

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA.
CAMPUS JARAGUÁ DO SUL
CURSO TÉCNICO EM QUÍMICA (MODALIDADE: INTEGRADO)**

Aline Repula dos Santos
João Vitor Kochella dos Santos
Larissa dos Santos
Pamela Aline Gorges
Ronaldo Galdino Nasário Junior
Sabrina Dolci Marques

PRODUÇÃO DE BIOPOLÍMERO A PARTIR DE REJEITOS ORGÂNICOS

Jaraguá do Sul (SC)
2016

Aline Repula dos Santos
João Vítor Kochella dos Santos
Larissa dos Santos
Pamela Aline Gorges
Ronaldo Galdino Nasário Junior
Sabrina Dolci Marques

PRODUÇÃO DE BIOPOLÍMERO A PARTIR DE REJEITOS ORGÂNICOS

Pesquisa desenvolvida no eixo formativo diversificado “Conectando os Saberes” do Curso Técnico em Química (Modalidade: Integrado) do Instituto Federal Santa Catarina - Campus Jaraguá do Sul.

Orientador: Msc. Elder Correa Leopoldino
Co-Orientadora: Dra. Luciana Valgas de Souza
Coordenadora: Msc. Ana Paula Duarte Souza

Jaraguá do Sul (SC)
2016

SUMÁRIO

1. TEMA	3
2. DELIMITAÇÃO DO TEMA	3
3. PROBLEMA	3
4. HIPÓTESES	3
5. OBJETIVOS	3
5.1. Objetivo Geral.....	3
5.2. Objetivos específicos.....	4
6. JUSTIFICATIVA	4
7. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
7.1. Indústria dos Polímeros.....	5
7.1.1. Tipos de Polímeros.....	6
7.2. Poluição Ambiental.....	8
7.3. Descarte de Resíduos.....	10
7.4. Rejeitos de Arroz e Batata.....	13
8. METODOLOGIA	15
8.1. Materiais Utilizados.....	15
8.2. Extração De Amido a Partir da Casca de Batata.....	15
8.2.1. Método de Casting.....	16
8.3. Preparação e Purificação da Casca de Arroz.....	16
8.3.1. Método de Buhner.....	17
8.4. Propriedades dos Polímeros.....	17
8.5. Testes Físicos.....	17
8.5.1. Análise Termogravimétrica (TGA ou TG).....	17
8.5.2. Biodegradabilidade.....	18
8.5.3. Ensaio de Tração Simples.....	19
8.5.4. Transparência de Luxímetro.....	20
8.6. Testes Químicos.....	21
8.6.1. Iodometria.....	21
8.6.2. Espectrometria de Infravermelho.....	21
8.6.3. 3 Titulação Condutimétrica.....	22
8.7. TRATAMENTO DE RESÍDUOS.....	22
9. CRONOGRAMA	23
10. REFERÊNCIAS	24

1. Tema

Produção de biopolímeros a partir de rejeitos orgânicos.

2. Delimitação de tema

Produção de polímeros biodegradáveis a partir da extração de amido e celulose, provenientes de rejeitos orgânicos como a casca da batata e do arroz.

3. Problema

O descarte de resíduos orgânicos, como por exemplo, cascas de vegetais e cereais é muito grande, porém há poucos meios de aproveitamento desses materiais. Com isso, o seguinte projeto propõe a *Produção de biopolímeros a partir de rejeitos orgânicos*, e acerca disto questiona-se: o biopolímero originado de rejeitos orgânicos é tão funcional quanto os polímeros provenientes de fontes fósseis?

4. Hipóteses

- Os biopolímeros produzidos se degradarão mais rapidamente que o biopolímero já comercializado.
- Depois de sessenta dias exposto a condições ambientais, os biopolímeros produzidos terão ao menos 50% da sua massa perdida através da biodegradação.
- Os biopolímeros produzidos apresentam flexibilidade equivalente ou superior a do biopolímero industrializado.
- A produção do biopolímero resultante da casca de arroz será mais viável, em relação ao tempo de produção, que biopolímero produzido através da casca de batata.
- Os biopolímeros gerados apresentarão características físicas semelhantes às do polietileno, polímero que origina o saco plástico.

5. Objetivos

5.1. Objetivo Geral

Produzir biopolímero a partir da extração de amido e celulose provenientes de rejeitos orgânicos - como a casca de arroz e de batata - e testar suas características físicas, bem como possíveis aplicações.

5.2. Objetivos Específicos

- Extrair amido da casca da batata.
- Extrair a celulose da casca do arroz.
- Quantificar o amido extraído por gravimetria.
- Produzir biopolímeros através do amido e da celulose.
- Avaliar suas propriedades físicas e químicas.
- Comparar através de testes físicos e químicos os biopolímeros produzidos com um biopolímero industrializado, com intuito de verificar a eficácia de ambos.
- Verificar o tempo de degradação dos biopolímeros.
- Analisar se os polímeros provenientes de fontes naturais possuem capacidade de substituir os polímeros derivados de fontes fósseis de maneira plena.

6. Justificativa

Segundo Rolim apud Men's Health (2007), anualmente são consumidos cerca de 2 milhões de toneladas de plásticos no Brasil, destes, apenas 17,2% são destinados a reciclagem para a fabricação de materiais como baldes, mangueiras, material de escritório, móveis de jardim, entre outros. Pelo fato de já ter sido utilizado uma vez e haver a possibilidade de contaminação esses plásticos não podem ser empregados na indústria alimentícia, já que não devem ter contato direto com os alimentos. Isso acarreta em uma grande demanda de plásticos fabricados para esta área.

Levando ao grande problema, a quantidade de embalagens produzidas - uma vez que esses produtos possuem uma vida útil muito curta. Atualmente cerca de um quinto de todo o lixo produzido pelos brasileiros é constituído por embalagens plásticas. São 25 mil toneladas que são destinados, todos os dias, para os depósitos de lixo. Todo esse resíduo ocasiona problemas ambientais, como esgotamento de aterros, devido ao longo tempo de degradação destes plásticos (de 40 a 400 anos), eles acabam sendo ingeridos por animais, entupindo a rede pública de esgotos, o que contribui para alagamentos, e quando

descartados inapropriadamente contaminam os rios e a água da população. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, sd)

Tendo consciência dos danos ambientais e dos danos causados às gerações futuras, foram criadas opções alternativas para minimizar os impactos ambientais, como a reciclagem, e mais recentemente o polímero ecológico. Nos últimos anos a produção e a utilização de biopolímeros, polímeros verdes e polímeros biodegradáveis vem surgindo como uma opção, e em razão de sua viabilidade econômica, apresentam grande potencial de expansão, estes são basicamente oriundos de fontes naturais, como o amido, e produzem menor impacto ao meio ambiente, se comparado aos polímeros convencionais. (BRITO *et al.*, 2011).

O amido é um dos polímeros naturais com maior potencial de aplicação no desenvolvimento de embalagens biodegradáveis, por ser renovável e obtido a partir de diversas fontes a baixo custo. (OLIVEIRA, 2010).

Tendo em vista a necessidade de reaproveitamento de rejeitos, bem como práticas de sustentabilidade, foi proposto o projeto *Produção de biopolímeros a partir de rejeitos orgânicos*, que busca produzir biopolímeros através da extração de amido presente na casca do arroz e da batata. O biopolímero produzido poderá ser empregado em algum material ou produto com funções específicas.

7. Fundamentação Teórica

Após a Segunda Guerra Mundial, a intensificação dos avanços tecnológicos impulsionou o processo de industrialização e com ele trouxe várias mudanças para o modo de vida das pessoas. No entanto, apesar das inúmeras vantagens que sucederam como a possibilidade de produção em larga escala, a industrialização teve como principal consequência a poluição desenfreada, colocando em risco o equilíbrio ecológico do meio ambiente e alterando assim as condições naturais das quais os seres vivos necessitam para sobreviverem e se desenvolverem de maneira plena. (LEAL, FARIAS E ARAUJO, 2008)

De acordo com Leal, Farias e Araujo (2008), esses procedimentos proporcionam praticidade ao cotidiano das pessoas, contudo, por terem surgido de forma rápida não houve nenhum tipo de acompanhamento acerca de seus impactos no meio ambiente, a

toxicidade dos resíduos produzidos ou possíveis danos à saúde. Um exemplo, é a produção em massa de plásticos, os polímeros.

