

INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE - CAMPUS ARAQUARI

**ENYLA MARIA PINHELLI, GABRIEL ALEXANDRE DA SILVA,
GABRIELA BAESSO RAMOS, JOÃO VICTOR SERAFIM, NAYRA
RUBIA DE OLIVEIRA.**

**PRODUÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS A BASE DE
AMIDO E FARINHA DE BANANA VERDE ADICIONADOS DE
ÓLEO ESSENCIAL DE CAPIM-LIMÃO**

ARAQUARI/SC

2019

**ENYLA MARIA PINHELLI, GABRIEL ALEXANDRE DA SILVA,
GABRIELA BAESSO RAMOS, JOÃO VICTOR SERAFIM, NAYRA
RUBIA DE OLIVEIRA.**

**PRODUÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS A BASE DE
AMIDO E FARINHA DE BANANA VERDE ADICIONADO DE
ÓLEO ESSENCIAL DE CAPIM-LIMÃO**

Trabalho Final do Projeto de Iniciação Científica Integrada (PIC-QUIMI) apresentado ao Instituto Federal Catarinense – Campus Araquari como parte complementar à matriz curricular do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio.
Orientadora: Adriana Garcia.
Coorientadora: Mônica Oliveira Reis.

ARAQUARI/SC

2019

RESUMO

Com o aumento populacional, a indústria alimentícia e agropecuária vem se desenvolvendo nos últimos anos, e o consumo desses produtos se torna algo mais comum. Com isso, o plástico passa a ser utilizado para transporte e conservação de alimentos. Por conta do grande desperdício de alimentos, como tentativa de conservação, as embalagens plásticas circulam cada vez mais no mercado, como uma opção de armazenar e até retardar o apodrecimento dos alimentos. Contudo, os materiais plásticos podem levar cerca de centenas de anos para decompor na natureza e, se não forem descartados corretamente para serem reciclados, causam grande dano ao ecossistema, dessa forma a busca por materiais que diminuam os impactos ambientais se faz necessária. O presente estudo teve como objetivo a produção de filmes biodegradáveis produzidos a partir do amido da banana branca verde e farinha de banana verde obtida comercialmente. Foi adicionado no filme o óleo essencial de capim-limão (*Cymbopogon citratus*) tendo a finalidade de combater a ação do fungo *Colletotrichum* sp. Esse fungo se propaga em regiões onde há clima úmido e quente, atacando principalmente frutas e assim afetando a economia e a saúde da população. Após a produção dos filmes, foram realizadas análises de perda de massa em água, espessura, densidade, permeabilidade ao vapor de água e a atividade antimicrobiana. Na maior parte das análises, os resultados dos filmes de farinha sem óleo apresentaram melhores resultados de espessura (0,30 mm), densidade (1,77 g/cm³) e permeabilidade ao vapor de água (4,39 g/m.s.Pa), se mostrando mais viável entre os filmes produzidos. Os filmes não apresentaram inibição contra o fungo *Colletotrichum* sp.

Palavras-chave: filme biodegradável, embalagens plásticas, banana, farinha de banana, fungos.

ABSTRACT

With the increase in population, the food and agriculture industry has been developing in recent years, and the consumption of these products is more common. Under these circumstances, plastic is now used for transport and preservation of food. Because of the waste of food, as an attempt to preserve it, plastic packaging is now increasingly circulating in the market, as an option to store and even preserve food. However, plastic materials can take about hundreds of years to decompose in nature and, if not properly disposed of for recycling, cause major damage to the ecosystem, so the search for materials that decrease the impacts of plastic is now necessary. The present study aimed to produce biodegradable films produced from green banana starch and commercially obtained green banana flour. Lemongrass (*Cymbopogon citratus*) essential oil was added to the film to combat the action of the fungus *Colletotrichum* sp. This fungus spreads in regions where the climate is hot and humid, attacking mainly fruits and thus affecting the economy and the health of the population. After the production of the films, water mass loss, thickness, density, water vapor permeability and antimicrobial activity were determined. In most of the analyzes, the results of the oil-free flour films presented better values of thickness (0,30 mm), density (1,77 g/cm³) and water vapor permeability (4,39 g/msPa), showing to be most viable among the films produced. The films showed no inhibition against the fungus *Colletotrichum* sp.

Keywords: biodegradable films, plastic packaging, banana, banana flour, fungus.

SUMÁRIO

1 TEMA	4
1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	4
2 OBJETIVO GERAL	5
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
3 INTRODUÇÃO	6
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	8
4.1 PLÁSTICO.....	8
4.2 POLÍMEROS BIODEGRADÁVEIS	8
4.3 AMIDO	9
4.4 FARINHA DA BANANA VERDE	10
4.5 ÓLEO ESSENCIAL DE CAPIM-LIMÃO	10
4.6 FUNGOS.....	11
4.6.1 <i>COLLETOTRICHUM SP.</i>	11
4.7 TESTES DE QUALIDADE	12
5 METODOLOGIA DA PESQUISA	13
5.1 EXTRAÇÃO DO AMIDO DA BANANA	13
5.2 PRODUÇÃO DOS FILMES BIODEGRADÁVEIS	13
5.3 PRODUÇÃO DOS FILMES BIODEGRADÁVEIS ADICIONADO DE ÓLEO ESSENCIAL DE CAPIM-LIMÃO	14
5.4 TESTES DE QUALIDADE DOS FILMES	14
5.4.1 PERDA DE MASSA EM ÁGUA	14
5.4.2 TESTE DE ESPESSURA.....	15
5.4.3 TESTE DE DENSIDADE	15
5.4.4 PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA (PVA)	15
5.5 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIFÚNGICA DOS FILMES BIODEGRADÁVEIS CONTRA O FUNGO <i>COLLETOTRICHUM SP.</i>	16
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	18
6.1 EXTRAÇÃO DO AMIDO DA BANANA	18
6.2 FILMES BIODEGRADÁVEIS	18
6.3 PERDA DE MASSA EM ÁGUA	20
6.4 TESTE DE ESPESSURA.....	21
6.5 TESTE DE DENSIDADE	22
6.6 PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA (PVA)	22
6.7 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIFÚNGICA DOS FILMES BIODEGRADÁVEIS CONTRA O FUNGO <i>COLLETOTRICHUM SP.</i>	23
7 CONCLUSÃO.....	25
REFERÊNCIAS	26

1 TEMA

Filmes biodegradáveis

1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

- Produzir filmes biodegradáveis a partir do amido da banana (*Musa* sp.) branca verde e farinha de banana verde adicionado de óleo essencial de capim-limão (*Cymbopogon citratus*).

