

Durante a produção dos filmes, pode-se observar que após a mistura do amido, glicerina, limão, água e polpa, a temperatura ideal de cozimento foi de 80°C, e caso não atinja essa temperatura, não haverá finalização do filme. Notou-se ainda que o gel, após ser espalhado na placa de vidro, precisa secar em 2 dias, caso isso não aconteça poderá ocorrer a presença de fungos, como pode ser observado na amostra 1, que levou mais tempo para secar e acabou surgindo fungos em alguns pontos do filme, que não foram identificados quanto a sua espécie.

5.2 Teste de Resistência à Temperatura 3

Durante o teste de resistência, os fragmentos de bioplástico apresentaram comportamentos diferentes quanto aos tratamentos aplicados. No entanto, não foram observadas rachaduras visíveis a olho nu. Todos os tratamentos apresentaram deformações, a partir dos 60°C (figura 4). Os fragmentos não foram submetidos a temperaturas superiores a 80°C, pois a partir desta, começaram a queimar, o que não seria interessante para o experimento.

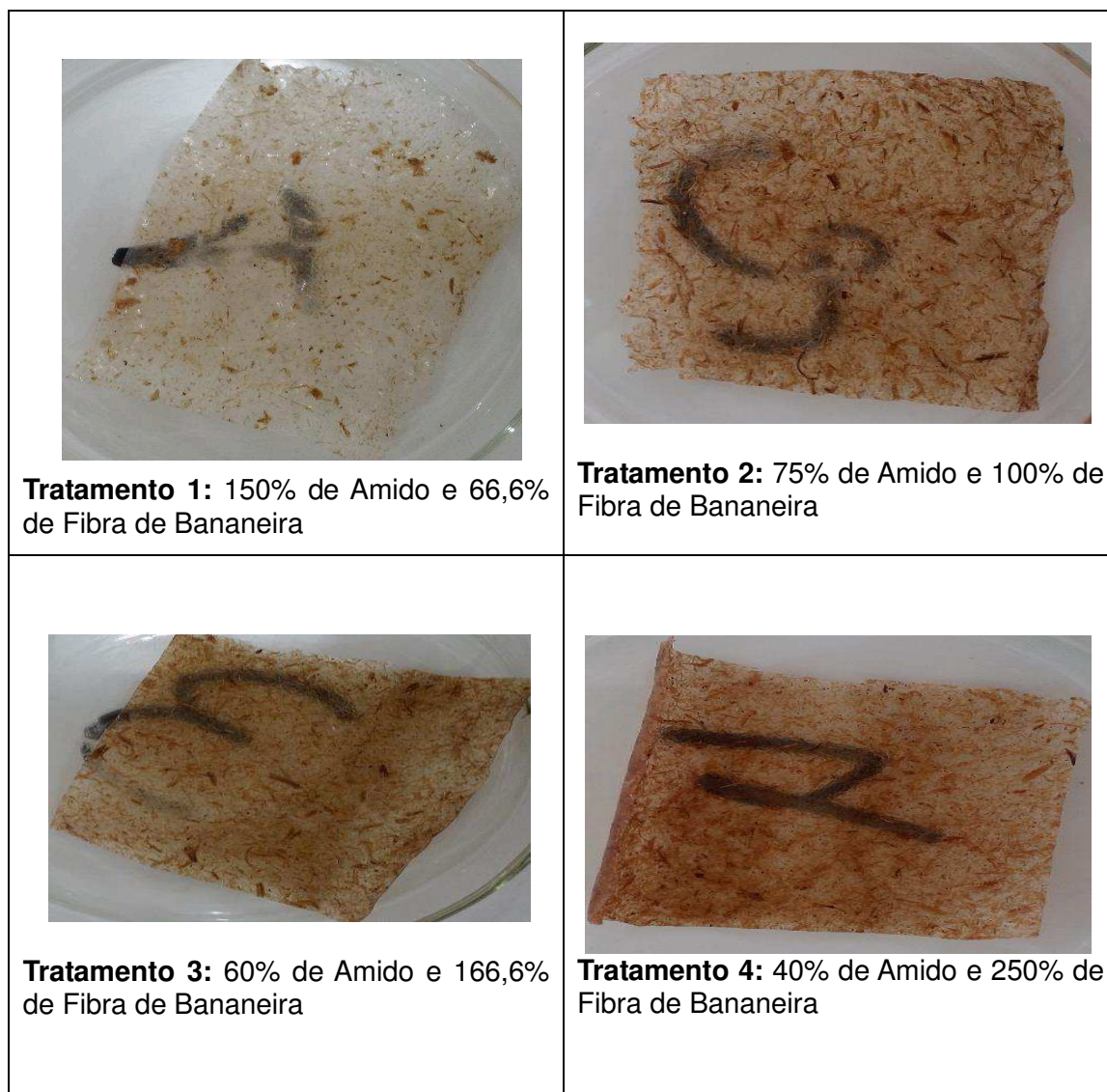


Figura 3 - Filmes de bioplásticos com diferentes misturas de amido de milho e polpa de fibra de bananeira, nos tratamentos: 1, 2, 3 e 4, após o teste de resistência à temperatura.
FONTE: A autora.

Em todos os tratamentos observou-se ressecamento das amostras de bioplástico, porém não ao ponto de resultarem em rachaduras, mas com níveis diferentes de ressecamento. Em uma classificação, a amostra do tratamento 1 foi a que apresentou maior ressecamento e deformação, seguida das amostras dos tratamentos 3, 2 e 4. A amostra 1 foi a que recebeu maiores quantidades de amido de milho, indicando que quanto maior a quantidade de amido e menor a de fibra, menor será sua resistência, ou que a presença de amido que está levando mais ressecamento ou a propriedade hidrofílica das fibras? Teria que haver uma pesquisa mais profunda sobre esse dado levantado.

