

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

FACULDADE DE FARMÁCIA

CAMILA GONÇALVES RODRIGUES

**PRODUÇÃO DE FILMES COMESTÍVEIS BIODEGRADÁVEIS A
PARTIR DE BAGAÇO DE MALTE OU SUBPRODUTOS DO
PROCESSAMENTO DE MANDIOCA**

Belo Horizonte

2022

CAMILA GONÇALVES RODRIGUES

**PRODUÇÃO DE FILMES COMESTÍVEIS BIODEGRADÁVEIS A
PARTIR DE BAGAÇO DE MALTE OU SUBPRODUTOS DO
PROCESSAMENTO DE MANDIOCA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do grau de Doutora em Ciência de Alimentos.

Orientadora: Dra. Camila Argenta Fante
– Universidade Federal de Minas Gerais

Coorientadora: Dra. Lanamar de Almeida
Carlos – Universidade Federal de São
João del Rei

Belo Horizonte

2022

R696p Rodrigues, Camila Gonçalves.
Produção de filmes comestíveis biodegradáveis a partir de bagaço de malte ou subprodutos do processamento de mandioca [recurso eletrônico] / Camila Gonçalves Rodrigues. – 2022.
1 recurso eletrônico (168 f. : il.) : pdf

Orientadora: Camila Argenta Fante.
Coorientadora: Lanamar de Almeida Carlos.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Farmácia, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos.

Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader

1. Embalagem de alimentos – Teses. 2. Resíduos de alimentos – Teses. 3. Filmes comestíveis – Teses. I. Fante, Camila Argenta. II. Carlos, Lanamar de Almeida. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Faculdade de Farmácia. IV. Título.

CDD: 664.092



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE FARMÁCIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DE ALIMENTOS

FOLHA DE APROVAÇÃO

**PRODUÇÃO DE FILMES COMESTÍVEIS BIODEGRADÁVEIS A PARTIR DE BAGAÇO DE
MALTE OU SUBPRODUTOS DO PROCESSAMENTO DE MANDIOCA**

CAMILA GONÇALVES RODRIGUES

Tese submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIA DE ALIMENTOS, como requisito para obtenção do grau de Doutora em CIÊNCIA DE ALIMENTOS, área de concentração CIÊNCIA DE ALIMENTOS.

Aprovada em 03 de março de 2022, pela banca constituída pelos membros:

Profa. Dra. Camila Argenta Fante (Orientadora e Presidente da Comissão) – UFMG

Profa. Dra. Lanamar de Almeida Carlos (Coorientadora) - UFSJ

Profa. Dra. Cíntia Nanci Kobori – UFSJ

Profa. Dra. Elessandra da Rosa Zavareze - UFPEL

Prof. Dr. Felipe Machado Trombete - UFSJ

Prof. Dr. Júlio Onésio Ferreira Melo - UFSJ

Assinatura dos membros da banca:



Documento assinado eletronicamente por **Elessandra da Rosa Zavareze, Usuário Externo**, em 03/03/2022, às 17:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Julio Onesio Ferreira Melo, Usuário Externo**, em 03/03/2022, às 17:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cíntia Nanci Kobori, Usuária Externa**, em 03/03/2022, às 17:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Lanamar de Almeida Carlos, Usuário Externo**, em 04/03/2022, às 13:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Camila Argenta Fante, Professora do Magistério Superior**, em 04/03/2022, às 14:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Felipe Machado Trombete, Usuário Externo**, em 04/03/2022, às 16:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1284950** e o código CRC **38A26186**.

AGRADECIMENTOS:

Primeiramente agradeço a Deus, que sempre me guiou no melhor caminho a seguir, me conduzindo até onde estou hoje. Pela força nos momentos difíceis, pelo consolo durante crises de ansiedade e o medo, onde quase tomaram conta de mim. Em especial nos dois últimos anos, onde pude entender que os planos de Deus nem sempre são os nossos, mas são os melhores possíveis. Anos difíceis de pandemia, de mudanças de planos em projetos, até adiamento de alguns, mas ainda assim só a agradecer por ter passado por isso com saúde e com toda minha família bem!!!

Aos meus pais, Selma e Robertinho, meu esposo Thiago, meu irmão Rafael, minha cunhada e sobrinho (recém-chegado) por todos esses anos de cuidado, amor e paciência. Em especial meu pacotinho de amor Ana Sophia, que chegou em minha vida no meio de um turbilhão de emoções, para mostrar o verdadeiro sentido da palavra amor. Que eu consiga servir de exemplo para minha filha, sobrinho, afilhados (as) e primos (as) que com muito estudo e dedicação, podemos alcançar lugares inimagináveis. A minha família como um todo e meus amigos que sempre torceram por mim, por fazerem esses 4 anos não serem tão difíceis, sempre fazendo os nossos encontros, ligações, conversas em grupos de “Whatsapp” os mais felizes e descontraídos possível. Obrigada por não me deixarem surtar.

À Profa. Dra. Camila Argenta Fante, pela compreensão e orientação nos momentos de indecisão, apoio e principalmente confiança desde os e-mails para orientação quando nem se quer me conhecia pessoalmente. Aos demais professores do Departamento de Alimentos e do Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos, em especial aos professores, Dra. Adriana França, Dra. Scheilla Vitorino de Souza, Dra. Raquel Linhares Bello de Araújo por possibilitarem a utilização de equipamentos e pela disponibilização dos laboratórios para as análises.

À Profa. Dra. Lanamar de Almeida Carlos, pela coorientação, confiança e apoio, e por ter disponibilizado equipamentos e laboratórios da UFSJ campus Sete Lagoas. Também agradeço aos professores Dra. Andreia Marçal da Silva, Dra. Ana Paula Coelho Madeira, Dr. Washington Azevedo da Silva, Dra. Juliana Cristiana Sampaio Rigueira, Dr. Júlio Onésio Ferreira Melo e Dr. Henrique Coutinho Barcelos bem como os técnicos Luana, Sinara e Edmilson pela utilização de equipamentos, disponibilização dos laboratórios para as análises bem como parcerias. Agradeço também aos alunos orientados pela professora Lanamar que sempre se mostraram solícitos e atenciosos.

Aos membros das bancas de Qualificação, Profa. Dra. Raquel Linhares Bello de Araújo, Profa. Dra. Ana Paula Coelho Madeira e Prof. Dr. Leandro Oliveira, e de Defesa, Profa. Dra. Cintia Nanci Kobori, Profa. Dr. Elessandra da Rosa Zavarese, Prof. Dr. Júlio Onésio Ferreira Melo e Prof. Dr. Felipe Machado Trombete, por dedicarem seu tempo na leitura e análise da tese, contribuindo para este trabalho. Aos técnicos e funcionários da Faculdade de Farmácia da UFMG, em especial a Edna, Marina, Igor, Dhionne, Maria José (Maju) e Rafael.

À todos do laboratório de Tecnologia de Alimentos: Viviane, Maria Clara, Vinicius, Amanda, Ana Luíza, Anna Cláudia, Victor, Patrícia, Milton, Manu e Isabela pela ajuda, ideias, sugestões, conversas sobre todo e qualquer tema e claro os nossos cafés e almoços. Cada um de vocês tem pelo menos um dedinho dessa minha conquista. Sentirei saudades!!!

Ao Laboratório de Microscopia Eletrônica e Análise Ultraestrutural da Universidade Federal de Lavras pela realização da análise de Microscopia Eletrônica de Varredura em especial a aluna Natália e o professor Dr. Jaime.

À Universidade Federal de Minas Gerais e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos pela oportunidade de realização do trabalho. À CAPES pelo apoio financeiro e pela concessão da bolsa de doutorado, que possibilitou a realização desta pesquisa.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a concretização deste trabalho.

RESUMO

O setor da agroindústria gera anualmente toneladas de resíduos que podem apresentar na sua constituição propriedades de interesse para uso em diversas áreas, como ingrediente ou matéria-prima no desenvolvimento de embalagens e novos produtos. Neste contexto, o objetivo desse trabalho foi desenvolver filmes comestíveis biodegradáveis a partir do reaproveitamento de casca de mandioca e bagaço de malte. O presente trabalho foi dividido em duas etapas, a primeira consistiu na elaboração das farinhas de casca de mandioca (FCM) e de bagaço de malte (FBM) e caracterização quanto à composição centesimal, teor e perfil de compostos fenólicos totais (FT), atividade antioxidante, carotenoides totais (CT), taninos condensados (TC), identificação de compostos por *paper spray*, cor e propriedades tecnológicas como índice de absorção em água e óleo, volume de intumescimento e solubilidade em água. Na segunda etapa, foram desenvolvidos filmes comestíveis a partir das FCM e FBM adição de diferentes concentrações de amido de milho comercial, e caracterizados quanto às propriedades físicas, mecânicas, de barreira, colorimétricas e espectroscopia no infravermelho. As farinhas obtidas apresentaram com maior retenção na peneira com abertura de 300 µm, com faixas entre de 4,72 – 3,21% de umidade, 1,06 – 3,98% de lipídios, 2,77 – 2,59% de cinzas 7,18 – 15,72% de proteínas, e 88,98 – 77,92% de carboidratos totais para as FCM e FBM, respectivamente. Ambas as farinhas apresentaram atividade de água (aw) próxima a 0 (zero) entre 0,3 a 0,15. Pelo método extrativo metanol/acetona, todos os compostos bioativos avaliados (FT, CT e TC). As farinhas estudadas apresentaram boa absorção de água e óleo. Ambas as farinhas apresentaram ácido cafeíco e ácido gálico, já a catequina, ácido clorogênico e rutina foram encontrados somente para FCM. Uma vasta classe de compostos foi identificada em ambas as farinhas por *paper spray* como ácidos fenólicos e flavonoides. Todas as formulações testadas formaram filme, exceto a formulação com 100% de FBM, o que impossibilitou sua caracterização. A espessura média dos filmes, variou de 0,022 mm a 0,124 mm. Quanto à solubilidade em água, os filmes apresentaram valores entre 8,85 a 52,65%, caracterizando-os como solúveis. A resistência a tração, resistência a perfuração e o módulo elástico dos filmes foram diretamente proporcionais a concentração de amido. Já deformação e taxa de alongamento foram inversamente proporcionais a concentração de amido. Todos os filmes estudados foram considerados biodegradáveis pois os valores foram superiores a 90%. Os filmes comestíveis das farinhas de resíduos foram pouco resistentes, mas muito flexíveis em comparação ao filme controle de amido. Portanto, são aptos a serem aplicados como revestimento comestível.

Palavras-chave: bagaço de malte; casca de mandioca; *paper spray*; aproveitamento.

ABSTRACT

The agroindustry sector generates annually tons of waste that can present in its constitution properties of interest for use in various areas, as an ingredient or raw material in the development of packaging and new products. In this context, the objective of this work was to develop biodegradable edible films from the reuse of cassava bark and malt bagasse. The present work was divided into two stages, the first consisted of the elaboration of cassava peel flours (FCM) and malt bagasse (FBM) and characterization of the centesimal composition, content and profile of total phenolic compounds (FT), antioxidant activity, total carotenoids (TC), condensed tannins (TC), identification of paper spray compounds, color and technological properties such as absorption index in water and oil, volume of intumescence and solubility in water. In the second stage, edible films were developed from the FCM and FBM, adding different concentrations of commercial corn starch, and characterized in terms of physical, mechanical, barrier, colorimetric and infrared spectroscopy properties. The flours obtained presented the highest retention in the sieve with an opening of 300 μm , with ranges between 4.72 - 3.21% of moisture, 1.06 - 3.98% of lipids, 2.77 - 2.59% of ash 7.18 - 15.72% of proteins, and 88.98 - 77.92% of total carbohydrates for the MFC and FBM, respectively. Both flours showed water activity (a_w) close to 0 (zero) between 0.3 and 0.15. By the extractive method methanol/acetone, all bioactive compounds evaluated (FT, CT and CT). The flours studied showed good water and oil absorption. Both flours presented caffeic acid and conalic acid, while catechin, chlorogenic acid and rutin were found only for MF. A wide class of compounds was identified in both flours by paper spray as phenolic acids and flavonoids. All tested formulations formed film, except the formulation with 100% FBM, which made its characterization impossible. The average thickness of the films ranged from 0.022 mm to 0.124 mm. Regarding water solubility, the films presented values between 8.85 and 52.65%, characterizing them as soluble. Tensile strength, puncture resistance and elastic modulus of the films were directly proportional to starch concentration. Deformation and elongation rate were inversely proportional to starch concentration. All films studied were considered biodegradable because o_z values were higher than 90%. The edible films of the waste flours were little resistant, but very flexible compared to the starch control film. Therefore, they are able to be applied as edible coating.

keywords: malt cake; cassava peel; paper spray; harnessing.

LISTA DE ABREVIATURAS

% Porcentagem

Abs Absorbância

AOAC Association of Official Analytical Chemists

ASTM American Society for Testing and Materials

AAT Atividade Antioxidante Total

BMC Bagaço de malte de cevada

b.s Base seca

b.u Base úmida

CT Carotenoides totais

C* Chroma

CF Compostos fenólicos totais

cm Centímetros

DIC Delineamento Inteiramente Casualizado

E Módulo elástico

EAG Equivalentes em ácido gálico

Embrapa Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EtOH Etanol

FAFAR/UFMG Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais

FBM Farinha de bagaço de malte

FCM Farinha de casca de mandioca

FTIR Espetroscopia no Infra Vermelho

g Grama

h hora

h° Ângulo de tonalidade

IAL Instituto Adolfo Lutz

IAA Índice de absorção em água

IAO Índice de absorção em óleo

ISA Índice de solubilidade em água

L* Luminosidade

min Minutos

mL Mililitros

mm Milímetros

mm/s Milímetros por segundo

m/z Massa/Carga

N Newton

nm Nanômetros

°C Graus Celsius

p/p Peso por peso

P/t Perda de peso por unidade de tempo

p/v Peso por volume

PET Polietileno tereftalato

PVA Permeabilidade ao vapor d'água

rpm Rotações por minuto

s Segundos

SA Solubilidade em água

TD Taxa de deformação

TP Teste de perfuração

UR Umidade Relativa

v/v Volume por volume

VI Volume de intumescimento

UV Ultra-violeta

x Espessura

Δp Gradiente de pressão

ε Taxa de alongamento

σ Resistência à tração

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Planta da mandioca e corte trasnversal da raiz de mandioca.	20
Figura 2 - Fluxograma do processo da fabricação de farinha de mandioca .	22
Figura 3 – Produção anual de cerveja dos maiores produtores mundiais	26
Figura 4 -Fluxograma do processo cervejeiro e seus principais resíduos	27
Figura 5 -Estimativa para produção de bagaço de malte em mil toneladas/ano no território brasileiro.	29
Figura 6 – Potenciais aplicações para uso do bagaço de malte.	32
Figura 7 – Possíveis fontes naturais para produção de filmes biodegradáveis.	40
Figura 8 - Fluxograma das etapas do trabalho experimental	68

Capítulo 1

Figura 1 – Obtenção das farinhas de bagaço de malte e casca de mandioca.	73
Figura 2 – Coloração das farinhas	82
Figura 3 – Análise de Volume de Intumescimento	83
Figura 4 – Distribuição de tamanho de partículas das farinhas de casca de mandioca (FCM) e de bagaço de malte (FBM).	84
Figura 5 – Espectro de amido de milho, farinhas de casca de mandioca e bagaço de malte	85
Figura 6 – Espectros dos modos positivo (+) e negativo (-)	94

Capítulo 2

Figura 1 – A: Ensaio de tração, B:Teste de perfuração	120
Figura 2 – Imagens SEM de superfície e seção transversal dos filmes	129

Capítulo 3

Figura 1 – Aspecto Visual do filme (FCM 100) dentro e fora da malha	146
Figura 2 – Imagens SEM de superfície e seção transversal dos filmes	153
Figura 3 – Espectro dos filmes elaborados com o resíduo, farinha e amido de milho	154

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição química do bagaço de malte	30
Tabela 2 – Nutrição de animais com o consumo de BMC .	33
Tabela 3 – Produção de enzimas por microrganismos cultivados em BMC	36
Tabela 4 – Leantamento de polissacarídeos usados para produção de filmes	43
Tabela 5 – Farinhas utilizadas para produção de filmes ou revestimentos comestíveis	45
Tabela 6 - Métodos de obtenção de filmes	47

Capítulo 1

Tabela 1 – Composição centesimal, atividade de água (aw) e teor de amido para as farinhas produzidos a partir de resíduos de CM e BM em base seca (BS)	79
Tabela 2 – Parâmetros colorimétricos das farinhas de FCM e FBM	81
Tabela 3 – Propriedades tecnológicas das farinhas de resíduos de casca de mandioca (FCM) e bagaço de malte (FBM)	82
Tabela 4 – Taninos condensados (T), carotenoides totais (C) e fenólicos totais (F), em farinhas de resíduos de casca de mandioca (FCM) e bagaço de malte (FBM) em base seca.	87
Tabela 5 - Atividade antioxidante pelos métodos ABTS, FRAP e DPPH em FCM e FBM em base seca (BS).	89
Tabela 6 – Perfil de fenólicos (mg/100.g em base seca), em farinhas de resíduos de casca de mandioca (FCM) e bagaço de malte (FBM) em base seca.	90
Tabela 7 – Atribuições dos íons detectados nas farinhas de casca de mandioca e bagaço de malte por (-)PS-MS	95
Tabela 8 Atribuições dos íons detectados nas farinhas de casca de mandioca e bagaço de malte por (+)PS-MS	100

Capítulo 2

Tabela 1 – Solubilidade, permeabilidade ao vapor de água (PVA) e espessura dos filmes de resíduo.	123
Tabela 2 – Parâmetros de cor e imagens dos filmes produzidos com farinha de bagaço de malte	125
Tabela 3 – Propriedades mecânicas dos filmes da farinha de bagaço de malte	127

Capítulo 3

Tabela 1 – Imagens dos filmes produzidos e parâmetros de cor a partir de farinha de casca de mandioca (FCM)	143
Tabela 2 – Biodegradabilidade, solubilidade, permeabilidade ao vapor de água (PVA) e espessura dos filmes de resíduo	145
Tabela 3 – Propriedades mecânicas dos filmes da farinha de casca de mandioca	150

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	199
2	OBJETIVOS.....	20
	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
1	RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS.....	22
1.1	Mandioca.....	23
1.1.1	Resíduos Gerados no Beneficiamento da Mandioca.....	24
1.1.2	Outros Resíduos do Processamento.....	28
1.1.3	Exemplos de aproveitamento.....	28
1.2	Cerveja.....	29
1.2.1	Resíduos da Cervejaria.....	32
1.2.2	Bagaço de malte (BMC).....	33
1.2.3	Exemplos de aproveitamento.....	35
2	EMBALAGENS.....	41
2.1	Filmes e revestimentos biodegradáveis.....	42
2.1.1	Composição do Filme e Revestimentos.....	45
2.1.2	Obtenção dos filmes e revestimentos comestíveis.....	51
3	REFERENCIAS.....	52
	PARTE EXPERIMENTAL.....	72

CAPÍTULO 1 : APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS AGROALIMENTARES:

PRODUÇÃO DE FARINHAS, CARACTERIZAÇÃO

E IDENTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS

1	INTRODUÇÃO.....	75
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	77
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	82
4	CONCLUSÃO.....	107
5	REFERENCIAS:	107

**CAPÍTULO 2: PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES A PARTIR DE
FARINHA DE RESÍDUO CERVEJEIRO**

1	INTRODUÇÃO.....	119
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	120
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	125
4.	CONCLUSÃO.....	134
5	REFERENCIAS:	134

**CAPÍTULO 3: FILMES COMESTÍVEIS BIODEGRADÁVEIS:
UMA ALTERNATIVA SUSTENTAVEL DE USO
PARA RESÍDUO AGROINDUSTRIAL**

1	INTRODUÇÃO.....	139
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	139
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	146
4.	CONCLUSÃO.....	160
5	REFERENCIAS:	160
	SUGESTÕES FUTURAS.....	168

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, esforços têm sido realizados para redução do impacto ambiental causado tanto pela deposição de materiais de embalagem no meio ambiente quanto ao destino inadequado de resíduos provenientes da agroindústria com potencial para reutilização. A necessidade da redução do acúmulo de resíduos é um fator de suma importância, devido aos distúrbios ambientais e as questões sociais (COLLA, 2004). A produção desacerbada de resíduos com a falta de tratamento adequado é um dos grandes problemas ambientais, causando contaminação do solo e da água (BRASIL, 2019). A produção agrícola junto com a indústria de alimentos, são os setores da agroindústria que mais geram resíduos. Dentre a vasta gama de resíduos gerados em especial pela indústria de alimentos, pode-se destacar a classe dos lignocelulósicos, que são abundantes, de baixo custo e facilmente encontrados podendo citar bagaço de cana-de-açúcar, cascas de frutas, bagaço de malte, casca de mandioca entre outros (BRIONES et al., 2015).

O bagaço de malte é um resíduo úmido, gerado na filtração do mosto durante o processo de fabricação de cerveja, rico em fibras, proteínas e minerais (BOURSCHEIDT et al., 2011; KLAGENBOECH et al., 2011; ALMEIDA, 2014), o que permite que seja reutilizado em diversos setores. A casca de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*), proveniente da obtenção de produtos minimamente processados ou fabricação de farinha, gera toneladas de resíduos ainda ricos, principalmente no teor de amido (TUMWESIGYE, OLIVEIRA & GALLAGHER, 2016). Os poucos processos de reutilização desses resíduos, são considerados de baixo valor econômico, como produção de energia e alimentação animal, sendo uma boa parte simplesmente descartada (LISBÔA 2016). Uma possível alternativa é o desenvolvimento de filmes e revestimentos biodegradáveis, por serem considerados biopolímeros, porém são escassos os estudos com resíduos.

A indústria de embalagens busca novos métodos viáveis e de custo efetivo, que além de manter a integridade do produto, garantam a qualidade e segurança, bem como a busca por matérias-primas de fácil obtenção e renováveis (OUATTARA et al., 2000), e sobretudo que seja seguro para o consumidor (AIDER, 2010).

O tipo do material utilizado na produção de embalagens pode interferir diretamente na qualidade do produto, tais como vida útil e preservação, visto que é um fator

determinante para a difusão de gases, umidade, aromas, entre outros, além de exercer direta influência no que se diz respeito ao meio ambiente. Assim, existem pesquisas com o propósito de obter embalagens ambientalmente corretas, a partir de fontes renováveis e que preservem os alimentos por mais tempo ou indiquem a sua qualidade, o que vem a ser uma alternativa viável para reutilização dos resíduos agroindustriais (ATARÉS, PEREZ-MASIA e CHIRALT, 2011).