2 OBJETIVO GERAL

Produzir filmes biodegradáveis a partir do amido e de farinha de banana verde.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Extrair o amido da banana branca verde;
- Desenvolver filmes biodegradáveis a partir do amido da banana branca verde;
- Desenvolver filmes biodegradáveis a partir da farinha da banana verde;
- Adicionar o óleo essencial de capim-limão ao filme biodegradável;
- Avaliar a perda de massa em água, espessura, densidade e permeabilidade ao vapor de água dos filmes biodegradáveis;
- Avaliar a atividade antimicrobiana do filme biodegradável contra o fungo *Colletotrichum* sp.;

3 INTRODUÇÃO

É possível observar que nos últimos anos houve um aumento na produção de alimentos decorrente do crescente aumento populacional, porém grande parte desses alimentos é descartada devido ao apodrecimento, muitas vezes em consequência do ataque de fungos, inviabilizando assim o seu consumo (CONTINI *et al.*, 2006).

O uso de embalagens para conservação dos alimentos se torna cada vez mais comum pelo aumento da vida útil deles, porém é uma questão ambiental de grande preocupação, pois o plástico, mesmo sendo uma forma de conservação eficaz, apresenta malefícios e danos ao meio ambiente, devido ao tempo de degradação (ROSA *et al.*, 2002). Segundo o Ministério do Meio Ambiente apenas no Brasil em 2008, foram geradas 24.847,90 toneladas de resíduos plásticos, e somente 3% tiveram a destinação correta.

Com isso, as ações de conscientização social e movimentos em defesa ao ecossistema fazem com que a substituição do plástico seja uma ação adotada por parte da população. Fazendo assim, crescer o interesse pela produção de polímeros de fácil degradação e pequeno impacto ambiental.

Os polímeros biodegradáveis são feitos a partir de fontes renováveis dos quais a degradação acontece por meio de micro-organismos de ocorrência natural que pode levar semanas ou meses. Apesar da vantagem ecológica possuem uma participação mínima no mercado, pois apresentam um alto valor de custo para a produção e uma limitação de aplicação por conta de sua flexibilidade comparada aos plásticos sintéticos. Porém, com a escassez do petróleo, o aumento de seu preço, e os impactos ambientais causados pelo plástico, os polímeros biodegradáveis ainda são as melhores alternativas para serem utilizadas no mercado (BRITO *et al.*, 2011).

Uma das fontes de produção dos polímeros biodegradáveis é o amido que pode ser extraído de alimento como a banana, um fruto de grande produção no Brasil. Esta apresenta quase sua composição total de amido quando no estado verde (MODENESE, 2011). Além do amido, a produção de polímeros com a farinha de banana também é possível, a farinha apresenta em sua estrutura diversos compostos, como amido, proteínas, entre outros (FERNANDES, *et al.*, 2003).

Portanto, o seguinte projeto teve como objetivo a produção de filmes biodegradáveis utilizando o amido e farinha da banana verde (FBV). Foi adicionado ao filme o óleo essencial de capim-limão, que apresenta atividade antifúngica ao micélio do fungo *Colletotrichum* sp. que desenvolve a antracnose doença que se caracteriza pelo apodrecimento rápido dos frutos (JÚNIOR, 2005). Portanto o filme com adição de óleo essencial viria a ser utilizado para conservar as frutas as quais já sofrem ataques de fungos e comumente viriam a ser descartadas em grande quantidade pelo mesmo fator. Após a produção dos filmes, foram realizadas análises de perda de massa em água, espessura, densidade, e permeabilidade ao vapor de água e, por fim, determinada a atividade antimicrobiana.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 PLÁSTICO

O plástico é um tipo de polímero sintético com ciclo de vida duradouro. Pela sua alta vida útil, maleabilidade e baixo custo de produção, o plástico é muito utilizado na indústria por mostrar aspectos atraentes no setor empresarial, e também se mostra com alta utilidade no cotidiano, tornando as pessoas dependentes do seu consumo (FORLIN; FARIA, 2002).

Apesar do plástico se apresentar como um material útil e importante no dia a dia principalmente na indústria alimentícia tem um longo ciclo de vida, com isso, o acúmulo deles em determinados ambientes gera poluentes duradouros, que resultam em complicações no ecossistema. Essas complicações afetam tanto a vida terrestre quanto a vida aquática, como por exemplo, as tartarugas, que ingerem sacolas plásticas por confundi-las com águas-vivas (SANTOS, 2006).

Observando os problemas causados pelo descarte incorreto do plástico, se faz necessário uma medida de prevenção para evitar tais complicações. Porém, a medida mais viável, a reciclagem, apresenta uma baixa porcentagem em relação à quantidade de plástico produzida (KAZA, 2018). Com isso, a produção de plásticos biodegradáveis vem sendo tema de muitas pesquisas.

4.2 POLÍMEROS BIODEGRADÁVEIS

De acordo com Brito *et al.* (2011) polímeros biodegradáveis são aqueles que ao final de sua vida são decompostos naturalmente por micro-organismos. Atualmente, os polímeros biodegradáveis são feitos a partir de matéria orgânica de fonte renovável – biopolímeros – e estão sendo muito bem aceitos por conta da diminuição dos impactos ambientais.

O desafio de produzir um tipo de plástico com vida útil duradoura e ao mesmo tempo podendo ser decomposto naturalmente é um ponto abordado pela comunidade científica. Segundo Fachine (2010), a demanda de polímeros biodegradáveis vem crescendo a cada ano, porém a produção deste tipo de polímero apresenta menos de 0,1% da produção de plástico sintético, ou seja, apesar do crescimento, o avanço da tecnologia dos polímeros biodegradáveis não consegue acompanhar a demanda de polímeros sintéticos.

Para a produção de um polímero biodegradável, é necessária uma matéria prima de origem orgânica para que haja a decomposição destes pelos micro-organismos. O amido é um dos principais materiais utilizados para a produção destes plásticos.

4.3 AMIDO

O amido é um polissacarídeo composto por cadeias de duas macromoléculas, a amilose e a amilopectina, sendo que a amilose apresenta estrutura linear, enquanto a amilopectina é ramificada (Figura 1). O amido é encontrado em frutas, caules, raízes e sementes, e em sua maioria possui teor de amilose e amilopectina de 20% a 30% e 70% a 80%, respectivamente, variando de acordo com a fonte botânica (DENARDIN; SILVA, 2008). Por ter baixo custo, ser encontrado em grandes quantidades e ter comportamento termoplástico, o amido é uma das principais matérias orgânicas de fontes renováveis utilizadas na produção de biopolímeros (FAKHOUR, 2009).

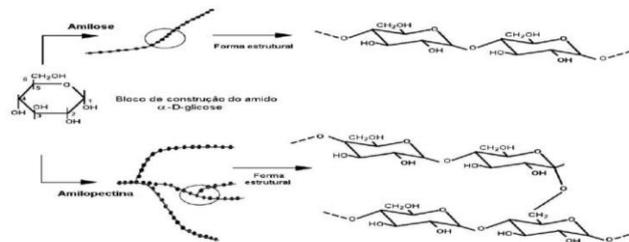


Figura 1 – Estrutura da amilose e amilopectina.

