



**INSTITUTO FEDERAL**  
Mato Grosso

Campus Cuiabá  
Bela Vista

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO  
GROSSO**

**CAMPUS CUIABÁ - BELA VISTA**

**DEPARTAMENTO DE ENSINO**

**PATRICIA DANIELA PINTO PIERETI**

**DESENVOLVIMENTO DE BIOCMPÓSITO A PARTIR DE RESÍDUOS DO  
PROCESSAMENTO DOS FRUTOS MANGA (*Mangifera indica* L.) E DE COCO  
VERDE (*Cocos nucifera* L.)**

**Cuiabá**

**2018**

# **ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**PATRICIA DANIELA PINTO PIERETI**

## **DESENVOLVIMENTO DE BIOCAMPÓSITO A PARTIR DE RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO DOS FRUTOS MANGA (*Mangifera indica* L.) E DE COCO VERDE (*Cocos nucifera* L.)**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao curso de Engenharia de  
Alimentos do Instituto Federal de Educação,  
Ciência e Tecnologia do Estado de Mato  
Grosso Campus Cuiabá - Bela Vista para  
obtenção de título de graduado

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Adriana Paiva de  
Oliveira

**Cuiabá**

**2018**

## FICHA CATALOGRÁFICA

P615d

Piereti, Patrícia Daniela Pinto

Desenvolvimento de biocompósito a partir de resíduos do processamento dos frutos de manga (*Mangifera indica L.*) e de coco verde (*Cocos nucífera L.*). / Patrícia Daniela Pinto Piereti. \_ Cuiabá, 2018.

23 f.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Adriana Paiva de Oliveira

TCC (Graduação em Engenharia de Alimentos)\_ Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso.

1. Agroindústria – TCC. 2. Resíduos – TCC. 3. Frutas – TCC. I. Oliveira, Adriana Paiva de. II. Título.


IFMT CAMPUS CUIABÁ BELA VISTA CDU 664.651  
CDD 664

PATRICIA DANIELA PINTO PIERETI

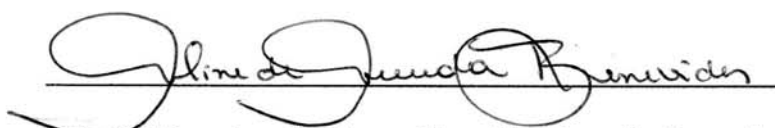
**DESENVOLVIMENTO DE BIOCAMPÓSITO A PARTIR DE RESÍDUOS DO  
PROCESSAMENTO DOS FRUTOS MANGA (*Mangifera indica* L.) E DE COCO  
VERDE (*Cocos nucifera* L.)**

Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Alimentos, submetido à Banca Examinadora composta pelos Professores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso Campus Cuiabá Bela Vista como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Graduado.

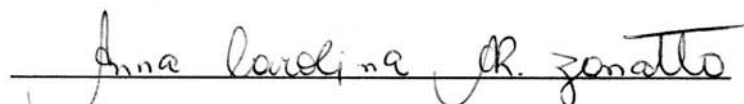
Aprovado em: 22/11/2018



Profª Drª Adriana Paiva de Oliveira (Orientadora)



Profª Aline Arruda Benevides (Membro da Banca)



Profª Msc Ana Carolina Araújo Ribeiro Zanatta (Membro da Banca)

**Cuiabá  
2018**

## **DEDICATÓRIA**

*Dedico este trabalho ao meu esposo Saulo Augusto Ribeiro Piereti, a minha mãe Maria de Lurdes Pinto e ao meu pai José Carlos Pinto.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por ter me sustentado a chegar até aqui.

Transmito também meus mais sinceros agradecimentos:

À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Adriana Paiva de Oliveira pela confiança, paciência e pelos ensinamentos que venho recebendo desde do início dos meus trabalhos no IFMT – Bela Vista.

À minha família, pelo carinho e compreensão durante a minha caminhada.

À todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, a minha gratidão; as minhas amigas que sempre estiveram ao meu lado durante toda a minha trajetória, à Aurélia Araújo, Jéssica Carvalho, Isaely Rodrigues, Jaqueline Gomes e especialmente, à Wisliane do Nascimento, pela amizade que demonstrou, o meu reconhecimento pela lealdade, movida pelo sentimento de colaboração prestada a mim, enaltecendo os verdadeiros laços de amizade entre duas pessoas. E a Talissa Gonçalves, pela imensa ajuda para o desenvolvimento do trabalho realizado, o meu eterno carinho e amizade.