Filmes e coberturas podem ser produzidos a partir de biopolímeros, como por exemplo, polissacarídeos, proteínas e lipídios, capazes de produzir matrizes contínuas (SHOJAEI-ALIABADI et al., 2013). Da classe dos polissacarídeos, o amido recebe atenção especial devido ao baixo custo, ser abundante e renovável. Além disso, está presente sob várias formas em função da origem da matéria-prima até mesmo em resíduos descartados, gerando diferentes alternativas que podem ser pesquisadas na área de filmes (ANDRADE-MAHECHA, 2012). Devido à estrutura de rede dos filmes, podem ser uma excelente alternativa, como carreadores de ativos alimentares, como por exemplo, agentes antioxidantes, vitaminas, compostos voláteis, pigmentos, agentes antimicrobianos e até mesmo micro-organismos probióticos, melhorando assim a integridade do alimento sobre os quais são aplicados, até mesmo conferir ou intensificar características funcionais ao alimento em questão (FARIAS et al., 2012).

Com base no exposto, este trabalho se justifica por apresentar uma alternativa rentável para o aproveitamento de resíduos da agroindústria, envolvendo produção de filmes (para uso como embalagens ou revestimento), com potencial de aplicação na indústria de alimentos e farmacêutica, atendendo à demanda atual por alternativas sustentáveis. Também por explorar o potencial dos resíduos estudados como fonte de compostos bioativos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Produzir filmes comestíveis a partir de resíduos da agroindústria, casca de mandioca e bagaço de malte.

2.2 Objetivos específicos

- ✓ Caracterizar as farinhas obtidas a partir dos resíduos quanto à composição centesimal, ao teor de compostos fenólicos totais, taninos condensados, carotenoides totais, cor, perfil de fenólicos, atividade antioxidante, identidade química dos compostos (*paper spray*), propriedades tecnológicas e granulometria.
- ✓ Elaborar filmes comestíveis a partir das farinhas dos resíduos em estudo;
- ✓ Caracterizar os filmes obtidos quanto às propriedades físicas, de barreira e mecânicas;

1 RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

Segundo a ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2004), os resíduos agroindustriais podem ser dispostos nos estados sólido, líquido e semissólido, resultantes de atividades agrícolas, comercial, doméstica, bem como lodos de sistemas de tratamento de água. O beneficiamento de alimentos gera grandes quantidades de resíduos em todo o mundo, sendo que a rica composição desses materiais leva danos ao meio ambiente, quando descartados de forma incorreta.

Existem alternativas de valorização de resíduos, visando o seu aproveitamento em diversas atividades, uma vez que podem contribuir positivamente para a redução da poluição ambiental, bem como diminuir os custos de produção e permitir a valorização econômica desses resíduos que eram descartados em aterros sanitários ou destinados em meios de baixo valor agregado (FERNANDES et al., 2008). Além dos resíduos gerados nas etapas de beneficiamento, tem-se o desperdício de alimentos, presente desde o início da cadeia produtiva nas perdas pós-colheita e persiste durante as etapas de transporte, produção até chegar ao destino final. É uma questão que afeta, diretamente, a economia dos países causando impacto na sociedade e no meio ambiente (GONDIM et al., 2005).

Como forma de aproveitamento, os resíduos de processos agroindustriais podem ser utilizados na alimentação de animais, produção de energia, extração de compostos de interesse, alimentação humana, reforço para materiais de construção, adsorventes, embalagens, entre outros onde o seu uso dependerá da sua composição (BROCHIER, 2007; FRANCA & OLIVEIRA, 2009; FRANCA & OLIVEIRA, 2008). O aproveitamento de resíduos deve ser feito de forma consciente e economicamente viável. Em alguns casos, é possível que o resíduo final seja reconstituído como matéria-prima em um novo processo (CEREDA, 2000).

Os resíduos da agroindústria, em especial os lignocelulósicos como bagaço de malte, casca de mandioca, farelo e casca de arroz, bagaço de uva, cascas de frutas em geral, entre outros, tem potencial para aplicação em diferentes áreas desde a indústria civil até a indústria de alimentos pensando na obtenção de embalagens e revestimentos biodegradáveis.

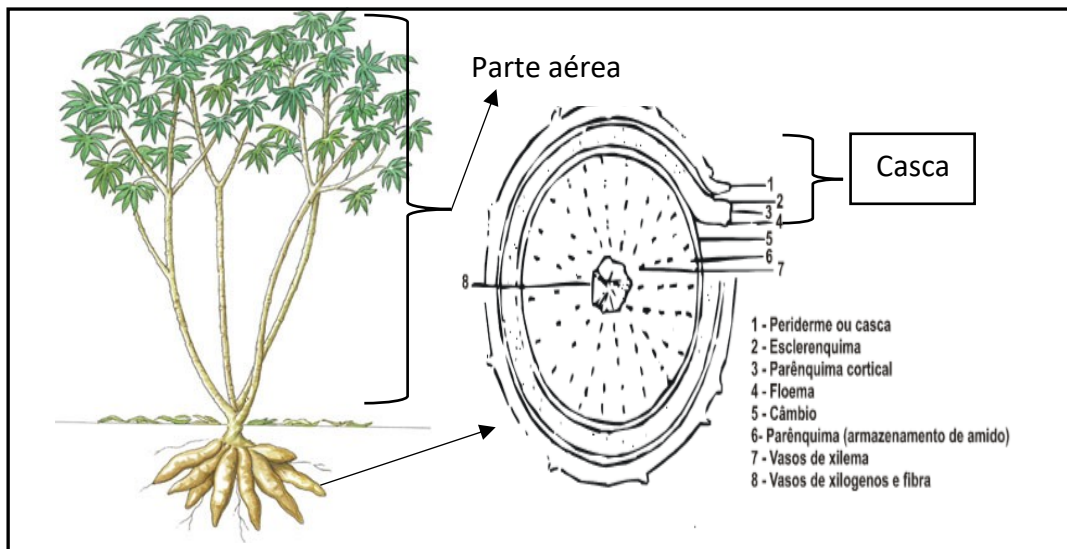
1.1 Mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) é cultivada em todo território brasileiro, decrescendo em termos produtivos nas regiões norte, nordeste, sudeste, sul e centro oeste (INSTITUTO BRASILEIRO, 2018). Sendo uma cultura amplamente difundida, cultivada em 90 países da América Latina, Caribe, África e Ásia. Na América tropical, é cultivada a mais de 5000 anos. Constituí em alimento energético para mais de 400 milhões de pessoas no mundo, principalmente nos países em desenvolvimento, onde é cultivada por pequenos agricultores (FAO, 2000).

A mandioca apresenta grande importância socioeconômica, por ter suas raízes ricas em amido e de fácil adaptação quanto ao plantio, a torna a principal fonte de carboidratos e de subsistência para populações carentes em todo o mundo (SOUZA et al., 2006; JANSSEN e WHEATLEY, 1985). Além das raízes, a parte aérea da planta pode ser utilizada também na alimentação animal (PHUC et al., 2000) além de potencial uso para produção de energia (SRIROTH et al., 2010).

A mandioca pertence à classe das Dicotiledôneas, da família Euphorbiaceae, gênero *Manihot* e a espécie *Manihot Esculenta Crantz*. A representação da seção transversal da raiz da mandioca, pode ser observada na Figura 1, onde a parte interna é basicamente constituída de células de reserva, ricas em amido, distribuídos em forma de estrias. Na parte mais central da raiz encontram-se os vasos xilógenos e fibras, e na extremidade localiza-se o córtex ou casca constituída por capas superpostas de tecidos e fibras esclerenquimatosas (CIAT, 1983).

Figura 1- Planta da mandioca e corte transversal da raiz de mandioca.



Fonte: CIAT (1983) e FAO (2014) com adaptações

A planta de mandioca é considerada perene, por mais que, comercialmente seja cultivada por um a dois anos, visando a produção de raízes ricas em amido (SOUZA et al. 2006). O cultivo da mandioca ocorre principalmente em pequenas propriedades, com baixo emprego de tecnologia e, em solos química e fisicamente degradados (DALTON et al., 2011), onde culturas mais exigentes como soja e milho, por exemplo, não produziriam satisfatoriamente o que evidencia a sua grande produção.

A mandioca pode ser classificada em dois tipos, mansa e brava, essa classificação depende do teor de ácido cianídrico (HCN), uma substância tóxica contida em suas raízes. A denominada “mansa” é a mandioca de mesa, aquela consumida cozida ou frita, apresentando concentrações desprezíveis de ácido cianídrico, inferiores a 100 mg/kg. Por outro lado, a “brava” é a utilizada nas indústrias, possuindo concentrações tóxicas de HCN, superiores a 100 mg/kg. Como essa substância é termolábil, ela é inativada após processo térmico realizado nas indústrias, por exemplo, na produção de farinha, não representando risco ao consumidor (CAGNON et al., 2002).

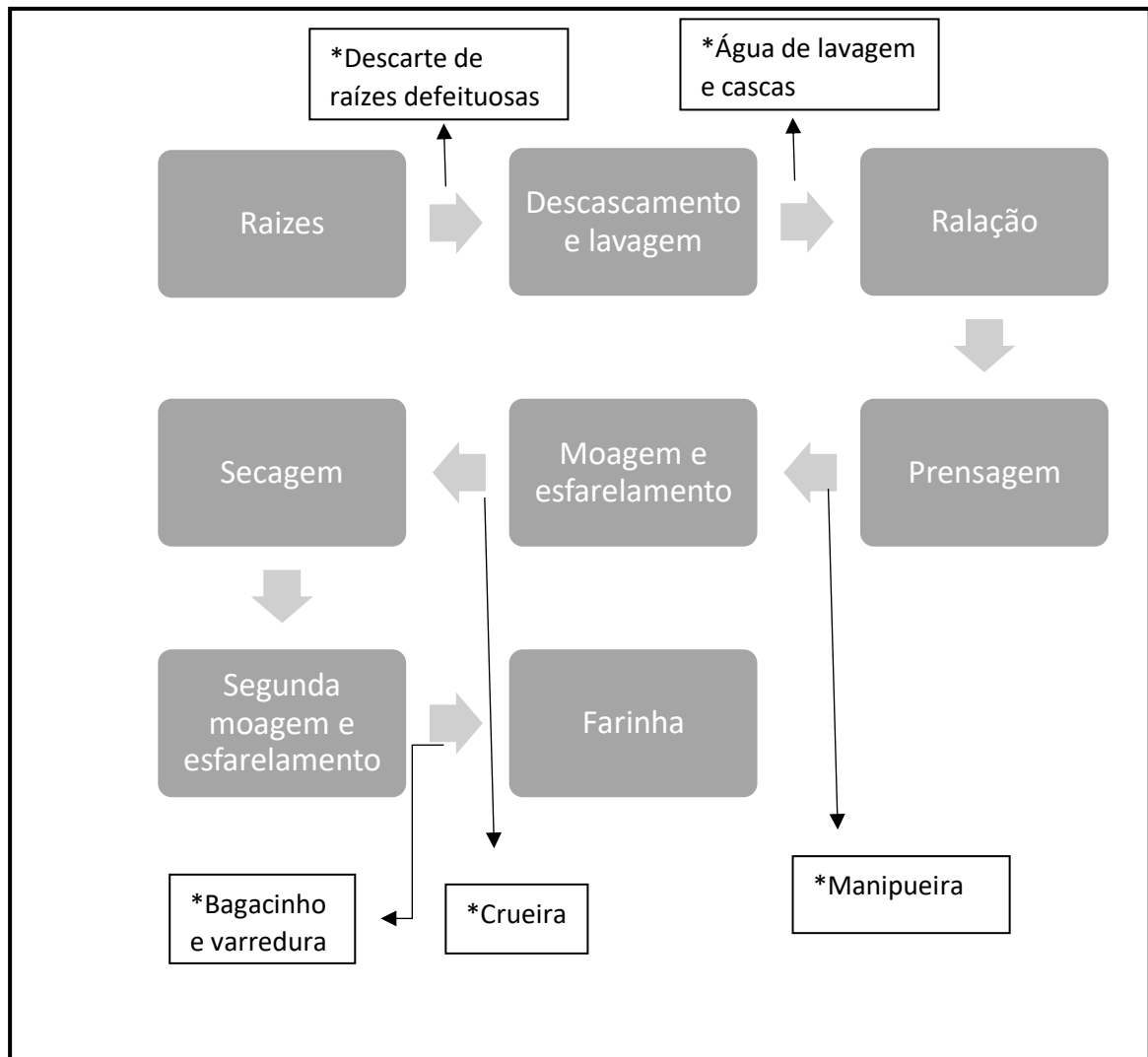
1.1.1 Resíduos Gerados no Beneficiamento da Mandioca

O processamento das raízes da mandioca, mesmo em unidades de agricultura familiar, pode contribuir para produção de resíduos, onde cerca de 10% do total de

mandioca utilizado será perdido em casca, o que pode acarretar problemas ambientais (CEREDA, 1994). O processo de produção da farinha de mandioca caracteriza-se como uma atividade importante no setor agroindustrial, bem como no aspecto social, tanto pela fixação do homem no campo, como pela produção do principal alimento energético para milhões de pessoas de diferentes classes sociais no mundo todo, em especial no Brasil.

Durante as fases de processamento são geradas quantidades consideráveis de materiais que são descartados como resíduos. Bianchi e Cereda (1999) definem, como inaceitável, um material que apresenta na sua composição amido, fibras e um alto poder calorífico, ser disposto no ambiente, sem nenhuma utilidade tanto para o produtor quanto para a sociedade. É possível observar na Figura 2 um fluxograma do processamento da farinha de mandioca, que apresenta os materiais obtidos nas diferentes etapas.

Figura 2 - Fluxograma do processo da fabricação de farinha de mandioca (*Resíduos).



Fonte: Bianchi e Cereda (1999) com adaptações.

Após descascamento e lavagem, as raízes são raladas e a massa obtida é prensada e esfarelada para então, ser encaminhada para um sistema de peneiras que separa o material em três partes distintas. O mais grosseiro, denominado crueira, é retirado do processo e destinado à alimentação animal. O material de tamanho intermediário retorna ao esfarelador. O material mais fino é encaminhado para secagem, depois é transportado a um segundo moinho e posteriormente a um outro conjunto de peneiras para a

classificação. Dessas peneiras de classificação fica retido o material mais grosseiro, denominado de bagacinho, que também é utilizado como matéria-prima para a alimentação animal (BIANCHI; CEREDA, 1999).

Já na etapa de descascamento e lavagem das raízes, ocorre à geração de cascas, que é um tipo de material constituído de uma fina película celulósica de cor marrom clara ou escura e cepas, que é um material mais fibroso que a raiz da mandioca, que segundo Cereda (2001) é descartado para não forçar o ralador. Junto com as cascas saem certas quantidades de solo utilizado no processo mecanizado de raspagem das raízes, entrecasca e pedaços de raízes que ocasionam perdas no processo. Na mistura casca e entrecasca, Cereda (2001) encontrou quantidades significativas de constituintes químicos, podendo ser considerado então um material excelente para ser bioestabilizado e utilizado como adubo, pois pode não ser muito viável seu emprego na ração animal em decorrência do quantitativo de solos aderidos a esta mistura.

As crueiras são pedaços de fibras e entrecasca das raízes de mandioca que são separados por peneiramento antes da torração da massa prensada. A quantidade de crueiras pode variar, dependendo do tempo de coleta, tipo da cultivar, e do ajuste no ralador (CEREDA, 2001, FERREIRA, 2013).

Após um balanço de massa realizado por Bianchi e Cereda (1999), esses autores constataram que a casquinha pode representar de 15 a 20% do total de mandioca processada, em peso úmido. A crueira corresponde a pouco mais de 1,0% do total de matéria-prima, sendo que a varredura e o bagacinho alcançam em conjunto valores em torno de 0,5%. Assim, de cada tonelada de matéria-prima processada é gerado em torno de 2 kg de bagacinho. Quanto à umidade, tanto a farinha como o bagacinho, apresentam teores na ordem de 7,5 a 10% de umidade quando saem dos fornos. Como conclusão, os autores supracitados recomendam novas pesquisas sobre a destinação adequada e de valor agregado dos resíduos gerados. Alguns pesquisadores dedicaram seus temas de trabalho aos resíduos gerados no processamento da farinha de mandioca, (FIORETTO, 1994; MENESES 2001; WOSIAKI et al, 2001; CEREDA, 2001).

1.1.2 Outros Resíduos do Processamento

Além dos resíduos sólidos, já citados, são gerados também materiais particulados que são desprendidos durante o processo de torração da massa prensada. Também ocorre a geração de restos de farelos proveniente das varreduras do estabelecimento e embalagens danificadas que podem ser recicladas ou reutilizadas. Partes do material particulado desprendido se precipitam nas paredes dos fornos e no piso do estabelecimento, podendo ser coletado e utilizado na ração animal juntamente com os restos de farelos (CEREDA, 2001).

Outro resíduo presente e em grande quantidade, é a água de lavagem. O volume médio de água utilizada na lavagem das raízes é cerca de 344,3 L/t (litros de água de lavagem por tonelada de raízes processada). O efluente carrega sólidos em suspensão e cascas, eliminadas na lavagem das raízes, estes materiais podem ser separados por filtração e decantação. Após a separação do material particulado em suspensão, o efluente apresenta baixo teor de matéria orgânica. Um tratamento preliminar (remoção dos sólidos), deste efluente permite recirculação na operação de lavagem das raízes ou ser empregado na fertirrigação e/ou controlador natural de pragas, pois é um efluente riquíssimo em nutrientes e cianetos.

Na etapa de prensagem da massa ralada é gerado outro efluente líquido, a manipueira. Consiste em um líquido de constituição das raízes de mandioca, que apresenta aspecto leitoso, cor amarelo-claro e odor fétido. Segundo Fioretto (2001), a manipueira contém de 5 a 7% de fécula, glicose, ácido cianídrico, bem como outras substâncias orgânicas e nutrientes minerais que pode ser usado como biofertilizante, de forma a aproveitar e reciclar nutrientes no solo, evitando assim o despejo indevido nos cursos d'água. Outra forma de se aproveitar a manipueira é no controle de pragas e doenças nas lavouras, pois a presença de cianetos poderá dar efeitos deste líquido como nematicida e inseticida (PANTAROTO E CEREDA 2001).

1.1.3 Exemplos de Aproveitamento

De maneira geral, grande parte dos resíduos provenientes do beneficiamento da mandioca são destinados a alimentação animal. No processo de torração da farinha utilizam-se lenha, que através de sua queima gera energia calorífica. Pode-se utilizar como substituto à lenha as cascas de mandioca, como este material é bastante rico em minerais também poderá ser utilizado sozinho na adubação ou incorporado aos demais resíduos do processo para a produção de um composto mais eficaz.

Raupp et al. (1999) desenvolveram um produto farináceo para consumo na alimentação humana, adicionando o bagaço proveniente do descarte de fecularias, à farinha de mandioca, apresentando em comparação com as farinhas comerciais, alta quantidade de fibra alimentar e baixa quantidade de amido. Os teores de proteína, lipídio e cinzas foram semelhantes ao das farinhas comerciais. Quando feito teste biológico, esse produto, foi utilizado no preparo de dietas semissintéticas, para ratos em crescimento nas concentrações de 11,6, 34,8 e 58,0%. Como resultado a farinha apresentou propriedades fisiológicas, em nível intestinal, características da fibra alimentar insolúvel, podendo ser fonte potencial de fibra para a alimentação humana.

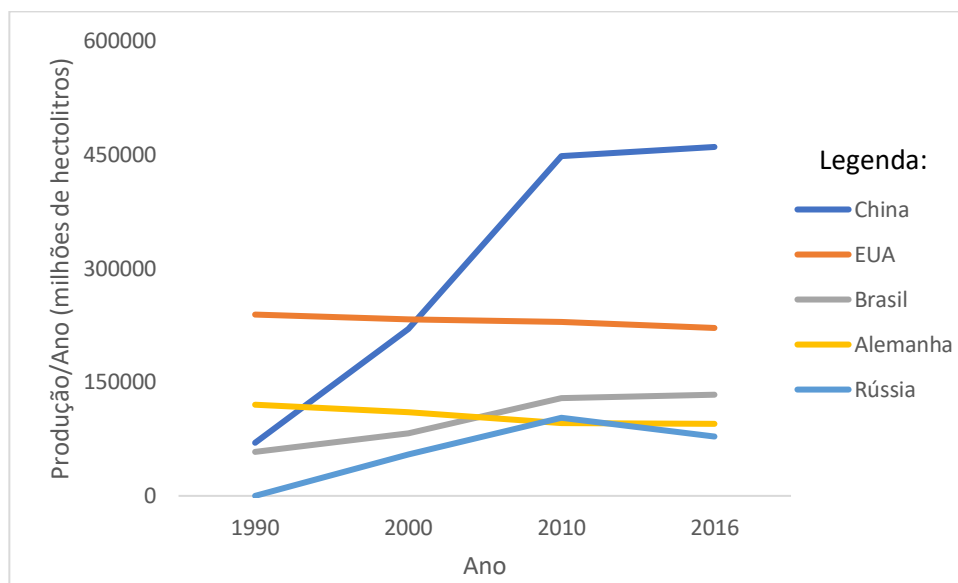
Lisbôa (2016) avaliou a substituição parcial do fubá de milho e do farelo de trigo, por resíduos compostos de farinha de casca de mandioca e farinha de varredura de tapioca em diferentes níveis de inclusão de cada um (8%, 16% e 24%) em dieta formulada para alevinos de tilápia-do-Nilo, onde foi observado melhor desempenho os peixes alimentados com as dietas que receberam inclusão na formulação de 24%, tanto de farinha de casca de mandioca quanto de farinha de varredura de tapioca.

1.2 Cerveja

Segundo o Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009 (BRASIL, 2009), cerveja é definida como “bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo”. As principais cervejas comercializadas atualmente no Brasil não seguem a lei da pureza (Reinheitsgebot) datada de 1516 na região da Bavária, que traz até hoje como exigência de pureza a utilização de apenas dos insumos água, malte e lúpulo na fabricação de cerveja (HUIGE, 2006).

Segundo dados do Sindicerv (Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja), o Brasil passou a ocupar em 2016 o terceiro lugar de maior produtor mundial de cerveja, perdendo apenas para China e Estados Unidos (Figura 3). É um mercado que está em ascensão no Brasil, segundo reportagem do jornal G1 (2019), somente no ano de 2017 foram registradas 186 novas fábricas.