Fonte: Lima (2012)

Além da amilose e da amilopectina, o amido pode apresentar lipídeos, glicídios, proteínas, cinzas e sais minerais em sua estrutura, sendo que suas quantidades dependem da fonte botânica do amido, quanto menor o teor dessas substâncias, melhor a qualidade do amido (LIMA, 2012). Ao ser consumido, existe uma fração do amido chamada de amido resistente que escapa da digestão no intestino delgado, e age no organismo como fibra alimentar. A banana, quando no estado verde, se compõe basicamente de amido resistente e água, mas durante a maturação, a maior parte desse amido transforma-se em açúcares (MODENESE, 2011).

Segundo Andrade (2018) em 2017 o Brasil possuía cerca de 465.434 hectares de área de colheita de bananas, sendo que no mesmo ano foram produzidas 6.675.100 toneladas de bananas no país. No cenário mundial, a *Musa* sp. representa 17,4% da produção de frutas

(ANDRADE, 2018). Devido ao seu grande número de produção, fácil acesso á compra e teor de amido, a banana ganha grande destaque entre pesquisadores na área de produção de bioplásticos feitos a partir de amido.

4.4 FARINHA DA BANANA VERDE

Sendo cultivada em países de clima tropical e subtropical, a banana gera interesse no mercado consumidor e industrial, pois além de ser utilizada para o consumo em diversos pratos, essa fruta possui grandes valores em compostos funcionais produtores de energia (ADÃO, GLÓRIA, 2005). Sendo assim, o Brasil tem uma grande vantagem em sua produção, pois se encontra em segundo lugar no ranking mundial de produção da banana (AGRIANUAL, 2007).

Segundo Borges *et al.* (2009) através da banana verde ou semiverde, podem ser obtidas as farinhas através da secagem artificial ou natural, com qualidades dependentes da matéria prima, método de secagem, técnicas de procedimentos e armazenamento do fruto.

A farinha da banana ainda contém uma grande quantidade de amido, mesmo não sendo puro. Esse amido encontrado na farinha da banana, devido às fibras e demais nutrientes, possui uma grande resistência (RAMOS *et al.*, 2009), podendo assim ser mais resistente também em seus produtos quando utilizados na área industrial.

4.5 ÓLEO ESSENCIAL DE CAPIM-LIMÃO

Líquidos voláteis, oleosos, com aroma forte quase sempre agradável, insolúvel em água e solúvel em solvente orgânico, são chamados de óleos essenciais (PINTO *et al.*, 2014). Outra definição de óleo essencial, segundo a ISO (International Standard Organization), é o material extraído de certas regiões específicas da planta, como a folha, caule entre outros. Essa extração é a partir de destilação por arraste com vapor d'água (MACHADO *et al.*, 2013).

Os óleos essenciais - extraídos de plantas nativas ou não - vêm tendo grande destaque nas áreas de pesquisa por serem fontes de novos produtos naturais. Esses produtos naturais se tornam de grande importância para o combate de ataque de fungos em plantas, diminuindo a quantidade de descarte de seus frutos e melhorando sua produtividade (JÚNIOR, *et al.*, 2009). Esse combate se dá inibindo o crescimento micelial, a germinação de esporos e indução de fitoalexinas, resposta ao estresse físico, químico ou biológico causado na planta (JÚNIOR, *et al.*, 2009).

Uma planta que se destaca por ter grande importância socioeconômica é o capim-limão. Em várias regiões do Brasil essa planta ganha espaço como agente medicinal, se mostrando também de grande importância em outros lugares, como na Indonésia, onde é utilizada como auxílio na digestão. Há também estudos a respeito da planta que mostram seu uso como medicamento para “males psiconeurológicos” e com sedativo. Seu óleo essencial é também muito utilizado na indústria farmacêutica (GOMES; NEGRELLE, 2003).

Além de atuar como medicamento o óleo essencial da de capim-limão se mostra como um bom agente antimicrobiano para o fungo *Colletotrichum* sp. (MACHADO *et al.*, 2013). Junior *et al* (2009) avaliaram concentrações de 1 µL/mL, 3 µL/mL, 5 µL/mL e 10microL/mL de óleo de capim-limão na germinação do fungo *Colletotrichum* sp. e verificaram a inibição de 100% a geminação dos esporos. Já um estudo realizado por Montes, Neta, Cruz (2013) mostrou que o óleo também apresentou atividade antimicrobiana, inibindo 50% das bactérias nas condições do ensaio.

4.6 FUNGOS

Os fungos são organismos eucariotas e heterotróficos que estão presentes por todo o planeta, podendo ser parasitas ou ter vida livre. A maior parte dos fungos é sapróbia, ou seja, degradam a matéria orgânica. Sendo assim, os fungos são um dos maiores decompositores do planeta, degradando matéria morta, resto de alimentos e plantações, de acordo com suas mais variadas espécies (MAIA, JUNIOR, 2010).

4.6.1 *Colletotrichum* sp.

Os fungos do gênero *Colletotrichum* sp. possuem 6 espécies sendo 5 endêmicas, e tem como temperatura favorável para seu desenvolvimento faixas entre 25°C e 30°C (MAIA, JUNIOR, 2010).

O fungo *Colletotrichum* sp. causa a antracnose, doença que afeta diversas culturas como o pimentão, pimenta, maracujá, jiló entre outras (JÚNIOR, MELLO, JÚNIOR, 2005). Ela é caracterizada pela lesão nos frutos e caules da planta juntamente com pontos escuros e arredondados nas folhas, que com o tempo causa a seca dos ramos e a queda das folhas, causando assim a morte da planta doente (ALBUQUERQUE, 1960). Os frutos são afetados pela antracnose com maior intensidade no período entre a colheita e transporte, por conta da umidade e temperatura que são fatores encontrados no armazenamento dos frutos para

transporte. Os sintomas são manchas escuras, podridão e formação de esporos, que com o tempo fazem com que o fruto tenha uma má aparência, tornando-se impróprio para o consumo e comércio, gerando assim o desperdício das frutas doentes (JÚNIOR, MELLO, JUNIOR, 2005), como foi analisado no campus IFC Araquari, onde cerca de 228,865 kg de maracujá foram descartados nos meses de janeiro e fevereiro de 2019.

4.7 TESTES DE QUALIDADE

Para verificar algumas características dos filmes biodegradáveis algumas análises são fundamentais como: perda de massa em água, espessura, densidade, e permeabilidade ao vapor de água.

As propriedades dos filmes são muito influenciadas pela espessura, esta é importante para avaliar sua uniformidade, repetibilidade de características, comparação entre filmes, propriedades de barreira ao vapor da água e resistência mecânica (ALVES, 2009).