7.1 Indústria do polímero

Segundo a Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST), nos anos de 2010 e 2011, o lucro do setor de plástico ficou em torno de R\$ 50 bilhões. Ainda em 2011, estima-se que as exportações brasileiras de produtos transformados totalizaram US\$ 1,5 bilhões. Sendo que as importações totalizaram US\$ 3,4 bilhões, aumento de 20% em relação ao período de 2010. No estado de São Paulo, o setor é o segundo maior empregador industrial e fechou o ano de 2011 com cerca de 190 mil trabalhadores.

7.1.1 Tipos de polímeros

Segundo Middlecamp *et al.* (2016), polímeros são macromoléculas obtidas pela combinação de um número imenso de moléculas pequenas, os monômeros. Dependendo do tipo de monômero utilizado, no número médio de meros por cadeia e tipo de ligações covalentes, pode-se dividir, por exemplo, o polímero em três grandes classes: plástico, borracha e fibras. O processo pelo qual isso é feito é denominado polimerização, como ilustra a Figura 1.

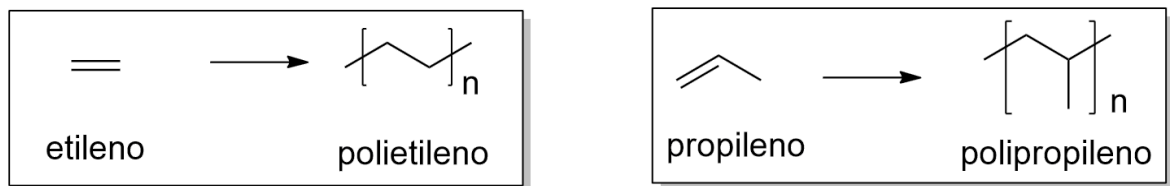


Figura 1. Exemplos de monômeros e seus respectivos polímeros. Fonte: elaborada pelo grupo.

Através da polimerização surgem variadas vertentes de polímeros, que são classificados de acordo com suas características. A página da Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM) na internet registra cerca de 1.500 produtos químicos produzidos em escala industrial. A indústria diferencia os polímeros entre si pela escala de produção, nível de consumo e valor agregado a eles. Entre os principais estão os polímeros naturais e os polímeros sintéticos.

Polímeros naturais são aqueles presentes nos organismos de animais e vegetais, como a celulose, amido, látex natural, caseína (proteína do leite), seda, fios de teia de aranha (proteína tipo beta queratina), podendo ser classificados em termoplásticos ou termorrígidos.

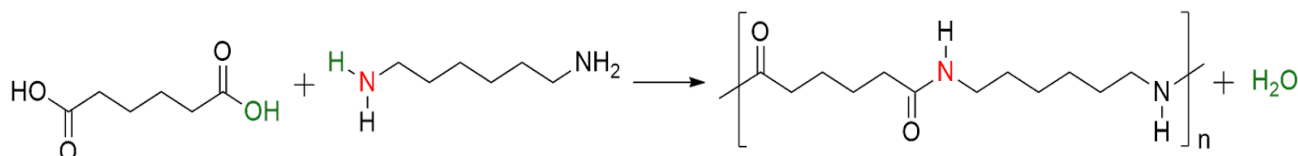
Já os polímeros sintéticos são uma classe mais recente e de grande relevância sua produção é feita de forma artificial. Como exemplos temos o politetrafluoretileno comercialmente conhecido como teflon, polietileno, o *nylon*, borracha sintética, poliéster, acrílico. Destes são denominados plásticos, materiais artificiais que em algum estágio de sua fabricação adquiriram forma com a ajuda de calor, pressão e moldagem. O plástico atualmente substitui com sucesso as mais diversas matérias-primas na fabricação de utensílios domésticos. Estes tipos de polímeros também podem ser termoplásticos ou termorrígidos e se classificam como de adição ou condensação.

Os termoplásticos podem ser derretidos e moldados, embora estejam sujeitos a um grau de degradação química, o que limita o número de reciclagens, por exemplo, celulose, poliamida, polietileno, policloreto de vinila, politetrafluoretileno, polipropileno, poliestireno e poliacrilonitrila.

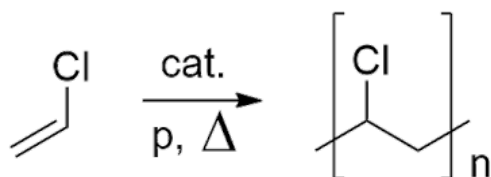
Os termorrígidos ou termofixos, apresentam como características serem polímeros infusíveis e insolúveis, adquirem, por aquecimento ou outro tratamento qualquer, estrutura tridimensional e rígida com ligações cruzadas. Seu formato não pode ser modificado, seu reprocessamento não é permitido e não é reciclável. Exemplos: caseína, poliuretano, baquelite, borracha vulcanizada, epóxi e silicone. (FONSECA, 2013) Por apresentarem características rígidas, não possibilitando o seu processamento e reciclagem são feitos de forma química. De acordo com Spinacé e Paoli (2005), esse tipo de reciclagem ocorre através de solvólise (hidrólise, alcoólise, amilose), sendo também possível por métodos térmicos (pirólise à baixa e alta temperaturas, gaseificação, hidrogenação), assim como também por meios catalíticos. “De modo geral, a solvólise é utilizada para polímeros como os poliésteres, as poliamidas e as poliuretanas. Já os métodos térmicos e/ou catalíticos são mais utilizados para poliolefinas.” (SPINACÉ; PAOLI, 2005) Esse tipo de reciclagem é muito utilizado em países da Europa assim como no Japão, enquanto no Brasil ela ainda está em desenvolvimento.

Segundo Oliveira e Gomes (2016), os polímeros de condensação (Esquema 1) são formados a partir de dois monômeros, sendo eles iguais ou diferentes, estes juntam-se e

uma molécula menor é eliminada, geralmente uma molécula de água. Já os polímeros de adição (Esquema 2), de acordo com Mano e Mendes (1999), são formados pela adição ou soma de vários monômeros, sendo eles iguais e sem a perda de massa.



Esquema 1. Polímero de Condensação: Poliamida (Náilon). Fonte: elaborada pelo grupo /adaptado.



Esquema 2. Polímero de Adição: Policloreto de Vinila. Fonte: elaborada pelo grupo /adaptado.

Dentro desse grupo de polímeros sintéticos é possível encontrar o que Middlecamp *et al.* (2016) chama de “Seis Grandes” por serem os seis principais (Figura 2). A classe dos Seis “correspondem a cerca de 75% dos polímeros usados na Europa e nos Estado Unidos”. (MIDDLECAMP *et al.* 2016, p. 381).


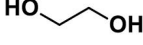
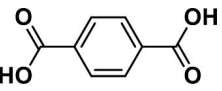





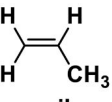

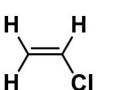

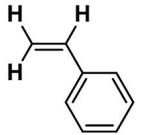
Polímero	Monômero(s)	Polímero	Monômero(s)
 PET	 etilenoglicol  ácido tereftálico	 LDPE	 etileno
 HDPE	 etileno	 PP	 propileno
 PVC	 cloreto de vinila	 PS	 estireno

Figura 2. Os Seis Grandes, onde: PET é o poli(tereftalato de etileno), PEAD é o polietileno, PVC é o policloreto de vinila, PEBD é o polietileno, PP é o polipropileno, PS é o poliestireno. Fonte: elaborada pelo grupo, adaptada de MIDDLECAMP *et al.*, 2016.