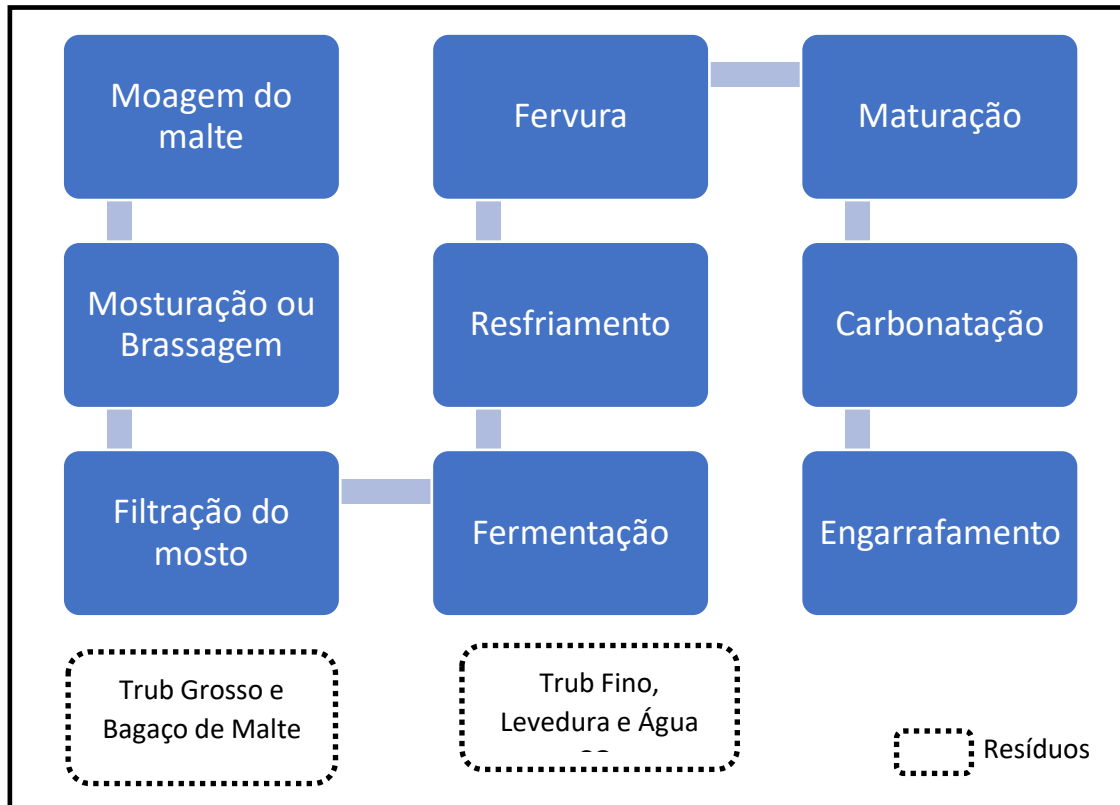
Figura 3 – Produção anual de cerveja dos maiores produtores mundiais.



Fonte: SINDICERV (2016).

O processo para produção de cerveja, tanto a nível industrial quanto artesanal, é dividido em três etapas como pode ser observado pela Figura 4.

Figura 4- Fluxograma do processo cervejeiro e seus principais resíduos.



Fonte: Adaptada CETESB, 2005

O processo cervejeiro, inicia a partir da fase de moagem do malte, fase onde o malte é moído para abertura da casca e exposição do amido para a transformação subsequente durante a brasagem ou mosturação. No processo de brassagem, ocorre a transformação do amido do malte em açúcares fermentescíveis (maltose e maltodextrina) e não fermentescíveis (dextrinas), através da adição do malte em água e aumento da temperatura em rampas (37 – 78 °C) e repouso do mosto por tempos pré-estabelecidos em cada processo. Após o mosto estar clarificado, é transferido para a etapa de fervura, onde é adicionado o lúpulo, responsável pelo amargor da cerveja (OLAJIRE, 2012). Dependendo do processo cervejeiro, outros cereais podem ser adicionados nessa etapa, denominados adjuntos, dentre eles pode-se citar o milho, arroz e trigo.

Na fase de maturação, tem início o processo de fermentação, que começa com o resfriamento do líquido após a fervura e adição do fermento, o tempo de fermentação,

confere características específicas para cada produto desejado. Após, acontece o processo de maturação em si, onde ocorre o abaixamento da temperatura, responsável pelas características do produto final como sabor, cor e aroma. Em alguns produtos também é utilizada a clarificação para retirada de possíveis resíduos dos processos anteriores (OLAJIRE, 2012).

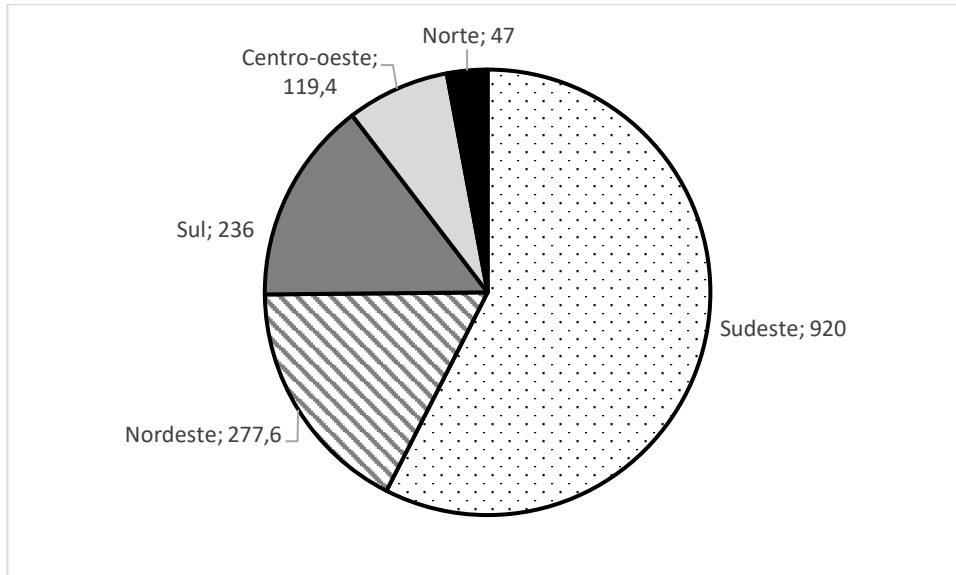
As fases de envasamento e expedição são fases finais do processo, onde são realizados os processos de envase e fechamento das garrafas e, quando aplicável a pasteurização, etapa com objetivo de eliminação de todos os micro-organismos ainda existentes e responsáveis por continuar a fermentação e maturação (CETESB, 2005; PESSOA, 2011; OLAJIRE, 2012).

1.2.1 Resíduos da Cervejaria

O processo de produção de cerveja gera em torno de 60 resíduos, sólidos e líquidos, nos quais pode-se incluir: o bagaço de malte, a levedura, sedimento das dornas (trub), gases, resíduos de envase (OLAJIRE 2012) conforme demonstrado na Figura 4. Dentre esses resíduos, o bagaço de malte chamado em inglês de *Beer Spent Grain* (BSG) é considerado o principal, pois corresponde a cerca de 85% dos resíduos gerados. A cada 100 litros de cerveja produzida, 20 Kg de bagaço de malte são gerados, o que representa, em escala mundial, um grande problema ambiental, quando descartado de maneira inadequada (MUSSATTO et al., 2008; TOWNSLEY, 1979).

A região do Brasil que mais produz cerveja é a Sudeste, correspondendo a cerca de 57,5% da produção do país. As demais regiões seguem com a seguinte distribuição, Nordeste (17,3%), Sul (14,8%), Centro-oeste (7,5%) e Norte (2,9%). Podemos observar a produção de bagaço de malte estimada em mil toneladas/ano pode ser demonstrada na Figura 5.

Figura 5 – Estimativa para produção de bagaço de malte em mil toneladas/ano no território brasileiro.



Fonte: SINDICERV (2016)

1.2.2. Bagaço de malte

Segundo o MAPA, na Instrução Normativa nº 11, de 14 de março de 2013, “malte de cevada ou cevada malteada consiste no produto resultante da germinação forçada e controlada, posterior secagem, sob condições especiais de umidade e temperatura” (BRASIL, 2013).

O bagaço de malte, também conhecido como polpa cervejeira, bagaço de malte ou cevada (BCM), é o resíduo cervejeiro resultante do início do processo da fabricação da cerveja gerado a partir da filtração do mosto (mistura do malte moído e água) antes da fervura. O bagaço de malte também pode ser chamado de Resíduos Úmidos de Cervejaria - RUC (SANTOS; RIBEIRO, 2005; KLAGENBOECH et al., 2011; VIEIRA; BRAZ, 2009). A sua composição é constituída basicamente da casca da cevada malteada, e alguns adjuntos que podem ser adicionados durante o preparo.

O bagaço de malte é um material lignocelulósico, apresenta aparência pastosa, granulometria grossa, não tóxico, tendo cerca de 80% de umidade e a parte sólida é composta principalmente pela casca de cevada, sendo rico em proteínas e fibras (celulose, hemicelulose e lignina), além de extrativos e cinzas, em menores proporções (ALMEIDA,

2014; PEREIRA; SANTOS, 2014). A Tabela 1 apresenta a composição físico-química do bagaço de malte após o processo de secagem e moagem, empregando 100% malte de cevada (sem adição de outros cereais) (ALMEIDA, 2014).

Tabela 1 – Composição química do bagaço de malte

Análises	Composição (g/100g)
Proteína	18,50 ± 0,12
Lipídeos	6,41 ± 0,02
Cinzas	3,23 ± 0,05
Fibra alimentar	43,69 ± 0,00
Fibra bruta	12,50 ± 0,10
Acidez	8,03 ± 0,00
pH	5,93 ± 0,05

Fonte: ALMEIDA (2014)

A sua composição e valor nutricional variam segundo alguns fatores como o tipo de cevada utilizada, processo, tipo de cerveja fabricada e se possui adição ou não de outros cereais. O bagaço de malte apresenta ainda alguns minerais, como fósforo, ferro, potássio entre outros; com destaque para o silício que apresenta aproximadamente 10740 mg/Kg. Existe também a presença de algumas vitaminas, porém em pequenas quantidades já que grande parte é solubilizada na elaboração do mosto (ALMEIDA, 2014; PEREIRA; SANTOS, 2014).

Por ser um material com elevado teor de umidade, além da presença de açúcares residuais, essa combinação torna o meio propício para o desenvolvimento de microrganismos. Tal fato torna esse resíduo de difícil manuseio, pois se deteriora rapidamente, em especial quando armazenado em temperatura ambiente (ROBERTSON et al., 2010).

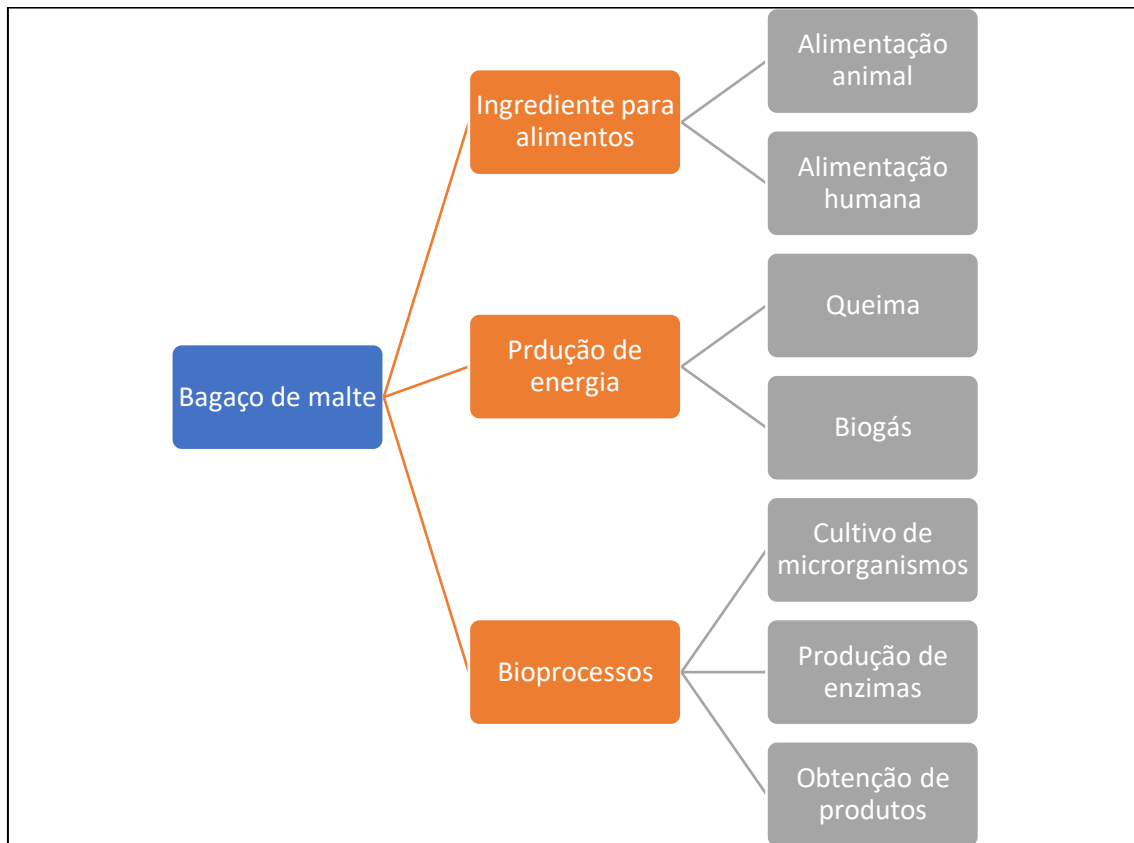
Vários métodos têm sido abordados para prolongar o armazenamento desse resíduo. Essas técnicas podem ser aplicadas dentro da própria cervejaria, incluindo a

compactação e secagem posterior, reduzindo em cerca de 20% o volume de água do composto. Outro método muito utilizado é a adição de sal (NaCl), prática comum quando o resíduo tem como destino final a alimentação animal. Porém, há a necessidade de investimentos para criação de linhas específicas para realização dentro das cervejarias, além de serem alternativas fáceis e que mantenham ao máximo as características do produto (SANTOS et al., 2003).

1.2.3 Exemplos de aproveitamento

O alto teor de proteínas e fibras no bagaço de malte possibilita o seu uso em diversos setores da indústria, como de alimentos, energia, bioprocessos, entre outros como demonstrado na Figura 6.

Figura 6 – Potenciais aplicações para uso do bagaço de malte.



Fonte: MUSSATO (2006).

Atualmente, a maior parte do bagaço é destinada a alimentação animal, por ser uma alternativa fácil e rápida sem causar problemas ambientais. O bagaço é um excelente complemento para alimentação de animais, em especial para ruminantes, devido ao alto teor de fibra (CORDEIRO; EL-AOUAR; GUSMÃO, 2012; ALMEIDA, 2014; CRICIÚMA, 2014).

Em trabalho realizado por Huige (1994), constatou-se que o BMC

é um excelente ingrediente alimentar para ruminantes, uma vez que permite ser combinado com fontes de nitrogênio, como a ureia, para fornecer todos os aminoácidos essenciais. Além do seu alto valor nutricional, é relatado que o BMC promove aumento produção de leite sem atrapalhar a fertilidade animal (BELIBA-SAKIS e TSIRGOGIANNI, 1996; REINOLD, 1997; SAWADOGO et al., 1989).

O consumo de BMC por outras espécies de animais visando o fornecimento de proteína, fibra e energia, também vem sendo estudados, que inclui suínos, aves e peixes (Tabela 2). Kaur e Saxena (2004) avaliaram o BMC como substituinte ao farelo de arroz em dieta de peixes, com os resultados observou que peixes alimentados com uma dieta contendo farelo de arroz e 30% de BMC tiveram um ganho de peso corporal superior quando comparado com peixes alimentados apenas com farelo de arroz. Segundo esses autores, o melhor desempenho do crescimento foi possível devido ao aumento do conteúdo de proteínas e aminoácidos essenciais fornecidos.

Tabela 2 – Nutrição de animais com o consumo de BMC.

Animais	Referências
Aves	Gondwe et al., 1999; Kratzer and Earl, 1980; McIntosh et al., 1995
Peixes	Kaur and Saxena, 2004; Muzinic et al., 2004; Shimeno et al., 1994;
Suínos	Dung et al., 2002; Yaakugh et al., 1994

Fonte: Autoria própria

Devido a sua composição rica em fibras, o BMC também tem alto potencial de uso em produtos alimentícios, como barras de cereais, bolos, pães, aperitivos e biscoitos, levando benefícios nutricionais e funcionais ao consumidor, além de não interferir na qualidade sensorial (MATTOS, 2010; CRICIÚMA, 2014). Entretanto, devido a sua granulometria grosseira ao sair da cervejaria, se faz necessário o seu beneficiamento na produção de farinha para posterior aplicação (HASSONA, 1993; MIRANDA et al., 1994a, b; OZTÜRK et al., 2002). A farinhas de BMC tem algumas vantagens para uso como ingrediente em alimentos como: fácil homogeneização, alta capacidade de absorção

de água, elevado teor de fibras e proteínas, presença de minerais (Ca, Fe, Zn, Cu e Mg), além do seu valor calórico ser aproximadamente metade das farinhas obtidas com cereais convencionais como o trigo, por exemplo (Huije 1994).

Hassona (1993) obteve em seu trabalho uma melhora do valor nutricional de pães com a adição de 10% de BMC. Observou-se um aumento do teor de proteínas e aminoácidos essenciais em 50% e 10%, respectivamente, e duplicou o teor de fibra quando comparado aos pães tradicionais sem BMC. Além disso, foi observado também que os pães tinham cerca de 7% menos calorias do que os pães tradicionais.

Mattos (2010) desenvolveu um pão de forma com adição de 30% BMC sobre o peso da farinha de trigo, tendo como resultado boa aceitação sensorial e aparência semelhante ao pão integral, mesmo não possuindo farinha de trigo integral. Santos, Mezzomo e Teles (2015) analisaram sensorialmente um pão de forma com substituição parcial da farinha de trigo por BMC e adição de germen de trigo. Estudaram três formulações diferentes variando a concentração da farinha de bagaço de malte (20, 30 e 40%), todas foram aceitas sensorialmente, tendo a formulação com 30% a de compra pelos provadores. Estudo realizado por Jacometti et al. (2015) apresentaram como resultado que o bagaço de malte possui alta porcentagem de fibra dietética (63,84 g/ 100 g), além de alta capacidade emulsionante (59,83 ml de óleo/g), podendo melhorar o nível de colesterol no sangue. Costa (2016) mostrou que é possível produzir cerveja lager com baixo teor alcoólico, reutilizando o bagaço de malte. Isso foi possível pois o bagaço de malte reduziu o tempo de fermentação em comparação a cerveja puro malte, mostrando ser uma estratégia viável, além do produto se assemelhar a uma cerveja de baixo teor alcoólico comercial.

A ingestão de BMC, bem como seus produtos derivados, leva a benefícios para a saúde, associados ao aumento do colesterol bom, redução do tempo de trânsito intestinal, excreção de gordura e diminuição de cálculos biliares (FASTNAUGHT, 2001). A adição de BMC na dieta de ratos foi benéfica para alívio da constipação e diarreia. Esses efeitos foram atribuídos ao conteúdo de glutamina, e ao alto conteúdo de proteínas não polissacáridos celulósicos (arabinoxilano, 20-47%) (McCLEARY e NURTHEN, 1986; VIETOR et al., 1993). A adição de BMC na dieta de ratos, impediu o aumento do colesterol total do plasma (HASSONA, 1993; ISHIWAKI et al., 2000). Isto foi atribuído

ao aumento do volume das fezes, que leva à diminuição da absorção de lipídios ou aumento da excreção de ácidos pela bile, gordura e esterol.

Algumas limitações quanto ao uso da farinha de bagaço de malte como aditivo proteico ou como substituto parcial da farinha de trigo são observadas, devido à sua cor e sabor. O BMC é marrom na cor quando úmido e, portanto, só pode ser usado em produtos escuros, como biscoitos coloridos, bolos, pão ou espaguete denominados de integrais. Além disso, dependendo da concentração pode causar alterações no sabor e textura do produto final, permitindo assim apenas quantidades pequenas (5-10%) para serem incorporadas (HASSONA, 1993; MIRANDA et al., 1994a, b; TOWNSLEY, 1979).

Uma outra alternativa para o reaproveitamento do BMC é na produção de energia, que pode ser por combustão direta ou por fermentação para produzir biogás (uma mistura de 60 a 70% de metano, dióxido de carbono e pequenas proporções de hidrogênio, azoto e monóxido de carbono) (EZEONU e OKAKA, 1996; OKAMOTO et al., 1999). O processo de combustão direta, requer uma de pré-secagem do BMC até atingir um teor de umidade menor que 55%, porém alguns cuidados devem ser tomados a fim de evitar a emissão de gases tóxicos como SO₂ e partículas de poeira (MEYER-PITTROFF, 1988). Já a produção do biogás por fermentação anaeróbica, é dividida em duas etapas: a primeira consiste na hidrólise do material com NaOH (70 °C) ou pela ação de enzimas; a segunda etapa se dá pela fermentação do caldo produzido por microrganismos acidogênicos, que convertem as moléculas complexas em ácidos voláteis e, posteriormente as bactérias metanogênicas convertem esses ácidos produzidos em metano.(RIEKER et al., 1992). A produção do biogás pode ser considerada um procedimento mais adequado para obtenção de energia térmica que pode ser usada na própria cervejaria.

Ezeonu e Okaka (1996) avaliaram a cinética do processo eficiência de digestão e fermentação anaeróbica de biogás de BMC, e obtiveram um rendimento total de 3,476 centímetros³/ 100g de BMC, depois de 15 dias de digestão. Outros estudos de Okamoto et al. (1999) demonstraram que a conversão de BMC em gás para uso como fonte alternativa de energia tem poucos efeitos ambientais adversos. Petricek e Fort (1998)

concluíram em seus estudos que a tecnologia de biogás era adequado para a obtenção de energia térmica em cervejarias.

O BMC tem sua composição rica em polissacarídeos, proteínas e minerais e, portanto, é um ótimo substrato de alto valor biotecnológico. Além disso, o seu alto teor de umidade e algumas propriedades físicas, como tamanho de partícula, densidade específica, capacidade de retenção de água e porosidade favorecem o desenvolvimento de micro-organismos de interesse.

O BMC tem sido utilizado com sucesso como substrato para espécies de *Pleurotus*, *Agrocybe* e *Lentinus* (SCHILDBACH et al., 1992). Szponar et al. (2003) utilizaram uma fração proteica do BMC como um meio para o crescimento e esporulação de bactérias do solo, especialmente *Streptomyces*. Esse resíduo também apresentou potencial para produção de enzimas comerciais em fermentações chamadas “koji” ou estado sólido (AIKAT e BHATTACHARYYA, 2000; CHOU e RWAN, 1995; SANGEETHA et al., 2004). Por essa razão, o BMC também foi avaliado como um substrato alternativo para a produção de enzimas (Tabela 3).

Tabela 3 - Produção de enzimas por microrganismos cultivados em BMC.