## RESUMO

Este trabalho objetivou desenvolver um biocompósito a partir do amido termoplástico obtido do mesocarpo da manga (*Mangifera indica* L.) e da fibra do coco verde (*Cocos nucifera* L.). Inicialmente, frutos de manga tipo Espada e cocos verdes foram adquiridos na cidade Cuiabá-MT. Em seguida, foi feita a extração do amido termoplástico do mesocarpo da manga por meio da retirada do mesocarpo, inativação enzimática, separação e clareamento do amido. As fibras do coco verde foram obtidas através da retirada casca, com posterior secagem e trituração. Duas formulações de biocompósitos foram escolhidas: amido extraído do mesocarpo da manga (7,0 e 8,0%, g/100 g), glicerol (3,0 e 3,0%, g/100 g), a fibra de coco (1,5 e 1,5%, g/100 g), que foram dissolvidos em água destilada e aquecidos até a temperatura de gelatinização do amido (70°C) e comparados com o controle (4,5% de amido, 1% de glicerol g/100g). As soluções filmogênicas obtidas foram colocadas em placa de Petri e secas em estufa. Os parâmetros avaliados foram: umidade, cinzas, proteínas, lipídeos, carboidratos totais, carotenoides, atividade de água, cor, fibra bruta, amido, solubilidade, degradação, opacidade e intumescimento. Foram observadas diferenças significativas para os teores de cinzas e lipídeos devido a adição do amido do mesocarpo da manga e fibra de coco. A baixa solubilidade e elevada opacidade dos biocompósitos avaliados indicam o possível uso dos mesmos como embalagens comestíveis para alimentos. A porcentagem de degradação dos biocompósitos variou de 35 a 50% (m:m) no período de 90 dias. Sendo assim, os resultados obtidos indicam que o amido do mesocarpo da manga, fibra do coco e o glicerol podem ser utilizados como materiais promissores para o desenvolvimento de biocompósitos degradáveis de baixo custo.

**Palavras-chave:** agroindústria, resíduos, frutas, biofilme, sustentabilidade.

## ABSTRACT

This work aimed to develop a biocomposite from the thermoplastic starch obtained from mango mesocarp (*Mangifera indica* L.) and green coconut fiber (*Cocos nucifera* L.). Initially, fruits of mango type Espada (in Brazil) and green coconuts were acquired in the city Cuiabá-MT. Then, the thermoplastic starch was extracted from the mesocarp of the mango through the removal of the mesocarp, enzymatic inactivation, separation and decolorizing of the starch. The green coconut fibers were obtained by taking the rind off, with subsequent drying and granulating. Two formulations of biocomposites were selected: starch extracted from the mesocarp of mango (7.0 and 8.0%, g/100 g), glycerol (3.0 and 3.0%, g/ 100 g), coconut fiber (1.5 and 1.5%, g/ 100 g), which were dissolved in distilled water and heated until the gelatinization temperature of the starch (70°C), and compared to the control (4.5% starch, 1 % glycerol g/ 100g). The obtained filmogenic solutions were placed in Petri plate and dried in a heater. The following parameters were evaluated: moisture, ash, proteins, lipids, total carbohydrates, carotenoids, water activity, color, rough fiber, starch content, solubility, degradation, opacity and swelling. Significant differences were observed for ash and lipid contents due to the addition of mango mesocarp starch and coconut fiber. The low solubility and high opacity of the evaluated biocomposites indicate the possible use of these as edible food packaging. The percentage of degradation of the biocomposites ranged from 35 to 50% (m: m) in the 90-day period. Therefore, the results indicate that the mango mesocarp starch, coconut fiber and glycerol can be used as promising materials for the development of low cost biodegradable biocomposites.

**Keywords:** agroindustry, waste, fruits, biofilm, sustainability.



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados obtidos (valor médio $\pm$ desvio padrão) das análises físicas e químicas para o desenvolvimento do biocompósito .....	17
---	----

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Resultados obtidos nos ensaios de Biodegradabilidade dos biocompósitos (*B2* e *B3*) e controle de tamanho menor num período de tempo de 90 dias ..... 19

Figura 2. Resultados obtidos nos ensaios de Biodegradabilidade dos biocompósitos (*B2* e *B3*) e controle de tamanho maior num período de tempo de 90 dias .....20

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	12
2.	MATERIAIS E MÉTODOS .....	13
2.1.	Matéria-prima.....	13
2.2.	Extração e preparo do amido do mesocarpo da manga .....	14
2.3.	Preparo das fibras de coco .....	14
2.4.	Preparo do biocompósito .....	15
2.5.	Caracterização física e química dos biocompósitos e do controle.....	15
2.6.	Tratamento estatístico dos dados.....	16
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	16
4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	21
5.	AGRADECIMENTOS.....	21
6.	REFERÊNCIAS .....	22

## 1. INTRODUÇÃO

A busca por materiais biodegradáveis, de baixo custo e que oferecem vantagens ao meio ambiente, são crescente no mundo, principalmente os provenientes de recursos renováveis, que são de fácil processamento e recicláveis (FECHINNI et al., 2011).

Diversos países vêm tentando minimizar a quantidade de materiais plásticos desperdiçados e descartados, além de incentivarem a reciclagem desses materiais. Porém, essas medidas, não contemplam a totalidade dos plásticos utilizados. Neste cenário, uma das alternativas é a utilização de polímeros biodegradáveis. De acordo com a literatura, um dos constituintes de um polímero biodegradável deve ser uma macromolécula com capacidade de formar uma matriz contínua e de alta coesão, sendo as mais utilizadas as proteínas e os polissacarídeos (FRANCHETTI et al., 2006).