7.2. Poluição ambiental

Por meio da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, entende-se como meio ambiente o conjunto de condições e interações de caráter químico, físico e biológico, que possibilita a vida em suas mais variadas formas. O Art 3º inciso III desta lei define a poluição como sendo qualquer atividade que cause a degradação da qualidade ambiental e que direta ou indiretamente:

- a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c) afetem desfavoravelmente a biota;
- d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

(LEI nº 6.938, 1981)

Entre as principais formas de degradação ambiental temos o aquecimento global, que se caracteriza pela emissão de gases poluentes no ar, seus principais causadores são as indústrias e os automóveis. A poluição da água ocorre por meio do depósito de dejetos nos corpos hídricos, sendo acentuado com o aumento da população, a falta de tratamento de esgoto nas grandes cidades, resíduos industriais sendo descartados nos rios, lagos e córregos. A poluição do solo por sua vez é causada pelo descarte de resíduos com potencial degradante em áreas do solo sem o cuidado necessário, os maiores poluidores de solo são os aterros sanitários, que acumulam toneladas de material descartado, outra fonte dessa contaminação são os agrotóxicos. Por mais que não sejam tão discutidas, as poluições sonora e visual também possuem papel de destaque nas alterações causadas ao meio ambiente. Como o nome sugere, elas nada mais são que o excesso de estímulos visuais e sonoros que podem desencadear estresse, ansiedade, prejudicar a capacidade de concentração e o sono, são consequências da vida no meio urbano, exposto à carros, máquinas, propagandas, sinalização. (PENSAMENTO VERDE, 2014)

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (s.d.), diariamente são produzidos cerca de 25 mil toneladas de lixo somente no Brasil, entre os cinco tipos de poluição descritas anteriormente, o plástico está relacionado a duas: contaminação do solo e da água. Por ser difícil de compactar, ocupa um espaço considerável no ambiente, atrapalhando a decomposição de outros materiais. Outro importante fator é a resistência a

fungos e bactérias, sua completa degradação demora cerca de 100 mil anos quando em contato direto com o solo. Além disso, por ser leve, o plástico espalha-se com facilidade pelo ambiente, frequentemente indo parar nos rios e oceanos e prejudicando a vida aquática, já que muitos animais se enganam e o consomem acreditando se tratar de alimento causando mortes por asfixia. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, sd)

As embalagens são responsáveis por boa parte dessa intensificação da contaminação do solo, com tempo de uso muito curto, elas vão sendo fabricadas aos montes e indo parar rapidamente nos aterros sanitários e nos corpos hídricos. Mas apesar da produção elevada das embalagens plásticas, elas ainda ficam atrás das sacolas, estima-se que são produzidas anualmente 150 toneladas de sacolas plásticas e 90% delas vão parar no lixo.

Desde 1972, em Estocolmo, os governantes de cada nação se reuniram para debater iniciativas e possíveis soluções para as causas ambientais. A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano chamou atenção do mundo para a devastação que o homem está provocando em seu próprio habitat, e o acordo selado nesta ocasião foi o primeiro de muitos compromissos que a humanidade firmou com o meio ambiente.

No caso dos plásticos, essa preocupação em minimizar os danos causados a natureza, acarretou em medidas como a diminuição do consumo de embalagens e sacolas, a reciclagem e reutilização desses materiais, e mais recentemente vem sendo estudados meios de fabricação de plásticos menos resistentes à degradação, e que possam se decompor em cerca de seis meses. Pachekoski *apud* Machado (2011), relata que para que isso seja possível é necessário alterar a estrutura química do polímero, o que leva uma perda irreversível das propriedades de uso do material, já que a biodegradação é a degradação causada por atividade biológica de ocorrência natural por ação enzimática.

7.3. Descarte de resíduos

Como citado anteriormente, os plásticos são destinados a aterros, mas esses estão ficando cada vez mais escassos. Os problemas ambientais causados pelos plásticos se agravam quando o seu descarte é feito de forma incorreta. Isso faz com que as técnicas de reciclagem e incineração venham sendo mais utilizadas.

A norma NBR 10004 de 2004 (ABNT, 2004), define resíduos sólidos como sendo resíduos que resultam de atividades de origem industrial, doméstico, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição que estejam no estado sólido ou semi-sólidos.

Após a produção de resíduos sólido é necessário fazer um processo de tratamento ou reaproveitamento para ele. De acordo com Brandrup (1992), *apud* Silva & Paoli (2005), atualmente, são utilizados quatro tipos de tratamento, classificados como primário, secundário, terciário e quaternário.

O tratamento primário se trata da reintrodução de fragmentos de polímeros no ciclo de produção para a fabricação de plásticos semelhantes. Já o secundário é o aproveitamento dos materiais plásticos pós-consumo que serão descartados, esses materiais geralmente são levados a aterros sanitários, sistema de coleta seletiva, entre outras. É feita uma separação por tipo de plástico, eles são limpos e misturados para a produção de um novo plástico. O tratamento terciário utiliza desses resíduos plásticos para a geração de produtos químicos e combustíveis, e isso é feito através de processos termoquímicos (pirólise, conversão catalítica). Após esses processos o resíduo pode ser transformado novamente em matéria prima que podem originar as resinas virgens e outras substâncias como gases e óleos combustíveis. E, por último, a reciclagem quaternária que é a queima dos resíduos para a geração de calor, vapor ou energia. Estima-se que a queima desses resíduos diminui de 90% a 99% em volume, comparado com a quantia que é destinado para aterros. A energia gerada pode ser tanto térmica como elétrica, esse tipo de reciclagem vem sendo feita em diversos países e é recomendado pelo IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas da ONU).

Como uma nova opção para diminuir esses danos, estão sendo desenvolvidos e aprimorados os polímeros biodegradáveis, polímeros verdes e biopolímeros, estes podem ser orgânicos ou inorgânicos. Conforme a revista *Royal Society Of Chemistry* (2014), exemplos de polímeros inorgânicos são as zeólitas e argilas.

Segundo Brito *et al.* (2011), os polímeros biodegradáveis são aqueles que a sua degradação é proveniente da ação natural de microorganismos tais como bactérias, fungos e algas, e que podem ser consumidos em semanas ou em meses, conforme as condições de biodegradação. O que mais tem chamado atenção nesse grupo, é que podem ser derivados de fontes naturais renováveis, como milho, celulose, batata, cana-de-açúcar, ou por meio da sintetização através de bactérias. O impacto ambiental que estes causam em

relação a sua origem tem proporcionado uma oscilação positiva de CO₂ (dióxido de carbono) logo após o estado de compostagem e também, polímeros dessa classe possibilitam a formação de um ciclo de vida fechado.

Os polímeros verdes são aqueles que ao longo da sua síntese, processamento ou degradação produzem menor impacto ambiental em relação aos convencionais. Sua síntese normalmente ocorreria através de matéria-prima provinda de fontes fósseis, contudo, os avanços tecnológicos possibilitaram a síntese através de fontes renováveis. Para que seja possível essa diferenciação, é adicionado o adjetivo 'verde' ao final do nome do polímero. Exemplos de polímeros verdes são polietileno verde (PE verde) e o policloreto de vinila verde (PVC verde). (BRITO *et. al.* 2011)

Por fim, tem-se os biopolímeros, que segundo Pradella (2006), são classificados de acordo com a sua estrutura, essas são tidas como polissacarídeos, poliésteres e poliamidas. Para uma melhor manufatura do biopolímero, a principal matéria-prima é extraída de fontes de carbono renovável. Em muitos casos a extração é feita de um carboidrato proveniente de plantações comerciais de grande escala. Exemplos desses carboidratos são cana-de-açúcar, milho, batata, trigo e beterraba. Além desses, também é possível a extração de óleo vegetal proveniente da soja, do girassol, assim como de outra planta que contenha óleo.

A Tabela 1, mostra algumas possibilidades de substituições de polímeros derivados de fontes fósseis por biopolímeros. “Apesar de todas as vantagens, os biopolímeros possuem algumas limitações técnicas que tornam difícil sua processabilidade e seu uso como produto final”. (BRITO *et. al.*, 2011).