Micro-organismo	Enzima	Referência
Spreptomyces (isolado no cerrado brasileiro)	Xilanases	Nascimento et al. (2002) Bhumibhamon (1978)
<i>Aspergillus awamori</i>		
<i>Bacillus subtilis</i>	alfa-amilase	Duvnjak et al. (1983)
<i>B. licheniformis</i>		Okita et al. (1985)
<i>Trichoderma reesei</i>	Celulases	Sim e Oh (1990)

Por meio de processos de hidrólise utilizando enzimas, soluções ácidas ou alcalinas do BMC, pode-se obter compostos de alto valor agregado como por exemplo oligossacarídeos, açúcares (glicose, xilitol, arabinose), ácidos fenólicos (ferúlico, *p*-cumárico, *p*-hidroxibenzoico, siríngico, vanílico, etc) e vanilina. Isso é possível devido sua composição química rica em carboidratos e compostos fenólicos (BARTOLOMÉ e GÓMEZ-CORDOVÉS, 1999; BARTOLOMÉ et al., 2002; BELDMAN et al., 1987; CARVALHEIRO et al., 2004b; MUSSATTO e ROBERTO, 2002)

Devido sua natureza de característica fibrosa, o BMC pode ser utilizado como matéria-prima para a produção de papel, cartões de visita etc. com boa textura e qualidade (ISHIWAKI et al., 2000). Também pela sua característica fibrosa, Russ et al. (2005) utilizaram BCM para aumentar a porosidade de tijolos, onde o seu uso não influenciou na cor nem comprometeu os tijolos quanto as características estruturais. Devido ao baixo custo e fácil disponibilidade, o BMC foi testado como um adsorvente para vários tipos de compostos. Na sua forma natural, sem nenhum tipo de tratamento apresentou bons resultados para remoção do corante alaranjado 7, comumente usada na indústria têxtil (SILVA et al., 2004a, b). Quando na sua forma pirolizada foi testado para remoção de compostos voláteis em resíduos gasosos (CHIANG et al., 1992). Também apresentou bons resultados para remoção de cádmio, chumbo e cromo quando tratado com solução de NaOH (BAIXO et al., 2001).

A utilização adequada de resíduos provenientes da agroindústria, trazem benefícios para as empresas agregando valor ao produto e principalmente reduzem contaminação ao meio ambiente, além de possibilitar a geração de empregos. Como abordado já são consolidados alguns meios para tratamentos dos resíduos, porém ainda são pouco utilizados muitas vezes devido ao custo, transporte desse resíduo até o local de beneficiamento bem como falta de mão de obra qualificada. Assim, são necessários outros meios de aproveitamento que agreguem valor ao produto (resíduo), reduzam efeitos danosos ao meio ambiente bem como gerem emprego. Uma forma de aproveitamento é o uso como revestimentos e filmes biodegradáveis, que além de dar um destino alternativo aos resíduos não causa impacto ambiental.

2 EMBALAGENS

As frutas e hortaliças apresentam em sua constituição diversos compostos que conferem benefícios a saúde dos que os consomem, como exemplo podemos citar ácidos fenólicos, fibras, antioxidantes, vitaminas, minerais entre outros. Porém a partir do momento que são retirados do campo precisam de ser tomados certos cuidados pois esses compostos são sensíveis a fatores externos como presença de oxigênio, e fatores intrínsecos como a própria taxa de respiração dos vegetais, além de serem susceptíveis a ataques de pragas e manejo incorreto durante transporte (TIWARI, 2014). Assim, são necessários métodos que preservem a qualidade dos alimentos e os torne seguros para consumo.

O uso de embalagens pode prolongar o tempo de armazenamento dos alimentos, sendo uma prática utilizada desde os povos antigos, quando se deparam com a necessidade de estocar os alimentos e conservá-los até o momento do consumo. Desta maneira, potes de barro, caixotes de madeira, estômagos e bexigas de animais eram utilizados para suprir esta necessidade (EMBLEM, 2000). Nos dias atuais, ainda são usadas embalagens para manutenção da qualidade de alimentos, juntamente com a combinação de outros métodos de conservação como refrigeração, atmosfera modificada, radiação gama ou ultravioleta, filmes e revestimentos comestíveis sendo linha de pesquisa de diferentes áreas como alimentos e fármacos (DEHGHANI; HOSSEINI; REGENSTEIN, 2018).

As principais funções das embalagens envolvem proteção contra a luz, oxigênio, umidade, microrganismos, estresses mecânicos e poeira. Outras funções que contribuem para sua importância são baseadas na informação, comercialização e transporte. Alguns parâmetros tidos como básicos para elaboração de uma embalagem são: preço razoável, viabilidade técnica, adequação para contato com o alimento, possibilidade de reciclagem ou reutilização e, baixo impacto ambiental, o que tem sido o centro das atenções nas últimas décadas (EMBLEM, 2000; AHVENAINEN, 2003; THARANATHAN, 2003).

A grande maioria das embalagens encontradas no mercado possui polímeros de origem fóssil na sua composição, o que remete a estudos relacionados ao desenvolvimento de materiais poliméricos de fontes renováveis (YANG, DONG et al., 2014; QUINTANA et al., 2016; YOSHIMURA et al., 2016). Entretanto, o uso desses materiais como embalagens para alimentos ainda é restrito, principalmente pela redução

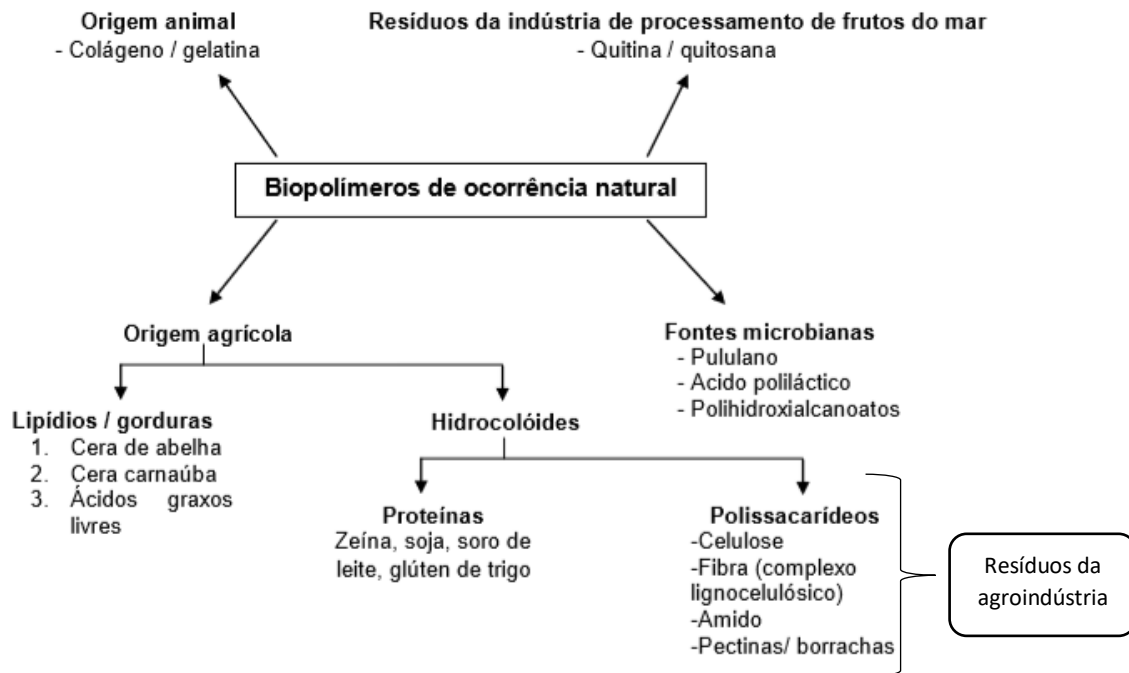
da vida útil do alimento, pela mudança nas propriedades mecânicas quando comparados a polímeros sintéticos, bem como receio pela aprovação por parte dos consumidores (PEELMAN et al., 2013).

2.1 Filmes e revestimentos biodegradáveis

Devido a demanda por substituir, parcialmente, os polímeros plásticos sintéticos, estudos vêm sendo realizados a fim de elaborar revestimentos que apresentem durabilidade em uso e degradabilidade após o descarte (SANTANA et al. 2013; FAI et al 2016; SUEIRO et al. 2016). Espera-se que os materiais poliméricos biodegradáveis, utilizados para embalagens de alimentos, possam proteger o mesmo do ambiente externo e manter a sua qualidade tanto visual quanto nutricional (ARVANITTOYANNIS, 1999). Para isso, é importante conhecer a matéria-prima utilizada para que se tenha um filme com propriedades mecânicas e de barreira para esse fim.

Existem diversos tipos de polímeros biodegradáveis comercialmente disponíveis, podendo ser de origem agrícola, sintetizados por processos fermentativos ou por síntese química tradicional. Segundo Avérous e Boquillon (2004), os polímeros biodegradáveis podem ser classificados em duas grandes famílias: os agropolímeros e os poliésteres biodegradáveis. Os agropolímeros biodegradáveis estão presentes na natureza e são obtidos do fracionamento da biomassa, sendo representados, principalmente, pelos polissacarídeos e proteínas. Já os poliésteres biodegradáveis separam-se em três grupos, conforme a sua obtenção: produzidos por micro-organismos (fermentação), por via biotecnológica, e aqueles provenientes da indústria petroquímica (AVÉROUS; BOQUILLON, 2004). No entanto, a produção dos polímeros biodegradáveis ainda apresenta alto custo quando comparada à produção dos polímeros convencionais. Sendo assim, polímeros de origem agrícola bem como seus resíduos (Figura 7), podem ser utilizados para formular embalagens biodegradáveis.

Figura 7- Possíveis fontes naturais para produção de filmes biodegradáveis



Fonte: THARANATHAN (2003) com modificações

O uso de filmes e revestimentos comestíveis teve seu primeiro registro por volta do século XVIII (ALLEN et al., 1963; VILLADIEGO et al., 2005), na década de 1930 as ceras de abelha e carnaúba, parafina e alguns óleos mineral e vegetal ganharam utilidade na conservação de frutas como revestimento (VILLADIEGO et al., 2005). A primeira patente sobre filmes comestíveis foi registrada em 1950, utilizando alginato, lipídeos, gomas e amidos para aumentar a vida útil de carnes (GUILBERT et al., 1996).

Os revestimentos e filmes comestíveis são diferentes em especial na forma de obtenção e de aplicação ao alimento. Os revestimentos ou coberturas comestíveis consistem uma suspensão ou emulsão, de viscosidade variada, que pode ser aplicado no alimento por imersão, pulverização ou com uso de pincel na superfície do alimento que, onde depois de seco sobre o produto, torna-se um filme. O filme por sua vez é uma membrana delgada que é pré-formada separada do alimento, por exemplo, por aplicar uma solução filmogênica em um suporte (técnica denominada “*casting*”) até a secagem e

a formação do filme que pode em seguida ser aplicado sobre o alimento, na forma de sachês ou sacos (PASCALL; LIN, 2013; SOUZA *et al.*, 2010).

2.1.1 Composição de Filmes e Revestimentos

Para elaboração de filmes e revestimentos, é necessário basicamente um agente formador de filme, o biopolímero, solvente e plastificante (KROCHTA *et al.*, 1994; YOSHIDA e ANTUNES, 2004; VALENCIA-CHAMORRO *et al.*, 2009). Lembrando que para ser considerado comestível, os ingredientes devem ser GRAS (*generally recognized as safe*), substâncias geralmente reconhecidas como seguras pelo *Food and Drug Administration* (FDA) para ingestão (COSTA, 2009; ASSIS; BRITTO, 2014).

Os plastificantes têm função de melhorar a flexibilidade e a extensibilidade, dos filmes (CAZÓN *et al.*, 2017). Isso é possível pois os plastificantes diminuem as forças intermoleculares entre as cadeias poliméricas, deixando as cadeias mais flexíveis e reduzindo a viscosidade, a densidade e a dureza do polímero, com isso, aumentam a flexibilidade, a extensibilidade dos filmes e a resistência à fratura (CAZÓN *et al.*, 2017; VEIRA *et al.*, 2011). Porém, aumentam a hidrofiliabilidade e a permeabilidade ao vapor de água, o que pode ser um problema quando se pensa em revestir vegetais, que desidratam facilmente (GONTARD; GUILBERT; CUQ, 1993; ORIANI, 2013). A concentração utilizada também pode causar desvantagem quando em excesso, podem apresentar efeito antiplastificante, causando redução da flexibilidade e da hidrofiliabilidade (GONTARD; GUILBERT; CUQ, 1993; SHIMAZU; MALI; GROSSMANN, 2007).

Como agentes plastificantes podemos citar poliois, sacarose, monoglicérides, propilenoglicol e polietilenoglicol (RAGHAV; AGARWAL; SAINI, 2016), onde o glicerol e o sorbitol são os mais utilizados, por promoverem filmes sem rupturas após a secagem. A água, além de atuar como solvente, em filmes também pode exercer papel de plastificante, pois provoca o inchamento e desnaturação dos grânulos através do rompimento das ligações de hidrogênio entre as cadeias. Mesmo com esse efeito, ainda é preciso adicionar outro plastificante para garantir a flexibilidade e facilitar o processamento dos filmes (VEIGAS-SANTOS *et al.*, 2005).

Farhan e Hani (2017), utilizaram sorbitol como plastificante e foi possível observar um aumento da resistência dos filmes à tração e ao alongamento. Além disso, demonstraram que o sorbitol diminuiu a permeabilidade ao óleo e melhorou as propriedades de barreira ao oxigênio. Já em estudo realizado por Bergo et al. (2010) com glicerol, foi possível obter filmes com maior elasticidade.

Polímeros naturais de origem animal ou vegetal, como polissacarídeos, lipídeos e proteínas, sozinhos ou combinados, podem ser utilizados na formação dos revestimentos e filmes comestíveis. A escolha de qual material utilizar vai depender da solubilidade em água bem como as propriedades sensoriais (LIN; ZHAO, 2007).

Polissacarídeos são polímeros de cadeia longa, solúveis em água, que dão viscosidade à solução filmogênica (solução formadora do filme), pois forma um gel após evaporação do solvente (ALVAREZ-PÉREZ *et al.*, 2015). Os filmes e revestimentos polissacarídicos são de natureza hidrofílica, portanto, apresentam baixa capacidade de formação de barreira ao vapor de água, porém formam boa barreira aos gases devido a sua estrutura de rede ordenada por ligação de hidrogênio (BONILLA *et al.*, 2012; RAGHAV; AGARWAL; SAINI, 2016). Como exemplo na elaboração de filmes e revestimentos pode-se citar amido de diferentes fontes, fécula de mandioca, pectina, gomas, celulose e seus derivados, quitosana, carragena e alginato (ASSIS; BRITTO, 2014; LUVIELMO; LAMAS, 2013; RAGHAV; AGARWAL; SAINI, 2016).

Devido a sua abundância, baixo valor e diversificadas fontes, o amido se destaca na produção de filmes e revestimentos (ORIANI *et al.*, 2014; PIÑEROS-HERNANDEZ *et al.*, 2017; SESSINI *et al.*, 2016). Os amidos comerciais podem ser extraídos de tubérculos, raízes, sementes e outras fontes amiláceas podendo citar, como principais o milho, mandioca, batata, arroz entre outros (GOMES, 2014).

O amido é uma estrutura composta por amilose e amilopectina. Dentre estes dois biopolímeros, a amilose tem sido associada com a capacidade para formar filmes e coberturas, devido à sua natureza linear. Um filme pode ser feito de qualquer tipo de amido que contém amilose, quando preparado nas condições requeridas para a formação de filmes (KRAMER, 2009). Lourdin et al. (1995) estudaram o efeito da proporção amilose/amilopectina a partir da combinação de frações de amidos nativos, tendo como resultado que a resistência mecânica e a alongação na ruptura aumentaram com o

incremento do percentual de amilose. Quando utiliza amido, os filmes e revestimentos são caracterizados como incolores, inodoros e insípidos, além de conferir boa barreira a gases (HASSAN *et al.*, 2018). Entretanto filmes de amido apresentam desvantagens como caráter fortemente hidrofílico e propriedades mecânicas inferiores às obtidas por filmes sintéticos (GHANBARZADEH *et al.*, 2011). Assim, filmes elaborados somente com amido são quebradiços, o uso de plastificantes permite melhorar essa característica indesejável.

Outros polissacarídeos também vêm sendo estudados como demonstrado na Tabela 4

Tabela 4 - Levantamento de polissacarídeos usados para produção de filmes.

Polímero	Característica	Referência
Pectina	boa barreira aos gases, pobre permeabilidade ao vapor de água	Ayala-Zavala <i>et al.</i> , 2013; Eça <i>et al.</i> , 2015
Proteínas (glúten, gelatina, albumina, soro)	boas propriedades mecânica e de barreira ao oxigênio e ao aroma	Pascall; Lin; 2013; Raghav; Agarwal; Saini, 2016
Lipídeos	boa propriedade de barreira à umidade	Pascall; Lin; 2013; Raghav; Agarwal; Saini, 2016

Também é comum o uso de misturas de materiais naturais para elaboração de filmes biodegradáveis, como uso das farinhas de diversas fontes como frutas, grãos de cereais, pseudocereais, tubérculos e rizomas, até os resíduos provenientes do seu beneficiamento (PARK & ZHAO, 2006; BARBOSA *et al.*, 2011; OOI *et al.*, 2012; MARTELLI *et al.*, 2013). As propriedades dos filmes provenientes de farinha dependem do tipo de interações formadas por seus constituintes (amido, proteína, lipídeos e fibras), da distribuição dessas interações dentro da matriz do filme, além da concentração de cada componente dentro do filme (ANDRADE-MAHECHA *et al.*, 2012; TAPIA-BLÁCIDO

et al., 2005). A Tabela 5 apresenta trabalhos que utilizaram farinhas provenientes ou não de resíduos para obtenção de filmes.

Tabela 5 – Farinhas de resíduos agroindustriais utilizadas para produção de filmes ou revestimentos comestíveis

Farinha	Referência	Característica
Casca de maracujá	Coutinho, 2018	Os filmes apresentaram coloração amarelada e transparência, influenciados pela concentração de amido. A concentração de glicerol influenciou na espessura. Quanto ao comportamento mecânico, os filmes apresentaram baixos valores de resistência à tração, e juntamente com o módulo elástico e a taxa de deformação foram influenciados pela concentração de amido e glicerol.
Casca de banana prata madura	Arquelau et. al. 2019	Os filmes exibiram coloração amarelada e transparência adequada, a concentração de amido influenciou a permeabilidade, espessura e propriedades mecânicas
Casca de batata Vermelha	Zhao e Saldaña, 2019	Foram produzidos filmes bioativos a partir de subprodutos da batata usando a tecnologia de água subcrítica com adição de ácido gálico. Os filmes bioativos podem ter várias aplicações na indústria alimentícia devido à sua baixa atividade de água que pode impedir o crescimento microbiano.

Casca de banana prata madura com extrato de <i>Eriobotrya japonica</i> Lindl	Silva et. al 2020	Filmes obtidos com casca de banana foram adicionados de extrato da folha de <i>Eriobotrya japonica</i> Lindl em diferentes concentrações e avaliadas características dos filmes obtidos. O aumento da concentração de extrato proporcional filmes com maior espessura, atividade antioxidante, solubilidade e taxas de deformação e alongamento. Todos os filmes estudados foram considerados biodegradáveis.
--	-------------------	---

2.1.2 Obtenção dos filmes e revestimentos comestíveis

De acordo com o polímero e modo de secagem utilizados, pode-se obter filmes e revestimentos por coacervação, remoção de solvente, fusão e solidificação, e gelificação ou coagulação térmica (KOKOSZKA; LENART, 2007) que podem ser melhor compreendidas pela Tabela 6

Tabela 6 – Métodos de obtenção de filmes

Método de obtenção	Característica
Coacervação	Processo simples, consiste na separação do polímero, favorecido por aquecimento, adição de solventes, mudança de pH ou mudança da carga para que o polímero desnature.
Remoção do solvente	Indicada para uso de biopolímeros celulósicos, consiste na retirada do solvente utilizado por secagem
Fusão e Solidificação	Usado em filmes lipídicos,
Gelificação	Também chamada de coagulação térmica, pode ocorrer por aquecimento causando desnaturação, formação de gel e precipitação, ou por resfriamento rápido.

(KOKOSZKA; LENART, 2007)

Após obtida a solução filmogênica, por alguma dessas técnicas descritas, o filme precisa ser aplicado, podendo ser por: imersão, *spray*, pinceis e *casting*.

Para os processos de formação dos filmes, tem-se o método de *casting* ou espalhamento, extrusão, co-extrusão, moldagem, secagem em rolos e laminação. O processo de *casting* é o mais aplicado a nível de pesquisa por ser prático e de baixo custo, se dá pela secagem de uma solução filmogênica (MORAES et al., 2015). É ideal uma evaporação de solvente lenta, a fim de evitar a formação de microbolhas, que veem a

causar porosidade e reduzindo as propriedades de barreira (ASSIS; BRITTO, 2014). De maneira geral, a secagem ocorre à temperatura ambiente ou em estufa com circulação de ar, entre 30 e 40 °C durante 12 a 48 h ou até observar que o filme esteja completamente seco (OTONI et al., 2017).

Para a escala industrial, a técnica de extrusão é a melhor escolha, por ser rápida e obter grandes quantidades. Os componentes da formulação são acondicionados e aquecidos para posteriormente serem extrusados. Na extrusão ocorre a fusão do biopolímero (plastificação), seguida de moldagem do material fundido pela passagem através da matriz (ORTIZ, 2009).

Já para os revestimentos comestíveis, os métodos de aplicação são: pulverização, imersão, aplicação com pincel, escovação e revestimento em tambores (ASSIS; BRITTO, 2014; HASSAN *et al.*, 2018; SOUZA *et al.*, 2010). Após a aplicação é feita a secagem ou resfriamento para revestimentos lipídicos (VILLADIEGO *et al.*, 2005). A técnica mais comum para esse tipo de revestimento é a imersão, pois permite um contato mais homogêneo da superfície a ser revestida com a solução filmogênica. A fim de se obter um completo revestimento, deve ser levado em conta, o tempo de imersão e a concentração de polímeros em solução (ASSIS & BRITTO, 2014). Já o *spray* é aplicado quando o objetivo é formar uma película mais fina e uniforme (KROCHTA et al., 1994).

3 REFERÊNCIAS

ABNT – Classificação de Resíduos, NBR10.004. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2004.

AHVENAINEN, R. In: Novel Food Packaging Techniques, p. 20-36. Published by Woodhead Publishing Limited. Abington Hall, Abington. Cambridge. England, 2003

AIDER, M. Chitosan application for active bio-based films production and potential in the food industry. Food Science and Technology, v. 43, p. 837-842, 2010

AIKAT, K.; BHATTACHARYYA, BC. 2000. Otimização de alguns parâmetros de fermentação em estado sólido de farelo de trigo para produção de protease por um estirpe de *Rhizopus oryzae*. *Acta Biotechnologica* 20, 149-159

ALMEIDA, ALINE DA ROSA. Compostos bioativos do bagaço de malte: fenólicos, capacidade antioxidante in vitro e atividade antibacteriana. 2014. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

ALLEN, L. Edible carbohydrates food coating II: evaluation on fresh meat products. *Food Technology*, v. 17, p. 1442-1446, 1963.