Já permeabilidade ao vapor da água, ou seja, a quantidade de água que permeia uma unidade de área sob condições de ensaio, é um método para se analisar se uma embalagem é uma boa barreira a passagem ao vapor da água. Essa análise é importante para embalagens de alimentos, onde a permeabilidade deve apresentar valores baixos (ALVES, 2009).

Diferente da permeabilidade ao vapor da água, onde resultados mais baixos são mais desejados, a densidade valores maiores demonstram que o filme produzido tem melhor desempenho mecânico, sendo melhor para embalagens (PAULINO, 2016).

Em embalagens de alimento, é importante que ela tenha baixa solubilidade para garantir a qualidade do produto. A solubilidade se faz necessária quando o filme fabricado pretende fornecer compostos para aumentar sua vida em prateleira, além de diminuir seu tempo na natureza após o descarte (ALVES, 2009).

5 METODOLOGIA DA PESQUISA

5.1 EXTRAÇÃO DO AMIDO DA BANANA

A banana branca verde foi obtida comercialmente, posteriormente transportada ao laboratório de química. Os frutos verdes foram descascados, pesados e homogeneizados com solução gelada de ácido ascórbico (1%) na proporção de 0,25 kg/litro (banana/solução de ácido) em liquidificador por 2 min. Em seguida, o material foi passado em peneira de 60 Tyler e posteriormente decantado por 20 horas em uma geladeira. Decorrido este tempo, o líquido sobrenadante foi descartado e o amido decantado foi ressuspense em água suficiente para cobri-lo. A solução foi passada pela peneira de 200 Tyler e colocada para decantar durante 5 dias em uma geladeira. O líquido sobrenadante foi novamente descartado, e o amido obtido ressuspense em água e centrifugado a 3.000 rpm por 15 minutos, o sobrenadante foi descartado, posteriormente o amido foi seco em estufa com circulação de ar a 40°C durante 33 horas. Após a secagem, as amostras foram maceradas, e armazenadas (adaptado de LEONEL *et al.*, 2011).

5.2 PRODUÇÃO DOS FILMES BIODEGRADÁVEIS

Para a produção do filme, foram utilizados 10 g de amido - sendo 4% em relação aos 250 mL total da solução final - que foram diluídos em 238 mL de água destilada. Essa mistura foi agitada durante 30 minutos em um agitador magnético com aquecimento. Após a solução passar por um processo denominado gelatinização, onde o líquido é aquecido para dissolver os grânulos de amido e resfriado novamente, desenvolvendo um aspecto gelatinoso, o glicerol foi adicionado em uma proporção de 20% em relação da massa do amido. A solução foi agitada durante 5 minutos para ser homogeneizada. Com essa etapa, foi possível obter a mistura com uma textura gelatinosa e a completa dissolução do amido (adaptada de SILVA, 2011).

Após, 21 mL da solução (definido em testes preliminares) foram depositados em placas de Petri. Em seguida, as placas foram secas em uma estufa por 15 horas a aproximadamente 40°C. Após a secagem, o filme biodegradável foi obtido (adaptada de CARDOSO, 2017).

Para a produção do filme de farinha da banana verde (obtida comercialmente), o processo foi o mesmo, apenas substituindo o amido.

5.3 PRODUÇÃO DOS FILMES BIODEGRADÁVEIS ADICIONADO DE ÓLEO ESSENCIAL DE CAPIM-LIMÃO

Para a produção do filme com óleo essencial de capim limão, foram utilizados 10 g de amido – sendo 4% em relação aos 250 mL total da solução final – que foram diluídos em 230,5 mL de água destilada. Essa mistura foi agitada durante 30 minutos em um agitador magnético. Após a solução obter um aspecto viscoso, o glicerol foi adicionado em uma proporção de 20% em relação da massa do amido. A solução foi agitada durante 5 minutos para ser homogeneizada.

Para que ocorresse a homogeneização entre o óleo e a solução do filme, foi necessária a adição de um surfactante, sendo este o etanol. A proporção escolhida foi de 2:1 (etanol:óleo), sendo 5 ml de etanol para 2,5 mL de óleo essencial (MATTEI *et al.*, 2013) essa solução foi agitada por aproximadamente 10 minutos em um agitador . Depois de pronta, a mistura foi adicionada na solução do filme já em temperatura ambiente.

Foram retirados 21 mL da solução (definido em testes preliminares) que foram depositados em placas de Petri. Em seguida, as placas foram secas em uma estufa por 20 horas a aproximadamente 40°C. Após a secagem, o filme biodegradável com óleo essencial foi obtido (adaptada de CARDOSO, 2017).

Para a produção do filme de farinha da banana verde, o processo foi o mesmo, apenas substituindo o amido.

5.4 TESTES DE QUALIDADE DOS FILMES

Os filmes biodegradáveis produzidos do amido da banana branca e também e da farinha de banana verde (FBV) com e sem adição do óleo essencial de capim-limão foram submetidos a análises como: perda de massa em água, espessura, densidade e permeabilidade ao vapor de água.

5.4.1 PERDA DE MASSA EM ÁGUA

A perda de massa em água foi determinada de acordo com Olivato *et al.*(2012). As amostras foram previamente dessecadas durante três dias em dessecador contendo uma solução de cloreto de cálcio anidro (CaCl_2) (0% UR). Após a pesagem, os filmes foram imersos em água destilada, mantendo a proporção 30:1 (água/amostra), por 48 horas a

temperatura ambiente. As amostras foram então removidas e secas a 105°C por 4 horas, e a massa da amostra condicionada após o tratamento foi utilizada para determinar a perda de massa em água (%). As determinações foram realizadas em triplicata. A perda de massa em água foi obtida pela Equação 1:

$$\text{Perda de massa} = (ms_i - ms_f) / ms_i \times 100\% \quad [\text{Equação 1}]$$

Onde ms_i é a massa seca inicial e ms_f , a massa seca final.

5.4.2 TESTE DE ESPESSURA

A espessura dos filmes produzidos foram medidas utilizando um paquímetro digital (King Tools, modelo 0-200 mm) disponível no *campus* IFC- Araquari. Foram determinadas 3 medidas em diferentes pontos do filme.

5.4.3 TESTE DE DENSIDADE

Três amostras de cada filme, com dimensões de 20 x 20 mm, foram cortadas e condicionadas por vinte dias em dessecador contendo uma solução de cloreto de cálcio anidro ($CaCl_2$) (0% UR) para serem desidratadas. Posteriormente, as amostras foram pesadas e, em seguida, sua massa e área geométrica foram determinadas. Os resultados obtidos foram utilizados para o cálculo da densidade (gramatura) dos filmes, sendo expressos em g/cm^3 (MÜLLER, LAURINDO, YAMASHITA, 2009).