Dentre os polissacarídeos, o amido apresenta como vantagem ser um recurso natural presente em grande quantidade em matérias-primas de origem vegetal (VILPOULOX & AVEROUS, 2003). Também possui a propriedade de ser processado termicamente por extrusão, injeção ou compressão gerando o amido denominado como termoplástico (JIMENEZ, 2012).

Independentemente de o amido termoplástico apresentar baixas propriedades mecânicas, trabalhos descritos na literatura indicam que filmes plásticos de amido reforçados com fibras vegetais apresentam maior resistência e estabilidade a permeabilidade em água (GALICIA-GARCIA et al., 2012).

Sendo assim, os biocompósitos biodegradáveis oriundos de produtos e subprodutos agropecuários tem despertado o interesse de muitos pesquisadores brasileiros, devido ao Brasil ter uma posição privilegiada devido grande quantidade de matérias-primas renováveis e de baixo custo produzidas no país.

Biocompósitos são materiais obtidos pela combinação de dois materiais biodegradáveis que resultem em melhores propriedades do que aquelas obtidas individualmente, sendo um descontínuo que dá resistência e o outro contínuo que representa o meio de transferência de esforço (CAMPBELL, 2010).

O uso de fibras vegetais como reforço para amido termoplástico (TPS) descritos na literatura indicam que estas podem melhorar as propriedades

mecânicas e resistência a absorção de água do TPS na produção de materiais biodegradáveis (PRACHAYAWARAKORN et al., 2011; FARIAS, 2012; CORDEIRO, 2013; SANTANA, 2014). Desta forma, o uso de fibras naturais e de amido termopástico provenientes de resíduos do processamento de frutas e vegetais pode ser uma alternativa sustentável e de valor econômico para resíduos agroindustriais que seriam descartados.

A agroindústria de processamento de frutas tropicais caracteriza uma importante atividade para o desenvolvimento social e econômico no Brasil (CORDEIRO, 2013). As indústrias de polpas, sucos, entre outros produtos derivados de frutas, como por exemplo, a manga (*Mangifera indica L.*) e coco verde (*Coco Nucifera L.*), cultivado em grande escala no Brasil geram grandes quantidades de resíduos como cascas, caroços e endocarpo, que são descartados de forma inadequada e que podem ter um valor econômico muito grande.

A manga (*Mangifera indica L.*) é uma fruta com potencial econômico elevado e, hoje é considerada uma das mais importantes frutas tropicais que compõem a dieta alimentar dos brasileiros, onde o Brasil está entre os nove principais países produtores de manga do mundo (PINTO, 2002). O coco verde (*Cocos nucifera L.*) é um fruto mundialmente conhecido, devido a sua grande importância, seu consumo ocorre de forma *in natura* bem como na forma industrializada com vários produtos e subprodutos (AGEITEC, 2012). O Brasil é o quarto maior produtor mundial de coco, com uma produção de 2,8 milhões de toneladas, contabilizando com 80% da produção da América do Sul (MARTINS & JESUS JR, 2011).

Ante ao exposto, o objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de um biocompósito a partir de resíduos oriundos do processamento dos frutos manga (amido do mesocarpo) e coco verde (fibra da casca) e caracterizá-lo físico-quimicamente o biocompósito, usado como material reciclável, natural e biodegradável.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. Matéria-prima**

Os frutos da manga da variedade Espada e coco verde foram obtidos em feiras livres da cidade de Cuiabá – MT.

Inicialmente, as mesmas foram sanitizadas com solução de hipoclorito de sódio 5% (v:v) para posterior retirada do mesocarpo da manga e das fibras de coco.

## **2.2. Extração e preparo do amido do mesocarpo da manga**

Inicialmente, as amêndoas foram removidas dos caroços com auxílio de um alicate de corte, cortadas em pedaços e, em seguida acondicionadas em recipientes plásticos contendo metassulfito de sódio 0,5% (m:v) na proporção 1:2 amêndoa:solução (m:v) por 16 horas para inibição enzimática. Posteriormente, a solução de metassulfito de sódio foi drenada e as amêndoas trituradas em liquidificador com água destilada na proporção 1:1 amêndoa:água destilada (m:v) durante 5 minutos para desintegrar as células e permitir a liberação do amido. O material obtido foi peneirado em peneira de 60 e 100 mesh para retirada do bagaço. O líquido foi deixado em repouso para decantar por 4 horas e, em seguida o sobrenadante foi retirado.

Ao precipitado foi adicionado solução de NaOH 0,2% (m:v) na proporção 1:2 sob agitação magnética por 2 horas. Em seguida, o pH da mistura foi ajustado para 6,0 com auxílio de pHmetro (marca Hanna®, modelo HI 2222 por meio da adição de solução de HCl 0,5%(v:v) sob agitação. A mistura foi centrifugada, o precipitado foi recolhido separando-se a fase escura da clara que contém o amido. Para limpeza, o amido foi lavado sucessiva vezes com água destilada até pH igual a 7. Após esta etapa, foi adicionado álcool etílico ao amido na proporção 1:2 (m:v; amido: álcool) sob agitação e, depois a mistura foi novamente decantada. Então, o amido decantado foi lavado mais uma vez com água destilada em sistema de filtração a vácuo e, em seguida seco em estufa de secagem (Marca Nova Ética Modelo 400/ND) a 40°C por 24 horas e depois moído com auxílio de almofariz e pistilo e armazenado em frasco de vidro, identificado e guardado sob refrigeração.