ALLEM, A. C. The primary gene pool of cassava (*Manihot esculenta* Crantz subspecies *esculenta*, Euphorbiaceae). *Euphytica*, Wageningen, v. 120, n. 1, p. 127-132, 2001.

ALVAREZ-PÉREZ, O. B. *et al.* Pectin – candelilla wax: an alternative mixture for edible films. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, v. 5, n. 2, p. 167-171, 2015.

ANDRADE-MAHECHA, M. M.; TAPIA-BLÁCIDO, D. R.; MENEGALLI, F. C. Development and optimization of biodegradable films based on achira flour. *Carbohydrate Polymers*, v. 88, n. 2, p. 449-458, 2012.

ANDRADE-MAHECHA, M. M. **Microcompósitos, nanocompósitos e coberturas a base de materiais biodegradáveis obtidos a partir do biri (*Canna indica* L.)**. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos). Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas.

ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D. Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 17, n. 2, p. 87-97, 2014.

ARQUELAU, P. B. F.; SILVA, V. D. M.; GARCIA, M. A. V. T.; ARAÚJO, R. L. B.; FANTE, C. A. Food Hydrocolloids Characterization of edible coatings based on ripe “Prata” banana peel flour. **Food Hydrocolloids**, v. 89, n. October 2018, p. 570–578, 2019.

ARVANITTOYANNIS, I.; BILIADERIS, CG Propriedades físicas de poliol-plastificado misturas comestíveis feitas de metilcelulose e amido solúvel. *Polímeros de Carboidratos*, v. 38, p.47-58, 1999

AVÉROUS, L.; BOQUILLON, N. Biocompósitos à base de amido plastificado: térmicos e comportamentos mecânicos. *Carbohydrate Polymers*, v. 56, p. 111-122, 2004

ATARÉS, L.; PEREZ-MASIA, R.; CHIRALT, A. The role of some antioxidants in the HPMC film properties and lipid protection in coated toasted almonds. **Journal of Food Engineering**, v. 104, n. 4, p. 649-656, 2011.

AYALA-ZAVALA, J. F. et al. Pectin–cinnamon leaf oil coatings add antioxidant and antibacterial properties to fresh-cut peach. *Flavour Fragr J*, v. 28, p. 39-45, 2013.

BAIXO, KS, LEE, CK, BAIXO, CH, 2001. Sorção de cromo (VI) por grão gasto em condições de lote. *Journal of Applied Polymer Science* 82, 2128-2134

BARBOSA, H. R., ASCHERI, R. P. R., ASCHERI, J. L. R., CARVALHO, C. W. P. Permeabilidade, estabilidade e funcionalidade de filmes biodegradáveis de amido de caroço de jaca (*Artocarpus heterophyllus*). *Revista Agrotecnologia*, v. 2, p. 73-88, 2011.

BARTOLOMÉ, B., GÓMEZ-CORDOVÉS, C., 1999. Malte de cevada: liberação de ácidos hidroxicinâmicos (ácidos ferúlico e p-cumárico) por preparações enzimáticas. *Jornal da Ciência da Alimentação e Agricultura* 79, 435-439

BARTOLOMÉ, B., SANTOS, M., JIMÉNEZ, JJ, DEL NOZAL, MJ, GÓMEZ-CARDOVÉS, C., 2002. Pentoses e ácidos hidroxicinâmicos no grão usado dos cervejeiros. *Journal of Cereal Science* 36, 51-58

BELIBASAKIS, NG.; TSIRGOGIANNI, D., 1996. Efeitos de grãos cervejeiros molhados sobre a produção de leite, composição do leite e componentes do sangue de laticínios vacas em clima quente. *Ciência e Tecnologia de Ração Animal* 57, 175–18

BELDMAN, G., HENNEKAM, J., VORAGEN, AGJ, 1987. Hidrólise enzimática do grão gasto das cervejarias e a influência de pré-tratamentos. *Biotecnologia e Bioengenharia* 30, 668-671

BERGO, P.; SOBRAL, P. J. A.; PRISON, J. M. Effect of glycerol on physical properties of cassava starch films. *Journal of Food Processing and Preservation*, v.34, p.401410, 2010.

BHUMIBHAMON, O. 1978. Produção de protease ácida e carboidrato enzima degradante por *Aspergillus awamori*. *Thai Journal of Agricul- Ciência Cultural* 11, 209-222

BIANCHI, V.L.D.; CEREDA, M. P. Balanço de massa de uma fábrica de farinha de mandioca de médio porte do estado de São Paulo. *Revista Energia na Agricultura*, vol. 14(3):34-48.1999.

BONILLA, J. *et al.* Edible films and coatings to prevent the detrimental effect of oxygen on food quality: Possibilities and limitations. *Journal of Food Engineering*, v. 110, p. 208–213, 2012.

BORGES, M. F. *et al.* Avaliação de variedades de mandioca para consumo humano. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 37, n. 11, p. 1559-1565, 2002.

BOURSCHEIDT, C.t *et al.* ESTUDO DA SECAGEM DO BAGAÇO DE MALTE RESÍDUO ÚMIDO OBTIDO DO PROCESSO INDUSTRIAL DE CERVEJARIA. In: SIGER, 2., 2011, Foz do Iguaçu. Anais... . Foz do Iguaçu: Anais, 2011. p. 1 – 4

BRASIL. Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm>. Acesso em: jun 2019

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 11, 14 de março de 2013. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1050721743>>. Acesso em: 03 jul. 2019

BRASIL. Ministério Público Federal. Resíduos. Programa de Gestão Ambiental. Disponível em: <<http://pga.pgr.mpf.mp.br/pga/residuos>>. Acesso em: 02 jun. 2019.

BRIONES, R., TORRES, L., SARAVIA, Y., SERRANO, L., LABIDI, J. Liquefied agricultural residues for film elaboration. *Industrial Crops and Products*, n. 78, 19 – 28 p., 2015.

BROCHIER, Mariana. A. Aproveitamento de resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cordeiros confinados em fase de terminação. 2007. 120f. Dissertação Mestrado – Centro Universitário Feevale, Novo Hamburgo

CAGNON, J. R., CEREDA, M. P., PANTAROTTO, S. (2002) Culture of starchy tubers in Latin America: Culture of starchy tubers in Latin-America. São Paulo: Fundação Cargill, 2: 537p.

CARVALHEIRO, F.; DUARTE, LC.; MEDEIROS, R.; GRIO, FM.; 2004 b. Otimização da hidrólise de ácido diluído em grãos usados da cervejaria para produção de meios de cultura ricos em pentose. *Bioquímica Aplicada e Biotechnology* 113/116, 1059-1072

CAZÓN, P. *et al.* Polysaccharide-based films and coatings for food packaging: A review. *Food Hydrocolloids*, v. 68, p. 136-148, 2017.

CHIANG, PC, CHANG, P., VOCÊ, JH, 1992. Tecnologia inovadora para controlar as emissões de VOC. *Journal of Hazardous Materials* 31, 19-28

CHOU, C., RWAN, J., 1995. Propagação micelial e produção de enzimas em koji preparado com *Aspergillus oryzae* em vários extrusados de arroz e arroz cozido no vapor. *Jornal de Fermentação e Bioengenharia* 79, 509-512

CEREDA, M. P. Manejo, uso e tratamento da industrialização da mandioca. São Paulo: Fundação Cargill, v. 4, 2000. 320p.

CEREDA, M. P. Caracterização dos resíduos da industrialização da mandioca. In: *Resíduos da industrialização da mandioca no Brasil*. São Paulo: Paulicéia, 1994, p.11-50.

CEREDA, M.P. Valorização dos subprodutos como forma de reduzir custos de produção. In: CEREDA, M.P. (Coord) *In manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca*. São Paulo: Fundação Cargill, 2001, p. 305-316.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Cervejas e refrigerantes*. São Paulo, 2005. 58 p. (Série P + L). Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: jun. 2019.

CIAT- Centro Internacional de Agricultura Tropical. Almacenamiento de raíces fresca de yuca: guia de estudio. Cali, Colômbia: p. 35, 1983.

CONCEIÇÃO, A. J. A mandioca. São Paulo: Nobel, 1987. 382 p.

CORDEIRO, Luana Gomes; EL-AOUAR, Ânoar Abbas; GUSMÃO, Rennan Pereira. CARACTERIZAÇÃO DO BAGAÇO DE MALTE ORIUNDO DE CERVEJARIAS. Revista Verde, Mossoró, v. 7, n. 3, p.20-22, jul./set. 2012.

COSTA, Cristina Simões da. *Prolongamento da vida útil e qualidade pós-colheita de morangos pelo emprego de cobertura comestível*. 2009. 107 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel" da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2009.

COSTA, R.H.K. Produção de cerveja com baixo teor alcoólico. 2016. 84 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2016.

COLLA R. E. Biofilmes de farinha de amaranto adicionados de ácido esteárico: elaboração e aplicação em morangos frescos (*Fragaria ananassa*), 2004, 198p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas-SP.

CRICIÚMA. Sustentabilidade e gestão de resíduos em cervejarias: reaproveitamento do bagaço de malte de cevada na elaboração de pão nutritivo e funcional. SENAC, 2014.

DAI, L., QIU, C., XIONG, L., SUN, Q. Characterisation of corn starch-based films reinforced with taro starch nanoparticles. *Food Chemistry*, v. 174, 82 – 88 p., 2015.

DALTON, T. J. et al. Farmer participatory research and soil conservation in southeast asian cassava systems. *World Development*, Oxford, v. 39, n. 12, p. 2176-2186, 2011

DEGHANI, S.; HOSSEINI, S. V.; REGENSTEIN, J. M. Edible films and coatings in seafood preservation: A review. *Food Chemistry*, v. 240, p. 505–513, 2018.

DE MORAES, J. O., SCHEIBE, A. S., SERENO, A., LAURINDO, J. B. Scale-up of the production of cassava starch based films using tape-casting. *Journal of Food Engineering*, v. 119, 800 – 808 p., 2013.

DIAS, A. B.; MÜLLER, C. M. O.; LAROTONDA, F. D. S.; LAURINDO, J. B. Biodegradable films based on rice starch and rice flour. *Journal of Cereal Science*, v. 51, n. 2, p. 213-219, 2010.

DUNG, NNX, MANH, LH, UDEN, P., 2002. Fontes de fibras tropicais para suínos - digestibilidade, retenção de digesta e estimativa de digestão in vitro. *Ciência e Tecnologia de Ração Animal* 102, 109–124

DUVNIAK, Z.; BUDIMIR, A.; SUSKOVIC, J. 1983. Efeito de grãos gastos da produção de cerveja na produção de a-amilase por *Bacillus subtilis* 21C. *Prehrambeno-Tehnoloska Revija* 21, 97-101

EÇA, K. S. et al. Development of Active Films From Pectin and Fruit Extracts: Light Protection, Antioxidant Capacity, and Compounds Stability. *J Food Sci*, v. 80, n. 11, p. C2389- C2396, 2015

EMBLEM, A. Predicting packaging characteristics to improve shelf-life. In: KILCAST, D.; SUBRAMANIAM, P. (Ed). Cambridge: CRC Press *The stability and shelf-life of food*, p. 145-169, 2000

EL-SHARKAWY, M.A.; LOPEZ, Y.; BERNAL, L.M. Genotypic variations in activities of PEPC and correlations with leaf photosynthetic characteristics and crop productivity of cassava grown in low-land seasonally-dry tropics. *Photosynthetica*, v. 46, cap.2, p. 238-247, 2008.

EZEONU, FC.; OKAKA, ANC., 1996. Cinética de processo e eficiência da fermentação anaeróbia em batelada de grãos gastos de cervejeiros (BSG) *Process Bioquímica* 31, 7-12.

FAI, A. E. C. et al. Development and evaluation of biodegradable films and coatings obtained from fruit and vegetable residues applied to fresh-cut carrot (*Daucus carota* L.). *Postharvest Biology and Technology*, v. 112, p. 194–204, 2016.

FAO – Food and Agriculture Organization. La economía mundial de la yuca. Roma:FAO/FIDA, 2000. P 80-83

FAO - Food and Agriculture Organization. Produzir mais com menos: Mandioca. 2014. Disponível em: <http://www.fao.org/ag/save-and-grow/cassava/pt/index.html>. Acesso em set 2019

FARHAN, A.; HANI, N. M. Characterization of edible packaging films based on semirefined kappa-carrageenan plasticized with glycerol and sorbitol. Food Hydrocolloids, Wrexham, v. 64, n. 1, p. 48–58, 2017.

FASTNAUGHT, CE., 2001. Fibra de cevada, em: Cho, S.; Dreher, ML., Cho, SS. (Eds.), Manual de Fibra Alimentar. Marcel Dekker, Nova Iorque, pp. 519-542

FERNANDES, Anderson. F.; PEREIRA, Joelma; GERMANI, Rogério.; OIANO-NETO, João. Efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de batata (*Solanum Tuberosum* Lineu). CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, v.28, suppl., p. 56-65, 2008.

FERREIRA, M. S. (2013) Avaliação bromatológica dos resíduos da industrialização da mandioca e seu aproveitamento em ração para animais ruminantes. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, 3(1): 105-109.

FIORETO, AR. Uso direto da manipueira em fertiirrigação. In: CEREDA, M.P. (Coord) In resíduos da industrialização da mandioca no Brasil, São Paulo : Paulicéia, 1994, p. 51-80.

FIORETTO, R. A. Uso direto da manipueira em fertirrigação. In: CEREDA, M. P (coord): Manejo, Uso e Tratamento de Subprodutos da Industrialização da Mandioca. V. 4. São Paulo: Fundação Cargill, 2001. p. 67 – 79

FRANCA, A. S., OLIVEIRA, L. S. Chapter 3 – Low-cost Adsorbents From AgriFood Wastes. Nova Science Publishers, 39 p., 2008.

FRANCA, A. S., OLIVEIRA, L. Chapter 11 – From Solid Biowastes to Liquid Biofuels. Nova Science Publishers, 25 p., 2009.

GHANBARZADEH, B.; ALMASI, H.; ENTEZAMI, A. A. Improving the barrier and mechanical properties of corn starch-based edible films: effect of citric acid and carboxymethyl cellulose. *Industrial Crops and Products*, v. 33, n. 1, p. 229–235, 2011

GUILBERT, S.; GONTARD, N.; GORRIS, L. G. M. Prolongation of the shelf-life of perishable products using biodegradable films and coatings. *LWT – Food Science and Technology*, v. 29, p. 10-17, 1996.

GOMES, Millena Aparecida. Caracterização de filmes comestíveis do amido fosfatado da *SwartziaBurchell* para aplicação pós-colheita em tomate cereja. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Goiás UFG, Goiana, 2014.

GONDIM, A. M. Jussara.; MOURA F. V. Maria; DANTAS, S.Aécia.; MEDEIROS, L.S.Rina; SANTOS, M. Klésia; Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. *CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS*. Campinas, out.-dez. 2005

GONTARD, N.; GUILBERT, S.; CUQ, J. L. Water and glycerol as plasticizers affect mechanical and water vapour barrier properties of an edible wheat gluten film. *Journal of Food Science*, v. 58, p. 206-211, 1993.

GONDWE, TNP.; MTIMUNI, JP.; SAFALAOH, ACL. 1999. Avaliação de subprodutos de cervejaria substituindo a pré-mistura de vitaminas em dietas de frangos de corte. *Indian Journal of Animal Sciences* 69, 347-349.

G1- disponível em: <https://g1.globo.com/economia/pme/noticia/numero-de-cervejarias-no-brasil-quase-dobra-em-3-anos-e-setor-volta-criar-empregos.ghtml> acesso em agosto de 2019

HASSONA, HZ, 1993. Pão de alta fibra contendo grãos usados e seu efeito no metabolismo lipídico em ratos. *Die Nahrung* 37, 576-582

HASSAN, B. *et al.* Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 109, p. 1095–1107, 2018.

HASSONA, H.Z. High fibre bread containing brewer's spent grains and its effect on lipid metabolism in rats. *Die Nahrung*: 37 (6), 576-582, 1993.

HUIGE, NJ, 1994. Subprodutos e efluentes de cervejarias, em: Hardwick, WA (Ed.), *Manual de fabricação de cerveja*. Marcel Dekker, Nova Iorque, pp. 501-550.

HUIGE, N.J. Brewery By-Products and Effluents. In: *Handbook of Brewing*. 2nd Edition. Taylor & Francis Group LLC, 2006

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2013). *Produção Agrícola Municipal 2013*. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pam>>. Acesso em 03 de Out de 2018

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento sistemático da produção agrícola. Rio de Janeiro, v. 24, n. 10, p. 1-80, 2011. Disponível em:<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201110.pdf>. Acesso em: 05 Out. 2018.

ISHIWAKI, N., MURAYAMA, H., AWAYAMA, H., KANAUCHI, O., SATO, T., 2000. Desenvolvimento de usos de alto valor do grão gasto por fracionamento tecnologia. *MBAA Technical Quarterly* 37, 261-265

JACOMETTI, GISELLE A. *et al.* The physicochemical properties of fibrous residues from the agro industry. *Lwt - Food Science And Technology*, [s.l.], v. 62, n. 1, p.138-143, jun. 2015. Elsevier BV.

JANSSEN, W.; WHEATLEY, C. C. Urban cassava markets. The impact of fresh root storage. *Food Policy*, Oxford, v. 10, n. 3, p. 265-277, 1985

KAUR, VI.; SAXENA, PK. 2004. Incorporação de resíduos de cervejarias em alimentação suplementar e seu impacto no crescimento de algumas carpas. *Bioresource Technology* 91, 101-104

KLAGENBOECH, R., THOMAZINI, M.H., SILVA, G.M.C. Resíduo Úmido de Cervejaria: Uma Alternativa na Alimentação Animal. In.: Encontro de Divulgação Científica e Tecnológica. Toledo, 2011

KOKOSZKA, S.; LENART, A. Edible coatings – formation, characteristics and use – a review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, v. 57, n. 4, p. 399-405, 2007.

KRAMER, M. E. Structure and function of starch-based edible films and coatings In: HUBER, K. C. e EMBUSCADO, M. E. (Ed.). *Edible Films and Coatings for Food Applications*: Springer New York, cap.4, p.113-134. 2009

KROCHTA, J. M.; BALDWIN, E. A.; NISPEROS-CARRIEDO, M. O. Edible coatings and films to improve food quality. Technomic, USA, 1994

KROCHTA, J. M.; DE MULDER-JOHNSTON, C. Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. *Food Technology*, v. 51, p. 61–74, 1997.

KRATZER, FH.; EARL, L., 1980. O valor alimentar da proteína dos grãos cervejeiros secos para pintos. *Avicultura Science* 59, 2361-2364

LIN, D.; ZHAO, Y. Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *Comprehensive Reviews in food Science and Food Safety*, v. 6, p. 60-75, 2007.

LÉOTARD, G. et al. Phylogeography and the origin of cassava: new insights from the northern rim of the Amazonian basin. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, Orlando, v. 53, n. 1, p. 329-334, 2009.

LISBÔA, Y. S. (2016) Avaliação técnica e econômica de resíduos agroindustriais na alimentação de alevinos de tilápias (*Oreochromis niloticus*) na região norte fluminense. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, 86p.

LOURDIN, D.; VALLE, G. D.; COLONNA, P. Influence of amylose content on starch films and foams. *Carbohydrate Polymers*, v. 27, n. 4, p. 261-270, 1995.

LÓPEZ, O. V., VERSINO, F., VILLAR, M. A., GARCÍA, M. A. Agro-industrial residue from starch extraction of *Pachyrhizus ahipa* as filler of thermoplastic corn starch films. *Carbohydrate Polymers*, n. 134, 324 – 332 p., 2015.

LUVIELMO, M. DE M.; LAMAS, S. V. Revestimentos comestíveis em frutas. *Estudos Tecnológicos em Engenharia*, v. 8, n. 1, p. 8-15, 2013

MACEDO, M. C. C. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos). Departamento de Ciência de Alimentos, Faculdade de Farmácia Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte - MG.

MARTELLI, M. R., BARROS, T. T., MOURA, M. R., MATTOSO, L., ASSIS, O. B. G. Effect of chitosan nanoparticles and pectin content on mechanical properties and water vapor permeability of banana puree films. *Journal of Food Science*. n. 78, p. 98-104, 2013.

MATTOS, C. Desenvolvimento de um pão fonte de fibras a partir do bagaço de malte. Trabalho de Conclusão de Curso, ICTA, Engenharia de Alimentos, UFRGS, 2010.

MCCLEARY, BV, NURTHEN, E., 1986. Medição de (1/3, 1/4) -bD- glucano em malte, mosto e cerveja. *Jornal do Institute of Brewing* 92, 168-173

MCINTOSH, GH.; NEWMAN, RK.; NEWMAN, CW. 1995. Alimentos de cevada e sua influência no metabolismo do colesterol, em: Simopoulos, AP (Ed.), *Revista Mundial de Nutrição e Dietética*, vol. 77. Karger Basel, Suíça, pp. 89–108.

MEYER-PITTROFF, R., 1988. Utilização de grãos de cerveja gastos para produção de energia. *Brauwelt* 128, 1156-1158

MENEZES, T.J.B. Produção de biomassa protéica a partir da manipueira. In: CEREDA, M.P. (Coord) *In manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca*. São Paulo: Fundação Cargill, 2001, p. 1118-127.

MIRANDA, MZ, GROSSMANN, MVE., NABESHIMA, EH. 1994 a. Utilização de grãos gastos de cervejeiros para a produção de lanches com fibra. 1 Características físico-químicas. *Arquivos Brasileiros de Biologia e Technology* 37, 483-493.

MIRANDA, MZ, GROSSMANN, MVE, PRUDENCIOFERREIRA, SH, NABESHIMA, EH, 1994b. Utilização do grão usado de cerveja (BSG) para a produção de lanches com fibra. 2. Análise sensorial de lanches. *Arquivos brasileiros de Biologia e Tecnologia* 37, 9-21

MUZINIC, LA.; THOMPSON, KR.; MORRIS, A.; WEBSTER, CD.; ROUSE, DB.; MANOMAITIS, L., 2004. Substituição parcial e total de farinha de peixe farelo de soja e grãos de cerveja com fermento em dietas práticas para *Quadracaridatus* vermelho australiano do cherax das lagostas da garra. *Aquicultura* 230, 359-376.

MUSSATTO, SI.; ROBERTO, IC. 2002. Xilitol: um edulcorante com benefícios para a saúde humana. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas* 38, 401-413

MUSSATTO, S.; DRAGONE, G.; ROBERTO, I. Brewers' spent grain: Generation, characteristics and potential applications. *Journal of Cereal Science*. v.43 p.1-14, 2006.

MUSSATO, S.I., DRAGONE, G., TEIXEIRA, J.A., ROBERTO, I.C. Total reuse of brewer's spent grain and biotechnological processes for the production of added-value compounds. *Bioenergy: challenges and opportunities*, 2008.

NASSAR, N.M.A. Mandioca: Uma opção contra a fome - estudos e lições do Brasil e do mundo. *Ciência hoje*, vol. 39, n. 231, 2006, p. 31-34.