5.4.4 PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA (PVA)

A permeabilidade ao vapor de água (PVA) foi determinada gravimetricamente de acordo com o método da ASTM E-96-(00) (2000) com algumas modificações. Os filmes, foram previamente condicionados por 48 horas em umidade relativa (UR) de 53% (solução saturada de $Mg(NO_3)_2$), foram posicionado na parte superior de um erlenmeyer e presos com o auxílio de um elástico. O interior dos erlenmeyers foram parcialmente preenchidos com $MgCl_2$ – 33% de UR, e os sistemas foram introduzidos no dessecador contendo solução saturada de NaCl a 75,3% de UR, criando um gradiente de UR para a passagem de vapor de água para o interior dos erlenmeyers. Foram realizadas onze pesagens sucessivas, em intervalos de tempo de 3 horas. O ganho de massa (m) foi graficado em função do tempo (t), e

então determinado o coeficiente angular (m/t) e a taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA) dada pela Equação 2:

$$TPVA = m/t \times 1/A \quad \text{[Equação 2]}$$

Onde **A** é a área de permeação do corpo de prova (m²).

Para cada formulação desenvolvida, o ensaio foi realizado em duplicata. A permeabilidade ao vapor de água foi obtida pela Equação 3:

$$PVA = (TPVA \times e) / p_s \times (UR_1 - UR_2) \quad \text{[Equação 3]}$$

Onde **e** é a espessura média do corpo de prova (m), **p_s** pressão de saturação de vapor à temperatura do ensaio (Pa), **UR₁** é a umidade relativa no interior do dessecador em % e **UR₂** é a umidade relativa no interior do erlenmeyer em %.

5.5 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIFÚNGICA DOS FILMES

BIODEGRADÁVEIS CONTRA O FUNGO *Colletotrichum* sp.

O fungo utilizado *Colletotrichum* sp. foi cedido pelo laboratório de Produção Vegetal do IFC *campus* Araquari.

Para avaliar a atividade de inibição dos filmes biodegradáveis produzidos do amido da banana branca e também da FBV com e sem adição do óleo essencial de capim-limão, foi utilizado discos de 6 mm de diâmetro de colônias do fungo *Colletotrichum* sp. crescidas à 28°C durante 8 dias, o meio de cultura utilizado foi o BDA (Batata-Dextrose-Ágar).

Os filmes biodegradáveis foram cortados com perfurador em forma de discos de aproximadamente 6 mm de diâmetro e esterilizados em luz ultravioleta por 15 minutos.

Os discos do micélio do fungo foram inoculados no centro da placa de Petri e os discos dos filmes foram inoculados em polos opostos da placa (2 cm de distância da borda)

contendo meio de cultura BDA. Para o controle foi utilizado somente o fungo no centro da placa. As placas foram acondicionadas em estufa à 28°C durante 8 dias.

Os testes foram realizados em triplicata. Foi avaliado o crescimento do fungo em relação ao controle (somente o fungo) e também em relação aos filmes sem adição do óleo essencial.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 EXTRAÇÃO DO AMIDO DA BANANA

O processo de extração de amido da banana branca verde resultou em 0,3679 kg de amido, sendo 10% do peso das bananas, 3,78372 kg. De acordo com Freitas e Tavares (2005), o rendimento final da extração do amido para as bananas da espécie Nanica e Terra foram de 5% a 8%, conclui-se assim que o rendimento de amido da banana Branca foi maior do que o esperado. O amido pode ser observado na Figura 2:



Figura 2. Rendimento do amido extraído da banana branca verde.

6.2 FILMES BIODEGRADÁVEIS

Os filmes biodegradáveis produzidos a partir do amido da banana branca verde sem adição de óleo mostraram aspecto transparente, porém apresentaram diversas rupturas como pode ser observado na Figura 3.



Figura 3. Filmes biodegradáveis a partir do amido da banana Branca verde.

Já os filmes de amido com o óleo essencial de capim-limão também apresentaram aspecto transparente, porém não apresentaram nenhuma ruptura. Figura 4.



Figura 4. Filmes biodegradáveis a partir do amido da banana Branca verde com óleo essencial de capim-limão.

Os filmes biodegradáveis produzidos a partir da FBV com e sem óleo essencial de capim-limão apresentaram coloração marrom e textura áspera, ambos não apresentaram rupturas. Figuras 5 e 6.



Figura 5. Filmes biodegradáveis a partir da FVB.

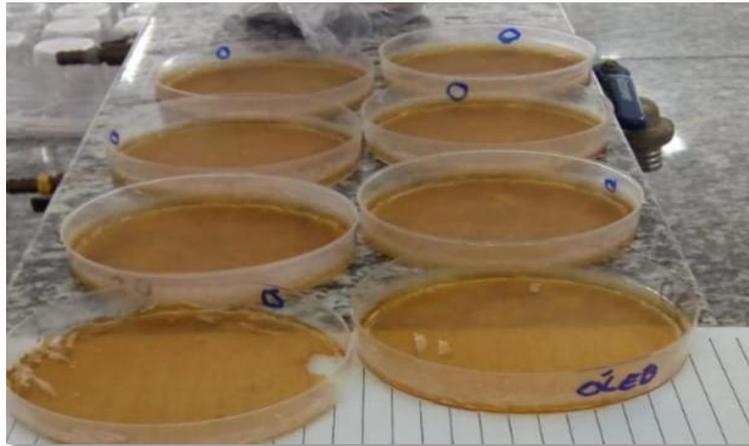


Figura 6. Filmes biodegradáveis a partir da FVB com adição de óleo essencial de capim-limão.

6.3 PERDA DE MASSA EM ÁGUA

Para perda de massa em água nos valores de média das amostras da farinha (F) e do amido (A) foi observado uma diferença de 0,19%, onde F apresentou menor perda de massa em relação ao amido (Tabela 1), que pode ser justificada ao se analisar a estrutura da farinha, onde esta apresenta compostos poucos solúveis, como fibras (BORGES *et al.*, 2009).

Além disso, é possível observar que a adição de óleo diminuiu a perda de massa dos filmes, isso pode ser justificado pela própria adição de óleo, que possui uma baixa força de interação intermolecular com a água (FOGAÇA, 2018)

AMOSTRA	MÉDIA ± DESVIO PADRÃO
F	26,98 ± 0,25
FO	22,48 ± 4,74
A	27,17 ± 2,57
AO	19,06 ± 2,65

Tabela 1 - Perda de massa em água expressa em %. F = farinha FO = farinha com óleo, A = amido, AO = amido com óleo.

Ao comparar com as amostras que foram adicionadas óleo essencial, observa-se que a incorporação dele no filme diminui sua perda de massa. Isso se dá, pois, de acordo com IUPAC (2004), compostos miscíveis são aqueles que, em uma mistura, formam apenas uma fase que não é o caso do óleo e da água, ou seja, ambos são compostos imiscíveis entre si. Fogaça (2018) diz que a força de interação intermolecular nas moléculas de água com elas mesmas é maior que a força de interação com as moléculas de óleo assim diminuindo a perda de massa em água do filme.