## **2.3. Preparo das fibras de coco**

As fibras retiradas da casca do coco foram levadas à estufa de secagem a 50°C por 12 horas para remoção de umidade e em seguida foram moídas em liquidificador industrial. Após a etapa de moagem, as fibras foram peneiradas em peneira de 125 µm e armazenadas em frasco plástico, identificadas e guardadas em refrigeração.

## 2.4. Preparo do biocompósito

Os biocompósitos foram preparados pela técnica de *casting* de acordo com o descrito por Machado et al. (2014) com adaptações, no qual, foram dissolvidos o amido extraído do mesocarpo da manga em água destilada (7,0 e 8,0 g/100 g), utilizado glicerol como agente plastificante (3,0 e 3,0 g/100 g) e a fibra de coco (1,5 e 1,5 g/100 g), que foram aquecidos até a temperatura de gelatinização do amido (70°C), sob constante agitação. A solução filmogênica foi pesada em Placas de Petri e desidratadas em estufa de secagem (Marca Nova Ética Modelo 400/ND) numa temperatura de 35°C por 24 horas. Os biocompósitos obtidos foram acondicionados em dessecadores contendo agente dessecante, por 10 dias, antes de serem caracterizados físico-quimicamente. Os biocompósitos foram codificados como: B2 (7,0 % de amido, 3,0 % de glicerol e 1,5 % de fibra) e B3 (8,0 % de amido, 3,0 % de glicerol e 1,5 % de fibra).

Para cada formulação estudada, os resultados identificados foram comparados com um controle (4,5% de amido de milho e 1,0% de glicerol, g/100 g).

## 2.5. Caracterização física e química dos biocompósitos e do controle

O teor de umidade foi quantificado por secagem em estufa a 105°C e o teor de cinzas foi determinado por meio de resíduo de incineração obtido por aquecimento em forno mufla (Marca Quimis® Modelo Q.318.D21) em temperatura de 550°C. Para quantificação de proteínas foi utilizado o método de Kjeldahl modificado e, o teor de lipídeos foi determinado pelo método gravimétrico com extração por Goldfish em um extrator de óleos e graxas marca MARCONI® Modelo MA044/8/50. O teor de carboidratos totais em percentual foi obtido pela diferença entre 100 e a soma do conteúdo de proteínas, lipídeos, umidade e cinzas. A determinação de fibra bruta foi determinada segundo o método Ba 6<sup>a</sup> - 05 da AOAC (2009).

A determinação da concentração de carotenoides ( $\alpha$  e  $\beta$  carotenos) foi realizada segundo IAL (2008) e o amido pela metodologia descrita por (LEONEL et. al, 2004).

A determinação de atividade de água ( $A_w$ ) foi feita em um analisador Aqualab modelo 4TE pelo ponto de orvalho. A determinação da cor foi realizada na superfície dos biocompósitos, utilizando o sistema CIE  $L^*a^*b^*$ , iluminante D65, 10° graus para

observador padrão, usando um colorímetro marca Minolta modelo CM-700D calibrado para um padrão branco, sendo três leituras de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  feitas por fatia de biocompósito. A opacidade dos biocompósitos foi determinada também utilizando o colorímetro marca Minolta modelo CM-700D empregando-se o iluminante D65 por meio relação da leitura entre a luminosidade ( $L^*$ ) do material sobreposto sobre um padrão preto e a luminosidade ( $L^*$ ) do material sobreposto a um padrão branco.

O índice de intumescimento foi feito em pH ácido e alcalino, segundo (ALMEIDA et. al, 2013). A análise de solubilidade foi feito segundo metodologia proposta por (GONTARD et.al, 1992), com modificações.

O estudo da biodegradabilidade foi feito por meio da perda de massa ao longo do tempo de mistura em um ambiente do solo com umidade relativa de 1,8% por um período de 90 dias. Amostras de aproximadamente 4 cm<sup>2</sup> foram pesadas e enterradas em recipientes plásticos com 15 cm de profundidade. A cada 30 dias os filmes foram retirados e lavados com água destilada e secos em estufa de secagem (Marca Nova Ética Modelo 400/ND) a 50°C por 24 h e deixados em dessecador por 24 h. As amostras foram pesadas antes de serem novamente enterradas, conforme (SANTANA, 2014).

Todas as determinações foram feitas em triplicata e acompanhadas do controle (branco).

## **2.6. Tratamento estatístico dos dados**

A fim de verificar a existência de diferenças significativas entre os resultados médios, aplicou-se o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), utilizando o programa ASSISTAT® versão beta 7.7.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As determinações físicas e químicas dos biocompósitos, a partir do amido termoplástico obtido do mesocarpo da manga e da fibra do coco verde, bem como, da formulação controle, são apresentadas na tabela 1.