Após a exposição às temperaturas estudadas, os tratamentos voltaram ao seu estado inicial, permanecendo apenas as deformações nas amostras dos tratamentos 1 e 2, mas estas não apresentaram ressecamento após a finalização do teste. Esses resultados sugerem que a adição da fibra de bananeira a partir de 25 gramas proporcionou maior resistência à deformação do fragmento de bioplástico.

Balzer *et al.* (2007), constataram que a deformação na ruptura é reduzida discretamente com a crescente adição de fibra de bananeira, o que também foi observado no presente estudo, que apresentou a maior resistência na amostra 4, a qual foi adicionada a maior quantidade de fibra de bananeira. Durante o teste de resistência, a amostras do tratamento 4, apresentou leve enrijecimento, porém muito menor que as outras amostras.

5.3 Teste de Biodegradação

Na figura 4 estão apresentados os resultados da biodegradação dos fragmentos de bioplástico com diferentes quantidades de amido de milho e polpa de fibra de bananeira, incubados no solo por 18 dias. Os valores variaram entre 34,7% a 82,56% para as amostras dos tratamentos 4 e 2, respectivamente, sendo a média de degradação de 61% entre os quatro tratamentos.

Casarin *et al.* (2012) constataram que, com o aumento do tempo de contato com o solo maior foi a perda de massa e que as blendas, adicionadas de pó de serra, apresentaram uma maior facilidade em perder massa. O pó de serra utilizado tem as mesmas propriedades que a fibra de bananeira, pois são fontes lignocelulósicas, ou seja, possuem celulose em sua composição.

Os fragmentos de bioplástico contendo fibra de bananeira se comportaram diferentemente em relação à biodegradação, apesar de estarem na mesma situação de solo, tempo e temperatura (figura 3), a média de biodegradação foi de 61%.

