



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

ANTONIO BATISTA DE QUEIROZ JÚNIOR

**PRODUÇÃO DE BIOPOLÍMERO UTILIZANDO RESINA DA CIRIGUELA
(SPONDIAS PURPUREA)**

PAU DOS FERROS – RN
2018

ANTONIO BATISTA DE QUEIROZ JÚNIOR

**PRODUÇÃO DE BIOPOLÍMERO UTILIZANDO RESINA DA CIRIGUELA
(SPONDIAS PURPUREA)**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado, a Universidade Federal
Rural do Semi-Árido - UFERSA,
Campus Pau dos Ferros, como requisito
para a obtenção do título de Bacharel em
Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Kytéria Sabina
Lopes de Figueredo.

PAU DOS FERROS – RN
2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

J95p Junior, Antonio Batista de Queiroz .
PRODUÇÃO DE BIOPOLÍMERO UTILIZANDO RESINA DA
CIRIGUELA (Spondias purpurea) / Antonio Batista
de Queiroz Junior. - 2018.
40 f. : il.

Orientador: Kytéria Sabina Lopes de Figueredo.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2018.

1. Amido Natural. 2. Amido Comercial. 3. Filme
polimérico. 4. Caracterização. 5.
Biodegradabilidade. I. Figueredo, Kytéria Sabina
Lopes de , orient. II. Título.

ANTONIO BATISTA DE QUEIROZ JÚNIOR

**PRODUÇÃO DE BIOPOLÍMERO UTILIZANDO RESINA DA CIRIGUELA
(SPONDIAS PURPUREA)**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado, a Universidade Federal
Rural do Semi-Árido - UFERSA,
Campus Pau dos Ferros, como requisito
para a obtenção do título de Bacharel em
Ciência e Tecnologia.

DATA DE APROVAÇÃO 14/09/2018

BANCA EXAMINADORA

Kytéria Sabina Lopes de Figueredo
Prof.^a Dra. Kytéria Sabina Lopes de Figueredo UFERSA/CMPF
Presidente

Janaina Cortêz de Oliveira
Prof. Dra. Janaina Cortêz de Oliveira UFERSA/CMPF
Primeiro Membro Examinador

Marcelo Nascimento de Moraes
Marcelo Nascimento de Moraes UFERSA/CMPF
Segundo Membro Examinador

Dedico este trabalho a minha família, amigos, colegas, professores, e a todos que contribuíram para a realização desta etapa da minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força espiritual e por ser sempre presente nos momentos de grandes dificuldades.

Aos meus pais, Maria das Dores Pereira da Silva e Antonio Batista de Queiroz, pelo amor, por sempre acreditarem e não medirem esforços para que a minha permanência acadêmica fosse possível, pelas palavras de incentivo, por me guiarem sempre pelo caminho do bem e por serem minhas maiores referências de vida.

Aos meus irmãos, Maria Aparecida de Queiroz, Pedro José de Queiroz, Antonia Maria de Queiroz, Paulo Augusto de Queiroz, Maria Cristina de Queiroz, Maria Juliana de Queiroz, Maria Regina de Queiroz, Maria Vitória de Queiroz, Carlos Daniel de Queiroz, Luiz Eduardo de Queiroz e Victor Gabriel de Sousa da Silva, pelo amor, pelas palavras de incentivo e por estarem sempre presentes na minha vida.

Aos meus amigos de vida, o qual sempre estive do meu lado, me apoiando, fortalecendo e acreditando em mim sempre.

A todos que compõem a comunidade Ufersa- Campus Pau dos Ferros, professores, funcionários, ao técnico de laboratório de Química Marcelo, colegas de sala, que foram de suma importância para que esse objetivo fosse alcançado. Agradeço especialmente a minha orientadora, Kytéria Sabina Lopes de Figueredo, pela paciência, disponibilidade, pelas palavras de conforto em meio às turbulências, pelas risadas e por todo conhecimento repassado com tamanha maestria.

A todos que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste sonho, muito obrigado.

*Se fracassar, ao menos que fracasse
ousando grandes feitos, de modo que a sua
postura não seja nunca a dessas almas frias
e tímidas que não conhecem nem a vitória
nem a derrota. (Theodore Roosevelt)*

RESUMO

Os polímeros sintéticos convencionais são produzidos a partir de derivados do petróleo, um recurso natural não renovável, e causam diversos problemas ambientais decorrentes principalmente de sua difícil degradação que pode levar centenas de anos. Baseado no princípio da sustentabilidade e buscando minimizar os impactos ambientais ocasionados por estes, surgem os biopolímeros novos modelos poliméricos produzidos a partir de matérias-primas de fontes renováveis que utilizam o carbono de fontes renováveis, tais como o milho, cana-de-açúcar, celulose. Neste sentido, esse estudo desenvolveu um biopolímero que tem como matéria-prima a resina da Ciriguela. Para síntese do biopolímero testou-se misturas nas proporções de 50%, 30% e 10% utilizando amido comercial e amido natural extraído da batata inglesa. Uma vez sintetizado o biopolímero para sua caracterização foram realizadas análises de permeabilidade, microscopia, teste de combustão e biodegradabilidade. Os resultados demonstram que o arranjo estrutural do biopolímero de Ciriguela obtido de amido natural (BCAN) na proporção 10% apresenta maior similaridade aos filme poliméricos convencionais, o teste de permeabilidade permitiu observar que o produto polimérico natural resiste por mais tempo a absorção de líquidos e quanto ao processo de combustão foi possível visualizar que o polímero queimou por completo e que não produziu fumaça escura e resíduos, além disso, após uma semana o biopolímero da ciriguela do amido natural 10% (BCAN10) foi totalmente decomposto em solo úmido. Nesta perspectiva, o BCAN10 apresentou melhores condições para o aperfeiçoamento de um modelo de filme polimérico o qual pode ser empregado como uma alternativa para a indústria em substituição aos polímeros obtidos a partir de fontes fósseis.

Palavras-Chave: Amido Natural. Amido Comercial. Filme polimérico. Caracterização. Biodegradabilidade.

ABSTRACT

Conventional synthetic polymers are produced from petroleum byproducts, a non-renewable natural resource, and cause various environmental problems stemming mainly from their difficult degradation that can take hundreds of years. Based on the principle of sustainability and seeking to minimize the environmental impacts caused by them, biopolymers are emerging new polymer models produced from renewable raw materials that use carbon from renewable sources such as corn, sugarcane, cellulose. In this sense, this study developed a biopolymer that has Ciriguela resin as its raw material. For the synthesis of the biopolymer blends were tested in proportions of 50%, 30% and 10% using commercial starch and natural starch extracted from the potato. Once the biopolymer was synthesized for its characterization, permeability, microscopy, combustion test and biodegradability analyzes were performed. The results demonstrate that the structural arrangement of Ciriguela biopolymer obtained from natural starch (BCAN) in the proportion 10% shows greater similarity to conventional polymeric films, the permeability test showed that the natural polymer product resists for a longer time the absorption of liquids and as for the combustion process, it was possible to visualize that the polymer burned completely and that it did not produce dark smoke and residues. Moreover, after one week the biopolymer of the natural starch citrate 10% (BCAN10) was totally decomposed in moist soil. In this perspective, the BCAN10 presented better conditions for the improvement of a polymer film model which can be used as an alternative for the industry instead of the polymers obtained from fossil sources.