Segundo Silva (2011), valores menores de perda de massa em água em filmes biodegradáveis são mais adequados para embalagens de alimentos em que a atividade de água é alta. As amostras dos filmes para o procedimento de perda de massa em água pode ser observado na Figura 7.



Figura 7. Amostras de filmes de amido e FVB preparadas para a realização da perda de massa em água e densidade.

6.4 TESTE DE ESPESSURA

É possível observar a diferença nos valores de espessura dos filmes com farinha e dos filmes com amido, onde F e FO apresentam maiores espessuras que o AO e A (Tabela 2). Essa diferença pode ser proveniente de composição da farinha, onde esta apresenta vários compostos difusos enquanto o amido é puro (FERNANDES, *et al.*, 2003).

Segundo Fakhouri (2009) a espessura de um filme deve ser mais homogênea possível para evitar problemas mecânicos. Observando os valores de desvio padrão dos filmes de farinha, é possível concluir que a adição de óleo nos filmes deixaram valores de espessura mais dispersos. Além disso, a amostra F teve a menor dispersão, provando ser a mais homogênea das amostras.

Tabela 2 - Teste de espessura expressas em mm.

AMOSTRA	MÉDIA ± DESVIO PADRÃO
F	0,30 ± 0,02
FO	0,25 ± 0,03
A	0,19 ± 0,00
AO	0,22 ± 0,00

F = farinha FO = farinha com óleo, A = amido, AO = amido com óleo.

6.5 TESTE DE DENSIDADE

Os valores de densidade obtidos de cada triplicata como pode ser observado na Tabela 3, mostram que a adição do óleo essencial na estrutura do filme diminui sua densidade.

Os valores de densidade para o filme com farinha foram maiores que o filme com amido, devido a pureza deste, enquanto a farinha apresenta em sua composição substâncias adicionais.

Segundo Paulino (2016), quanto maior os valores de densidade de um filme biodegradável melhor seu desempenho mecânico, sendo assim, os melhores resultados obtidos foram os das amostras com farinha.

Tabela 3 - Densidade das amostras expressas em g/cm^3 .

AMOSTRA	MÉDIA ± DESVIO PADRÃO
F	1,77 ± 0,06
FO	1,39 ± 0,09
A	0,50 ± 0,07
AO	0,34 ± 0,10

F = farinha FO = farinha com óleo, A = amido, AO = amido com óleo.

6.6 PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA (PVA)

Os valores da permeabilidade ao vapor de água das amostras podem ser observados na Tabela 4, é possível observar que o menor valor de média de permeabilidade ao vapor de água obtido foi na amostra do amido com óleo. A farinha possivelmente apresentou maiores resultados, pois esta apresenta fibras em sua composição, que podem formar pequenas fissuras no filme de FBV, deixando passar o vapor de água.

No caso das amostras de farinha, a FO possui menor valor média. Isso pode ser explicado pela adição de óleo no filme, que cria uma barreira a mais na amostra, tornando a passagem de vapor de água na amostra de farinha com óleo mais difícil.

Os filmes elaborados com amido sem óleo não puderam ser avaliados quanto à permeabilidade ao vapor de água, pois estes apresentaram rupturas ao longo do filme não obtendo um tamanho suficiente para a análise.

A Figura 8 apresenta o preparo das amostras para a realização da PVA.



Figura 8 . Amostras de filmes de amido e FVB para a realização da PVA.

Tabela 4 - Permeabilidade ao vapor de água.

AMOSTRA	PVA x 10 ⁻¹⁰ g.(m.s.Pa) ⁻¹
FO	4,03 ± 0,12
F	4,39 ± 0,34
AO	3,30 ± 0,16
A	Nd*

*Nd = não determinado. Resultados expressos em **média ± desvio padrão**

F = farinha FO = farinha com óleo, A = amido, AO = amido com óleo.

6.7 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIFÚNGICA DOS FILMES

BIODEGRADÁVEIS CONTRA O FUNGO *Colletotrichum* sp.

Na avaliação da atividade antimicrobiana do filme com o óleo essencial de capim-limão na concentração utilizada (2,5 mL) não foi observado inibição do fungo *Colletotrichum* sp. em relação ao controle (Figura 9), um dos fatores pode estar associado a concentração utilizada.

Estudos comprovam a atividade antimicrobiana do óleo essencial de capim-limão contra micro-organismos (GUIMARÃES *et al.*, 2011; MACHADO *et al.*, 2013; JUNIOR *et al.*, 2009; MONTES *et al.*, 2013), porém utilizando diferentes metodologias, a maioria delas por métodos que utilizam somente o óleo, diluído em diferentes concentrações. Já nesse trabalho o óleo está adicionado ao filme o qual passou por diversas etapas podendo alterar sua ação antimicrobiana. Além disso, de acordo com Pinto *et al.* (2013), substâncias como óleos essenciais são voláteis e durante a produção dos filmes biodegradáveis, estes foram colocados na estufa a 40° havendo uma possível vaporização do óleo perante a temperatura, o que pode

ter diminuído a concentração de óleo no plástico, também podendo alterar sua ação antimicrobiana.

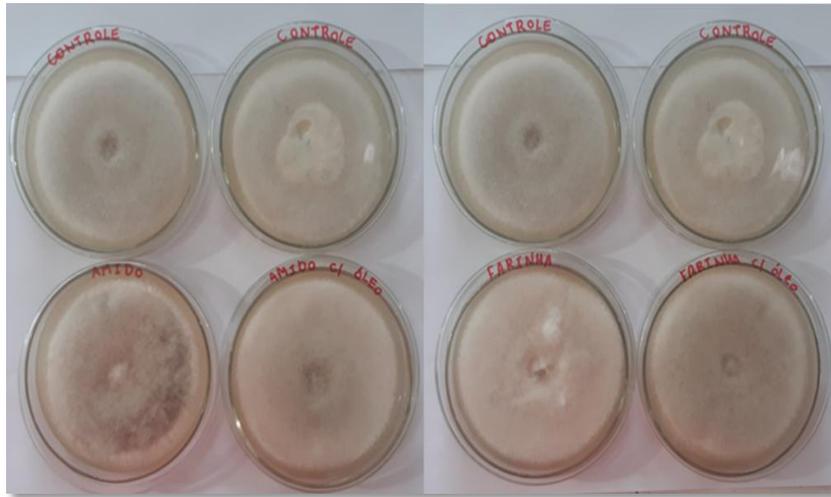


Figura 9. Avaliação da atividade antimicrobiana dos filmes de amido e FBV com e sem adição do óleo essencial contra o fungo *Colletotrichum* sp.