Tabela 1. Possibilidades de substituições por biopolímeros.

Polimero	PVC	PEAD	PEBD	PP	PS	PMMA	PA	PET	PC
Amido	-	+	+	+	+	-	-	-	-
PLA	-	+	-	+	+	-	+	+	-
PHB	-	+	-	++	+	-	-	-	-
PHBHx	+	++	++	++	+	-	-	+	-

++ substituição completa; + substituição parcial, - não substitui.

Fonte: BRITO *et. al.* (2011, p.128). Onde: PVC (policloreto de vinila), PEAD (polietileno de alta densidade), PEBD (polietileno de baixa densidade), PP (polipropileno), PS (poliestireno), PMMA (polimetilmetacrilato), PA (poliamida), PET (polietileno tereftalato) e PC (policarbonatos)

O amido é um dos polímeros naturais com maior potencial de aplicação no desenvolvimento de embalagens biodegradáveis, por ser renovável e obtido a partir de diversas fontes a baixo custo. (OLIVEIRA, 2010).

Conforme Teixeira *et. al.* (1998), entende-se amido como sendo um carboidrato nutricional, sendo um polissacarídeo composto de amilose e amilopectina, facilmente hidrolisadas, produzindo carboidratos de baixo peso molecular.

A aplicação do amido na produção de plásticos se baseia nas propriedades químicas, físicas e funcionais da amilose para formar géis e na sua capacidade para formar filmes. As moléculas de amilose em solução, devido à sua linearidade, tendem a se orientar paralelamente, aproximando-se o suficiente para que se formem ligações de hidrogênio entre hidroxilas de polímeros adjacentes. Como resultado, a afinidade do polímero por água é reduzida, favorecendo a formação de pastas opacas e filmes resistentes. (WURZBURG, 1986).

Apesar dos biopolímeros, por si só, apresentarem um avanço no quesito sustentabilidade, existem formas de aprimoramento para que possam servir também como uma maneira de reaproveitamento de resíduos, como a casca da batata, do arroz, da mandioca e a bainha foliar da palmeira real. No entanto, esses compostos biodegradáveis devem ser empregados na fabricação de produtos de curto tempo de vida útil, como o caso das embalagens citadas anteriormente, já que possuem alterações em sua composição e podem perder algumas propriedades, comprometendo a durabilidade do material. (MACHADO, 2011)

7.4. Rejeitos de arroz e batata

De acordo com a Epagri (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina), o cultivo de arroz irrigado em Santa Catarina é distribuído em cinco regiões distintas, sendo elas o Alto, Médio e Baixo Vale do Itajaí, Litoral Norte e região Sul de Santa Catarina abrangendo ao todo 149.000 hectares.

O Brasil segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), produziu no ano de 2015 cerca de 12.301.201 toneladas de arroz em casca, enquanto que em Santa Catarina foram produzidas 1.081.537 toneladas do cereal.

Sendo o principal produto agroindustrial catarinense, o arroz parboilizado é comercializado, principalmente nos estados do Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro e nos estados do Nordeste brasileiro. Os catarinenses consomem cerca de 250 mil toneladas de arroz anualmente, representando apenas 25% da quantidade total produzida. (EPAGRI, s.d)

As empresas beneficiadoras de arroz, por buscarem atualmente um acesso melhor a matéria prima, foram se instalando na região. Atualmente existem aproximadamente 54 indústrias associadas ao Sindicato da Indústria do Arroz no Estado de Santa Catarina (SINDARROZ/SC), sendo que 16 pequenos engenhos não são associados, funcionando apenas nos meses de safra. A capacidade de beneficiamento é de 1,4 milhões de toneladas de arroz em casca, das quais um milhão é produzida no Estado e 400 mil toneladas são adquiridas principalmente do Rio Grande do Sul. (EPAGRI, s.d)

Santa Catarina, além de importar exporta para outros estados, diretamente por seus produtores, ou até mesmo por suas indústrias, cerca de 180 mil toneladas de arroz em casca. Embora o estado, apresente um exemplar desempenho da lavoura orizícola (cultivo de arroz), ainda existem algumas questões a respeito da sustentabilidade da produção de arroz e de como pode ser reduzido os risco de haver quaisquer impactos ambientais, como o desenvolvimento de cultivares mais eficientes e o desenvolvimento de tecnologias mais limpas, podendo ocorrer uma melhora na sustentabilidade da produção do arroz irrigado em Santa Catarina. (EPAGRI, s.d)

Conquanto o arroz, é um dos cereais mais cultivados no mundo, sendo importante para várias culturas, ele também traz seus problemas como as milhões de toneladas de sua própria casca. (JACINTO, *et. al.* 2016)

“A grande quantidade destes resíduos biológicos e lignocelulósicos tem resultado em uma extensa pesquisa para a sua utilização. A utilização mais comum destes resíduos é para a produção de eletricidade em unidades para a produção de calor e eletricidade.”
(JACINTO, *et. al.* 2016)

Segundo CORTEZ, *et. al.* (2008), *apud* JACINTO, *et. al.* (2016), a produção da casca do arroz no mundo chega a 80 milhões de toneladas por ano. Através do processo de beneficiamento do arroz tem-se como resíduo a sua casca. Sendo a casca de arroz um

dos mais abundantes resíduos agrícolas, estima-se que para cada hectare de cultura deste cereal, são produzidos em média 4 mil a 6 mil (kg) de resíduos.

Há dois métodos utilizados como descarte da casca de arroz, o primeiro feito através do método de compostagem da casca do arroz, processo que reduz sua carga orgânica significativamente, porém leva em média 5 anos para que os resíduos se decomponham e esses ao se decomporem acabam por depositar um grande volume de metano (CH_4) no solo. Já a segunda forma, seria a queima da casca de arroz controlada a céu aberto, emitindo grande quantidade de monóxido e, também, dióxido de carbono (CO e CO_2). (MAYER, HOFFMANN, RUPPENTHAL, 2006, p.1)

Devido ao seu alto poder calorífico de aproximadamente 16720 kJ/kg e do seu custo praticamente nulo, ele está sendo usado cada vez mais como substituto da lenha gasta para a geração de calor e de vapor, nos processos de secagem e parboilização dos grãos. Com a queima de sua casca em fornalhas a céu aberto ou em fornos especiais com a temperatura controlada, é gerado no processo final as cinzas deste produto, denominado residual quando obtido sem controle de temperatura e tempo de exposição. (JACINTO, 2016)

No caso da batata, para o estado de Santa Catarina a cultura da batata é de grande importância econômica e social. Conforme os dados da EPAGRI no ano de 2008, foram produzidos cerca de 81.711 toneladas de batata-inglesa. Tendo como principais áreas para a sua produção as regiões de Canoinhas e São Joaquim, localizadas no Planalto Catarinense. Possuindo grande importância econômica nas regiões do Litoral Sul e Vale do Itajaí na produção e consumo da batata. Sendo a região Sul responsável por 53,3%, tendo a sua produção distribuída por seus três estados sendo eles, o estado de Santa Catarina, Paraná e o Rio Grande do Sul.

De acordo com Ávila (2012), *apud* Neves *et. al.*, no Brasil são descartados cerca de 300 mil toneladas de casca de batata como rejeito, em suas cascas e no resto de sua polpa encontramos aproximadamente 25,60% de amido em massa. Quantidade essa que poderia ser reaproveitada e conseqüentemente possibilitaria uma diminuição nos impactos ambientais, que este mesmo rejeito provoca, tendo como possibilidade a utilização desta casca como matéria prima na produção de bioplásticos.

8. Metodologia

8.1. Materiais utilizados

Os reagentes empregados na purificação e síntese da celulose da casca do arroz e do amido e da batata são: anidrido acético (96 a 99%), ácido acético glacial (99,7%), ácido sulfúrico (98%), álcool etílico (99,7%), ácido nítrico (65%), hidróxido de sodio (98%), ácido clorídrico (37%) e glicerina (99,5%).