KEYWORDS: Natural Starch. Commercial Starch. Polymeric film. Characterization. Biodegradability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Reação de polimerização	16
Figura 2 : Resina Cristalizada.....	23
Figura 3 : Amido de Batata Inglesa	24
Figura 4 : Resina de Ciriguela diluida	24
Figura 5 : Processo de aquecimento da mistura	25
Figura 6 : Microscópio binocular	26
Figura 7: Amostra BCAC50	28
Figura 8: Amostra BCAC30	28
Figura 9 : Amostra BCAC10	28
Figura 10 : Amostra BCAN50.....	29
Figura 11: Amostra BCAN30.....	29
Figura 12 : Amostra BCAN10.....	30
Figura 13: Micrografia BCAC10.....	30
Figura 14: MicrografiaBCAN10	32
Figura 15: Permeabilidade BCAC10.....	32
Figura 16: Permeabilidade BCAN10.....	32
Figura 17: Biodegradabilidade BCAC10 e BCAN10.....	32

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 GERAL	14
2.2 ESPECÍFICO	14
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	15
3.1 POLIMERIZAÇÃO.....	15
3.1.1. Polimerização em etapas ou policondensação	16
3.1.2. Polimerização em cadeia ou poliadição.....	16
3.2 BIOPOLÍMEROS	18
3.3 PRINCIPAIS BIOPOLÍMEROS.....	18
3.3.1 Polilactato (PLA)	18
3.3.2 Polihidroxicarboxilatos (PHAs).....	19
3.3.3 Amido	20
3.4 PRINCIPAIS VANTAGENS E DESVANTAGENS DO BIOPOLÍMERO.....	21
3.5 RESINAS NATURAIS	22
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
4.1 OBTENÇÃO DA MATÉRIA- PRIMA.....	23
4.2 SÍNTESE DO BIOPOLÍMERO	24
4.3 CARACTERIZAÇÃO DO BIOPOLÍMERO	26
4.3.1 Cor e Aspecto.....	26
4.3.2 Análise microscópica	26
4.3.3 Permeabilidade	26
4.3.4 Combustão	27
4.3.5 Biodegradação	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
5.1 SÍNTESES BIOPOLÍMERO AMIDO COMERCIAL.....	27
5.2 SÍNTESES BIOPOLÍMERO AMIDO NATURAL	29
5.3 ANÁLISE MICROSCÓPICA	30
5.4 ANÁLISE DE PERMEABILIDADE EM H ₂ O.....	31
5.5 ANÁLISE DE COMBUSTÃO	32

5.6 BIODEGRADABILIDADE	33
6. CONCLUSÕES.....	34
REFERÊNCIAS.....	35

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento e a história da humanidade estão relacionados com o uso de muitas matérias-primas. O homem durante muito tempo retira da natureza elementos e produtos essenciais à sua existência. Uma das bases deste desenvolvimento é constituída pelos polímeros naturais, como couro, lã, algodão e madeira (DA FONSECA, 2014). No entanto, a partir do século XX com o avanço da química orgânica, o homem passa a produzir em escala industrial polímeros sintéticos e a partir desses processos cria materiais fundamentais para o desenvolvimento tecnológico, como os plásticos, as fibras sintéticas e as resinas artificiais.

Polímero é uma macromolécula natural ou sintética, de alto peso molecular, formada pelo encadeamento de unidades moleculares fundamentais chamadas monômeros. Quando os monômeros se agrupam através de reações químicas, por meio das ligações covalentes ou reticulações, ocorre a formação do polímero (BIANCHI; ALBRECHT; DALTAMIR, 2005).

Os polímeros sintéticos apresentam várias vantagens no que diz respeito à resistência mecânica, leveza, inércia química, durabilidade e baixo custo de produção e processamento. Eles são praticamente inertes, impermeáveis, podem ser moldados a baixas temperaturas, são flexíveis e rígidos o bastante a ponto de resistirem à impactos. Essas características fizeram com que a sua produção e seu uso, principalmente em embalagens, se tornassem cada vez mais crescentes em nossa sociedade (DOTY, 2005).

Porém o consumo desses produtos poliméricos, vem produzindo grande número de resíduos sólidos os quais se acumulam gerando problemas ambientais consideráveis para a sociedade. Cerca de 100 milhões de toneladas/ano de polímeros plásticos são produzidos e 20% desse volume são descartados no meio ambiente. A alta quantidade de polímeros descartados no meio ambiente cria um problema ambiental sério de contaminação e acúmulo de lixo (FRANCHETTI, 2006).

Desta forma, faz-se necessário o desenvolvimento de novos tipos de materiais poliméricos obtidos de fontes renováveis, com características potencialmente biodegradáveis, sendo comumente chamados de biopolímeros. Os biopolímeros diferem-se dos polímeros convencionais, pois a grande maioria apresenta características biodegradáveis, muito diferentes dos convencionais que levam longos anos para serem consumidos pela natureza. (LIMA et al., 2001).

Dentre as diferentes fontes alternativas para a produção de polímeros biodegradáveis, as resinas naturais se destacam, por não serem solúveis em água, endurecerem quando em

contato com o oxigênio (oxidam-se), não desempenham um papel direto nos processos fundamentais de manutenção da vida da planta e são tipicamente convertíveis em polímeros.

Portanto esse estudo utilizou a resina da ciriguela como matéria-prima para a obtenção de um biopolímero de formulação orgânica visando minimizar os impactos ambientais provocados pelos polímeros convencionais e promover o desenvolvimento social e sustentável.

2. OBJETIVOS

2.1 GERAL

Produzir um biopolímero utilizando resina da Ciriguela, com propriedades como biodegradabilidade, biocompatibilidade e baixo potencial poluidor que possa substituir totalmente ou parcialmente os polímeros provenientes de fontes fósseis.

2.2 ESPECÍFICOS

- Extração de resina da Ciriguela para produção de biopolímero.
- Síntese da resina da Ciriguela para formulação de biopolímero.
- Experimentar proporções de composição do amido na síntese polimérica.
- Avaliar o tempo de biodegradabilidade do polímero produzido.
- Verificar a permeabilidade do biopolímero obtido.
- Analisar o processo de combustão do polímero produzido.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 POLIMERIZAÇÃO

Os polímeros são utilizados desde a antiguidade pelo homem. Em 1000 a.C., o chinês obtém um verniz extraído de uma árvore chamada *Rhus vernicflua*. Este verniz foi amplamente utilizado em móveis na forma de revestimento impermeabilizante aumentando a durabilidade do mesmo. Os processos para obtenção sintética de materiais poliméricos foram viabilizados somente no início do século XX (CANEVAROLO, 2010).

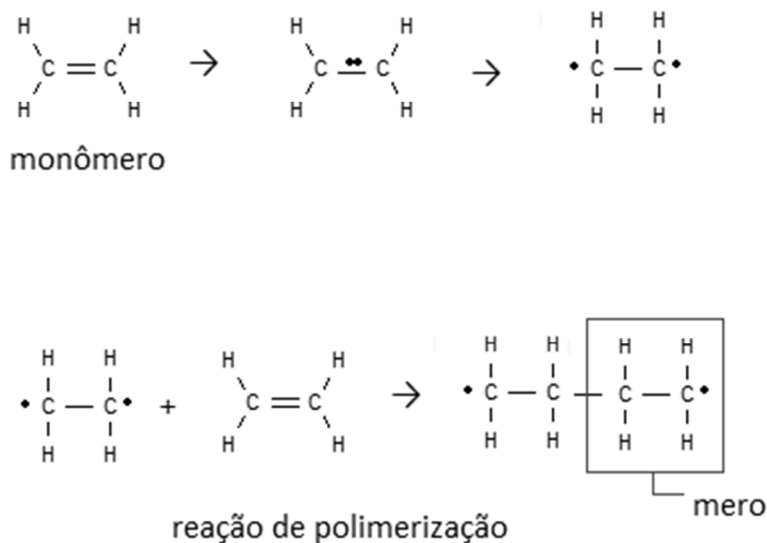
A década de 1920 marcou oficialmente o início de uma nova era nas descobertas relacionadas aos materiais poliméricos, com pesquisas relacionadas aos mecanismos de polimerização de moléculas orgânicas na Alemanha a produção de polímeros cresceu em uma taxa duas vezes e meia maior do que o PIB mundial. Hoje, a quantidade acumulada de polímeros é de 8,3 bilhões de toneladas. Cerca de 30% desse total ainda está em uso, a maior parte em sua forma original, mas uma pequena parte como reciclada. Os números mostram que o índice de reciclagem ainda é baixo: 9% foram reciclados, 12% incinerados e 79% acabaram acumulados em aterros sanitários, lixões ou despejados no meio ambiente. A alta quantidade de polímeros descartada no meio ambiente cria um problema ambiental sério de contaminação e acúmulo de lixo (PRADELLA, 2006).