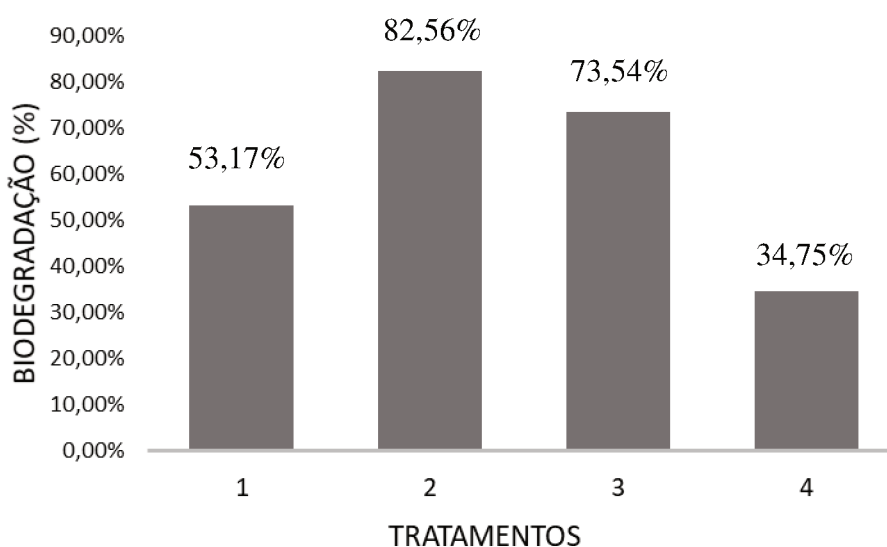


Figura 4 - Percentual de biodegradação das amostras de bioplástico incubadas por 18 dias no solo.

FONTE: A autora.

Cada tratamento recebeu diferentes quantidades de amido e polpa de fibra de bananeira, de maneira que ao aumentar as quantidades de fibra, a quantidade de amido de milho diminuiu.

A amostra do tratamento 1 foi a única a receber a maior proporção de amido de milho do que fibra de bananeira e teve 53,17% de degradação, sendo o terceiro fragmento que mais apresentou degradação, o que indica que o amido pode acelerar o processo de degradação.

Quando avaliamos a amostra do tratamento 2, contendo 10 gramas a mais de fibra de bananeira que a amostra 1, observamos que houve maior degradação, que atingiu 82,5%, superior à obtida nos demais tratamentos.

Na amostra do tratamento 3, verificou-se que as quantidades de fibra e de amido elevadas na mistura ainda mantiveram a degradação alta, 73,5%, enquanto na amostra do tratamento 4, observou-se que, com o aumento somente da quantidade de fibra de bananeira, houve uma diminuição na degradação, 34,7%, o que sugere que quanto maior a quantidade de fibra e menor a quantidade de amido de milho, menor poderá ser a degradação em um curto espaço de tempo, levando em consideração que os fragmentos de bioplásticos foram mantidos em processo de degradação por dezoito dias. Esse comportamento indica que esse composto pode ser usado em produtos que exigem maior tempo de exposição ao solo ou outro

ambiente que poderia causar sua biodegradação. A figura 5 demonstra os filmes após o teste de biodegradação.