As amostras - cascas de batata e arroz - serão obtidas respectivamente, de um restaurante do município e de uma empresa alimentícia, estas serão armazenadas em recipientes plásticos até o momento de sua utilização. Para o desenvolvimento do seguinte projeto, primeiramente, faz-se necessária a preparação das amostras.

8.2. Extração de amido a partir da casca da batata

As cascas da batata serão submetidas a um processo mecânico em que serão trituradas, filtradas, decantadas e secas, seguindo a metodologia *Casting* descrita por Neves *et. al.* (2013). Essa metodologia consiste na solubilização do amido em um solvente, no caso a água.

Serão pesados 50,0 g de casca da batata, adicionando logo em seguida 250 mL de água destilada, já aquecida. Em seguida, a solução será colocada sob a chapa de aquecimento e submetida a agitação mecânica por cerca de 30 minutos. Seu aquecimento deverá ser realizado até que a mesma apresente coloração opalescente.

Após essa etapa a solução será filtrada, separando o sólido do líquido, para então ser depositada em um funil de decantação, a amostra final será seca a temperatura ambiente.

8.2.1. Método de Casting

Segundo o método de Casting, *apud* Neves *et. al.* (2013), depois de extraído, o amido deverá ser solubilizado em água e submetido a aquecimento em torno de 65°C sob agitação mecânica, até que haja sua completa homogeneização. Então será adicionado 15 mL de ácido clorídrico (HCl) 0,1 mol.L⁻¹ e 20 mL de glicerina (C₃H₅(OH)₃) 0,1 mol.L⁻¹, para garantir uma consistência plástica ao biopolímero.

Ainda mantendo o sistema sobre aquecimento e agitação, espera-se a formação de uma massa densa, com posterior liquefação desse conteúdo, momento em que deve ser

acrescentado o hidróxido de sódio (NaOH) $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$. Esse será empregado com intuito de neutralizar o ácido presente no sistema, cessando a sua ação sobre os grânulos de amido e permitindo assim, que o processo de retrogradação da cadeia e formação do plástico ocorram, tendo como produto final um fluido que posteriormente passará por um processo de secagem. Os filmes então serão obtidos no laboratório pelo método “*casting*”, que consiste em espalhar a solução formadora do filme em uma superfície lisa e deixar secar. (DEBEAUFORT; QUEZADA-GALLO; VOILLEY, 1998). Assim ocorrerá a evaporação dos solventes presentes na solução, tendo assim a formação de um filme polimérico transparente.

8.3. Preparo e purificação da casca de arroz

Para a extração e purificação da celulose proveniente das cascas de arroz será utilizado o método baseado em Meirelles (2007) e Reis *et. al.* (2009) *apud* PINTO, CALLONI e SILVA. Este método consiste primeiramente na lavagem com água de 50 g de casca de arroz, em um béquer de 500 mL, filtrando a casca logo após o processo. Em seguida, no mesmo béquer serão adicionados 250 mL de uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) $1,25 \text{ mol.L}^{-1}$, com a finalidade de remover a lignina, silicatos solúveis, pectinas e outras impurezas da casca. Posteriormente o béquer será fechado com papel *craft* e colocado na autoclave, sob pressão de 1,5 atm, por um período de 45 min.

Após este processo, será retirado o líquido sobrenadante da casca, e a casca purificada será colocada em refluxo dentro de um balão volumétrico de 250 mL, adicionando 100 mL de uma mistura de 20% (v/v) de ácido nítrico (HNO_3) e etanol ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$), sendo esta quantidade suficiente para cobrir toda a massa. O processo dura cerca de três horas, e a cada 60 minutos a mistura reacional deverá ser trocada, retirando o líquido sobrenadante e adicionando os reagentes puros novamente. Depois da finalização do refluxo, a casca será lavada com água deionizada e colocada para secar em estufa a 100°C por 2 h.

8.3.1. Método de Buhner

Com algumas adaptações, será utilizado o método proposto por Buhner (1996), no qual serão utilizados 1,0 g da casca de arroz já purificada, logo após será adicionado 9,5 mL de ácido acético glacial (CH_3COOH), 4,6 mL de anidrido acético ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3$) e por final

será adicionado 2,7 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado, quantidade essa a ser empregada de uma forma catalítica sem que degrade a casca de arroz purificada, o que impossibilitaria a produção do acetato de celulose.

Inicialmente o sistema será submetido a agitação magnética durante 6 horas, adicionando água deionizada para evitar a formação de precipitados. Após este processo a mistura resultante será filtrada a vácuo e lavada por três vezes com 5 mL de água destilada, para serem retirados os excessos de ácidos remanescentes na mistura. Por fim, após o procedimento laboratorial, serão levados à estufa a 45 °C por 6 h. Obtendo-se através desta síntese um sólido amorfo de coloração branca.

8.4. Propriedades dos polímeros

Serão realizados no decorrer da execução do projeto, testes de caráter físicos e químicos, com intuito de quantificar e qualificar as propriedades presentes no biopolímero produzido, além de comparar estas características as de um biopolímero já comercializado e também as de um polímero proveniente de fontes fósseis, no caso o polietileno.

8.5 TESTES FÍSICOS

8.5.1. Análise Termogravimétrica (TGA ou TG)

De acordo com Denari (2013), *apud* Ionashiro e Giolino, (1980), a termogravimetria pode ser definida como a técnica termoanalítica na qual a massa de uma substância é medida em função da temperatura, enquanto a substância é submetida a uma programação controlada de temperatura.

Para o teste será submetido uma determinada massa da amostra e o equipamento (Figura 3) fornecerá uma rampa de temperaturas de decomposição da amostra, que serão os picos de perda da massa no qual os grupos funcionais e a molécula estão se decompondo. Objetivo é analisar a alteração da massa.

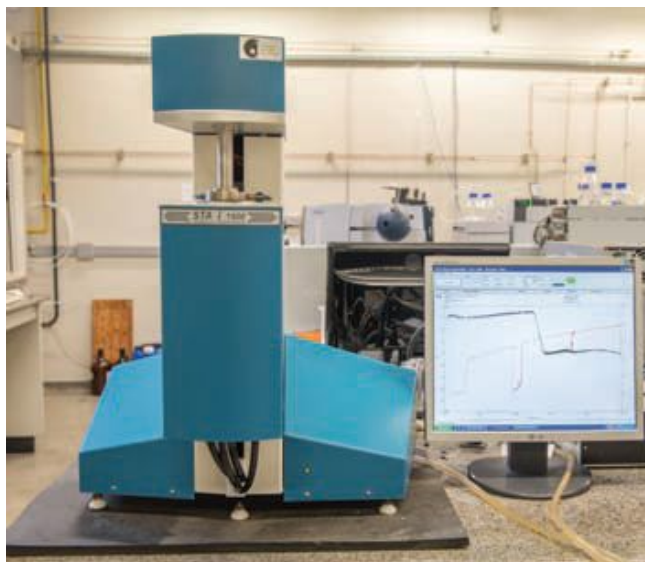


Figura 3: Termobalança modelo sTA i 1500. Fonte: Google Imagens

8.5.2. Biodegradabilidade

Testes de biodegradabilidade possuem como fim quantificar a capacidade de degradação de biopolímeros, os testes ocorrem em ambientes laboratoriais controlados, no entanto visam simular ao máximo a etapa final da vida de um produto biopolimérico, a etapa em que este é descartado e se deteriora, via efeitos climáticos e/ou ação de microorganismos.

Tendo em vista a necessidade de avaliar a taxa de biodegradabilidade dos biopolímeros sintetizados durante a execução do projeto serão feitos experimentos controlados para analisar a capacidade de degradação de um polímero comercial qualquer e dos biopolímeros sintetizados a partir das cascas de arroz e batata, em relação ao tempo que ficam expostos aos efeitos climáticos reproduzidos em laboratório, assim podendo comparar a sua massa final e avaliar a sua taxa de degradação.