A diversidade de sínteses de novos materiais poliméricos, polímeros biodegradáveis e nanocompósito vêm aumentando gradativamente, contudo, atualmente a ênfase está em desenvolver e aprimorar formulações de polímeros já existentes utilizando novas tecnologias e processos para a obtenção de materiais com propriedades otimizadas que não causasse tanto impacto ao meio ambiente. (BRITO *et al.*, 2011).

Segundo Dias (2018) polimerização é um processo químico que resulta na formação de moléculas grandes que chamamos de polímeros. Na reação de polimerização, monômeros, quando devidamente ativos, podem reagir entre si ou com outros formando macromoléculas orgânicas de elevada Massa Molar (>10.000).

Essas macromoléculas são dispostas na forma de cadeias e são compostas de unidades repetitivas, denominadas “meros” (Figura 1). As reações de polimerização classificam-se em dois tipos: as reações de polimerização em etapas ou de policondensação e a polimerização em cadeia ou poliadição (MORAES, 2013).

Figura 1: Reação de polimerização



Fonte: Autor, 2018.

3.1.1. Polimerização em etapas ou policondensação

Os polímeros de condensação ou polímeros de eliminação constituem em sua estrutura monômeros iguais ou diferentes que se unem com a eliminação simultânea de moléculas de água ou outras pequenas moléculas de compostos que não farão parte do polímero (FOGAÇA, 2018), onde, de acordo com Dias (2018), “na polimerização por eliminação, sempre há a formação de água, ácido halogenado (HCl, HI, HF, HBr), amônia (NH₃) ou ácido cianídrico (HCN), além do polímero”.

A polimerização por condensação é mais lenta que a de adição, visto que o método de polimerização em cadeia é essencialmente uma reação entre grupos funcionais de moléculas. Desta reação resulta a formação de um novo grupo funcional característico (SANTOS 2014).

3.1.2. Polimerização em cadeia ou poliadição

A polimerização de poliadição consiste em três processos cinéticos: iniciação, propagação e terminação. Uma das principais características deste tipo de polimerização é a necessidade de um iniciador no meio reacional, uma vez que o simples fato dos monômeros estarem em contato não é suficiente para que ocorra a polimerização, portanto é necessário utilizar uma espécie ativa, onde o centro reativo pode ser um radical livre, um cátion ou um ânion (COUTINHO & OLIVEIRA, 2006).

As principais características da poliadição consiste na não formação de subprodutos, cuja reação é em cadeia, seu centro ativo é uma instauração, possui alto grau de polimerização, geralmente produz cadeia carbônica e há necessidade de iniciador, dentre outros (MORAES, 2013).

Segundo Machado (2004) A polimerização via radical livre se dá através dos iniciadores radicalares, que são compostos que possuem ligações covalentes em sua estrutura, tais como os peróxidos e azocompostos, capazes de se decompor espontaneamente sob condições brandas, gerando radicais livres altamente reativos.

3.1.2.1 Iniciação

É uma etapa muito importante do processo, pois é responsável pela formação dos radicais livres que irão crescer e se tornar moléculas de polímero. Assim, quanto maior a taxa de iniciação, maior a quantidade de radicais livres presentes no meio reacional. Os fatores que influenciam na taxa de iniciação vão desde o tipo de reação, a concentração de iniciação e a temperatura (COUTINHO & OLIVEIRA 2006).

3.1.2.2 Propagação

É a fase do crescimento da macromolécula, o radical monomérico formado na iniciação se adiciona à molécula do monômero, formando-se um novo radical monomérico, de cadeia maior, e assim sucessivamente (SZWARC, 1956 apud GARCIA, 2005). Nesta etapa, os radicais reagem com as moléculas de monômero fazendo com que o comprimento da cadeia do radical livre aumente. A taxa de propagação será proporcional à taxa de consumo de monômero e proporcional à taxa de produção de polímero (MACHADO, 2004).

3.1.2.3. Terminação

A etapa de terminação é quando ocorre a desativação de uma macromolécula em crescimento chamamos de terminação, podendo ocorrer por acoplamento ou combinação que é quando a terminação ocorre pela reação de dois radicais livres (SZWARC, 1956 apud GARCIA, 2005). Como efeito da reação haverá a desenvolvimento de uma única molécula de polímero. A terminação por combinação é uma reação típica dos estirênicos (MACHADO, 2004).

3.2 BIOPOLÍMEROS

Os biopolímeros são polímeros ou copolímeros produzidos a partir de matérias-primas de fontes renováveis, enquanto o plástico sintético advém do carbono fóssil vindo do petróleo, os biopolímeros também conhecido por bioplásticos utilizam o carbono de fonte renováveis, tais como o milho, cana-de-açúcar, celulose, quitina e outras.

Biopolímeros ou plásticos biodegradáveis são materiais poliméricos, em que pelo menos um passo no processo de degradação ocorre através do metabolismo de organismos encontrados no ambiente (SORRENTINO, 2007 apud RHIM *et al.*, 2013). Os polímeros biodegradáveis provenientes do fracionamento da biomassa, polissacarídeos, proteínas e lipídios, também são chamados de agropolímeros (PRADELLA, 2006).

Sua síntese normalmente envolve catálise enzimática, crescimento da cadeia molecular através de reações de polimerização dos monômeros ativados, os quais são tipicamente formados dentro das células, por processos metabólicos complexos. Esses materiais são normalmente biodegradáveis (CHANDRA e RUSTIGI, 1998).

Os biopolímeros podem ser divididos em três categorias diferentes com base nos processos produtivos e na origem de suas matérias-primas (CLARINVAL, 2005 apud RHIM *et al.*, 2013):

- I. **Biopolímeros naturais**, extraídos diretamente da natureza, como carboidratos de plantas (amido, celulose, alginato, ágar, etc.) e de origem animal ou vegetal como proteína de soja, glúten de trigo, gelatina, colágeno, etc.
- I. **Biopolímeros sintéticos biodegradáveis**, produzidos por síntese química. O monômero em si, é produzido por fermentação de carboidratos. Exemplos: Polilactato (PLA), poli (ϵ -caprolactonas) (PCL), poli (butilenosuccinato) (PBS).
- II. **Biopolímeros produzidos por fermentação microbiana** (incluindo microrganismos geneticamente modificados), tais como poli (hidroxialcanoato) (PHA), poli (hidroxibutirato) (PHB).

3.3 PRINCIPAIS BIOPOLÍMEROS

3.3.1 Polilactato (PLA)

O Ácido Polilático (PLA), do inglês Poly (Lactic Acid), é da família dos poliésteres alifáticos, termoplástico e resistentes (WANG *et al.*, 2008), produzido por síntese química do ácido lático por meio da fermentação bacteriana do amido ou de glicose extraído do milho,

entre outras vias de produção como, por exemplo, compostos facilmente convertidos a hexoses como amido de arroz, trigo batata, açúcares, etc. (PRADELLA, 2006; LUNT, 1998; GUERRA, 2010; OLIVEIRA, 2006).