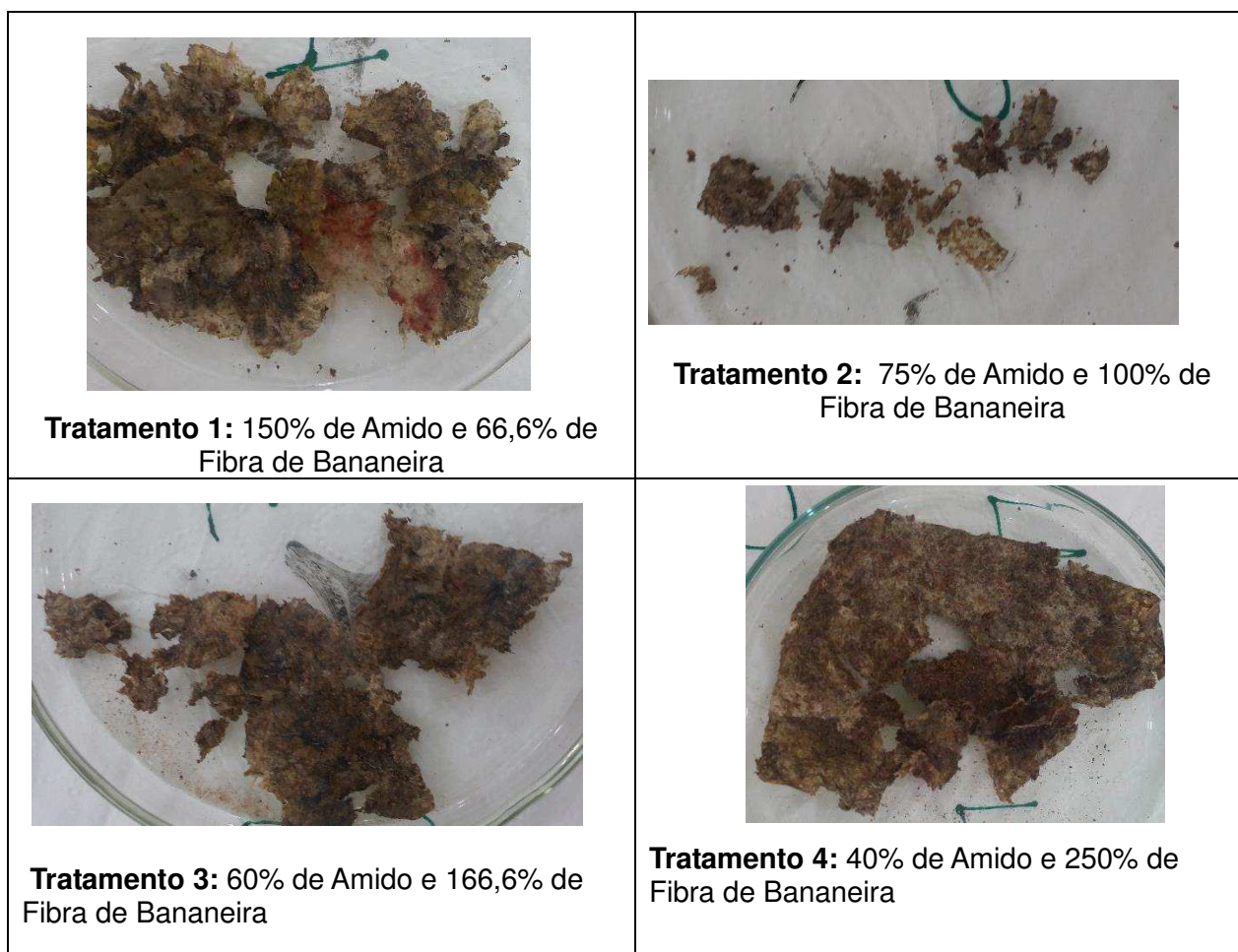


Figura 5 - Filmes de bioplástico dos diferentes tratamentos, após 18 dias de incubação em solo.
 FONTE: A autora.

A biodegradação do bioplástico é influenciada pela variação da temperatura, umidade, fertilidade, matéria orgânica do solo e as condições climáticas da região. Os compósitos de polpa de bananeira foram submetidos à temperatura controlada de 25°C, e o solo foi mantido com alta umidade nos recipientes, o que nos indica que se submetidos a temperaturas mais elevadas e a solos onde a carga de decompositores é maior, como por exemplo, de um aterro sanitário, sua decomposição poderia ser mais rápida.

Em relação à umidade e degradação podemos observar na pesquisa de Caraschi *et al.* (2002) que,

quanto à imersão até a saturação, observou-se que o PHB praticamente não absorve água (< 0,8%), enquanto os compósitos absorvem umidade em torno de 1,7 a 14% após 10 semanas, resultado esse que indica, como esperado, que os materiais lignocelulósicos contribuem de modo significativo no processo de absorção de água; isto é devido à madeira ser um material lignocelulósico com propriedade hidrofílica, constituído principalmente por polissacarídeos (celulose e hemicelulose) e lignina, que tendem a absorver umidade em torno de 6 a 14%. Além do mais, os materiais lignocelulósicos mudam as suas dimensões com o conteúdo de umidade porque a parede celular desses materiais contém grupos hidroxila e outros grupos que contém oxigênio, grupos esses que interagem com a água por meio de ligações de hidrogênio. As hemiceluloses são os principais responsáveis pela absorção da umidade, além da fração de celulose amorfa, lignina e da superfície da celulose cristalina que também contribuem para a absorção de umidade. Desse modo, pode-se esperar que as propriedades mecânicas dos compósitos reforçados com madeira sejam afetadas quando o compósito for exposto a um ambiente com alta umidade.