O teste consiste em replicar em um ambiente limitado a degradação sofrida pelos produtos plásticos, que são descartados de forma indevida e acabam se decompondo por meios naturais, desta forma, será desenvolvido um terrário, que terá dentro de si terra e matéria orgânica.

As amostras de bioplásticos e de plásticos comerciais serão primeiramente pesadas em uma balança analítica, e terão sua massa inicial registrada, então as mesmas serão armazenadas durante dois meses nos terrários, e terão sua degradação acompanhada diariamente, de forma que não afete a sua trajetória de decomposição, mas que se possa

registrar as suas fases de degradação. Ao final dos dois meses o restante das amostras serão removidas do ambiente simulado e novamente serão pesadas na mesma balança analítica, o padrão analisado para comparar a taxa de degradação dos biopolímeros sintetizados com o polímero comercial será o resultado em gramas da variação da massa obtida após o teste de biodegradação.

8.5.3. Ensaio de tração simples

Para Mendes *et. al.* (2007, p.3) o ensaio de tração é amplamente utilizado com objetivo de levantamento de informações básicas sobre a resistência dos materiais. Este consiste na aplicação de uma carga uniaxial crescente a um corpo de prova específico, ao mesmo tempo em que são medidas as variações no comprimento.

As especificações quanto à forma e dimensões dos corpos de prova, velocidade de tensionamento, base de medida, etc., são ditadas pela norma técnica correspondente. (MENDES *et. al.* 2007, p.3)

No ensaio de tração, uma amostra do material é submetida a um esforço longitudinal, as extremidades recebem garras do equipamento de medição. A partir das medidas de cargas e os respectivos alongamentos, é possível a construção de uma curva tensão-deformação, a Figura 4 ilustra essa relação para diferentes tipos de polímeros. (MENDES *et. al.* 2007, p.3)

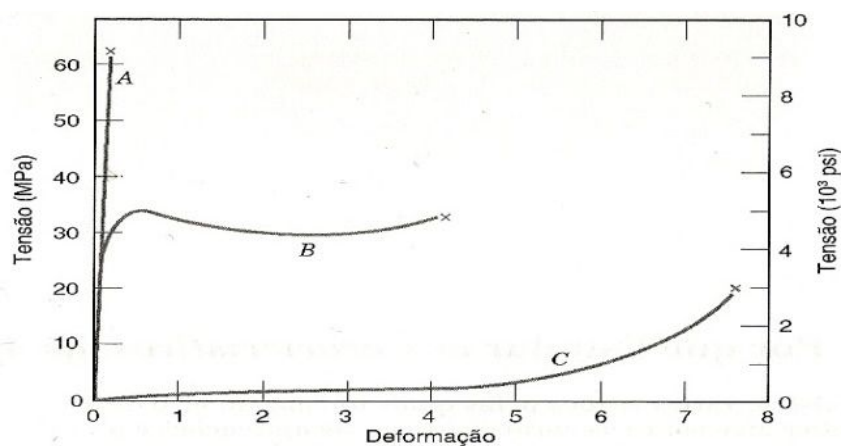


Figura 4. Comportamento tensão-deformação para polímeros frágeis (A), plásticos (B) e elásticos (C).

Fonte: Google imagens

Um material pode ser considerado elástico, se ao retirar o esforço sobre ele, este volta a suas dimensões iniciais. Cada material possui uma região elástica, em que o comprimento retorna ao valor inicial se o ensaio for interrompido nesta região, porém há

uma tensão máxima que leva ao limite a elasticidade do material. (MENDES *et. al.* 2007, p.4).

Esse teste será empregado a fim de determinar o limite de elasticidade dos biopolímeros produzidos, do biopolímero comercializado e do polietileno, possibilitando uma comparação entre três.

8.5.4. Transparência em luxímetro

Segundo Brevigliero, Possebom e Spinelli (2009), um luxímetro trata-se de um mini amperímetro ligado a uma célula fotoelétrica. Quando a luz incide sobre ela, uma corrente é formada, carregando positivamente o semicondutor da célula, enquanto a parte metálica do sensor fica carregada negativamente, gerando assim uma diferença de potencial. Esse potencial é lido pelo aparelho e convertida para o valor equivalente em lux (unidade de iluminância) nos luxímetros digitais, enquanto nos analógicos, o mesmo é indicado através de uma escala graduada. Para o manuseio desse aparelho, existem alguns aspectos a considerar, conforme apresentado pela norma NBR 15215 e exemplificado na Figura 5.



Figura 5. Luxímetro. Fonte: Google imagens

Este teste será realizado no Laboratório de Física do Instituto Federal de Santa Catarina - Campus Jaraguá do Sul, com algumas adaptações. O intuito deste teste é medir a transparência dos biopolímeros e do polietileno.

8.6 TESTES QUÍMICOS

8.6.1. Iodometria

Será realizado uma titulação de iodometria com o intuito de comprovar que no biopolímero produzido a partir da casca da batata, contém a presença de amido. Neste processo o iodeto será oxidado a iodo e posteriormente titulado com uma solução padrão de tiosulfato de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$).

Para a realização desta titulação, o amido extraído da casca da batata será utilizado como indicador já que na presença de iodo o amido adquire uma coloração azul intensa. Esta diferença de cor é devido à adsorção de íons triiodeto (I_3^-) pelas macromoléculas do amido. E para efetuar essa titulação usaremos do método direto que utiliza de uma solução padrão de iodo (I_2), que é preparada mediante a dissociação de iodo em solução aquosa de iodeto de potássio (KI), esse método introduz o iodo diretamente na titulação como oxidante na reação;

8.6.2. Espectrofotometria de infravermelho

Um dos testes a serem realizados é a espectroscopia de infravermelho, que consistem em caracterizar um material a partir do padrão de absorção que ele apresenta para radiação eletromagnética na faixa do infravermelho. Um dos objetivos centrais desse teste é verificar os níveis de energia vibracionais de ligações químicas presentes na molécula do biopolímero.

Segundo Luz (2003), as transferências eletrônicas estão localizadas na faixa do infravermelho ou visível, as vibracionais na faixa do ultravioleta e visível e as rotacionais na região de microondas ou em alguns casos específicos, na região do infravermelho longínquo.

Para Luz (2003), mesmo que as espectroscopias sejam semelhantes às vibrações moleculares os mecanismos de base da sondagem dessas vibrações são exclusivos de cada uma delas. Para a obtenção de acetato de celulose a partir da casca de arroz, do amido provindo da batata, assim como para o polímeros resultantes, será utilizada a metodologia descrita por Pinto, Calloni e Silva (2013) e será feito o uso da Espectroscopia na região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR). Esta análise será realizada no laboratório de materiais do IFSC - Câmpus Geraldo Werninghaus. A análise será realizada diretamente da amostra sólida, na região 400 a 4000 cm^{-1} .

Para a execução do projeto de obtenção do acetato de celulose, a FTIR baseada em Pinto, Calloni e Silva (2013), será aplicada pois esta permite que os picos do material em análise sejam separados em bandas, e, essas bandas são separadas conforme suas posições. Com essa separação feita, é possível se identificar os diversos grupos funcionais característicos presentes no acetato de celulose.

8.6.3. Titulação condutométrica

De acordo com Ohlweiler (1981), o processo de titulação condutométrica acompanha a variação da condutividade elétrica no curso da titulação. Esse procedimento será realizado no laboratório de Química do IFSC - Campus Jaraguá do Sul e consiste em analisar por meio de um condutivímetro a capacidade de uma solução de transmitir corrente elétrica através dos íons da amostra, primeiramente pelos íons A^+ da amostra e após o ponto de equivalência pelos íons C^+ do reagente titulante, de acordo com a Figura 6.