De acordo com Pradella (2006), o processo de produção do PLA a partir de uma fonte de carbono ocorre em duas etapas no qual uma é indireta, via lactato, resultando no polilactato e outra direta por meio da polimerização por condensação, resultando no ácido láctico, porém ambos os produtos são denominados como PLA.

Os poli (ácido láctico) (PLA) é um polímero que, devido suas características, é para o ramo da tecnologia muito valioso, pois tem suas aplicações no campo ambiental, como plástico biodegradável, e na área biomédica como material biocompatível (CHEN, 2003). Este vem sendo usado na área biomédica, em aplicações médicas, como biomateriais, devido à sua característica de biocompatibilidade e bioreabsorção (JAHNO, 2005).

3.3.2 Polihidroxialcanoatos (PHAs)

Poli (hidroxialcanoatos) (PHAs) são poliésteres sintetizados biologicamente por bactérias. O poli (3-hidroxibutirato) é o componente mais conhecido da família dos PHAs (LEE e GILMORE, 2003). Os PHAs são sintetizados por bactérias para armazenamento de energia e carbono, normalmente na presença de excesso de fonte de carbono e em condições de limitação de um dos nutrientes essenciais, como nitrogênio, enxofre, fósforo ou oxigênio (ROY et al., 2007)

O poli (3-hidroxibutirato) é o PHA mais comumente encontrado na natureza e foi descoberto em 1926 no *Bacillus megaterium* por Lemoigne, 1926. Sua característica mais marcante é o fato de ser biodegradável e biocompatível, o que é raro em materiais de origem petroquímica (SANTOS 2009).

Uma das grandes vantagens para produção de PHAs por microrganismos é a grande variedade de substâncias que pode ser empregada como fonte de carbono (REDDY *et al.*, 2003). Santos (2009) diz que o uso desses substratos, que formam fontes renováveis, garante a sucessiva disponibilidade dos materiais de forma ecologicamente correta e que esses substratos podem ser também obtidos dos combustíveis fósseis, de subprodutos de agroindústria e de outros produtos químicos.

Viegas (2005) diz que, devido seus atributos físico-químicos de moldabilidade e terpolimerismo, o P[3HB] e principalmente o P[3HB-co-3HV], foram primeiramente usados em manufatura de garrafas, filmes e fibras biodegradáveis, bem como, sacos de proteção para

plantas. A síntese de poli (hidroxialcanoato) geralmente acontece na presença de uma grande quantidade de carbono, quando há energia e quando existe limitação de Nitrogênio, Fósforo, Magnésio, Ferro e etc., sendo estes nutrientes uteis para que as células microbianas se multipliquem (LIMA *et al.*, 2001).

A facilidade de aplicação de solventes orgânicos faz desse um dos métodos comumente utilizados ao que se refere à extração do PHAs. Outros fatores como a baixa degradação e a pureza do produto extraído, também fazem dos solventes orgânicos um mecanismo de extração (GUMEL, 2013 apud LUCI *et.al*, 2015).

3.3.3 Amido

Teixeira *et.al* (1998) define amido como um carboidrato nutricionalmente disponível, fundamentado na presunção de que suas macromoléculas amilose e amilopectina realizem hidrólise e produzem carboidratos de baixo peso molecular.

Segundo Costa (2018), a amilose possui uma cadeia longa de resíduos de D-glicose, com ligações glicosídicas ($\alpha 1 \rightarrow 4$). O peso molecular de cada cadeia pode variar de centenas a milhares de resíduos, não é específico e não é uma cadeia ramificada, diferente da amilopectina que possui muitas ramificações. Na amilopectina estão presentes as ligações glicosídicas ($\alpha 1 \rightarrow 4$), porém nos pontos de ramificações, que ocorrem de 20 a 34 resíduos, temos ligações ($\alpha 1 \rightarrow 6$). Esta é a cadeia menos hidrossolúvel deste carboidrato. Juntas, estas cadeias de amilopectina e amilose formam os grânulos de amido.

Os polímeros de amido podem ser alterados de forma química e são produzidos a partir de amido extraído de matérias primas como milho e a mandioca, por exemplo. A partir deste é possível se obter diversos materiais biodegradáveis como filmes para embalagem ou proteção de alimentos (ZANNATA, 2008).

Os amidos têm em sua estrutura grande quantidade de grupos hidroxilas que ligadas a moléculas de água dá ao amido a característica de ser bem hidratado. Sua síntese ocorre através da polimerização da glicose, produto da fotossíntese. Esse método se processa nas organelas denominadas plastídeos, cromoplastos das folhas e amiloplastos dos órgãos de reserva (COSTA, 2018).

Nos últimos anos estão sendo realizadas pesquisas sobre o tema, a fim de utilizar o amido como polímero biodegradável, misturando com outros materiais poliméricos (AVEROUS *et al.*, 2001 apud GONÇALVES, 2013). Mas segundo Carvalho (2002 apud

Gonçalves 2013) para que não se altere as propriedades mecânicas do produto final é permitida adição de apenas 10% de misturas poliméricas.

Dentre os processos que ocasionam e aceleram degradação dos polissacarídeos estão a desidratação e despolimerização, onde o principal produto que atua na decomposição do amido é a água, formada por condensação intermolecular ou intramolecular das hidroxilas do amido (BRITO *et. al*, 2011 apud, PEREIRA *et.al*, 2013, p.7).

3.4 PRINCIPAIS VANTAGENS E DESVANTAGENS DO BIOPOLÍMERO

Uma grande vantagem do uso dos biopolímeros é sua degradação no ambiente. A degradação dessas macromoléculas resulta da ação de micro-organismos de ocorrência natural, como bactérias, fungos e algas. Ou seja, a biodegradação é um processo de decomposição de materiais pela atividade biológica, transformando o material em moléculas menores e causando um menor impacto ambiental. Por isso, os biopolímeros ganham cada vez mais espaço devido a propriedades que, ao mesmo tempo, aumentam a vida útil e tornam mais fácil o descarte desses materiais (REVISTA TEMAS ATUAIS EM BIOLOGIA, 2014).

Porém, mesmo apresentando essa vantagem em comparação com os polímeros tradicionais, a biodegradação natural anaeróbica de vários biopolímeros pode promover a produção de gás metano (CH_4), que, para o efeito estufa, é um gás mais intenso que o CO_2 e, além disso, é reabsorvido pelos processos naturais de modo mais lento. Contudo, podemos considerar que os benefícios dos biopolímeros como a biocompatibilidade (podendo ser utilizado no corpo humano), menor impacto ambiental, ampla faixa de propriedades e aplicações e menor custo de produção são mais significativos que a desvantagem da decomposição desses materiais acarretar na formação do metano.

De acordo com a Sociedade Nacional de Agricultura (2012) os principais biopolímeros produzidos no Brasil são: Polímero de amido (produzido com matérias-primas como o milho, a mandioca, a batata ou o trigo), Polilactatos (produzido a partir do ácido láctico feito por bactérias), Polihidroxialcanoato (produzido por bactérias que se alimentam de cana-de-açúcar, milho e óleo vegetal).

Cada vez mais se intensifica a busca por produtos naturais com propriedades poliméricas que possam contribuir para a sustentabilidade, há uma tendência mundial por produtos que não causem impactos negativo ao meio ambiente. Os biopolímeros sustentáveis devem seguir os três pilares do desenvolvimento sustentável que são zelar pela harmonia da tríade: desenvolvimento econômico, social e a proteção ambiental (VARGAS, 2000; KARAKOSTA, ASKOUNIS; 2010 apud REVISTA GEONORTE, 2016).

3.5 RESINAS NATURAIS

As resinas naturais são substâncias amorfas, inodoras ou com aroma passageiro podem ser translúcidas ou transparentes e são brilhantes, cuja cor vai do amarelo ao castanho-escuro. Contém mono-, sesqui-, di- e tri-terpenos e pode sofrer alteração ao longo do tempo, devido a isomerização, oxidação e polimerização, por exposição ao ar e à luz ou aos diferentes tipos de processamento a que são submetidas (GIGANTE, 2005).