NASCIMENTO, RP.; COELHO, RRR.; MARQUES, S., ALVES, L.; GRIO, FM.; Bon, EPS, Amaral-Collaço, MT, 2002. Produção e parcial Caracterização da xilanase de *Streptomyces* sp. tensão AMT-3 isolados de solo de cerrado brasileiro. *Tecnologia enzimática e microbiana* 31, 549-555

OUATTARA, B.; SIMARD, R. E.; PIETTE, G.; BEGIN, A.; HOLLEY, R. A. Diffusion of acetic and propionic acids from chitosan-based antimicrobial packaging films. *Journal of Food Science*, v. 65, p. 768-773, 2000

OLAJIRE, A.A., The brewing industry and the environmental challenges, *Journal of Cleaner Production* (2012), doi: 10.1016/j.jclepro.2012.03.003

OLSEN, K. M. SNPs, SSRs and inferences on cassava's origin. *Plant Molecular Biology*, Dordrecht, v. 56, n. 4, p. 517-526, 2004.

OKITA, H.; YAMASHITA, H.; YABUUCHI, S. 1985. Produção de microrganismos e enzimas usando grãos usados de cervejeiros. *Hakko Kogaku Kaishi - Journal of a Sociedade de Tecnologia de Fermentação* 63, 55-60

OKAMOTO, H., KITAGAWA, Y.; MINOWA, T.; OGI, T., 1999. Conversão termocatalítico de grãos gastos de alta umidade em um combustível gasoso. *MBAA Technical Quarterly* 36, 239-241

OOI, Z. X.; ISMAIL, H.; BAKAR, A. A., AZIZ, N. A. A. Properties of the Crosslinked Plasticized Biodegradable Poly(vinyl alcohol)/Rambutan Skin Waste Flour Blends. *Journal of Applied Polymer Science*, v. 125, p.1127-1135, 2012.

ORIANI, V. B. *et al.* Properties of Cassava Starch-Based Edible Coating Containing Essential Oils. *Journal of Food Science*, v. 79, n. 2, p. 189-194, 2014.

ORTIZ, JUAN ANTONIO RUANO. Caracterização físico-química de filmes biodegradáveis de farinha de mandioca e proteína de soja por extrusão. Dissertação (Mestrado em Ciências), Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro UFRRJ, Seropédica, 2009.

OTONI, C. G *et al.* Recent advances on edible films based on fruits and vegetables—A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v.16, p. 1151-1169, 2017.

ÖZTURK, S., ÖZBOY, Ö., CAVIDOGLU, I., KÖKSEL, H. Effects of brewers' spent grain on the quality and dietary fibre content of cookies. *Journal of the Institute of Brewing*: 108, 23-27, 2002

PARK, S.; ZHAO, Y. Development and characterization of edible films from cranberry pomace extracts. *Journal of Food Science*, v. 71, p. 95-101, 2006.

PASCALL, M. A.; LIN; S-J. The Application of Edible Polymeric Films and Coatings in the Food Industry. *Journal of Food Processing & Technology*, v. 4, n. 2, p. 1-2, 2013.

PANTAROTO, S.; CEREDA, M. P. Linamarina e sua Decomposição no Ambiente. In: CEREDA, M.P (coord): Manejo, Uso e Tratamento de Subprodutos da Industrialização da Mandioca. V. 4 São Paulo: Fundação Cargill, 2001. p. 39 – 47.

PHUC, B. H. N.; OGLEB, B.; LINDBERG, J. E. Effect of replacing soybean protein with cassava leaf protein in cassava root meal based diets for growing pigs on digestibility and N retention. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v. 83, n. 3, p.223-235, 2000.

PEELMAN, N. et al. Application of bioplastics for food packaging. *Trends in Food Science & Technology*, v. 32, n. 2, p. 128-141, AUG 2013 2013.

PELISSARI, F. M.; ANDRADE-MAHECHA, M. M.; SOBRAL, P. J. D. A.; MENEGALLI, F. C. Comparative study on the properties of flour and starch films of plantain bananas (*Musa paradisiaca*). *Food Hydrocolloids*, v. 30, n. 2, p. 681-690, 2013

PEREIRA, A. GONÇALVES; SANTOS, D. Martins dos. Caracterização química do bagaço de cevada como matéria-prima em compósitos de amido. In: congresso brasileiro de química, 54., 2014, Rio Grande do Norte. SBQ.[s.l]: Anais, 2014. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2014/trabalhos/13/6103-19007.html>>. Acesso em: 15 agos. 2019

PESSOA, Priscila Tavares. Sustentabilidade ambiental na indústria cervejeira um estudo de caso.2011. 40 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

PETRICEK, L.; FORT, V., 1998. Processo para fabricação de biogás por digestão anaeróbica de matéria-prima de origem orgânica, Número de Patente 96-3441 283228, Número de Acesso AN 1998: 635917, tcheco República de 1998. 5 pp

PIÑEROS-HERNANDEZ, D. *et al.* Edible cassava starch films carrying rosemary antioxidant extracts for potential use as active food packaging. *Food Hydrocolloids*, v. 63, p. 488-495, 2017.

QUINTANA, R. et al. Compatibilization of co-plasticized cellulose acetate/water soluble polymers blends by reactive extrusion. *Polymer Degradation and Stability*, v. 126, p. 31-38, 2016.

RAUPP, D.S.; MOREIRA, S.S.; BANZATTO, D.A.; SGARBIERI, V.C.; Composição e propriedades fisiológico – nutritivas de uma farinha rica em fibra insolúvel obtida do resíduo fibroso de fecularia de mandioca. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* vol.19 n.2 Campinas May/Aug., 1999.

RAGHAV, P. K.; AGARWAL, N.; SAINI, M. Edible coating of fruits and vegetables: A review. *International Journal of Scientific Research and Modern Education*, v. 1, n. 1, 2016.

RAGHAV, P. K.; AGARWAL, N.; SAINI, M. Edible coating of fruits and vegetables: A review. *International Journal of Scientific Research and Modern Education*, v. 1, n. 1, 2016.

REINOLD, MR., 1997. Manual prático de cervejaria, ed. Aden Editora e Comunicações Ltda, São Paulo. 214 p

RIEKER, C.; MOELLER, M.; SOMMER, K., 1992. Degradação anaeróbica da cerveja grãos gastos para produção de biogás. *Brauwelt* 132, 716-721

RUSS, W.; MÖRTEL, H.; METER-PITTROFF, R., 2015. Aplicação de grãos gastos para aumentar a porosidade em tijolos. *Materiais de construção e de construção* 19, 117–126

ROBERTSON, J. A., I'ANSON, K. J., TREIMO, J., FAULDS, C. B., BROCKLEHURST, T. F., EIJSINK, V. G., WALDRON, K. W. Profiling brewers' spent grain for composition and microbial ecology at the site of production. *LWT-Food Science and Technology*: 43(6), 890896, 2010.

SANGEETHA, PT.; RAMESH, MN, PRAPULLA, SG. 2004. Produção de frutossilril transferase por *Aspergillus oryzae* CFR 202 em estado sólido fermentação utilizando subprodutos agrícolas. *Microbiologia Aplicada e Biotechnology* 65, 530-537

SANTANA, M. C. C. B. et al. The incorporation of annatto as antioxidant additive based biodegradable packaging chitosan. *Ciência Rural*, v. 43, n. 3, p. 544-550, 2013.

SANTOS, M.; JIMÉNEZ, J.J.; BARTOLOMÉ, B.; GÓMEZ-CORDOVÉS, C.; DEL NOZAL, M.J., 2003. Variabilidade do grão gasto das cervejeiras dentro de uma cervejaria. *Comida Química* 80, 17-21

SANTOS, M.S., RIBEIRO, F.M. Cervejas e Refrigerantes. São Paulo: CETESB, 2005.

SANTOS, A.S.; MEZZOMO, A.; TELES, C.D. Desenvolvimento de pão de forma com bagaço de malte e gérmen de trigo. In: Simpósio de Segurança Alimentar Alimentação e Saúde, 5., 2015, Bento Gonçalves. Proceedings.: Sbcta, 2015. p. 1 - 4. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/sbctarseventos/gerenciador/painel/trabalhosversaofinal/SHO352.pdf>>. Acesso em: 30 julho. 2019

SAWADOGO, L.; SEPEHRI, H.; HOUDEBINE, L.M., 1989. Presença de um fator estimulando a secreção de prolactina e hormônio de crescimento em gastos das cervejeiras grãos. *Reprodução, Nutrição, Desenvolvimento* 29, 139-146

SCHILDBACH, R.; RITTER, W.; SCHMITHALS, K.; BURBIDGE, M., 1992. Novo desenvolvimentos na eliminação ambientalmente segura de grãos e resíduos de kieselguhr de cervejarias, *Procedimentos da Conven- Institute of Brewing (Seção Ásia-Pacífico)*, vol. 22 1992 pp. 139–143

SELIGRA, P. G., JARAMILLO, C. M., FAMÁ, L., GOYANES, S. Biodegradable and non-retrogradable eco-films based on starch-glycerol with citric acid as crosslinking agente. *Carbohydrate Polymers*, n. 138, 66 – 74 p., 2016.

SESSINI, V. *et al.* Processing of edible films based on nanoreinforced gelatinized starch. *Polymer Degradation and Stability*, v. 132, p. 157-168, 2016.

SHIMAZU, A. A.; MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E. Efeitos plastificante e antiplastificante do glicerol e do sorbitol em filmes biodegradáveis de amido de mandioca. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 28, n. 1, p. 79-88, 2007.

SHIMENO, S.; MIMA, T.; KINOSHITA, H.; KISHI, S., 1994. Inclusão de farinha da proteína de malte a dieta para o fingertail do fingerling. *Nipon Suisan Gakkaishi* 60, 521-525

SILVA, J.P.; SOUZA, S.; RODRIGUES, J., ANTUNES, H., PORTER, J.J., GONCALVES, I.; FERREIRA-DIAS, S., 2004a. Adsorção do corante ácido laranja 7 em

meio aquoso soluções por grãos de cervejaria gastos. *Separação e Purificação Tecnologia* 40, 309-315.

SILVA, JP, SOUSA, S., GONÇALVES, I., PORTER, JJ, FERREIRA-DIAS, S., 2004b. Modelagem de adsorção de corante ácido laranja 7 em soluções aquosas para gastou grãos de cervejaria. *Tecnologia de Separação e Purificação* 40, 163-170

SIM, TS.; OH, JCS. 1990. Grãos de cervejaria gastos como substrato para a produção de celulases por *Trichoderma reesei* QM9414. *Diário de Industrial Microbiology* 5, 153-158

SINDICERV – Sindicato Nacional da Industria da Cerveja 2016. Disponível em: <https://www.sindicerv.com.br/> Acesso em: jun de 2019

SOUZA, B. W. S. *et al.* The use of electric fields for edible coatings and films development and production: a review. *Food Engineering Reviews*, v. 2, p. 244-255, 2010.

SOUZA, L. S. *et al.* Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. 817 p.

SUEIRO, A. C. *et al.* Biodegradable films of cassava starch, pullulan and bacterial cellulose. *Quim. Nova*, v. 39, n. 9, p. 1059-1064, 2016

SRIROTH, K. *et al.* The promise of a technology revolution in cassava bioethanol: from thai practice to the world practice. *Fuel*, London, v. 89, n. 7, p. 1333-1338, 2010.

SZPONAR, B., PAWLIK, KJ, GAMIAN, A., DEY, ES, 2003. Fração de proteína de cevada passou grão como um novo meio simples para o crescimento e esporulação de actinobactérias do solo. *Biotechnology Letters* 25, 1717-1721.

TAPIA-BLÁCIDO, D. R.; SOBRAL, P. J. A.; MENEGALLI, F. C. Development and characterization of biofilms based on amaranth flour (*Amaranthus caudatus*). *Journal of Food Engineering*, v. 67, n. 1-2, p. 215-223, 2005.

THARANATHAN, R. N. Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. In: *Food Science and Technology*, v. 14, n. 3, p. 71–78, 2003.

THARANATHAN, RN Filmes biodegradáveis e revestimentos compostos: passado, presente e futuro. *Tendências em Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.14, p.71-78, 2003

TIWARI, Richa. *Post-harvest diseases of fruits and vegetables and their management by biocontrol agents*. 2014. 222 f. Tese (Doutorado em Philosophy in Botany) – Department of Botany, University of Lucknow, India, 2014.

TOWNSLEY, P.M. Preparation of commercial products from brewer's waste grain. *MBAA Technical Quarterly*, 16: 130-134, 1979.

VALENCIA-CHAMORRO, S. A. et al. Curative and preventive activity of hydroxypropyl methylcellulose-lipid edible composite coatings containing antifungal food additives to control citrus postharvest green and blue molds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 57, p. 2770-2777, 2009.

VEIRA, M. G. A. et al. Natural-based plasticizers and biopolymer films: A review. *European Polymer Journal*, v. 47, p. 254–263, 2011.

VEIGA-SANTOS, P., OLIVEIRA, L. M., CEREDA, M. P., ALVES, A. J., & SCAMPARINE, A. R. P. Mechanical properties, hydrophilicity and water activity of starch-gum films: effect additives deacetylated xanthan gum. *Food Hydrocolloids*, v.19, p.341-349, 2005.

VILLADIEGO, A. M. D. Desenvolvimento de um revestimento comestível antimicrobiano a base de amido de inhame com quitosana na conservação da cenoura minimamente processada. 2004. 128f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

VILLADIEGO, A. M. et al. Filmes e revestimentos comestíveis na conservação de produtos alimentícios. *Revista CERES*, v. 52, n. 300, p. 221-243, 2005.

VIETOR, R.J.; VORAGEN, AGJ.; ANGELINO, SAGF., 1993. Composição de polissacarídeos não-amiláceos no mosto e no grão gasto de ensaios de fermentação com malte de uma boa qualidade de cevada e uma cevada de ração. *Diário do Institute of Brewing* 99, 243-248

VIEIRA, A.A., BRAZ, J.M. Bagaço de Cevada na Alimentação Animal. *Revista Eletrônica Nutritime*: 6, 973-979, 2009

YAAKUGH, IDI.; TEGBE, TSB.; OLORUNIU, SAS.; ADUKI, AO., 1994. Valor de substituição do grão seco das cervejeiras por milho desempenho de suínos. *Jornal da Ciência da Alimentação e Agricultura* 66, 465-471

YANG, D. et al. “Green” films from renewable resources: Properties of epoxidized soybean oil plasticized ethyl cellulose films. *Carbohydrate Polymers*, v. 103, n. 0, p.198-206, 2014.

YOSHIDA, C. M. P.; ANTUNES, A. J. Characterization of Whey Protein Emulsion Films. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, n. 21, p. 247-252, 2004.

YOSHIMURA, Y. et al. Green polymer chemistry: One-pot, metal-free synthesis of macromonomer via direct polycondensation of lactic acid and its radical polymerization to graft and comb polymers. *Polymer*, v. 90, p. 342-350, 2016.

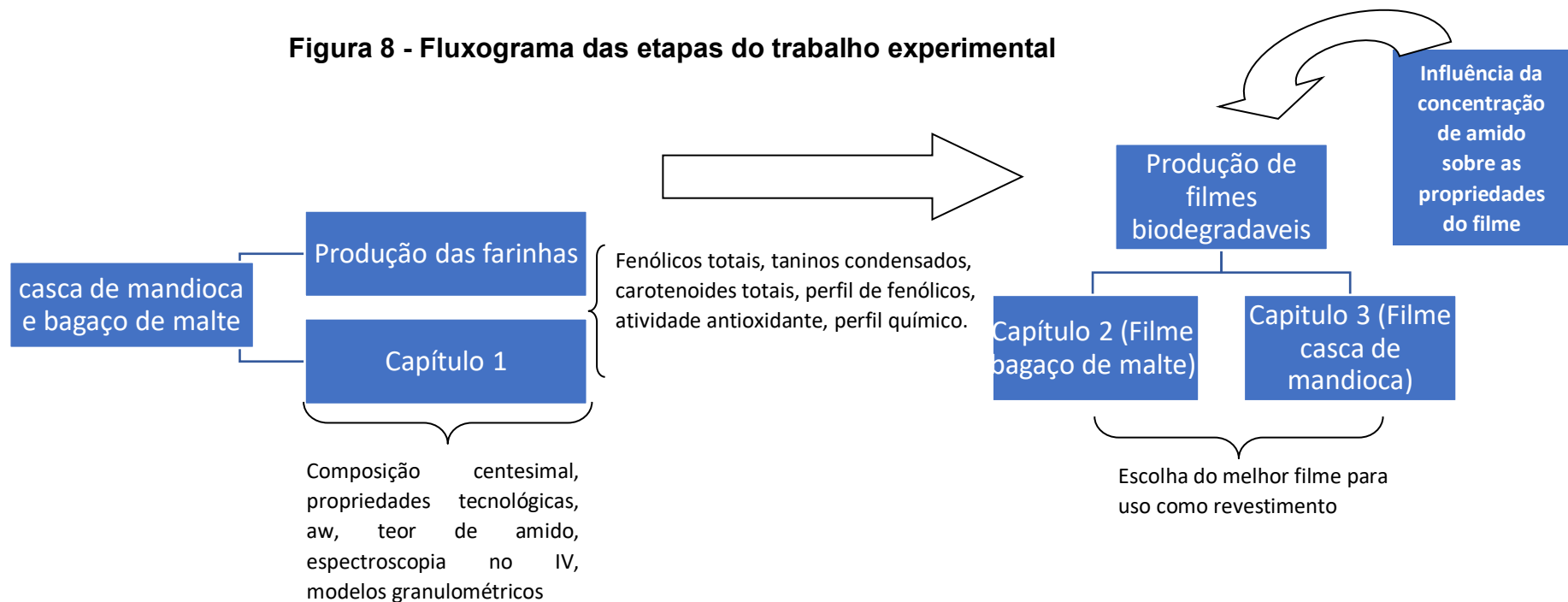
WOSIAKI, G; FIORETTO, AM.C.; ALMEIDA, M.M.; CEREDA Uso direto da manipueira em fertirrigação. In: CEREDA, M.P. (Coord) In manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca. São Paulo: Fundação Cargill, 2001, p. 170-182.

ZHAO, Y.; SALDAÑA, M. D. A. The Journal of Supercritical Fluids Use of potato by-products and gallic acid for development of bioactive film packaging by subcritical water technology. *The Journal of Supercritical Fluids*, v. 143, n. July 2018, p. 97–106, 2019.

PARTE EXPERIMENTAL

A parte experimental deste trabalho foi dividida em cinco capítulos, redigidos sob a forma de artigos científicos (Figura 8)

Figura 8 - Fluxograma das etapas do trabalho experimental



Capítulo 1

Artigo publicado: Química Nova, v.XY, n. 00, p. 1-7, 2021.
<http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170853> Characterization and identification of bioactive compounds in agro-food waste flours.

RODRIGUES, C.G.; SILVA, V.D.M.; E LOYOLA, A.C.F.; SILVA, M. R.; AUGUSTI, R.; MELO, J. O. F.; CARLOS, L.A.; FANTE, C. A.

**APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS AGROALIMENTARES:
PRODUÇÃO DE FARINHAS, CARACTERIZAÇÃO
E IDENTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS**

Resumo: Um dos problemas recorrentes do setor agroindustrial é o descarte incorreto de resíduos devido à complexidade do material, umidade, entre outros fatores. O lixo não é usado em tonelagem, mas é sistematicamente utilizado. Exemplos de resíduos são a malte e a casca de mandioca, produzidas em grandes quantidades na indústria cervejeira e na produção de farinha, respectivamente. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar compostos bioativos de farinhas produzidas a partir de resíduos agroindustriais para potencializar seu uso como ingrediente rico em antioxidantes. As farinhas produzidas a partir de resíduos da agroindústria foram avaliadas para compostos fenólicos, carotenoides totais, atividade antioxidante e a obtenção de perfis fenólicos e impressões digitais por espectrometria de massa de paper spray. Foi possível identificar uma ampla classe de compostos em ambas as farinhas, como ácidos fenólicos, flavonoides, entre outros. As farinhas podem ser possivelmente incluídas em produtos alimentícios ou formulação de embalagens por serem antioxidantes naturais, agregando valor a esses produtos e reduzindo os impactos ambientais. No entanto, é necessária uma análise mais aprofundada para garantir a biodisponibilidade, bem como a segurança alimentar.

Palavras-chave: resíduos; fragmentos; fenólicos, casca de mandioca, bagaço de malte

1. INTRODUÇÃO

A geração de resíduos no setor da agroindústria tem sido um problema recorrente na sociedade atual que compromete o meio ambiente. São produzidos anualmente toneladas de resíduos vegetais pelos diferentes segmentos industriais. Devido ao alto volume gerado, dificuldade de transporte, baixo valor agregado e alta propensão ao crescimento microbiológico, esses resíduos são destinados, principalmente para suplementação na alimentação animal, utilizados como matéria-prima de combustão e/ou dispostos em aterros sanitários sendo esse considerado sem valor agregado. A subutilização desses resíduos se deve ao fato da dificuldade em tratá-los, para então serem novamente utilizados pela indústria (FRANCA e OLIVEIRA, 2009). O grande desafio é dar destinos alternativos e sustentáveis para os resíduos (MIRABELLA, CASTELLANI e SALA, 2014). Fazem parte deste montante os subprodutos da exploração de fontes de amido, bem como resíduos provenientes da indústria cervejeira que, com características peculiares, têm conquistado espaço como matérias-primas de diferentes mercadorias, em uma época em que o apelo por produtos naturais é crescente por grande parte da população (AYALA-ZAVALA et al., 2011).

O aumento crescente da produção na indústria cervejeira tem como consequência uma grande produção de resíduo como o bagaço do malte (BRASIL, 2020). O bagaço de malte de cevada é formado após a germinação do malte e brassagem, na etapa de filtração do mosto, gerando de 14 a 20 kg desse resíduo para cada 100 litros de cerveja produzidas, sendo um dos subprodutos mais importantes (SANTOS e RIBEIRO, 2005; AMORIM 2016). O destino do bagaço de malte varia conforme a região, podendo ser direcionado para diversas aplicações: alimentação humana, produção de energia (carvão vegetal, biogás e combustão direta), incorporação em materiais de construção, produção de papel, adsorventes, sendo a maior parte destinada a alimentação animal (MUSSATO et al., 2006; CARVALHO et al., 2017).

Estudos realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE, 2020), destacou que em 2019 a produção brasileira de mandioca chegou a 18,9 milhões de toneladas, onde 60% das raízes colhidas são empregadas na produção farinha e

consequentemente alto teor de resíduos é gerado (BIANCHI e CEREDA,1999). Durante as diversas fases de processamento são gerados resíduos secos e úmidos sendo a maior parte os secos, descartados diretamente no solo ou destinados a alimentação animal (BIANCHI e CEREDA 1999).