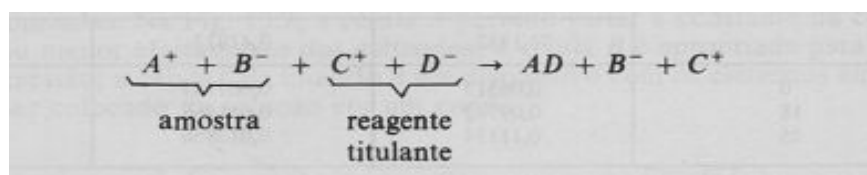


Figura 6. Titulação ácido-base. Fonte: Fundamentos de análise instrumental

Sendo assim será possível medir o grau de acetilação do acetato de celulose presente nos biopolímeros sintetizados a partir dos dejetos do arroz, no caso do amido proveniente da casca da batata este será submetido ao mesmo processo. Para isso os biopolímeros serão devidamente dissolvidos e então, em forma de solução passarão por uma titulação com uma base padronizada, os valores de condutividade serão acompanhados, possibilitando a construção de um gráfico que ilustrará a curva de titulação das soluções provenientes dos biopolímeros.

8.7. Tratamento de resíduos

Após a determinação dos métodos para a purificação da casca de arroz e a obtenção do acetato de celulose e do amido, será realizado um estudo para a recuperação e descarte adequado dos resíduos gerados.

Segundo Pinto, Calloni e Silva (2013), o líquido proveniente do método de purificação na autoclave com a casca de arroz e a solução de hidróxido de sódio (NaOH), é composto principalmente por lignina, sílica e água. Essa mistura deverá ser colocada em estufa a 105 °C, durante 3 h para então poder ser descartada corretamente.

De acordo com Lassali, para a neutralização das soluções resultantes, respectivamente, da síntese do acetato de celulose - mistura de ácido acético (CH₃COOH), ácido sulfúrico (H₂SO₄) e água - e do refluxo, composto por ácido nítrico (HNO₃) e etanol (C₂H₆O), será necessário o preparo de uma mistura contendo bicarbonato de sódio (NaHCO₃) e carbonato de cálcio (CaCO₃), adicionando a mistura até que às soluções apresentem um pH entre 6.0 e 8.0. Então será descartado o líquido sobrenadante na pia, e caso haja precipitados, estes serão depositados no lixo contaminado para serem enviados a seu destino devido.

Enquanto que o líquido gerado na extração do amido e a casca restante do processo de filtração, serão descartados no lixo orgânico por não apresentarem risco de contaminação.

9. Cronograma

Atividade/Período	Março	Abril	Maió	Junho	Julho
Aprofundamento da fundamentação teórica	X	X	X	X	
Obtenção da casca de arroz e da batata	X				
Extração do amido da casca da batata e a extração da celulose da casca do arroz	X				
A produção do biopolímero a partir dos rejeitos orgânicos	X	X	X	X	
Testes		X	X	X	
Redação da versão final					X
Apresentação do relatório final					X

10. Referências

ABIPLAST. **PERSPECTIVAS PARA 2012 APRESENTAM MELHORA NO DESEMPENHO DO SETOR.** São Paulo, 20 jan. 2011. Disponível em: <<http://www.abiplast.org.br/PlastinformaSemanal09A1301.pdf>>. Acesso em: 31 out. 2016.

ABIQUIM. **Pacto Nacional da Indústria Química** - as 17 moléculas que mudaram a história. São Paulo, Abiquim, 2010. Rio de Janeiro, Zahar, 2003.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15215: Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição.** Rio de Janeiro, ABNT, 2003.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5413 – Iluminância de interiores.** Rio de Janeiro, ABNT, 1992.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação.** Rio de Janeiro: Abnt, 2004. 71 p.

AUGUSTO, Tatiana. **Introdução a Polímeros Condutores: Síntese e Caracterização Eletroquímica da Polianilina:** Trabalho de conclusão: disciplina de preparação pedagógica 1º Semestre de 2009. 2009. 10 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade de São Paulo Instituto de Química, São Paulo, 2009. Disponível em:

<http://www2.iq.usp.br/pos-graduacao/images/documentos_pae/1sem2009/quimica_organica/quimica_analitica/tatiana.pdf> Acesso em 20 nov. 2016.

BRANDRUP, Johannes. **PREREQUISITES FOR SUCCESSFUL RECYCLING OF POLYMER WASTE.** Frankfurt am Main. 1992. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/masy.19920570106/epdf?r3_referer=wol&tracking_action=preview_click&show_checkout=1&purchase_referrer=www.google.com.br&purchase_site_license=LICENSE_DENIED> Acesso em 15 nov. 2016.

BREVIGLIERO, Ezio; SPINELLI, Robson; POSSEBON, José. **Higiene Ocupacional: agentes biológicos, físicos e químicos.** 4ª edição. São Paulo: Ed. Senac São Paulo, 2009. p.448

BRITO, Gustavo F. et al. **Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes**. 2011. 139 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.

CALLISTER Jr., William D. **Ciência e Engenharia dos Materiais – Uma Introdução**. LTC – Livros Técnicos e Científicos S.A. Rio de Janeiro, 2002.

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

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE MISTURAS DE COMPONENTES DE SUBSTRATO COM RESÍDUO DE CELULOSE PARA FINS DE PRODUÇÃO DE MUDAS. São Paulo: Revista Brasileira de Agroecologia, 04 maio 2012. Disponível em: <http://orgprints.org/22936/1/Pagliarini_Caracterização.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2016.

CARVALHO, Simone Cristina Freitas de *et al.* **SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE ACETATO DE CELULOSE OBTIDO A PARTIR DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR**. Disponível em: <<http://annq.org/eventos/upload/1362791915.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2016.

Como usar um luxímetro. USP. Curso de graduação em arquitetura e urbanismo. Disponível em: <http://www.usp.br/fau/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0213/022_Cecace_2006_como_Usar_o_Luximetro.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2016.

DEBEAUFORT, F.; QUEZADA-GALLO, J. A.; VOILLEY, A., Edible Films and Coatings: Tomorrow Packaging: A Review. **Critical Reviews in Food Science**, V. 38, p. 299-313, 1998.

DENARI, Gabriela Bueno. **Contribuições ao ensino de análise térmica**. 2013. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

ELMER, Perkin. **Frequently asked questions about Thermogravimetric Analysis (TGA)**. São Paulo. Disponível em:

<http://www.perkinelmer.com/CMSResources/Images/44-74556GDE_TGABeginnersGuide.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2016.

EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Arroz: Histórico da produção de arroz irrigado.** s.d. Disponível em: <http://www.epagri.sc.gov.br/?page_id=1343>. Acesso em: 23 out. 2016.

FONSECA, Martha Reis Marques da. **Química 3: Manual do professor.** São Paulo: Ática, 2013.

Gestão Energética, Econômica e Ambiental do Resíduo Casca de Arroz em Pequenas e Médias Agroindústrias de Arroz. Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/124.pdf>. Acesso em: 04 out. 2016.

Grippi. **Tempo de Degradação dos Materiais.** Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~crsfec/tempo_degrada.html>. Acesso em: 04 out. 2016.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Safra de 2015 é recorde e a de 2016 crescerá 0,5%.** Rio de Janeiro, 2015.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal (PAM).** Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric/default.asp?t=2&z=t&o=11&u1=1&u2=33&u3=1&u4=33&u5=1&u6=1>>. Acesso em: 23 out. 2016.

JACINTO, Rodolfo C. *et al.* **QUALIDADE DE RESÍDUOS DA CADEIA PRODUTIVA DO ARROZ PARA GERAÇÃO DE ENERGIA.** 2016. Disponível em: <http://www.ebramem.com.br/content/artigos/corrigidos/167_corrigido.pdf>. Acesso em: 30 out. 2016.

LASSALI, Tânia. **GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS NORMAS E PROCEDIMENTOS GERAIS.** Ribeirão Preto: Rodolfo B. Diniz. Disponível em: <http://www.prefeiturarp.usp.br/pages/lrq/pdf/normas_gerenciamento.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2016.

LEAL, Georla. FARIAS, Maria. ARAUJO, Aline. O Processo de industrialização e seus impactos no meio ambiente urbano. Disponível em: <www.ceap.br/material/MAT2004201302831.pdf> Acesso em: 30 out. 2016

Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981. **Política Nacional do Meio Ambiente**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm>. Acesso em: 10 nov. 2016.