Resina é uma secreção extraída de diversos tipos de plantas. São misturas de ácidos carboxílicos, terpenos e óleos essenciais, são muito insolúveis em água e são solúveis em compostos como etanol, tetracloreto de carbono, óleos e éter. É obtida de forma natural e sintética. As resinas sintéticas podem receber classificações normais de polímeros, pois são compostos poliméricos. Ao que se referem suas características tem-se que podem ser termorrígidos, ou seja, depois de serem aquecidas, suas cadeias se entretêm tornando-a indeformável, ou podem ser termo plásticos, na qual sua estrutura fica mais fluida com seu aquecimento (LORENA, 2018).

Segundo Gigante (2005) a composição química das resinas naturais pode sofrer alteração ao longo do tempo, devido à isomerização, oxidação e também polimerização, por exposição ao ar e a luz ou aos diferentes tipos de processamento a que são submetidas. Estas alterações traduzem-se visualmente em alterações da cor com progressivo escurecimento, perda de transparência e de brilho.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 OBTENÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA

A ciriguela é a *Spondias purpurea* ou jocote, spanish plum, uma árvore da família das anacardiáceas. O nome ciriguela vem do espanhol “ciruela”, que significa ameixa. A árvore se caracteriza por atingir até 8 metros de altura, copa baixa, rastejante. Troncos retorcidos, folhas compostas, lisas de coloração verde intenso, flores pequenas, brancas. O fruto tipo drupa (tipo de fruto carnoso, com apenas uma semente), ovoide alongado, cor vermelho-esverdeada ou amarelada, Originária da América Central e da América do Sul, é bastante comum no semiárido do Nordeste brasileiro.

A resina da ciriguela utilizada para o estudo é um líquido leitoso amarelo que solidifica rapidamente em contato com o ar e mudando para coloração marrom – avermelhado. A extração da resina foi realizada diretamente do caule da planta, com o auxílio de uma faca de pequeno porte se deu a retirada da camada superficial de uma pequena área demarcada da árvore, posteriormente executaram-se pequenos furos de 1,5 cm para que a mesma expelisse o líquido viscoso, com características ligantes. O material foi coletado no seu estado sólido (Figura 2), pois o líquido viscoso expelido em contato com o oxigênio se cristaliza. A matéria-prima coletada foi armazenada em um recipiente de vidro e mantida a temperatura ambiente (25 °C). O processo para a obtenção da matéria-prima ocorreu de forma gradativa, visto que, como a árvore escolhida expela uma pequena quantidade diária de resina, foi necessário aproximadamente uma semana para obter massa considerável para a pesquisa.

Figura 2 : Resina Cristalizada



Fonte: Autor, 2018.

Utilizou-se ainda para síntese de polimerização amido comercial adquirido no comércio da cidade de Ereré no estado do Ceará e amido natural foi extraído da batata inglesa. Para tal, adicionou-se 300g de batata Inglesa descascada e fracionada em pequenas dimensões no liquidificador e acrescentou-se 300ml de água para o processo de trituração, logo após a misturada obtida foi coada, o líquido extraído foi despejado em um recipiente e permaneceu por 24h. Durante esse período, o amido começa a se depositar no fundo do recipiente (figura 3), então se retira a água, a massa obtida é o amido que passa por um processo de secagem formando o pó do amido natural.

Figura 3 : Amido de Batata Inglesa



Fonte: Autor, 2018

4.2 SÍNTESE DO BIOPOLÍMERO

Para síntese do biopolímero preparou-se misturas de resina da ciriguela e amido, na qual foram produzidos dois tipos de polímeros, um utilizando amido comercial e o outro utilizando amido natural (produzido da batata inglesa). Utilizou-se 14,28g da resina sólida que foi dissolvida em 50 ml de ácido acético, até a mesma apresentar aspecto gelatinoso (figura 4). Além disso, o produto foi filtrado para a remoção dos resíduos presentes na solução.

Figura 4 : Resina de Ciriguela diluída



Fonte: Autor, 2018

Visando estudar qual a formulação mais eficiente para a produção de um filme polimérico testou-se proporções de 50%, 30% e 10% de massa do amido na mistura. Nessa etapa foram produzidas três amostras a partir do amido comercial e três amostras a partir do amido natural da batata inglesa com as proporções citadas.

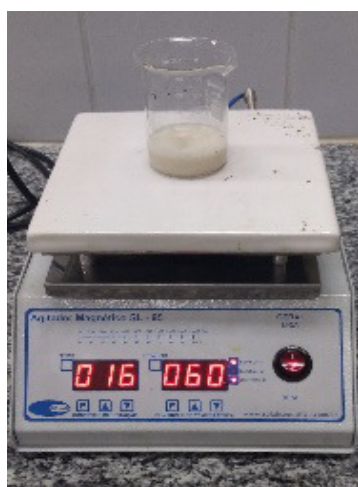
As misturas foram preparadas de acordo com a tabela 1 utilizando a massa do amido natural e do amido comercial diluída em 10 ml de água destilada (cada proporção) com 10g da resina de ciriguela (dissolvida). Cada uma das amostras foi submetida as concentrações citadas acima.

Tabela 1: Misturas para síntese do biopolímero

Misturas	Material	Massa g
BCAC50	Amido comercial 50%	5
BCAC30	Amido comercial 30%	3
BCAC10	Amido comercial 10%	1
BCAN50	Amido natural 50%	5
BCAN30	Amido natural 30%	3
BCAN10	Amido natural 10%	1

Em seguida as misturas foram aquecidas a uma temperatura de 60°C, com o auxílio da chapa aquecedora (figura 5), durante 5 minutos. Assim, após o tempo de aquecimento as misturas foram colocadas em placas de petri e armazenadas para o processo de secagem durante 7 dias.

Figura 5 : Processo de aquecimento da mistura



Fonte: Autor, 2018

4.3 CARACTERIZAÇÃO DO BIOPOLIMERO

Após 7 dias de secagem das amostras ocorreu a formação de biopolímero (filme polimérico), estas foram submetidas a caracterização quanto a cor, aspecto, análise microscópica, permeabilidade, caracterização por combustão e degradação.

4.3.1 Cor e Aspecto

A caracterização quanto à cor e aspecto foi realizada com percepção visual, visando identificar a coloração dos filmes formados e aspectos quanta espessura e consistência.

4.3.2 Análise microscópica

Para analisar a estrutura dos biopolímeros (filmes poliméricos) formados foram submetidas à microscopia em Microscópio Binocular (figura 6) com Aumento 40 até 1000 vezes Marca: Optiom Modelo: TNB-01B-INF-LED.

Figura 6 : Microscópio binocular



Fonte: Autor, 2018

4.3.3 Permeabilidade

A permeabilidade é a propriedade que o material apresenta de permitir o escoamento de água através dele. Para avaliar a permeabilidade as amostras foram submetidas a 1 ml de água e analisou-se o desempenho durante 5 minutos.

4.3.4 Combustão

Através da queima do material, pode-se observar a cor, o tipo da chama, o odor algumas características sutis, que auxiliam na caracterização dos materiais. Cada amostra foi submetida à chama oxidante para total queima e deixadas em contato com a chama até que queimassem por completo.

4.3.5 Biodegradação

A biodegradação é um processo que se dá pela atuação de agentes no meio ambiente, causando deterioração progressiva no material que pode tornar irreversíveis as modificações em suas propriedades. Dessa forma, é um processo físico, químico ou até biológico que conduz à perda de funcionalidade do polímero e à perda de massa molar. Para analisar a degradação as amostras cortadas nas dimensões 2cm x 2cm foram enterradas em solos seco e úmido durante sete dias, e após esse processo observou-se o seu comportamento quanto a degradação para cada tipo de solo por amostra.