7 CONCLUSÃO

O desenvolvimento de embalagens biodegradáveis é um desafio para reduzir os impactos ambientais gerados por plásticos, a utilização de polímeros biodegradáveis a partir de fontes renováveis é uma alternativa. A banana branca verde e a farinha de banana verde foram utilizadas na produção dos filmes biodegradáveis com e sem óleo essencial.

A extração do amido da banana foi realizada com sucesso, porém, na metodologia utilizada, verificou-se baixo rendimento o que pode diminuir o interesse de produção em escala industrial de filmes biodegradáveis a partir do amido de banana verde.

A produção de todos os filmes biodegradáveis, com e sem óleo essencial de capim-limão, foi bem sucedida, com exceção do filme de amido sem adição de óleo que apresentou rupturas ao longo de sua estrutura, esse erro pode ser resultante de um volume pequeno de solução de filme para cada amostra durante seu preparo.

Preservar os alimentos contra o ataque de micro-organismos é um desafio constante, infelizmente nos filmes produzidos não foi observado a inibição do fungo fitopatogênico *Colletotrichum* sp.. Futuros estudos com outras metodologias poderão indicar com maior precisão a ação do filme com óleo essencial de capim-limão no controle de micro-organismos.

Mediante aos parâmetros utilizados nos testes de qualidade pode-se indicar que os filmes biodegradáveis de farinha de banana verde (FBV) sem adição de óleo foram os mais adequados para uma possível utilização como embalagens de alimentos, devido a estrutura com componentes difusos da farinha e a falta do óleo essencial, porquanto este pode afetar algumas das características dos filmes, dessa forma o FBV é uma alternativa mais sustentável ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- ADÃO, R. C.; GLÓRIA, M. B. A. **Bioactive amines and carbohydrate changes during repening of Prata banana (*Musa acuminata* × *M. balbisiana*)**. 2005. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030881460400384X>>. Acesso: 31 outubro 2019.
- AGRIANUAL. **Agrinual 2007: anuário estatístico da agricultura brasileira**. 2007. Disponível em: <<http://informafnpstore.com.br/08-agrianual-2007-pr-92-349650.htm>>. Acesso: 31 outubro 2019.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard test methods for water transmission of material**. 2000.
- ALBUQUERQUE, F. C.. **Antracnose do Guará**. 1960. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/376669/1/Antracnose.pdf>>. Acesso: 27 maio 2019.
- ALVES, Janyelle Severino. **Elaboração e caracterização de filmes finos de amido de milho e parafina**. 2009. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/3056/1/DISSERTA%20C3%87%20C3%83O_Elabora%20C3%A7%20C3%A3o%20e%20caracteriza%20C3%A7%20C3%A3o%20de%20filmes%20finos%20de%20amido%20de%20milho%20e%20parafina.pdf>. Acesso: 23 maio 2019.
- ANDRADE, Paulo Fernando de Souza. **Análise da conjuntura agropecuária safra 2016/17**. 2018. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2017/Fruticultura_2016_17.pdf>. Acesso em: 27 maio 2019.
- BRITO, G. F., et al.. **Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímero Verde**. 2011. Disponível em: <<http://www2.ufcg.edu.br/revista-remap/index.php/REMAP/article/download/222/204>>. Acesso em: 27 maio 2019.
- BORGES, Antonia de Maria, et al.. **Caracterização da farinha de banana verde**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v29n2/15.pdf>>. Acesso em: 01 novembro 2019.
- CARDOSO, Daiane Andrade Tavares. **Desenvolvimento e caracterização de filmes de amido de mandioca contendo extrato de água de cozimento de pinhão**. 2017. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/7233>>. Acesso em: 24 maio 2019
- CARMELO, Luis Gustavo Paulino. **Permeabilidade de filmes plásticos com nanopartículas de prata utilizados na armazenagem de morangos**. 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/7358?show=full>>. Acesso em: 23 maio 2019.
- CONTINI, Elisio, et al.. **Projeções do agronegócio no Brasil e no mundo**. 2006. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/62806/1/Paginas-de-pol-agr-01-20064-45-56.pdf>>. Acesso em: 28 maio 2019.
- D'AGOSTINI, Páblia S. et al.. **Extração e caracterização dos amidos de banana maçã e nanina (*Musa spp*) obtidos por diferentes métodos**. 2011. Disponível em: <<http://sec.sbg.org.br/cdrom/31ra/resumos/T0435-1.pdf>>. Acesso em: 24 maio 2019.

DENARDI, Cristiane Casagrande; SILVA, Leila Picolli. **Estrutura dos glândulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas**. 2008. Disponível em: <<http://submission.scielo.br/index.php/cr/article/viewFile/2440/499>>. Acesso em: 22 maio 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Produção brasileira de banana em 2017**. 2018. Disponível em <http://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/dados/brasil/banana/b1_banana.pdf> Acesso em: 27 maio 2019.

FAKHOUR, Farayde Matta. **Bioplásticos flexíveis e biodegradáveis á base de amido e gelatina**. 2009. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/256348/1/Fakhouri_FaraydeMatta_D.pdf>. Acesso em: 22 maio 2019.

FECHINE, Guilhermino J. M. **A era dos polímeros biodegradáveis**. 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/258205830_A_Era_dos_Polimeros_Biodegradaveis>. Acesso em: 09 julho 2019.

FERNANDES, Marilene S. et al.. **Efeito da temperatura de extrusão na absorção de água, solubilidade e dispersibilidade da farinha pré-cozida de milho-soja (70:30)**. 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v23n2/v23n2a23.pdf>>. Acesso em: 31 outubro 2019.

FOGAÇA, JENNIFER R. V. **Relação entre forças intermoleculares e solubilidade das substâncias**. 2018. Disponível em: <<https://m.brasilecola.uol.com.br/quimica/relacao-entre-forca-intermolecular-solubilidade-das-substancias.htm>>. Acesso em 27 novembro 2019

FORLIN, F. J.; FARIA, J. **Considerações Sobre a Reciclagem de Embalagens Plásticas**. 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/po/v12n1/9876>>. Acesso em: 26 outubro 2019.

GUIMARÃES, Luiz Gustavo de Lima et al.. **Atividades antioxidante e fungitóxica do óleo essencial de capim-limão e do citral**. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-66902011000200028>. Acesso: 02 novembro 2019.

GOMEZ, Eliane Carneiro; NEGRELLE, Raquel Rejane Bonato. ***Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf: Aspectos Botânicos e Ecológicos**. 2003. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/academica/article/download/534/447>>. Acesso em: 27 maio 2019.