Foram observadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) para o teor de cinzas, lipídeos e parâmetros de cor entre os tratamentos.



Tabela 1: Resultados obtidos (valor médio  $\pm$  desvio padrão) das análises físicas e químicas para o desenvolvimento do biocompósito

Parâmetros	B2	B3	CONTROLE
Umidade %	9,82 $\pm$ 0,20 a	10,86 $\pm$ 0,46 a	10,36 $\pm$ 0,60 a
Cinzas %	0,94 $\pm$ 0,09 a	0,98 $\pm$ 0,13 a	0,22 $\pm$ 0,29 b
Proteínas %	1,21 $\pm$ 2,97 a	5,29 $\pm$ 0,17 a	0,29 $\pm$ 22,82 a
Lipídeos (%)	0,44 $\pm$ 0,35 a	0,38 $\pm$ 0,11 a	0,10 $\pm$ 0,01 b
Carboidratos (%)	87,59 $\pm$ 0,05 a	82,48 $\pm$ 0,01 a	89,04 $\pm$ 0,07 a
$\alpha$ -caroteno ( $\mu$ g/g)	10,18 $\pm$ 0,13 a	8,86 $\pm$ 0,17 a	9,89 $\pm$ 0,05 a
$\beta$ -caroteno ( $\mu$ g/g)	10,10 $\pm$ 0,04 a	9,57 $\pm$ 0,13 a	10,56 $\pm$ 0,05 a
Atividade de água (Aw)	0,50 $\pm$ 0,08 a	0,48 $\pm$ 0,01 a	0,48 $\pm$ 0,01 a
Cor	L*	53,26 $\pm$ 0,02 b	50,73 $\pm$ 0,03 b
	a*	19,80 $\pm$ 0,03 a	17,61 $\pm$ 0,03 b
	b*	36,18 $\pm$ 0,02 a	27,16 $\pm$ 0,04 b
	c*	41,24 $\pm$ 0,04 a	32,37 $\pm$ 0,05 b
	h*	1,07 $\pm$ 0,63 a	1,00 $\pm$ 0,91 b
Fibra Bruta %	5,54 $\pm$ 2,08 a	4,39 $\pm$ 0,04 a	---
Teor Amido %	129,64 $\pm$ 0,02 a	135,88 $\pm$ 0,04 a	---
Solubilidade %	1,35 $\pm$ 0,10 a	1,67 $\pm$ 0,36 a	---
Intumescimento %	base	1,69 $\pm$ 0,29 a	0,83 $\pm$ 0,23 a
	ácido	1,53 $\pm$ 0,29 a	1,07 $\pm$ 0,27 a
Opacidade %	L*	88,04 $\pm$ 7,59 a	92,89 $\pm$ 6,96 a

Letras diferentes em uma mesma linha indicam diferença significativa, comparação pelo teste de Tukey num intervalo de confiança de 5%.

Fonte própria

Os biocompósitos apresentaram maiores teores de cinza do que o controle, o que pode ser atribuído devido a presença do amido do mesocarpo da manga e a fibra do coco verde, que contém minerais em sua composição.

Em relação ao teor lipídico, o controle apresentou um menor teor comparado com os demais, uma vez que sua composição é rica principalmente em carboidratos e a adição dos resíduos de manga e coco contribuíram para o aumento da porcentagem de lipídeos.

Os teores de umidade, proteínas, carboidratos totais, carotenoides, fibra bruta e amido não apresentaram diferenças significativas entre o controle e os biocompósitos, mostrando que os biocompósitos podem ser aplicados como embalagens comestíveis, já que o controle é composto de amido de milho, e é considerado como embalagem comestível. Além disso, é importante enfatizar que a composição do biocompósito, não possui nenhum tipo de substância tóxica uma vez que tanto o amido do mesocarpo da manga e a fibra de coco são utilizadas para fins alimentícios.

Os parâmetros de cor indicaram que a adição do amido do mesocarpo da manga e a fibra de coco diminuíram a luminosidade ( $L^*$ ) o que pode contribuir para o uso destes materiais como embalagem, uma vez que podem diminuir a passagem da luz no meio. Os valores positivos dos parâmetros  $a^*$  e  $b^*$  indicaram que a presença do amido do mesocarpo da manga e fibra de coco fez com que os biocompósitos tendessem a coloração vermelha e amarela.

Já o controle devido a possuir uma cor branca, apresentou valor de  $L^*$  próximo a 100 e  $a^*$  e  $b^*$  próximos a zero permitindo a passagem de toda a luz que incide sobre a mesma.

A avaliação da solubilidade em água de materiais que poderão ser utilizados como embalagens são de relevância para determinar a forma de aplicação em alimentos, pois o aumento da solubilidade favorece degradação da embalagem e restringe o uso. Além disso, pode inferir sobre a aplicação como proteção para alimentos em que a  $A_w$  é alta, quando o alimento tem contato com a água durante a cocção ou quando os filmes são ingeridos (comestíveis). Os biocompósitos elaborados apresentaram baixa solubilidade em água quando comparados aos estudos feitos por (MACHADO et. al, 2014) que avaliaram o uso da nanocelulose da fibra de coco verde e incorporação em filmes biodegradáveis de amido plastificados com glicerol que obtiveram solubilidade em água de 12 a 42%. A celulose presente na fibra de coco pode proporcionar uma barreira física por meio da interação com a matriz polimérica de amido termoplástico e com glicerol, dificultando, portanto, a permeação de água.