Como a fibra de bananeira é um material lignocelulósico, podemos sugerir que o filme produzido a partir da mistura contendo da polpa fibra de bananeira poderá absorver mais água do que outros filmes, o que poderá resultar em maior degradação. Neste estudo todas as amostras dos diferentes tratamentos foram submetidas ao solo com grande umidade, a qual não foi medida, porém pode-se observar que quanto maior a umidade do ambiente, maior a taxa de degradação.

Este filme biodegradável pode apresentar custos menores de produção, pois utilizou-se como matéria prima resíduos que muitos agricultores não utilizariam mais. Há a possibilidade de novos estudos para verificação da ação dos micro-organismos, custos de produção, possibilidade de produção em escala industrial, e vários outros estudos.

6 CONCLUSÕES

Esta pesquisa trouxe as seguintes conclusões:

- O bioplástico contendo 250% de fibra de bananeira e 40% de amido resultou na maior resistência à temperatura, porém menor índice de biodegradação, 34,75%.
- A fibra de bananeira agrega resistência ao bioplástico.
- Quanto maior a quantidade de fibra de bananeira maior será a resistência e menor degradação.
- Na composição do bioplástico, a maior proporção de amido contribuiu para acelerar o processo de biodegradação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALZER, P. S. *et al.* **Estudo das propriedades mecânicas de um composto de PVC modificado com fibras de bananeira.** Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 17, nº 1, p. 1-4, 2007.
- BASTOS, D. C.; SIMÃO, R. A. **Compósitos de amido termoplástico reforçados com fibra de bananeira.** Anais do 9º Congresso Brasileiro de Polímeros. 2007. Disponível em: <<https://www.ipen.br/biblioteca/cd/cbpol/2007/PDF/488.pdf>>. Acesso em: 09/08/2017.
- BRITO, G. F., P. Agrawal, E. M. Araújo, T. J. A. Mélo. **Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes.** Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v.6.2 127-139, 2011.
- CARASCHI, J. C. **Compósitos biodegradáveis de polihidroxibutirato (PHB) reforçado com farinha de madeira: propriedades e degradação.** Acta Scientiarum. v. 24, n.6, p. 1609-1614. 2002.
- CASARIN, S. A. *et al.* **Blendas PHB/copoliésteres biodegradáveis – biodegradação em solo.** Polímeros. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/po/2013nahead/aop_0885.pdf>. Acesso em: 8 out. 2017.
- FABRO, A. T.; LINDEMANN, C.; VIEIRA, S. C. **Utilização de sacolas plásticas em supermercados.** Ciências do Ambiente On-Line, Fevereiro, 2007 Volume 3, Número 1.
- FRANCHETTI, S. M. M.; MARCONATO, J. C. **Polímeros biodegradáveis – uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos.** Química Nova. v. 29, n. 4, p. 811-816. 2006.
- LEMONS, P. C. **Polihidroxicanoatos: culturas mistas e fontes de substrato renovável como estratégias de sustentabilidade para a produção de bioplásticos.** Sociedade Portuguesa de Biotecnologia. Serie 2, n. 3, abril 2013. 51 p. Disponível em: <<http://www.cienciaviva.pt/img/upload/Boletim3.pdf>>. Acesso em: 29 nov. 2015.
- MACHADO, M. L. C. *et al.* **Estudo das propriedades mecânicas e térmicas do polímero poli-3-hidroxibutirato (PHB) e de compósitos PHB/pó de madeira.** Polímeros: Ciência e Tecnologia. v.20, n.01, p. 65-71. 2010.
- MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E.; YAMASHITA, F. **Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização.** Ciências Agrárias, Londrina, v. 31, n. 1, p. 137-156, jan./mar. 2010.
- MENDES, F. M.; CURVELO, A. A. S. **Produção e caracterização de bioplásticos a partir de amido de batata, poli-hidroxibutirato e poli-hidroxibutirato-co-valerato.** Congresso brasileiro de polímeros. 2009, Paraná. Anais eletrônicos. Paraná: 2009. Disponível em: <<https://www.ipen.br/biblioteca/cd/cbpol/2009/PDF/926.pdf>>. Acesso em: 25 nov. /2015.