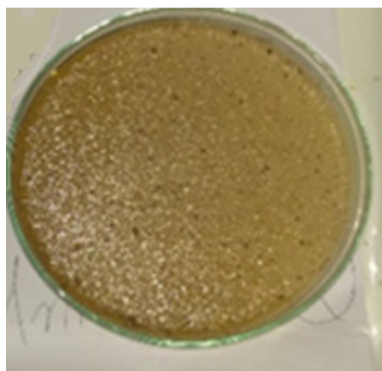
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As seis (6) misturas de resina da ciriguela e amido comercial ou amido natural sintetizadas nas proporções de 50%, 30% e 10% de massa de amido na reação, após secagem de sete (7) dias apresentaram aspectos distintos.

5.1 SÍNTESES BIOPOLIMERO AMIDO COMERCIAL

A amostra do Biopolímero de resina da Ciriguela com Amido Comercial proporção 50% (BCAC50) apresentou coloração marrom clara com pequenos pontos pretos e aspecto poroso de consistência mole figura 7.

Figura 7: Amostra BCAC50



Fonte: Autor, 2018

A amostra do Biopolimero de resina da Ciriguela com Amido Comercial proporção 30% (BCAC30) apresentou coloração marrom claro com pequenos pontos pretos de consistência moderadamente firme e superfície áspera figura 8.

Figura 8: Amostra BCAC30



Fonte: Autor, 2018

A amostra do Biopolimero de resina da Ciriguela com Amido Comercial proporção 10% (BCAC10) apresentou coloração marrom com pequenos pontos pretos de consistência fraca, a superfície apresentou rachaduras figura 9.

Figura 9 : Amostra BCAC10



Fonte: Autor, 2018

5.2 SÍNTESES BIOPOLIMERO AMIDO NATURAL

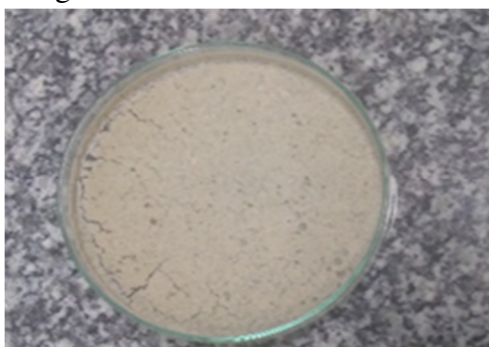
A amostra do Biopolímero de resina da Ciriguela com Amido natural proporção 50% (BCAN50) e (BCAN30) proporção 30% apresentaram coloração marrom clara com pequenos pontos pretos e aspecto poroso de consistência moderadamente firme figura 10 e 11.

Figura 10 : Amostra BCAN50



Fonte: Autor, 2018

Figura 11: Amostra BCAN30



Fonte: Autor, 2018

A amostra do Biopolímero de resina da Ciriguela com Amido natural proporção 10% (BCAN10) apresentou coloração marrom clara com aspecto transparente e aparência de filme polimérico de consistência firme figura 12.

Figura 12: Amostra BCAN10



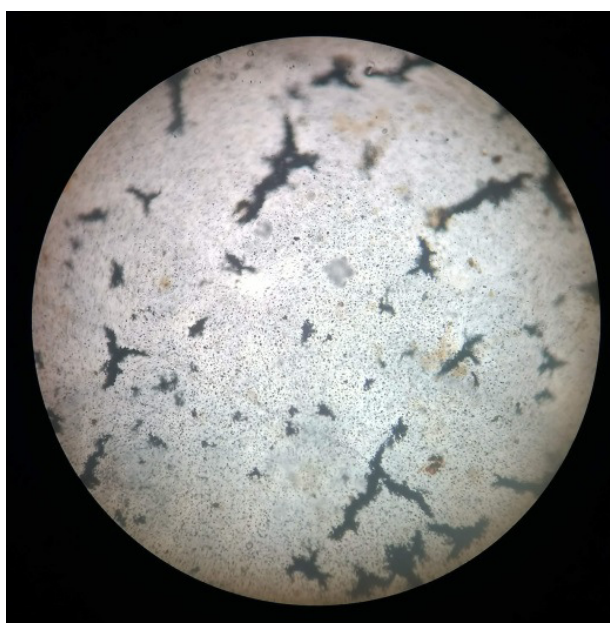
Fonte: Autor, 2018

A partir do aspecto e consistência observou-se que das sínteses realizadas a mistura contendo 10% em proporção de massa do amido natural produziu o biopolímero mais semelhante aos filmes poliméricos tradicionais (à base de petróleo). Então para as etapas de caracterização microscópica, permeabilidade, caracterização por combustão e degradação foram submetidas apenas as amostras com amido na proporção 10% a BCAC10 e BCAN10.

5.3 ANÁLISE MICROSCÓPICA

A técnica de microscopia foi utilizada para fim de investigar a superfície polimérica formada na figura 13 através da micrografia da amostra BCAC10 pode-se verificar que a deposição de um filme com aspectos de partículas irregulares e superfície heterogênea evidenciando a porosidade.

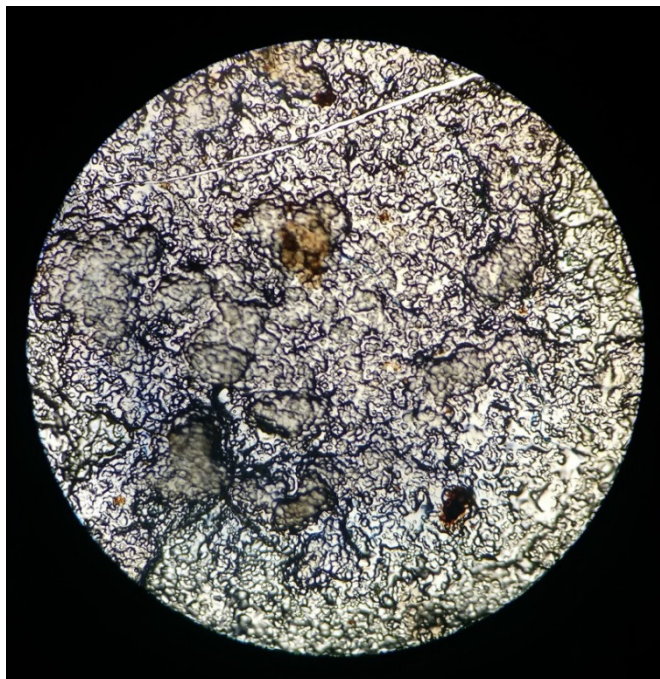
Figura 13: Micrografia BCAC10



Fonte: Autor, 2018

Na micrografia (figura 14) pode-se observar que a deposição do filme polimérico da amostra BCAN10 com aspectos de partículas irregular e algumas partículas segregadas, mas é visível a formação de fios longo o que evidencia que a polimerização ocorreu e formou-se o biopolímero. A polimerização é característica a de policondensação.

Figura 14: Micrografia BCAN10



Fonte: Autor, 2018

5.4 ANÁLISE DE PERMEABILIDADE EM H₂O

Ao serem submetidas a 1ml de água durante 5 minutos a amostra BCAC10 (figura 15) absorveu a água de forma rápida, porém o líquido não ultrapassa a sua estrutura. Já a amostra BCAN10 (figura 16) apresentou absorção da água muito lenta ultrapassando o tempo estimado, mas permitiu a absorvidade.

Figura 15: Permeabilidade BCAC10



Fonte: Autor, 2018.

Figura 16: Permeabilidade BCAN10



Fonte: Autor, 2018.