O comportamento óptico de um material sólido ocorre em função da interação com a radiação eletromagnética de comprimento de onda da região do visível. A translucidez e a opacidade ocorrem se o feixe de luz sofrer reflexão ou refração no interior do material, o que ocorre geralmente em materiais policristalinos, materiais que contém pequenos poros e em polímeros cristalinos. A opacidade de filmes poliméricos a base de amido está associada ao teor de amilose, pois estas moléculas tendem a se orientar paralelamente devido a linearidade, formando ligações de hidrogênio entre as hidroxilas adjacentes e com isso a afinidade por água do polímero é reduzida favorecendo a formação de filmes resistentes. Os biocompósito estudados apresentaram elevados valores de opacidade o que pode ser atribuído a amilose e também a reações paralelas como a reação de caramelização e de Mailard que resultam numa coloração mais escura,

consequentemente no aumento da opacidade e desta forma menor transparência (CORDEIRO, 2013).

Em relação ao intumescimento, a porcentagem foi maior no *B2* do que no *B3*, mostrando que em meios ácidos e meios básicos são mais significativos para o *B2*, isso pode ser justificado porque, o *B2* tem menos amido e juntamente com a fibra do coco, diminuem as suas propriedades mecânicas e resistência. A velocidade de difusão em polímeros depende do número de moléculas do permeante, tamanho dos espaços vazios e ao volume livre de espaço intersticial entre moléculas do polímero, à densidade e ao grau de compactação das cadeias. Amidos em geral apresentam maior densidade, grau de compactação e menores espaços vazios entre as cadeias conferindo resistência à penetração da água (ALMEIDA et. al, 2013), o que justifica o índice de intumescimento mais lento em *B3* que possui maior quantidade de amido o mesocarpo da manga.

O estudo da biodegradabilidade (Figura 1 e 2) para uma amostra pequena “P (*B2*:0,9109g; *B3*:0,5880g; Controle:0,3936g)” e grande “G (*B2*:0,9782g; *B3*:0,8393g; Controle:0,4615g)” respectivamente, mostram que os biocompósitos avaliados possuem uma boa biodegradabilidade, uma vez que, nos primeiros 30 dias, os tamanhos maiores de *B2* e *B3* apresentaram uma porcentagem de degradação em massa de 20,78 e 43,40%, respectivamente.

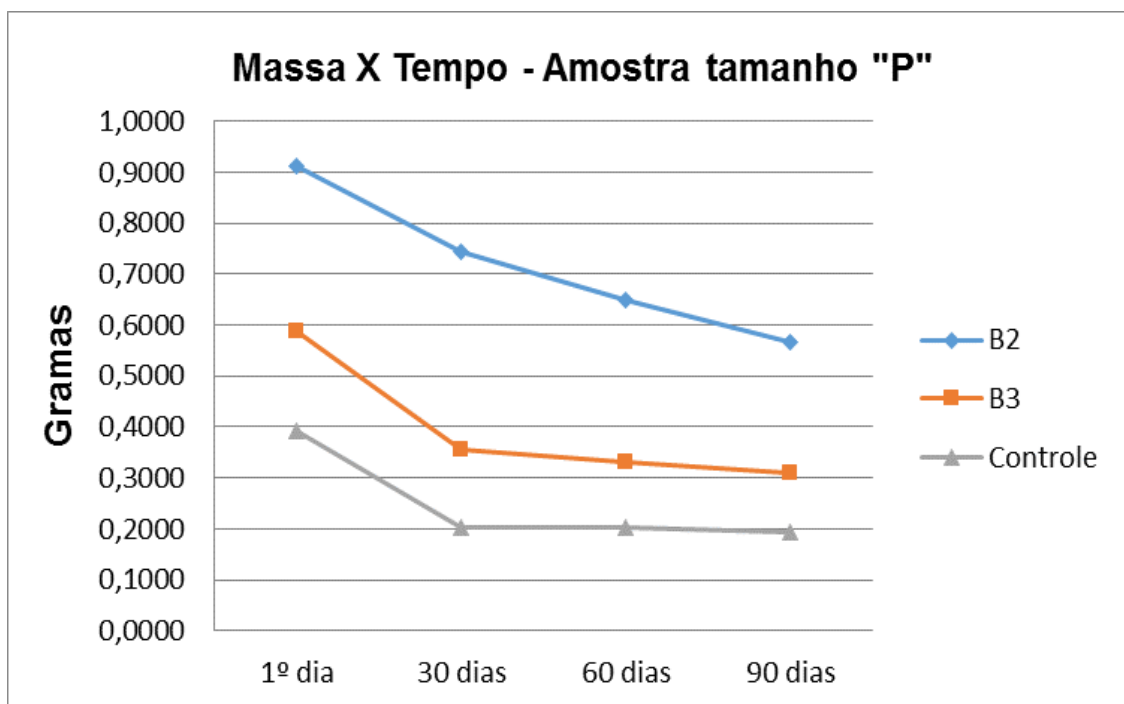


Figura 1: Resultados obtidos nos ensaios de Biodegradabilidade dos biocompósitos (*B2* e *B3*) e controle de tamanho menor num período de tempo de 90 dias.