NEVES, J. M. *et al.* **Produção de bioplásticos a partir da casca da batata (*Solanum tuberosum*): o desenvolvimento de um protótipo interdisciplinar.** Congresso brasileiro de educação em engenharia, 2013, Rio Grande do Sul. Anais eletrônicos... Rio Grande do Sul: 2013. Disponível em: <http://www.fadep.br/engenharia-eletrica/congresso/pdf/116912_1.pdf>. Acesso em 28 nov. 2015.

OLIVEIRA, L. L. *et al.* **Impactos ambientais causados pelas sacolas plásticas: o caso Campina Grande – PB.** Revista de biologia e farmácia. v.7, n.1, p. 88-102. 2012.

PIATTI, T. M.; RODRIGUES, R. A. F. **Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais.** EDUFAL. 51 p. 2005. Disponível em: <http://www.usinaciencia.ufal.br/multimidia/livros-digitais-cadernos-tematicos/Plasticos_caracteristicas_usos_producao_e_impactos_ambientais.pdf>. Acesso em: 11 out. 2015.

PIRES, Joyce Suellen Coelho. **Fibras naturais: características químicas e potenciais aplicações.** – Botucatu : [s.n.], 2009. Trabalho de conclusão (bacharelado – Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu, 2009 . Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/120614/pires_jsc_tcc_botib.pdf?sequence=1>. Acesso em: 14 jan. 2018.

ROSA, D. S. *et al.* **Biodegradabilidade e propriedades mecânicas de novas misturas poliméricas.** Polímeros: Ciência e Tecnologia. v.11, n.02, p. 82-88; 2001.

SABOYA, Diego. SEMANA DE POLÍMEROS, 2013, Rio de Janeiro. **Visão geral sobre polímeros biodegradáveis.** UFRJ, 31/10/2013. Disponível em: <<http://www.ima.ufrj.br/wp-content/uploads/2013/11/30-13.45-Pol%C3%ADmeros-biodegrad%C3%A1veis.pdf>>. Acesso em: 29 nov 2015.

SANTOS, A. P. **Extração e caracterização do amido do fruto-do-lobo (*Solanum lycocarpum* St. Hil.) e elaboração de filmes biodegradáveis.** Anápolis: Universidade Estadual de Goiás, Curso de Mestrado em Ciências moleculares, 2009.

SANTOS, Bruna. *et al.* **Produção de bioplásticos a partir do amido de mandioca.** Encontro internacional de produção científica, CESUMAR, 2013, Paraná. Anais eletrônicos... Paraná: CESUMAR, 2013. Disponível em: <http://www.fecilcam.br/nupem/anais_ix_epct/PDF/TRABALHOS-COMPLETO/Anais-ENG/05.pdf>. Acesso em: 10 out. 2105.

SANTOS, Y. D. R. *et al.* **Utilização do amido e da palha de milho na produção de bioplásticos biodegradáveis.** Congresso brasileiro de química. Rio Grande do Norte. 2014. Disponível em:< <http://www.abq.org.br/cbq/2014/trabalhos/14/5668-18422.html>>. Acesso em: 15 out. 2015.

SILVA, R. *et al.* **Aplicações de fibras lignocelulósicas na química de polímeros e em compósitos.** Química Nova, Vol. 32, Nº. 3, p. 661-671, 2009.

SILVA, Rafael Shirani K. Haraguchi, Edvani C. Muniz e Adley F. Rubira. **Aplicações de fibras lignocelulósicas na química de polímeros e em compósitos**. Química Nova, Vol. 32, No. 3, 661-671, 2009

SIMÃO, R. S. *et al.* **Produção e avaliação de microfibras de celulose para aplicação em filmes de amido de mandioca produzidos por *tape-casting***. Congresso brasileiro de engenharia química em iniciação científica. 2015, UNICAMP- São Paulo. Anais eletrônicos... São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://pdf.blucher.com.br/chemicalengineeringproceedings/cobeqic2015/451-34073-261863.pdf>>. Acesso em: 28 nov 2015.

TELLES, M.R.; SARAN, L.M.; UNÊDA-TREVISOLLI, S.H. **Produção, propriedades e aplicações de bioplástico obtido a partir da cana-de-açúcar**. Ciência & Tecnologia: FATEC-JB, Jaboticabal, v. 2, n. 1, p. 52-63, 2011. ISSN 2178-9436.