LUZ, Elaine Rocha da; SILVA, Maria Isabel Pais da; SOTO, Claudio Alberto Tellez. **PREDIÇÃO DE PROPRIEDADES DE GASOLINAS USANDO ESPECTROSCOPIA FTIR E REGRESSÃO POR MÍNIMOS QUADRADOS PARCIAIS**. 2004. 109 f. Tese (Dissertação de Mestrado) - Curso de Pósgraduação em Química, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - Puc-rio, Rio de Janeiro, 2004. Cap. 3. Disponível em: <http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/4432/4432_4.PDF>. Acesso em 15 nov. 2016.

MACHADO, Rita. **Plástico e meio ambiente uma relação possível?**. Disponível em: <<http://www.cienciaecultura.ufba.br/agenciadenoticias/opiniaoplasticoe-meio-ambiente-uma-relacao-possivel/>> Acesso em: 22 out. 2016.

MANO, Eloisa Biasotto; MENDES, Luís Cláudio. **Introdução a Polímeros**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Edgard Blucher Ltda, 1999. 208 p. (Instituto de Macromoléculas Professora Loisa Mano Universidade Federal do Rio de Janeiro).

MAYER, Flávio Dias; HOFFMANN, Ronaldo; RUPPENTHAL, Janis E.. **Gestão Energética, Econômica e Ambiental do Resíduo Casca de Arroz em Pequenas e Médias Agroindústrias de Arroz**. Bauru: Editora, 2006. Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/124.pdf>. Acesso em: 23 out. 2016.

MENDES. Atahualpa *et al.* **Relatório de ensaio de tração com materiais poliméricos**, 2007. Disponível em: <www.fem.unicamp.br/~assump/Projetos/2007/Relat_Ensaio_Polimero>. Acesso em: 24 nov. 2016.

MIDDLECAMP, Catherine H. *et al.* **Química Para um Futuro Sustentável**. 8. ed. Porto Alegre: McGraw-Hill, 2016. 578 p.

MILLÁS, Ana Luiza Garcia. **INSTALAÇÃO DA TECNOLOGIA DE ELECTROSPINNING PARA A PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE NANOFIBRAS DE CELULOSE INCORPORADAS COM ÓLEOS NATURAIS**. 2012. 51 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Unicamp, Campinas, 2012. Disponível em: <http://www.faiscas.com.br/MillasAnaLuizaGarcia_M - uso da fonte AT.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Impacto das embalagens no meio ambiente**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/producao-e-consumo-sustentavel/consumo-consciente-de-embalagem/impacto-das-embalagens-no-meio-ambiente>> Acesso em: 19 out. 2016

NEVES, Jaqueline Morais *et al.* **Produção de bioplástico a partir da casca da batata (*Solanum tuberosum*): o desenvolvimento de um protótipo interdisciplinar**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 11., 2013, Gramado. Cobenge. Salvador, 2013. Disponível em: <http://www.fadep.br/engenharia-eletrica/congresso/pdf/116912_1.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2016.

OLIVEIRA, Carla. **Plástico biodegradável**. 2010. Disponível em: <<http://profcarlaquimica.blogspot.com.br/2010/09/plastico-biodegradavel-o-lixo-urbano-e.html>>. Acesso em: 26 out. 2016.

OLIVEIRA, Michelle; GOMES, Fernando. **POLÍMEROS: O que são, suas aplicações e as áreas de formações técnicas e acadêmicas**. Disponível em: <<http://www.ima.ufrj.br/wp-content/uploads/2013/11/30-10.15-Polímeros-o-que-são.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2016.

OHLWEILER, Otto Alcides. **Fundamentos de análise instrumental**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1981. Disponível em: <<http://zeus.qui.ufmg.br/~valmir/livros/Condutometria-Otto.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2016.

PACHEKOSKI, Wagner *apud* MACHADO, Rita. **Plástico e meio ambiente uma relação possível?**. Disponível em:

<<http://www.cienciaecultura.ufba.br/agenciadenoticias/opiniaoplasticoe-meio-ambiente-uma-relacao-possivel/>> Acesso em: 22 out. 2016.

PADILHA, G. M. A; BOMTEMPO, J. V., 1999. “**A inserção dos transformadores de plásticos na cadeia produtiva de produtos plásticos**” *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v.9, n.4, p.86-91.

PENSAMENTO VERDE. Você sabe quais os tipos de poluição ambiental? Disponível em: <<http://www.pensamentoverde.com.br/meio-ambiente/voce-sabe-quais-os-tipos-de-poluicao-o-ambiental/>> Acesso em: 22 out. 2016

PINTO, Alex Vitor *et al.* **Síntese do acetato de celulose a partir da bainha foliar da Palmeira-Real Australiana (*Archontophoenixalexandrae*)**. 2015. Curso de Técnico em Química (modalidade Integrado), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina Câmpus Jaraguá do Sul. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/0B_0OFEKt0VuAMkZhSXFmWWVPQVM5Ym1VMnItZXZFT250QnVj/view>. Acesso em: 23 nov. 2016.

PINTO, Bruna; CALLONI, Greice; SILVA, Schana Andréia da. **Obtenção de acetato de celulose a partir da casca de arroz (*Oryza sativa*)**, 2012. Curso de Química, Fetlsvc, Novo Hamburgo, 2013. Disponível em: <[http://www.liberato.com.br/sites/default/files/arquivos/Revista_SIER/v.14_n.21\(2013\)/01Acetato.pdf](http://www.liberato.com.br/sites/default/files/arquivos/Revista_SIER/v.14_n.21(2013)/01Acetato.pdf)>. Acesso em: 12 nov. 2016.

PRADELLA, José Geraldo da Cruz. **Biopolímeros e Intermediários Químicos**. São Paulo: Redetec, 2006.

RAMALHO, Bel. Alessandra de C.; ROCHA, Dra. Michele; SILVA, Dra. Vânia A. B. Bueno. **Análise térmica – TGA, DSC e DMA**. 2014. Disponível em: <http://ca.iq.usp.br/novo/paginas_view.php?idPagina=8>. Acesso em: 23 nov. 2016.

ROLIM, M. A., 2000, **A reciclagem de resíduos sólidos pós-consumo em oito empresas do Rio Grande do Sul**. Dissertação de M.Sc., UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.

ROLIM, Silvia *apud* MEN'S HEALTH. **Como vai o plástico no Brasil?**. Disponível em: <http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/lixo/conteudo_246465.shtml> Acesso em: 19 out. 2016

ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY: Metal Organic Frameworks (MOFs). Estados Unidos, 21 ago. 2014.

SANTOS, Ronaldo C. et al. **Produção de bioplástico a partir da casca da batata**. In: JORNADA UNIFACS INICIAÇÃO CIENTÍFICA - JUIC, 12., Salvador. Salvador: 2015. Disponível em: <http://www.unifacs.br/wp-content/uploads/2016/03/Jaqueline-Morais-Neves_-_ENGENHARIA-QUÍMICA.pdf>. Acesso em: 31 out. 2016.

SCIELO. **PRÊMIO NOBEL: Pesquisadores em Polímeros ganham Nobel de Química**. 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-1428200000030000>. Acesso em: 21 out. 2016.

SILVA, Márcia Aparecida; PAOLI, Marco Aurelio. **A TECNOLOGIA DA RECICLAGEM DE POLÍMEROS**. São Paulo. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422005000100014> Acesso em 14 nov. 2016 .

SPINACÉ, Márcia Aparecida da Silva; PAOLI, Marco Aurelio de. **A TECNOLOGIA DA RECICLAGEM DE POLÍMEROS**. Campinas. Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas,

TEIXEIRA, Maria; Et. al. **OCORRÊNCIA E CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO RESISTENTE EM AMIDOS DE MILHO E DE BANANA**. Campinas, 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20611998000200019> Acesso em: 11 nov. 2016.

WURZBURG, O. B. Cross – linking starches. In: Wurzburg, O. B. Modified starches: properties and uses. Boca Raton: CRC Press, 1986. p. 41-53.