Após os trinta primeiros dias, as amostras perdem sua massa mais lentamente, porém, continuaram a perder sua massa, como pode ser visto nos dados da amostra grande  $B_3$  que passa de 0,8393 gramas no início do estudo de biodegradabilidade para 0,4122 gramas após decorrer 90 dias, ou seja, reduziu sua massa total em 50,88% sendo também essa amostra a que mais se degradou nesse período estudado. É possível analisar também, que após decorridos os 90 dias, a amostra que menos se degradou foi a amostra grande  $B_2$ , diminuído 35,64% da sua massa total, passando de 0,9782 gramas para 0,6295 gramas.

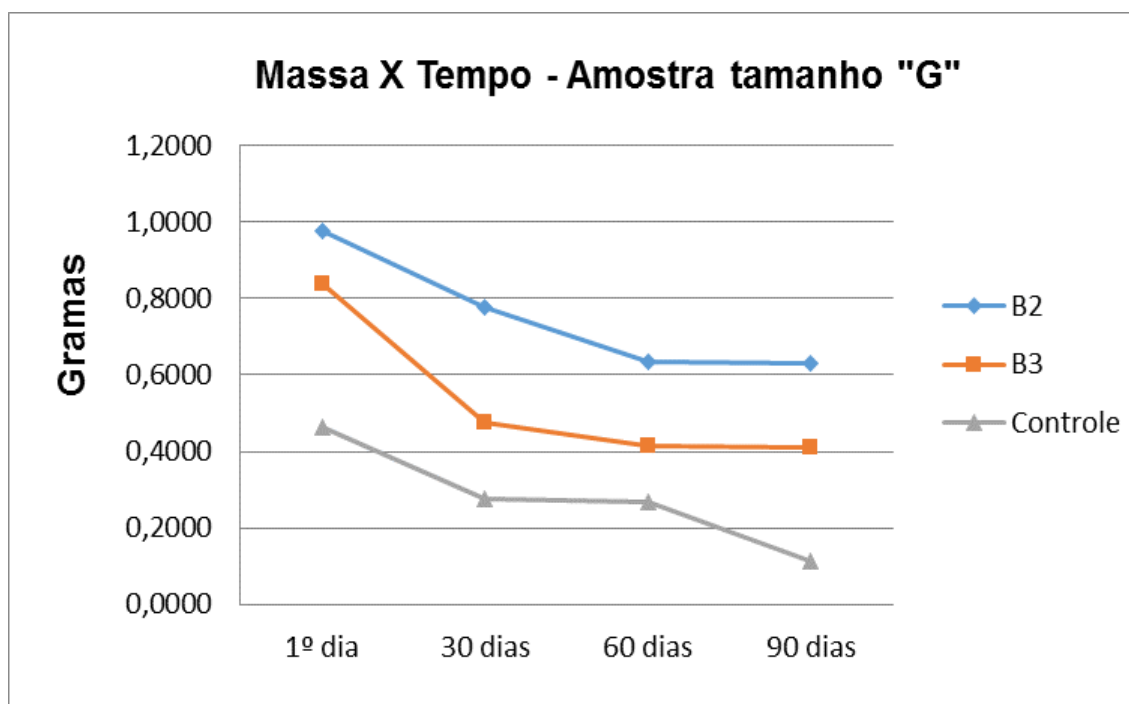


Figura 2: Resultados obtidos nos ensaios de Biodegradabilidade dos biocompósitos ( $B_2$  e  $B_3$ ) e controle de tamanho maior num período de tempo de 90 dias.

Franchetti & Marconato (2006) sugere que a principal mudança que um polímero degradável oriundo de matrizes vegetais sofre quando comparado com os polímeros derivados de petróleo é a diminuição no peso molecular à medida que produtos menores são formados. Desta forma, o amido pode ser degradado por fungos e/ou bactérias por ação de enzimas, resultando na formação de  $\text{CO}_2$ , água e açúcares. No caso, o amido termoplástico, o mesmo degrada mais rapidamente, favorecendo a degradação da matriz sintética por facilitar o acesso de microrganismos, ou aos outros componentes desta mistura, podendo ser totalmente ou parcialmente biodegradável.

Assim, verifica-se que o biocompósito desenvolvido pode degradar-se no meio ambiente com facilidade, em um período de menor tempo quando comparado com as embalagens sintéticas, que leva anos para se decompor gerando impactos irreversíveis a natureza.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A composição centesimal dos biocompósitos desenvolvidos não apresentou diferenças significativas em relação ao controle, exceto para os teores de cinzas e lipídeos, o que está relacionado à adição do amido do mesocarpo da manga e as fibras de coco.