Tendo em vista a subutilização desses resíduos considerados usos de baixo valor agregado, a investigação acerca da presença de compostos bioativos em resíduos com potencial aplicação em alimentos se torna uma excelente forma de introduzir alimentos funcionais para uso da população, fornece novas opções de matéria-prima para a indústria alimentícia e também uma forma de agregar valor aos produtos.

Devido ao uso da casca de mandioca como alimentação animal e produção de energia os trabalhos relatam como um material rico em fibras, minerais e açúcares (DOURADO et al 2017; LOUREIRO et al 2020). O bagaço de malte apresenta em sua composição proteínas e fibras (celulose, hemicelulose e lignina), além de extrativos e cinzas em menores proporções (ALMEIDA, 2014). Porém não foram encontrados estudos referentes ao potencial bioativo desses resíduos. Os compostos bioativos são capazes de proporcionar benefícios à saúde, exercem ações do ponto de vista biológico, tais como: atividade antioxidante, estimulação do sistema imune, atividade antibacteriana, entre outros (COSTA e COB, 2008).

São utilizadas atualmente para identificação de compostos bioativos, técnicas de cromatografia líquida de alta eficiência. De maneira geral, essas técnicas denominadas de convencionais, fornecem análises qualitativas e quantitativas precisas, entretanto apresentam algumas desvantagens, como, preparação de amostras, tempo e custo. Desenvolvimentos recentes em técnicas de espectrometria de massa com análise direta superaram essas limitações e fornecem análises ultrarrápidas de matrizes complexas a baixo custo (ZHI et al. 2014, GUO et al. 2017).

Uma alternativa para essa demanda é a espectrometria de massa de spray de papel (PS-MS), desenvolvida por Wang et al. (2010). Essa técnica tem sido amplamente utilizada para analisar substâncias em matrizes complexas, apresentando como vantagem a possibilidade de obter rapidamente impressões digitais em amplas faixas de massas.

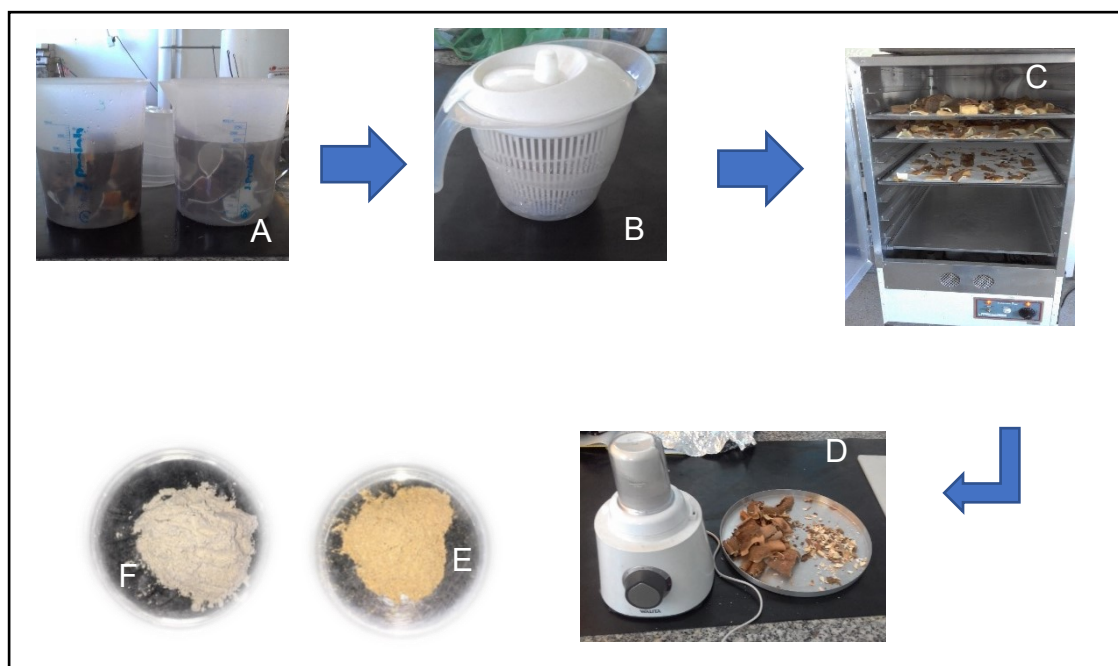
Frente ao exposto, o objetivo foi analisar os compostos bioativos de resíduos da agroindústria a saber: casca de mandioca e bagaço de malte, relacionar técnicas de

identificação e prospectar possíveis utilizações para novos segmentos de mercado, como consequência reduzir o descarte junto à natureza, bem como caracterizar esses resíduos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para produção das farinhas, foram utilizadas como matéria-prima subprodutos de mandioca e malte (casca de mandioca e bagaço de malte) adquiridos em Sete Lagoas - MG entre os meses de maio e junho de 2018. Para a elaboração das farinhas os resíduos foram secos, em secador de cabine com circulação forçada de ar (Pardal, Modelo PE 60, Petrópolis Brasil), a 70 °C por 12 horas. O material seco foi triturado em um Processador de alimentos Walita (750 W), com a acessório moedor por 2 minutos em velocidade 1 (9500 rpm) (Figura 1). As farinhas de casca de mandioca (FCM) e bagaço de malte (FBM) foram acondicionadas em vidros âmbar e armazenadas - 18 °C (em freezer) até o uso. Os demais reagentes utilizados foram de grau analítico.

Figura 1) Obtenção das farinhas de bagaço de malte e casca de mandioca.



A) Limpeza e sanitização, B) Centrifugação, C) Secagem, D) Moagem, E) Farinha de bagaço de malte, F) Farinha de casca de mandioca.

Fonte: Arquivo pessoal

✓ Composição Centesimal das farinhas

A caracterização da composição centesimal das farinhas, seguiu os métodos da *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2012) com adaptações e das Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008) e foram realizadas no Laboratório de Bromatologia - Unidade de Pesquisa Química de Alimentos da Faculdade de Farmácia da UFMG e no laboratório do SOPT da Faculdade de Farmácia da UFMG. O teor de umidade foi determinado a 105 °C (FANEM, 320-SE, Brasil) até peso constante. O teor de lipídeos foi determinado por extração direta em Soxhlet (Solab, SL-202, Piracicaba, SP) utilizando éter etílico. Para o teor total de proteína foi utilizado o método de micro-Kjeldahl (bloco digestor TECNAL, 040/25, e destilador de nitrogênio TECNAL, TE-0363, Piracicaba, SP) com fator de conversão de 6,25. O teor de cinzas foi realizado em mufla (FORNITEC, 2629, Brasil) a 550 °C. O conteúdo de carboidratos foi determinado por diferença. Os resultados obtidos foram expressos em gramas por 100 g de matéria seca (bs). Todas essas análises foram feitas em triplicata. A atividade de água (aw) foi conforme AOAC (1995), utilizando equipamento Aqualab Series 3 TE à temperatura ambiente, foram realizadas 3 leituras. Também foi realizado o teor de amido das farinhas segundo a Instrução Normativa nº 52, de 08/11/2011 (BRASIL, 2011). Primeiro, as amostras foram tratadas com ácido clorídrico diluído e aquecidas; após clarificação e filtração a rotação óptica total da solução foi medida por polarímetro (Bellingham & Stanley Ltd, modelo ADP220); outra parte da amostra foi extraída com etanol 40% (V/V) e após acidificado, clarificado e filtrado, o poder rotatório foi determinado em polarímetro. A diferença entre as duas medições foi multiplicada pelo fator 184, assim o teor de amido das amostras foi determinado em %.

✓ Propriedades Tecnológicas

As farinhas foram avaliadas quanto à cor com um colorímetro (Konica Minolta, CM-2300d, Tóquio, Japão) equipado com a escala CIELab. Os parâmetros de cor foram L* (luminosidade), a* (vermelho a verde) e b* (amarelo a azul), sendo os dois últimos usados para calcular os parâmetros h° (tonalidade) e c* (croma ou intensidade da cor) (LEÃO, 2013). As medições foram realizadas em triplicata.

Os índices de absorção de água e de óleo (IAA e IAO), solubilidade em água (SA) e volume de intumescimento (VI) foram avaliados segundo métodos descritos por Wang, Xu, Yuan, Fan e Gao (2015) com adaptações. Para avaliação do índice de absorção de

água e óleo, foram pesadas 1g de cada farinha misturadas com água ou óleo (20 mL) separadamente, as amostras foram então agitadas e centrifugadas, o sobrenadante contendo óleo foi descartado e o contendo água reservado. O resultado foi obtido pela massa final dividida pela massa total (g). O material reservado foi utilizado para determinação da solubilidade em água, sendo então seco por 12 h à 105 °C e determinado como porcentagem entre a massa pós secagem e antes da secagem. O VI foi determinado após agitação das amostras de farinha (2 g aproximadamente) com água (200 mL) com auxílio de mesa agitadora por 2 horas. Após, o conteúdo dos erlenmeyers foi transferido para provetas de 50 mL, onde foram deixadas em repouso até completa decantação, por aproximadamente 12 horas. O volume final ocupado pela amostra na proveta foi adotado como o volume de intumescimento e expresso em mL/grama de amostra seca.

✓ Análise granulométrica

A determinação granulométrica realizou-se com tamisação de cerca de 100 gramas de cada farinha em estudo (FCM e FBM), em agitador de peneiras (Lucadema), durante 10 minutos controlando a velocidade no nível 10, foram utilizadas 11 peneiras padrão ABNT com malhas variando de 125 a 4000 m. A amostra retida em cada peneira foi pesada e expressa em porcentagem (%) (MARTINO et al., 2012).

✓ Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier

As farinhas dos resíduos foram analisadas no espectrômetro no infravermelho com transformada de Fourier (Shimadzu IRAffinity – 1) com detector DLATGS (Sulfato de Triglicina Deuterado Dopado com L-Alanina), resolução de 4 cm⁻¹. As farinhas e o amido foram analisados em acessório ATR, com cristal de seleneto de zinco (ZnSe) para obtenção dos espectros e análise do perfil de grupos funcionais presentes e verificação de possíveis modificações estruturais geradas nas moléculas de amido a partir das farinhas produzidas (WARREN, GIDLEY & BERNARDINE, 2016).

✓ Taninos

Para detecção de Taninos nas farinhas foi realizado segundo o método vanilina/HCl (PRICE et al., 1978) com leitura de absorvância em espectrofotômetro (Micronal modelo

AJX-1900, São Paulo) a 500 nm. Para determinação da concentração de taninos nas amostras, foi construída uma curva padrão a partir de diferentes concentrações de catequina e a absorbância da amostra foi substituída na equação ($Y = 0,268x + 0,007$ e $R^2 = 0,99$) onde x é igual a concentração de taninos expressos em mg Catequina Eq/g. e Y igual a absorbância.

✓ Carotenoides Totais

Os carotenoides totais, após extração com acetona e partição com éter de petróleo p.a., foram quantificados por espectrofotometria a 450 nm. O teor de carotenoides totais (CT) foi calculado através da equação $CT = 100 [(A \times V \times 10^4)/(E1\% \times M)]$, Onde: A = Absorbância a 450 nm, multiplicado pelo fator de diluição; V = Volume da amostra (25 mL); $E1\%$ = Coeficiente de extinção do β -caroteno em éter de petróleo = 2592, M = Massa da amostra (g). os resultados foram expressos em mg de carotenoides por grama matéria seca (RODRIGUEZ-AMAYA 1996).

✓ Extração

A extração foi feita segundo Rufino et al. (2010) para avaliar o teor de fenólicos totais, atividade antioxidante, perfil de fenólicos e PS-MS. Para isso, pesou-se 2,5 g de amostra e 10 mL de metanol/água (50:50, v/v) foram adicionados dentro de um tubo falcon de 50 mL. Após 1 h à temperatura ambiente sob abrigo de luz, os tubos foram centrifugados (Sigma, 2K15, Alemanha) a 2800 G por 22 min e o sobrenadante recuperado. Após, 10 mL de acetona / água (70:30, v/v) foi adicionado ao resíduo, com nova incubação e centrifugação nas mesmas condições descritas. Ambos os sobrenadantes foram misturados e completou-se o volume para 25 mL com água destilada e deionizada. O extrato obtido das duas farinhas foi utilizado para as análises de compostos fenólicos totais, atividade antioxidante, perfil de fenólicos e impressão digital por *paper spray*.

✓ Compostos fenólicos totais e atividade antioxidante

Os compostos fenólicos totais das farinhas foram determinados pelo método de Folin Ciocalteu segundo metodologia de SAHAN, CANSEV e GULEN (2013). A atividade

antioxidante foi avaliada pelos métodos FRAP e ABTS (Rufino *et al.* 2010) e DPPH segundo o método oficial 2012.04 descrito pela AOAC (2012).

✓ Perfil de fenólicos

A determinação do perfil dos principais compostos fenólicos presentes nas farinhas (FCM e FBM) foi realizada conforme o método cromatográfico descrito por EÇA *et al.* (2015), com algumas modificações. O extrato foi filtrado com um filtro de seringa de nylon 0,22 μm e colocado em vials para injeção automática de 1 μL em cromatógrafo líquido de ultra eficiência (Waters, Acquity UPLC® Class, Milford, Massachusetts, USA) equipado com detector de UV por arranjo de diodos, bomba quaternária, degaseificador online e amostrador automático. Os dados foram processados através do software Empower®. As condições cromatográficas consistiram em coluna Acquity UPLC® BEH C18 (2,1 x 100 mm; 1,7 μm , Waters, Milford, Massachusetts, USA) sob fluxo constante de 0,3 mL.min⁻¹, com duas fases móveis (A = acetonitrila e B = água: ácido fórmico, 99,75: 0,25). A corrida dos padrões diluídos em água (ácido gálico, catequina e ácido clorogênico) foi de 17 min, em modo de eluição isocrático de 5: 95 v/v (A: B). Enquanto que para os padrões diluídos em metanol (ácido cafeico, ácido elágico, quercetina e rutina), foi aplicada um gradiente de eluição: de 0 a 8 min = 8: 92 (A: B); de 8 a 14 min = 15: 85; e de 14 a 22 min = 25: 75. Os espectros foram obtidos a 253, 271, 279, 322 e 372 nm. Foram construídas curvas analíticas para cada padrão na faixa de concentração de 13,75 a 220 ppm, obtendo-se R^2 maiores que 0,999. Os resultados obtidos foram expressos em $\mu\text{g.g}^{-1}$ de extrato.

✓ PS-MS

A análise do perfil químico das amostras foi realizada utilizando um espectrômetro de massa LCQ Fleet (ThermoScientific, São José, CA, EUA) equipado com uma fonte de ionização em spray de papel. As amostras de farinha foram analisadas nos modos de ionização positivo e negativo. Para realizar as análises, foi cortado um papel cromatográfico em forma de triângulo equilátero (1,5 cm) e posicionado em frente à entrada do espectrômetro de massas. O papel foi apoiado por um suporte e posicionado a

0,5 cm de distância. Este sistema foi conectado a uma fonte de alta voltagem do espectrômetro através de um fio de cobre. Por fim, 2,0 µL dos extratos das farinhas foram aplicados na borda dos triângulos, 40,0 µL de metanol foram transferidos para o papel cromatográfico e a fonte de tensão foi conectada para aquisição de dados. As análises de cada farinha foram feitas em triplicata para os modos de ionização positivo e negativo.

Para as análises, o instrumental foi operado em: tensão da fonte PS-MS igual a + 4,0 kV (modo positivo de ionização) e -3,0 kV (modo de ionização negativa); Tensão capilar de 40 V; temperatura do tubo de transferência de 275 °C; tensão de lentes de tubo de 120 V; e faixa de massa de 100 a 1000 m / z (modo de ionização positiva) e de 100 a 1000 m / z (modo de ionização negativa). Os íons e seus fragmentos obtidos nesta análise foram identificados com base nos dados descritos na literatura. As energias de colisão usadas para fragmentar os compostos variaram de 15 a 30 eV.

✓ Análise estatística

Primeiramente avaliou-se a normalidade dos resultados e a homogeneidade das variâncias. Os resultados médios das variáveis em estudo foram analisados pelo teste T de Student (quando obedecida a normalidade) ou pelo teste de Wilcoxon Man Whitney (quando não obedecida a normalidade) com significância de 5%. Todos os testes foram realizados com o auxílio do programa SPSS 15.0 for Windows (SPSS Inc., USA).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

✓ Composição centesimal

Na Tabela 1, estão apresentados os valores médios da composição centesimal, atividade de água (aw) e teor de amido das farinhas dos resíduos de CM e BM.

Tabela 1: Composição centesimal, atividade de água (aw) e teor de amido para as farinhas produzidos a partir de resíduos de CM e BM em base seca (BS)

Parâmetro (%)	FCM*	FBM**
Umidade	4,72 ± 0,44 a	3,21 ± 0,16 b
Lipídeos	1,06 ± 0,18 a	3,98 ± 1,09 b
Cinzas	2,77 ± 0,04 a	2,59 ± 0,17 a
Proteína	7,18 ± 0,13 a	15,72 ± 0,71 b
Carboidratos	88,98 ± 0,22 a	77,92 ± 0,85 b
Aw	0,30 ± 0,01 a	0,15 ± 0,03 b
Amido	1,24 ± 0,34 a	0,42 ± 0,12 b

1 Valor médio ± desvio padrão. As médias seguidas de letras iguais na mesma linha, dentro dos mesmos parâmetros, não diferem ao um nível de significância de 5% pelo teste T Student. *FCM: Farinha de casca de mandioca; **FBM: Farinha de bagaço de malte

As duas farinhas produzidas com os mesmos parâmetros, apresentaram teor de umidade inferior a 5%, estando então dentro dos limites estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que estipula o máximo de 15% (m/m) de umidade para farinhas (BRASIL, 2017). A FCM apresentou um valor de umidade maior que a FBM, mesmo sendo utilizado o mesmo equipamento, temperatura e tempo de secagem. Essa diferença se dá pela composição distinta de resíduo utilizado. Em trabalho realizado por Anders *et al.* (2013), onde a casca de mandioca foi seca em estufa de circulação forçada de ar, o teor de umidade da casca foi de 12,8%, sendo então a metodologia utilizada para secagem em secador do tipo bandejas, como feito no estudo em questão mais eficiente quanto a secagem. Rigo *et al.* (2017) observaram teor de umidade de 5,2% pra FBM utilizando secador de bandejas a 70 °C por 38 horas, valor próximo ao encontrado nesse estudo. As farinhas dos resíduos apresentaram valor umidade menor que farinha de trigo comum (13%) (TACO, 2011), o que pode atribuir uma maior vida de prateleira a essas farinhas.

Quanto aos teores de lipídeos, proteínas e cinzas, houve diferença significativa entre as farinhas em todos os parâmetros com exceção para o teor de cinzas. A legislação brasileira, preconiza um valor de 6,0% como limite para o teor de cinzas totais em algumas farinhas vegetais, tais como de aveia, arroz, centeio, milho e soja, entre outras (BRASIL, 2005). Os valores encontrados neste trabalho foram inferiores ao máximo recomendado, também foi observado valores inferiores para FCM e FBM em outros estudos que reportaram 3,2% e 3,4%, respectivamente (ANDERS *et al.* 2013; RIGO *et al.* 2017). Ainda assim, os valores encontrados são superiores quando comparados com a farinha de trigo convencional (0,8%) sendo uma excelente alternativa para suprir a necessidade de minerais em dietas (TACO, 2011).

A FBM apresentou valores de lipídeos e proteína maior que a FCM. Também foi observado valores altos para lipídeos e proteínas no estudo de Anders *et al.* (2013) de 5,9% e 12,5%, respectivamente. Essa pequena diferença observada pela literatura e o estudo é compreensível, visto que a composição centesimal do bagaço de malte é função de diversos fatores, tais como: variedade da cevada, o tempo de colheita, os cereais utilizados na maltagem e, principalmente, o processo tecnológico empregado na cervejaria, onde, na preparação do mosto, são adicionados o malte, os adjuntos como milho, trigo e arroz. (ALMEIDA, 2014; PEREIRA, SANTOS, 2014).

Quanto ao teor de carboidratos, as farinhas diferiram entre si ($p < 0,05$) apresentando maior valor para a FCM. Entretanto, ambas apresentaram valores maiores que o encontrado na literatura para as mesmas farinhas, 53,3% para FCM e 73% para FBM (ANDERS *et al.*, 2013; RIGO *et al.* 2017). Rodrigues *et al.* (2011), analisando bagaço de mandioca da cultivar IAC-12, obteve 71,49% de carboidratos, valor próximo ao encontrado.

A a_w das amostras diferiram estatisticamente entre si ($p < 0,05$), onde a FBM apresentou menor valor. As duas farinhas apresentaram valores e inferiores a 0,60 de a_w , valor este, considerado limitante para a multiplicação microbiana. Assim, as amostras de farinha deste estudo são consideradas estáveis, sob o ponto de vista microbiológico, podendo ter a vida de prateleira prolongada, desde que o produto seja armazenado em embalagens adequadas, de modo a manter a atividade de água constante, durante todo o processo de armazenamento (SARANTÓPULUS *et al.*, 2001).

A FCM apresentou maior valor de teor de amido comparado com a FBM, pois a casca da mandioca apresenta na sua constituição uma parte de amido da polpa que conseqüentemente vai para a farinha (CIAT, 1983).

Levando em consideração a composição centesimal das farinhas em estudo, observa-se que ambas podem ser usadas para o desenvolvimento de filmes biodegradáveis, atuando como agente de reforço, uma vez que demonstraram alto teor de carboidratos, o que pode levar a uma melhoria nas propriedades mecânicas desse tipo de embalagem (PAULESKI et al., 2007).

✓ Cor e Propriedades Tecnológicas

A Tabela 2 contém os resultados obtidos para tonalidade cromática (h^*), saturação (c^*) e luminosidade (L^*). A luminosidade (L^*) representa se uma cor é escura ou clara, sendo a variação desse parâmetro de 0, para preto, a 100, para branco (CAMPANHA *et al.*, 2010). A FCM apresentou maior valor de L^* , ou seja, mais clara que a FBM o que corrobora com o observado na Figura 2.

Tabela 2: Parâmetros colorimétricos das farinhas FCM e FBM.

Amostra	L^*	H^*	C^*
FCM	$86,40 \pm 0,21^a$	$81,66 \pm 2,9^a$	$11,48 \pm 0,12^a$
FBM	$60,44 \pm 0,64^b$	$73,15 \pm 0,29^b$	$22,46 \pm 0,35^b$

1 Em que: L^* Luminosidade; h^* tonalidade; c^* intensidade.

2 Valor médio \pm desvio padrão. As médias seguidas de letras iguais na mesma coluna, dentro dos mesmos parâmetros, não diferem ao um nível de significância de 5% pelo teste T Student.

Pós mais claros são importantes quando se trata de novas formulações de alimentos, pois permitem ser adicionados a uma gama maior de produtos, e em maior quantidade, sem interferir na cor característica destes, como em pães e iogurtes de diferentes sabores (GOMEZ et al. 2007; GARCIA-PEREZ et al. 2005).