5.5 ANÁLISE DE COMBUSTÃO

Durante o processo de combustão, identificou-se a emissão de gases nos biopolímeros de coloração branca acinzentada, com odor e resíduos semelhante ao da celulose durante o processo de queima. Para esse teste realizou-se uma média em relação a massa inicial, ao tempo de combustão e a quantidade de resíduo gerado pela combustão. A tabela 02 mostra os dados obtidos.

Tabela 02: Dados da análise de combustão

Amostras	Massa Inicial (g)	Tempo de queima (s)	Resíduos (g)
BCAC10	0,2936	22	0,027
BCAN10	0,2940	14	0,0161

A diminuição significativa das massas do biopolímeros foi determinada após o processo de combustão. O BCAN10 apresentou uma combustão mais eficiente quando comparado ao BCAC10. Quanto a geração de resíduos em ambas as amostras, o biopolímero natural obteve uma redução de 94,52% da sua massa, gerando um acúmulo de resíduo desprezível. Já o biopolímero comercial apresentou 90,80% dessa redução, gerando pouco resíduo, atestando seu potencial ambiental.

5.6 BIODEGRADABILIDADE

Após sete dias enterradas as amostras BCAC10 e BCAN10 em solo seco não degradarão, mas em solo úmido o biopolímero de amido natural degradou completamente. Já o biopolímero de amido comercial em solo úmido não se degradou por completo, mas encontrava-se em processo de decomposição avançado. A rápida degradação em solo úmido é justificada pela presença de moléculas de água e micro-organismos presente no solo como bactérias e fungos.

Figura 17: Biodegradabilidade do BCAN10 e BCAC10 em solo úmido e solo seco



Fonte: Autor, 2018

6. CONCLUSÕES

Os materiais preparados apresentam características promissoras a serem utilizados como substitutos parciais dos polímeros convencionais, das misturas produzidas com a resina da ciriguela e amido comercial ou natural nas proporções de 50%, 30% e 10% as amostras BCAC10 e BCAN10 apresentaram síntese polimérica mais eficiente. Mas ao se estabelecer uma comparação quanto às características da formação e do biopolímero, o biopolímero da ciriguela com 10% de amido natural apresenta melhores resultados. A Microscopia demonstrou a uniformidade da metodologia adotada para a obtenção do filme. Por meio desse modelo de caracterização é possível justificar o porquê o BCAN10 obteve um melhor resultado quanto aos aspectos da estrutura.

O teste de combustão foi de fundamental importância quanto à geração de resíduos e de gases que o filme pode produzir na sua combustão. A análise de biodegradabilidade foi um parâmetro na qual se estabeleceu que a degradação ocorreu de forma acelerada e isso favorece para o desenvolvimento de materiais que impactam menos no meio ambiente. Ainda assim, estudos acerca da permeabilidade de ambos merecem mais atenção, sendo necessário realizar testes com outros líquidos e também a resistência a gases.

Diante do exposto, o biopolímero da Ciriguela Natural (BCAN10) é o modelo que mais se assemelha aos filmes poliméricos que possuem como origem natural a celulose. Este, devido aos resultados apresentados será o modelo escolhido para fim de geração de uma superfície de resposta no intuito de otimizar a mistura do biopolímero e potencializá-lo. Além disso, os métodos para a caracterização do material tais como a solubilidade, gramatura, espessura, calorimetria diferencial por varredura dentre outros serão implementados futuramente na pesquisa a fim de melhorar as características do biopolímero.

REFERÊNCIAS

AVEROUS L., FRINGANT C., AND MORO L., **Starch – based biodegradable material suitable for thermo forming packaging**, Starch, v. 53, p. 368-371, 2001.

BASTOS, V.D., **Biopolímeros e polímeros de matérias-primas renováveis alternativos aos petroquímicos**. Revista do BNDES, Rio de Janeiro, V. 14, N. 28, P. 201-234, dez. 2007

BIANCHI, J. C. de A.; ALBRECHT, C. H.; DALTAMIR, J. **O universo da química: volume único.1**. Ed. São Paulo: FTD, p. 633- 641, 2005

BRITO, G. F. AGRAWALL, P. ARAÚJO, E. M. MÉLO T. J. A. **Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes**. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, 2011. Disponível em: <http://cct.ufcg.edu.br/revista/index.php/REMAP/article/viewFile/222/204> Acesso em: 02/06/2018

CANEVAROLO Jr, S.V. **Ciência dos Polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros**. 3ª edição. São Paulo: Artliber Editora, 2010.

CHEN, C-C, et.al. **Preparation and Characterization of biodegradable PLA polymeric blends**. Biomaterials. 2003. Vol.24, p 1167-1173.

COUTINHO, F. M. B., OLIVEIRA, C. M. F. **Reações de Polimerização em Cadeia**. Rio de Janeiro: Interciência, 1ed. 2006. 198f.

COSTA, Y., D., **“Amido”**; Info Escola. Disponível em: <https://www.infoescola.com/bioquimica/amido/>. Acesso em 04 de julho de 2018.

CHANDRA, R.; RUSTGI, R. **Biodegradable polymers**. Progress in Polymers Science, v. 23, p. 1273-1335, 1998.

DA FONSECA, C. C. **Produção e utilização do biopolímero poli (hidroxibutirato) (PHB) em embalagens alimentícias**. 2014. 64f. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2013.

DIAS, Diogo Lopes. "**O que é polimerização?**"; Brasil Escola. Disponível em <https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/quimica/o-que-e-polimerizacao.htm>. Acesso em 04 de julho de 2018.

DOTY, L. F. **Uma Breve Visão Geral sobre Plásticos. Oxo-biodegradable. Plastics Institute**, Canadá, p.01-11, 15 jan. 2005. Disponível em: <http://www.gmcjsolucoes.com.br/OPI%20PT1.pdf> . Acesso em: 24/05/2018.

FELIPE, L. O., BICAS, J.L.; **Terpenos, aromas e a química dos compostos naturais**. Quím. nova esc. – São Paulo-SP, BR.Vol. 39, N° 2, p. 120-130, MAIO 2017.

FIGUEIREDO, A.F.; "Terpenos"; Info Escola. Disponível em <https://www.infoescola.com/quimica/terpenos/>. Acesso em 07 de julho de 2018.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. "Ácidos Carboxílicos"; Mundo Educação. Disponível em <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/os-acidos-carboxilicos.htm>. Acesso em 07 de julho de 2018.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. "**Polímeros de condensação**"; Brasil Escola. Disponível em <https://brasilescola.uol.com.br/quimica/polimeros-condensacao.htm>. Acesso em 04 de julho de 2018.

FRANCHETTI, S. M. M; MARCONATO J. C. **Polímeros biodegradáveis – uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos**. Quim. Nova, Vol. 29, N°. 4,p 811-816, 2006. Disponível em: http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=2458. Acesso em: 25/07/2018.

FREIRE, R.M.M. (2001) Ricinoquímica. In: AZEVEDO, D.M.P. de; LIMA, E.F. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Serviço de Comunicação Tecnológica, 350p.

GARCIA, Adriana; **Estudo comparativo entre as técnicas de polimerização radical livre convencional e radical livre “viva” via raft para produção de poli(dimetilaminoetilmetacrilato)**. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Química de Lorena. Departamento de Engenharia Química-Lorena, 2005.

GIGANTE. F. B, P. AGRAWAL, E. M. ARAÚJO, T. J. A. M. **Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes**. Departamento de Engenharia de Materiais – Universidade Federal de Campina Grande. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v.6.2 127-139. 2011. _Disponível em: https://doi.org/10.14568/cp1_4. Acesso em: 5 jul. 2018

GONÇALVES, Paula Fernanda Almeida. **Obtenção e caracterização de compósitos poliméricos biodegradáveis obtidos via extrusão a partir de PLA (ácido polilático), amido de mandioca, glicerol e bagaço de cana-de-açúcar**. 2013. 83 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental). – Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Londrina, 2013.