Os parâmetros de cor e opacidade indicaram que o biocompósito pode ser utilizado como embalagem que permite baixa passagem de luz para o produto devido aos valores intermediários de luminosidade ( $L^*$ ) e elevada porcentagem de opacidade.

A baixa solubilidade em água das formulações indicou baixa permeação de água permitindo assim um uso mais amplo como embalagem de alimentos e embalagem comestível após testes de aplicabilidade. O índice de intumescimento foi menor na formulação que apresentou maior quantidade de amido e as porcentagens de degradação no período de 90 dias nas formulações avaliadas foram de 35,64% e 50,88%.

Neste contexto, este trabalho apresentou uma aplicabilidade sustentável e de baixo custo para resíduos oriundos do processamento dos frutos manga e coco verde que pode ser testada e aplicada na produção de embalagens. Além disso, as matérias-primas utilizadas na produção do biocompósito são de não tóxicas e já utilizadas na produção de alimentos, o que possibilita estudos futuros para uso como embalagem comestível.

#### **5. AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa de estudos PIBIT de P.D.P.P e ao IFMT pelo fomento financeiro para o desenvolvimento deste trabalho (Edital nº 36/2017 PROPES//IFMT).

## 6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. M.; WOICIECHEWSKI A. L.; WESIACKI G. Propriedades físicas, químicas e de barreira em filme formados por blenda de celulose bacteriana e fécula de batata. **Polímeros**, v.23, n.4, p.538-546, 2013.

AGEITEC, Agência Embrapa de Informação Tecnológica. **Árvore do conhecimento**. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/coco/Abertura.html>> Acesso em: 19 mai. 2017.

AOAC. **Crude Fiber Analysis in Feeds by Filter Bag Technique** Ba 6a-05. 2009.

CAMPBELL, F. C. **Structural Composites Materials**. Ohio: ASM Internancional, 2010.

CORDEIRO, E. M. S. **Biocompósitos a obtidos partir da fração lignocelulósica e amilácea do caroço da manga (Mangifera indica) Tommy Atkins**. 2013. 129 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

FARIAS, J. G. G. **Modificação superficial de fibras de coco por tratamento a plasma para utilização como fase de reforço em amido termoplástico**. 2012. 86 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de Materiais). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.

FECHINE, G. J. M. et.al. Estudo da biodegradabilidade de polímeros por meio do respirômetro de bartha. **Revista Mackenzie de Engenharia e Computação**, v. 11, n. 1 – Ed. Especial, p. 46-55, 2011.

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.

GALICIA-GARCIA, T.; MARTINEZ-BUSTOS, F.; JIMENEZ-AREVALO, O. A.; ARECON, D.; GAMEZ-PEREZ, J.; MARTINEZ, J. Films of native and modified starch reinforced with fiber: influence some extrusion variables using response surface methodology. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 126 (S1), p. 327-336, 2012.

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, n.1, p.190-199, 1992.

IAL.INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 2. ed. São Paulo: IAL, 2008.

JIMENEZ, A.; FABRA, M. J.; TALENS, P.; CHIRALT, A. Edilble and biodegradable starch films: a review. **Food Bioprocess Technology**, v. 5, p. 2058- 2076, 2012.

LEONEL, Magali; SARMENTO, Silene Bruder Silveira; LANDI, Célia Maria Franco; OLIVEIRA, Marcelo Alvares ; CEREDA, M. P. . Avaliação de cultivares de batata-doce como matéria-prima para extração de amido. **Brazilian Journal Of Food Technology**, Campinas, v. 7, n.1, p. 47-55, 2004.

MACHADO, B. A. S.; REIS, J. H. O.; SILVA, J. B.; CRUZ, L. S.; NUNES, I. L.; PEREIRA, F. V.; DRUZIAN, J. I. **Obtenção de Nanocelulose da Fibra de Coco Verde e Incorporação em Filmes Biodegradáveis de Amido Plastificado com Glicerol**. *Quim. Nova*, Vol.37, N°8, 1275-1282, 2014.

MARTINS, C.R.; JESUS Jr., L. A. **Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional: Panorama 2010**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2011. Disponível em:  
<[http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes\\_2011/doc\\_164.pdf](http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2011/doc_164.pdf)> Acesso em: 19 Mai. 2018.

PINTO, A.C.Q. A produção, o consumo e a qualidade da manga no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 597, 2002.

PRACHAYAWARAKORN, J.; RUTTANABUS, P.; BOONSOM, P. Effect of cotton fiber contents and lengths on properties of thermoplastic starch composites prepared from rice and waxy rice starches. **Journal Polymeric Environmental**, v.19, p. 274-282, 2011.

RAMIREZ, M. G. L. **Desenvolvimento de biocompósito de amido termoplástico reforçado com fibra de coco verde**. 2011. 168 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SANTANA, R. F. **Desenvolvimento e caracterização de biopolímeros a base de amido da semente de jaca plastificados com glicerol ou sorbitol**. 2014. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade do Sudoeste da Bahia, Feira de Santana, 2014.

VILPOUX, O.; AVEROUS, L. **Plásticos a base de amido. Tecnologia, usos e potencialidade de tuberosas amiláceas Latino americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003.