IUPAC. **Compendium of Chemical Terminology, 2nd ed. (the "Gold Book")**. Compiled by A. D. McNaught and A. Wilkinson. Blackwell Scientific Publications, Oxford (1997). 2014. Disponível em <<https://doi.org/10.1351/goldbook>>. Acesso em: 27 novembro 2019

JUAREZ-GARCIA, E., et al.. **Composition, digestibility and application in breadmaking of banana flour. Plant Food Human Nutr.** 2006. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17048100>>. Acesso: 02 novembro 2019

JUNIOR, Anibal A. de Carvalho; MAIA, Leonor C. **Os fungos do Brasil.** 2010. Disponível em: <<http://books.scielo.org/id/z3529/pdf/forzza-9788560035083-05.pdf>>. Acesso em: 22 maio 2019.

JUNIOR, Anibal A. de Carvalho; MAIA, Leonor C. **Lista de espécies.** 2010. Disponível em: <<http://books.scielo.org/id/z3529/pdf/forzza-9788560035083-11.pdf>>. Acesso em: 22 maio 2019.

JÚNIOR, Hugo J. Tozze; MELLO, Margarita B. A.; JÚNIOR, Nelson S. Massola. **Caracterização morfológica e fisiológica de isolados de Colletotrichum sp. causadores de antracnose em solanáceas.** 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sp/v32n1/v32n1a11.pdf>>. Acesso em: 30 julho 2019.

JÚNIOR, Isamail Teodoro Souza; et al. **Efeito fungitóxico de óleos essenciais sobre Colletotrichum gloeosporioides, isolado do maracujazeiro amarelo.** 2009. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/2175-7925.2009v22n3p77/17918>>. Acesso em: 02 junho 2019.

KAZA, Silpa, 2018. **What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050.** Disponível em: <<https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/30317/9781464813290.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2019.

LEONEL, M.; et al. **Extração e caracterização do amido de diferentes genótipos de bananeiras.** 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v33nspe1/a82v33nspe1.pdf>>. Acesso em: 12 julho 2019.

LIMA, Josefa Nascimento. **Extração e caracterização do amido da banana variedade “Figo Cinza” (Musa acuminata colla x Musa balbisiana colla).** 2012. Disponível em : <<http://repositorio.faeima.edu.br:8000/jspui/bitstream/123456789/265/1/LIMA%2C%20Josefa%20Nascimento%20-%20EXTRA%C3%87%C3%83O%20E%20CARACTERIZA%C3%87%C3%83O%20DO%20AMIDO%20DA%20BANANA%20VARIEDADE%20E2%80%9CFIGO%20CINZA%E2%80%9D%20%28Musa%20acuminata%20COLLA%20x%20Musa%20balbisiana%20COLLA%29.pdf>>. Acesso em: 11 julho 2019.

MACHADO, Roberta Manhães Alves, et al.. **Avaliação de óleos essenciais sobre o crescimento in vitro do fungo Colletotrichum sp.** 2013. Disponível em:<http://www.seer.perspectivasonline.com.br/index.php/biologicas_e_saude/article/view/147>. Acesso em: 26 maio 2019.

MAIA, Lennor C., JUNIOR, Anibal A. de Carvalho. **Os Fungos do Brasil.** Disponível em: <<http://books.scielo.org/id/z3529/pdf/forzza-9788560035083-05.pdf>>. Acesso em: 26 maio 2019.

MATTEI , Dariane, et al.. **Análises das propriedades físicas e antimicrobianas de filmes a base de amido contendo óleo essencial de Tetradenia riparia (Hochst) Codd e Rosmarinus**

officinalis L. – **Lamiaceae**. 2013. Disponível em: < <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=718776&indexSearch=ID>>. Acesso em: 31 outubro 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano Nacional de resíduos sólidos**. 2008.

Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf>.

Acesso em: 02 junho 2019.

MODENESE, Daniel. **Efeito da radiação gama de tratamentos hidrotérmicos sobre as características físico-químicas, funcionais e nutricionais da farinha e do amido de banana verde (*musa acuminata* cv Nanica)**. 2011. Disponível em: <

[http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-18102011-](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-18102011-144313/publico/Daniel_Modenese.pdf)

[144313/publico/Daniel_Modenese.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-18102011-144313/publico/Daniel_Modenese.pdf)>. Acesso em: 24 maio 2019.

MONTES, Simone de Souza; NETA, Lindanor Gomes Santana; CRUZ, Renato Souza. **Óleos essenciais em embalagens para alimentos**. 2013. Disponível em:<

<https://revistascientificas.ifrj.edu.br/revista/index.php/revistapct/article/download/368/253>>.

Acesso em: 27 maio 2019.

MORAES, Jaqueline Oliveira. **Propriedades de filmes de amido incorporados e nanoargilas e fibras de celulose**. 2009. Disponível em:<

<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/92616/267108.pdf?sequence=1&isAll>

[owed=y](https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/92616/267108.pdf?sequence=1&isAll)>. Acesso em: 26 outubro 2019.

MÜLLER, Carmen M. O.; LAURINDO, João Borges; YAMASHITA, Fabio. **Effect of cellulose fibers addition on the mechanical properties and water vapor barrier of starch-based films**. 2009. Disponível em: <

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X08002245> >. Acesso em: 22

maio 2019.

OLIVATO, J. B. et al.. **Effect of organic acids as additives on the performance of thermoplastic starch/polyester blown films**. 2012. Disponível em: <

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24751025>>. Acesso em: 24 maio 2019.

PAULINO, Jéssica Aparecida. **Caracterização de filmes de amido de pinhão com atividade antimicrobiana**. 2016. Disponível em:

<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/7725/1/PG_COALM_2016_2_01.pdf>.

Acesso em: 01 novembro 2019.

PINTO, D.A. et al.. **Produtividade e qualidade do óleo essencial de capim-limão, *Cymbopogon citratus*, DC., submetido a diferentes lâminas de irrigação**. 2014.

Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbpm/v16n1/a08v16n1.pdf> >. Acesso em: 26 maio 2019.

RAMOS, Dayana Portes, et al.. **Amido resistente em farinhas de banana verde**. 2009.

Disponível em: < <http://serv->

[bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/viewFile/1151/846](http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/viewFile/1151/846)>. Acesso em: 01

novembro 2019.

ROSA, D.S. et al.. **Avaliação da Biodegradação de Poli-(Hidroxibutirato), Poli-(Hidroxibutirato-covalerato) e Poli-(caprolactona) em Solo Compostado.** 2002. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/po/v12n4/a15v12n4.pdf>> Acesso em: 20 maio 2019.

ROSA, D. S. et al.. **Biodegradabilidade e Propriedades Mecânicas de Novas Misturas Poliméricas.** 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/po/v11n2/6157.pdf>>. Acesso em: 22 maio 2019.

SANTOS, Isaac Rodrigues. **Plástico Na Dieta Da Vida Marinha.** 2006. Disponível em: <http://www.globalgarbage.org/plasticos_na_dieta_da_vida_marinha.pdf>. Acesso em: 20 maio 2019.

SILVA, Everton Menezes da. **Produção e caracterização de filmes biodegradáveis de amido de pinhão.** 2011. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/38562/000823833.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 20 maio 2019.