GUERRA, P. M. **Modificação Química de Amido de mandioca e Blendagem com Poliéster Biodegradável**. 2010, 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

GUMEL, A. M.; ANNUAR, M. S. M.; CHISTI, Y. **Recent Advances in the Production, Recovery and Applications of Polyhydroxyalkanoates**. Journal of Polymers and the Environment, v 21, p 580, 2013.

JAHNO, Vanusca Dalosto,; LIGUABE, Roseane; EINLOFT, Sandra; SANTOS, Luiz Alberto dos. **Síntese e caracterização do poli (l- ácido láctico) para uso com**

biomaterial. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Departamento de Engenharia de Materiais da Escola de Engenharia da UFRGS, Porto Alegre 2010.

KARAKOSTA, C.; Askounis, D. **Developing countries' energy needs and priorities under a sustainable development perspective: A linguistic decision support approach**. Energy for Sustainable Development. V.14, n.4, 2010.

LEE, K-M., GILMORE, D. F. Formulation and process modeling of biopolymer polyhydroxyalkanoates: (PHAs) production from industrial waste by novel experimental design., Process Biochemistry, v. 40, p. 229 – 246.2003.

LIMA, U. A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W. **Biotecnologia Industrial** – Processos Fermentativos e Enzimáticos, v. 3. São Paulo: Edgard Blücher LTDA, 2001.

LIRA JÚNIOR, J.S.; BEZERRA, J.E. F.; LEDERMAN, I.E.; ROBERTO, J.M.M. **Produção e características físico-químicas de clones de cirigueleira na Zona da Mata Norte de Pernambuco**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife, v. 5, n. 1, p.43-48, 2010.

LIRA,J.C.L; “**Solventes**”; Info Escola. Disponível em <https://www.infoescola.com/compostos-quimicos/solventes/>. Acesso em 06 de julho de 2018.

LORENA, S., “**Resinas**”; Info Escola. Disponível em <https://www.infoescola.com/compostos-quimicos/resinas/>. Acesso em 04 de julho de 2018.

LUNT, J. **Large-scale production, properties and commercial application sofpolyl acticacid polymers**.Polymer Degradationand Stability, v.59. p.145-152, 1998.

MACHADO, Paula Forte de Magalhães Pinheiro Bonassi; **Polimerização via radical livre para polímeros lineares e ramificados usando iniciadores mono e**

difuncional. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química-Campinas, SP: [s.n.], 2004

MARTINS C. R., LOPES, W. A., ANDRADE J. B. de; **Solubilidade das substâncias orgânicas**. Quim. Nova, Vol. 36, Nº8. Salvador – BA, Brasil, 2013.

MORAES, Samara Boaventura de, 1989- **Polimerização em massa para a síntese de nanocompósitos poliméricos usando hidroxissais lamelares (HSLs)**- Campinas, SP: [s.n.], 2013.

OLIVEIRA, Nelson S. **Solubillidade de gases em membranas poliméricas**. 2006. 264 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Departamento de Química, Universidade de Aveiro, 2006.

PRADELLA, J. G. C. **Biopolímeros e Intermediários Químicos**. *Relatório técnico n. 84396-205*. Centro de Tecnologia de Processos e Produtos. Laboratório de Biotecnologia Industrial – LBI/CTPP. São Paulo, 2006.

PEDROLO, C.; **Hidrocarbonetos**. Info Escola. Disponível em <https://www.infoescola.com/quimica-organica/hidrocarbonetos/>. Acesso em 07 de julho de 2018.

PEREIRA C. G., Colla J. N., Carminatti L. P., Zilli M. B., Koenig F. **Estudo de novos polímeros biodegradáveis para a aplicação no segmento de utilidades domésticas**. I Congresso de Pesquisa e Extensão da FSG Caxias do Sul – RS, de 30 de setembro a 02 de outubro de 2013. Disponível em: <http://ojs.fsg.br/index.php/pesquisaextensao/article/viewFile/413/538> Acesso em: 03/06/2018

REDDY, C.S.K., GHAI, R., RASHMI; KALIA, V.C., 2003 **“Polyhydroxyalkanoates: an overview”**, Bioresource Technology, v. 87, p. 137-146.

REVISTA TEMAS ATUAIS EM BIOLOGIA. **Biopolímeros: uma alternativa favorável**. V.2, N.1 Doi: 10.4322/temasbio.n2.018, 2014. (ISSN 2358-

8616).Disponível em:
<http://www.temasbio.ufscar.br/?q=artigos/biopol%C3%ADmeros-uma-alternativa-favor%C3%A1vel> Acesso em: 27/05/2018

REVISTA GEONORTE, Edição Especial 5, V.7, N.26, p.61-77, 2016. (ISSN 2237-1419). Disponível em: www.periodicos.ufam.edu.br/revista-geonorte/article/view/2759/2495 Acesso em:17/05/2018

RHIM, J. W.; PARK, H. M.; HA, C. S. **Bio-nanocomposites for food packaging applications. Progress in Polymer Science**, Vol. 38, p. 1629– 1652, 2013

ROY, I., VALAPPIL S.P., MISRA, S.K., BOCCACCINI A.R., KESHAVARZ T., BUCKE C., **“Large-scaleproductionandefficientrecoveryof PHB with desirable material properties, from the newly characterized Bacillus cereus SPV.”**, Journal of Biotechnology, v. 132, p. 251-258.2007.

SANTANA, A.L.; **“Âmbar”**; Info Escola. Disponível em <https://www.infoescola.com/geologia/ambar/>. Acesso em 07 de julho de 2018.

SANTOS, Marcia, et.al. **Polimerização do estireno. Projeto FEUP 2013/2014 Mestrado Integrado em Engenharia Química-Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto- Porto**, 2014.

SANTOS, Dirceu Pereira. **Produção de Poli(hidroxialcanoatos) a partir de Glicerol** – Rio de Janeiro. Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Química, 2009.

SOUZA, Líria Alves de. **"Álcoois"**; Brasil Escola. Disponível em <https://brasilescola.uol.com.br/quimica/alcoois.htm>. Acesso em 07 de julho de 2018.

SCHNEIDER, Rosana de Cassia de Souza. **Extração, caracterização e transformação do óleo de rícino**. (Tese Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS)- Rio Grande do Sul. p.9.2002.

STURM, Bernhard. **Âmbar: Uma introdução à química orgânica**. Science in School. Tradução António Daniel Barbosa. Issue19: Summer 2011.

TEIXEIRA, M. A.V; CIACCO, C. F.; TAVARES, D. Q.; BONEZZI, A. N. **Ocorrência e caracterização do amido resistente em amidos de milho e de banana**, 1998 Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20611998000200019&script=sci_arttext. Acesso em: 21 de julho de 2014.

VARGAS, C. M. **Sustainable development education: Averting or mitigating cultural collision**. International Journal of Educational Development. V.20, n.5, 2000.

VIEGAS, C.P.R; **Estudo da Produção de Polihidroxialcanoatos (PHAs) por Chromobacterium violaceum** . Dissertação (Mestrado em Engenharia). Departamento de Engenharia de Química e Engenharia de Alimentos. Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Alimentos (UFSC), 2005.

WANG, Ning. et.al. Influence of form amide and water on the properties of thermoplastic starch/poly (lactic acid) blends. Carbohydrate Polymers, v.71, p.109-118,2008.

ZANATTA, Davi; MELLER, Gustavo T.; GALVAN, Jorge M.; RAQUEL, Vitor. **Polímeros Biodegradáveis. Departamento de engenharia química e engenharia de alimentos** – EQA do Centro Tecnológico – CTC da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2008.