Figura 2) Coloração das farinhas



A) Farinha de bagaço de malte, B) Farinha de casca de mandioca

Fonte: Arquivo pessoal

O parâmetro h^* descreve a tonalidade da cor e o parâmetro c^* , a intensidade. A amostra FCM apresentou tonalidade maior e intensidade menor que a FBM. Valores de h^* maiores que 45 indicam predominância da cor amarela em relação à vermelha. Assim, observa-se que ambas as farinhas têm tonalidade para o amarelo.

Na Tabela 3, estão expressos os resultados das propriedades tecnológicas investigadas para as farinhas produzidas.

Tabela 3: Propriedades tecnológicas das farinhas de resíduos de casca de mandioca (FCM) e bagaço de malte (FBM).

Amostra	Propriedades Tecnológicas			
	IAO (g/g)	IAA (g/g)	ISA (g/g)	VI (mL/g)
FCM	1,33 ± 0,06 a	2,61 ± 0,06 a	13,05 ± 0,98 a	10,5 ± 0,71 a
FBM	1,88 ± 0,09 b	3,23 ± 0,09 b	24,47 ± 0,31 b	13,25 ± 1,77 b

1 Em que: IAO = Índice de absorção de óleo; IAA = Índice de absorção de água; ISA = Índice de solubilidade em água; VI = Volume de intumescimento

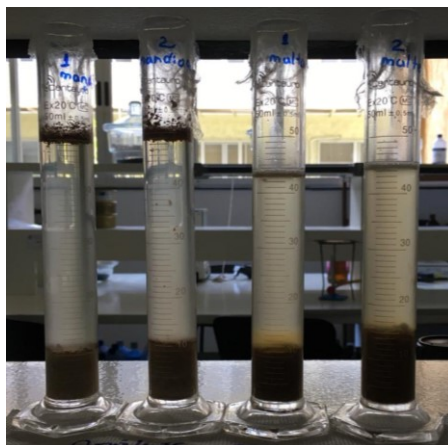
2 As médias seguidas de letras iguais na mesma coluna, dentro dos mesmos parâmetros, não diferem ao um nível de significância de 5% pelo teste T Student.

No desenvolvimento de alimentos, o Índice de Absorção de Óleo é usado para determinar os tempos de mistura quando se utiliza uma distribuição uniforme de óleo em uma mistura seca. Ele também exerce influência sobre a ordem de adição de ingredientes secos em uma mistura (DE KANTEREWICZ, PILOSOFF e BARTHOLOMAI, 1989). As farinhas produzidas apresentaram valores entre 1 e 2, indicando baixa absorção de óleo.

A absorção de água está relacionada à aceitabilidade do produto final, devido sua interferência direta na textura e suculência. De acordo com Kinsella (1976), a capacidade de um produto reter água é de suma importância em diversos setores como, produtos cárneos, panificação e alimentos mais viscosos como sopas e cremes. O Índice de Absorção de Água das farinhas foi entre 2 e 3 aproximadamente, tendo a FBM apresentado maior valor. Os Índices de Solubilidade em Água foram superiores a alguns descritos na literatura, como 7,11 para resíduos de coco e 8,79 para casca de buriti (RAGHAVENDRA et al. 2006; RESENDE, FRANCA e OLIVEIRA, 2019). A FBM obteve valor de ISA expressivamente maior que a FCM, explicado pela maior concentração de proteínas (Tabela 1). Os índices de absorção de água e solubilidade são essenciais para alimentos com elevado teor de água.

Quanto ao volume de intumescimento (Figura 3), as farinhas em estudo apresentaram valores menores que o pó de resíduos de coco (20 mg/mL) (RAGHAVENDRA et al. 2006) e maiores que dos resíduos obtidos de buriti (RESENDE, FRANCA e OLIVEIRA, 2019).

Figura 3 – Análise de Volume de Intumescimento

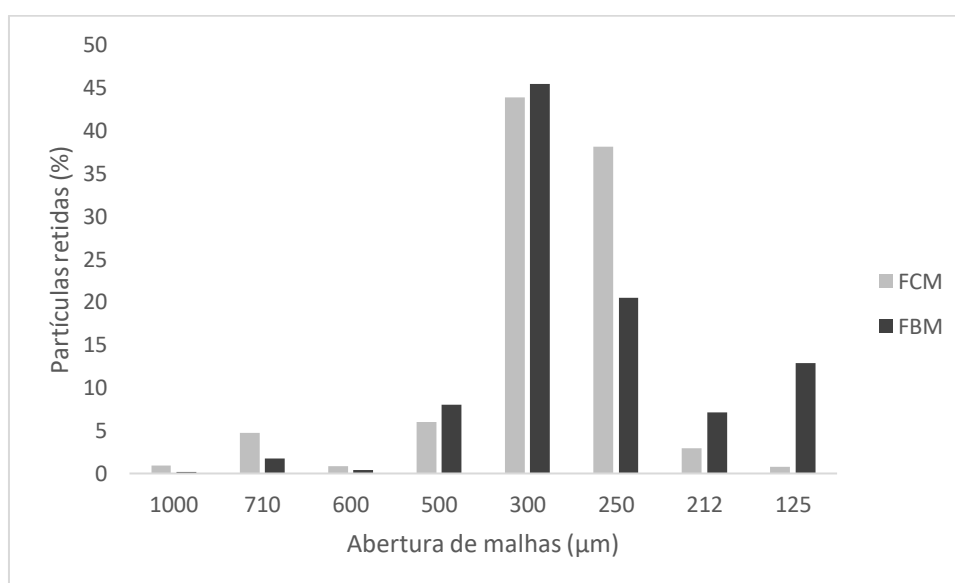


Fonte: Arquivo pessoal

3.3 Análise Granulométrica

Os resultados referentes à granulometria das amostras analisadas encontram-se na Figura 4. As farinhas de resíduos de casca de mandioca (FCM) e de bagaço de malte (FBM) foram moídas por tempo e velocidade iguais a fim de obter pós de mesmo padrão.

Figura 4 – Distribuição de tamanho de partículas das farinhas de casca de mandioca (FCM) e de bagaço de malte (FBM).

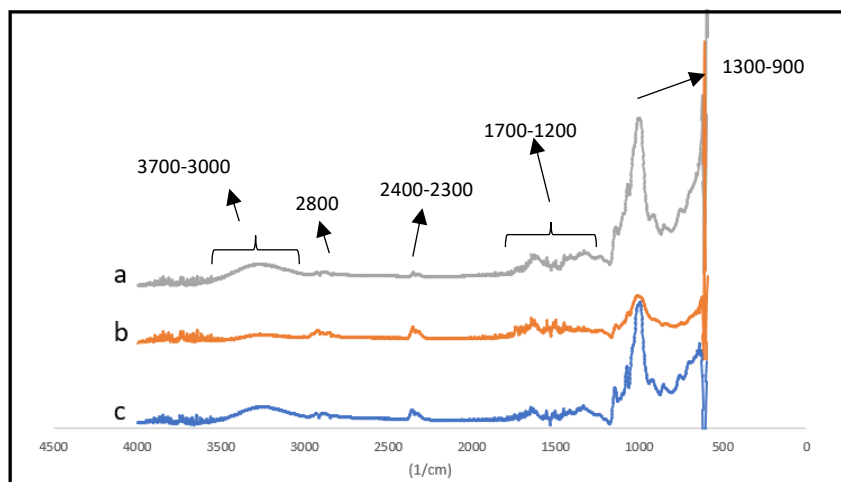


A maior porcentagem retida para ambas farinhas foi na peneira com abertura 300 µm, sendo 43,87% para as FCM e 45,43% para FBM. A FCM também teve uma considerável porção retida (38,16%) na peneira de abertura de 250 µm. A granulometria e o ato de medir o tamanho das partículas, pode influenciar diretamente na digestibilidade dos nutrientes, pois quanto menor o tamanho das partículas do alimento maior o contato dessas com os sucos digestivos, favorecendo a digestão e a absorção dos nutrientes (BELLAYER; NONES, 2000). Com isso, as farinhas podem ser consideradas finas, do ponto de vista tecnológico, partículas finas também são um fator importante para seleção de matéria-prima ou desenvolvimento de novos produtos alimentares por estar associado à maior absorção de água (PAUCAR-MENACHO et al., 2008).

✓ Análise Por Espectroscopia No Infravermelho

As médias dos espectros, em triplicata, obtidos neste trabalho para as amostras de farinhas (CM e BM) e amido de milho comercial podem ser visualizados na Figura 5.

Figura 5 - Espectro de amido de milho, farinhas de casca de mandioca e bagaço de malte .



Legenda: a) Farinha de casca de mandioca, b) Farinha de bagaço de malte, c) amido de milho

De modo geral, os espectros foram bem próximos para todas as farinhas e amido, diferiram apenas em intensidade dos picos.

Os grupos hidroxila livres absorvem energia entre $3650 - 3584 \text{ cm}^{-1}$, as bandas observadas na região $3000 - 3700 \text{ cm}^{-1}$ nas matérias-primas utilizadas, pode ser atribuído ao alongamento dos grupos $-\text{OH}$ (SILVERSTEIN et al., 2007). Liu et al. (2012) obtiveram o espectro no infravermelho para amostras de amido de batata, de bandas largas de absorção entre 3000 e 3600 cm^{-1} , atribuídas a ligações OH decorrente dos grupos hidroxilas presentes nas moléculas de amido.

Os valores da segunda bandas encontradas para as farinhas e amido (2800 cm^{-1}) são semelhantes e indicam a existência de grupos CH_2 . Kizil et al. (2002) mencionaram que as diferentes intensidades das bandas entre $2800 - 3000 \text{ cm}^{-1}$ pode ser atribuído à variação nas quantidades de amilose e amilopectina. Os resultados foram semelhantes aos encontrados por Pelissari et al. (2013) com farinha de banana verde. O pico em $3000 - 2800 \text{ cm}^{-1}$ é característico de estiramento de grupos metílicos e metilênicos, comuns em estruturas lignocelulósicas (NETO et al., 2013).

Warren et al. (2016) obtiveram espectro com amostras de amido secas com grande número de bandas de absorção na região de 1700–1200 cm^{-1} , possivelmente provenientes de componentes menores presentes em conjunto com o amido como lipídeos e proteínas, além de picos na região de 2900 cm^{-1} indicando estiramentos de ligações C-H. As maiores bandas de absorção podem ser observadas na região de 1300–1000 cm^{-1} , provenientes de ligações C-O e C-OH. Os espectros das farinhas e do amido foram semelhantes aos obtidos por Warren et al. (2016), apresentando grandes bandas de absorção na região entre 1700-1200 cm^{-1} , caracterizando a presença de outras moléculas como proteínas e lipídeos, corroborando com os resultados de composição centesimal, resíduo de malte apresentou maior teor de proteínas e lipídeos (Tabela 1), conseqüentemente maior pico no espectro correspondente.

Os picos entre 2400 - 2300 cm^{-1} são descritos como indícios de interações entre o amido e as proteínas que podem ocorrer em materiais de origem vegetal. Esses picos não são observados no espectro de amido obtido por Warren et al. (2016).

Pode-se dizer que a interpretação exata de espectros no infravermelho para amostras é relativamente complexa, não sendo, por vezes, possível extrair informações com exatidão já que os picos e bandas de absorção verificados se apresentam de forma ambígua e pouco definidos, podendo oferecer mais de uma possibilidade de interpretação (WARREN et al., 2016).

Diante disso, pode-se verificar que as farinhas de resíduos estudadas têm potencial funcional para aplicação em produtos alimentícios bem como uso como matéria-prima na elaboração de filmes e revestimentos comestíveis, levando funcionalidade aos mesmos.

✓ Taninos Condensados, Carotenoides totais e fenólicos totais

Os teores de taninos condensados (T), de carotenoides totais (C) e de fenólicos totais (F), e estão demonstrados na Tabela 4. Observa-se que estes compostos diferiram entre as farinhas. A quantificação dos F e C foi maior para a FCM, enquanto a FBM apresentou o maior valor para T.

Tabela 4- Taninos condensados (T), carotenoides totais (C) e fenólicos totais (F), em farinhas de resíduos de casca de mandioca (FCM) e bagaço de malte (FBM) em base seca.

Variáveis em Estudo	FCM	FBM
T (mg CAT Eq./100g)	1066,98 ±0,06 ^a	48,67 ±0,21 ^b
C (µg carotenoide/100g)	161,65 ±44,28 ^b	333,85 ±15,24 ^a
F (mg AG Eq/100g)	230,83 ±37,17 ^b	549,41 ±13,53 ^a

1 Valor médio ± desvio padrão. As médias seguidas de letras iguais na mesma linha, dentro dos mesmos parâmetros, não diferem ao nível de significância de 5% pelo teste t Student.

Os taninos são metabólitos secundários de natureza polifenólica, extraídos de plantas, responsáveis pelas características normalmente atribuídas a estas substâncias, como adstringência e precipitação de proteínas (HASLAM 1996) (Tabela 4). A FCM apresentou maior valor para esse parâmetro quando comparado a FBM, isto se deve pela FCM ter sido obtida diretamente da casca de mandioca lavada e destinada ao processo de secagem. Apesar de existirem fatores antinutricionais atribuídos aos taninos, existem muitos trabalhos mostrando os efeitos benéficos, quando ingeridos em quantidades moderadas (10 a 40 g/Kg de matéria seca), agindo como antioxidantes naturais; atividade anticarcinogênica; diminuição da pressão sanguínea e também ação bactericida e fungicida (BRANDES e FEITAS, 1992; HASLAM, 1996; DE ANGELIS, 2001).

Os carotenoides são corantes naturais que possuem várias propriedades importantes quanto a saúde como: aumento da resposta imune, inibição da proliferação celular e redução do risco de doenças degenerativas entre outras (SENTANIN; AMAYA, 2007; MURILLO et al., 2013). Gonçalves e colaboradores (2014) encontraram 450 µg carotenoide/100g em mandioca *in natura* do tipo branca, superior ao deste estudo, entretanto deve se levar em consideração que foi utilizado um resíduo, que seria

descartado, mesmo apresentando valor considerável do composto (161,65 µg carotenoide/100g). A FBM (333,85 µg carotenoide/100g) se destacou em relação a FCM, esse fato pode ter relação com a coloração do resíduo bem como a mistura de outros ingredientes além do malte na elaboração da cerveja (AMORIM 2016). Os resíduos estudados apresentaram valores próximos (FCM) e até maiores (FBM) em alguns casos, comparados com polpa de açaí congelada (0,21 a 3,84 mg/100g) de diferentes marcas em estudo realizado por Matias dos Santos e colaboradores (2008), deixando evidente mais uma vez a importância desses resíduos para uso como fonte de compostos bioativos para extração propriamente dita ou até mesmo a sua incorporação em alguma matriz alimentícia.

O conteúdo fenólico total das farinhas foi de 230,83 e 549,41 mg AG Eq/100 g de matéria seca para FCM e FBM respectivamente, indicando que esses resíduos apresentam teores significativos em especial a FBM. Estes resultados foram superiores aos encontrados em casca de banana prata madura (183,85 mg AG Eq/100) (SILVA et al, 2020). Mostrando assim que o resíduo de bagaço de malte tem alto potencial para extração desse composto. Em estudo realizado com bagaço de malte por Da Costa (2020) foi encontrado 140 mg de AG/100 mL em FBM onde o valor deste estudo foi superior (549,41 mg AG Eq/100 g de matéria seca), esta diferença pode estar relacionada com a receita para obtenção da cerveja em cada processo. Já Socaci et al. (2018) encontraram valores para o conteúdo fenólico total realizado pelo método de Folin-Ciocalteu variando de 40,97 mg AG/100 g a 114,23 mg/100 g para o bagaço de malte também valores menores que o do estudo.

✓ Atividade Antioxidante

Quanto a atividade antioxidante total, realizada pelos métodos ABTS, FRAP e DPPH (Tabela 5), as farinhas apresentaram valores maiores pelo método ABST, onde não houve diferença significativa entre as farinhas estudadas. Por FRAP, a atividade antioxidante foi maior para a FBM enquanto que pelo DPPH, a maior atividade obtida foi para a FCM. Esses dados podem indicar que os compostos extraídos da FBM, provavelmente, têm moléculas redutoras para reagir com os radicais livres do ABTS e também apresentam radicais e sítios ativos com afinidade para a reação de redução do ferro, agindo mais sobre o radical FRAP do que a outra farinha. O extrato da FCM deve conter mais moléculas fortemente redutoras, capazes de reagir com os radicais livres do DPPH.

Tabela 5- Atividade antioxidante pelos métodos ABTS, FRAP e DPPH em FCM e FBM em base seca (BS)

Método	FCM	FBM	Casca de banana verde (estufa 70 °C) ²	Resíduo de Abacaxi ³
ABTS (µM Trolox/g)	26,31 ± 2,68 ^a	35,73 ± 13,3 ^a	20,84	Nd
FRAP (µM sulfato ferroso/g)	0,02 ± 0,01 ^b	0,32 ± 0,12 ^a	nd	72,63
DPPH (µM Trolox/g)	24,13 ± 0,73 ^a	4,32 ± 0,64 ^b	66,61	5,63

1 Valor médio ± desvio padrão. As médias seguidas de letras iguais na mesma linha, dentro dos mesmos parâmetros, não diferem ao nível de significância de 5% pelo teste T Student.

2 (LOYOLA et. al 2020)

3 (INFANTE et. al 2013)

No que diz respeito a atividade antioxidante os métodos ABTS e DPPH foram os que melhor se adequaram aos resíduos estudados. Não houve diferença significativa entre os resíduos pelo método ABTS e ficaram próximos do valor observado por Loyola et al (2020) em farinha de cascas de banana verde secas em estufa a 70 °C. Alguns legumes analisados por Tiveron (2010) exibiram valores inferiores aos resíduos analisados podendo citar abóbora (12,7 µM Trolox/g), beterraba (11,1 µM Trolox/g) e cenoura (8,1 µM Trolox/g). Com esses resultados, pôde-se constatar que os resíduos (FCM e FBM) apresentaram considerável atividade antioxidante pelo ensaio ABTS, se mostrando até superior que alguns legumes frequentemente consumidos.

No método de princípio de sequestro do radical livre (DPPH) a FCM se destacou, entretanto teve valor menor que o observado em cascas de banana verde (LOYOLA et. al 2020) e superior do que o encontrado em resíduos de abacaxi (INVANTE, 2013).

✓ Perfil de ácidos Fenólicos

No perfil de fenólicos (Tabela 6), observou-se que o ácido gálico foi encontrado em maior quantidade nas duas farinhas, seguido de catequina, rutina, ácido clorogênico e ácido cafeico. Não foram detectadas a presença de ácido elágico e quercetina nas duas farinhas estudadas, e na FBM só foram detectados os ácidos gálico e cafeico. A concentração e quantificação de compostos fenólicos tem correlação com fatores diversos, como método de extração e solvente utilizado, já que a sua polaridade com a amostra, afeta diretamente o rendimento de extração (CHIRINOS et al., 2013). Tal fato explica que alguns compostos não foram determinados por cromatografia, mas foram detectados no PS/MS.

Tabela 6- Perfil de fenólicos (mg/100.g em base seca), em farinhas de resíduos de casca de mandioca (FCM) e bagaço de malte (FBM) em base seca.

Fenólicos	FCM	FBM
Ácido Gálico	270,62 ± 11,23 ^a	134,73 ± 10,7 ^b
Catequina	14,87 ± 1,04	ND
Ácido Clorogênico	0,79 ± 0,42	ND
Ácido Cafeico	0,19 ± 0,26 ^a	0,03 ± 0,02 ^a
Rutina	0,96 ± 0,82	ND
Ácido Elágico	ND	ND
Quercetina	ND	ND

1 Valor médio ± desvio padrão. As médias seguidas de letras iguais na mesma linha, dentro dos mesmos parâmetros, não diferem ao nível de significância de 5% pelo teste t Student. ND: não detectado

✓ Full scam PS-MS (fingerprints)

A Figura 6 exemplifica espectros PS-MS das farinhas (FCM e FBM) em seus modos positivos e negativos, corroborando os resultados evidenciados pela cromatografia líquida de ultra eficiência, fenólicos totais e taninos condensados, além de proporcionar informações da composição química das amostras. Com os íons obtidos nos modos de ionização, pode-se propor a presença de moléculas de ácidos orgânicos, ácidos fenólicos, flavonoides, quinona, triterpenoide, aminoácidos, açúcar dentre

outras confirmando assim a presença de todos compostos analisados por técnicas tradicionais apresentadas anteriormente, com exceção para os carotenoides que são compostos de ionização mais difícil.

Modo negativo (-)

A Tabela 7 apresenta os possíveis compostos detectados no modo de ionização negativo para as farinhas dos resíduos estudados. Após testes preliminares, foi estabelecida a razão massa carga de 100 a 1000, visto que não apresentaram íons fora dessa faixa.

Ácidos orgânicos:

A farinha de casca de mandioca apresentou mais íons classificados como ácidos orgânicos em comparação com a farinha de bagaço de malte. Essa diferença está no fato do resíduo de malte ter passado por mais processos industriais antes da produção da farinha propriamente dita, em relação a casca de mandioca, que passou somente pelo processo de limpeza, sanitização e descascamento. Na FBM, foi possível detectar um ácido orgânico com sinal m/z 313, identificados como Octadecanedioicacid, com base no íon obtido na fragmentação m/z 295. Para FCM, oito ácidos orgânicos foram identificados, podendo citar alguns ácidos graxos e ácido cítrico. O íon m/z 353 com fragmento m/z 179 foi identificado como ácido clorogênico corroborando o resultado obtido no perfil de fenólicos para a FCM sendo esse classificado também como ácido fenólico. Foram observados para FCM os ácidos cítrico (m/z 191) e málico (m/z 133), encontrados também em trabalhos com farinhas de resíduos de casca de banana verde e madura (SILVA et al. 2020; LOYOLA et. al 2020).

Ácidos Fenólicos

Corroborando o resultado do perfil de fenólicos, também foram detectados nas duas farinhas o íon m/z 170 com fragmento de m/z 125 correspondente a ácido gálico e o íon m/z 179 com fragmento m/z 135 identificado como ácido cafeico. Na FCM, ainda foi possível identificar os ácidos fenólicos: ácido elágico (m/z 302 e fragmento m/z 284) e ácido ferúlico (m/z 193 e fragmento m/z 134). O método cromatográfico utilizado não foi possível detectar o ácido elágico (Tabela 6), este fato pode estar relacionado com a pequena quantidade presente não sendo possível a percepção pelo equipamento ou o

solvente utilizado na extração que não foi compatível com a sua polaridade (CHIRINOS et al., 2013).

Flavonoides

Os flavonoides foram um dos grupos com maior quantidade de tentativa de identificação de substâncias no modo de ionização negativo. São metabolitos secundários de plantas onde a sua ingestão está ligada a ação preventiva de doenças crônicas não-transmissíveis, com potencial antioxidante, anti-inflamatório, anticarcinogênico e capacidade de proteção cardiovascular (QUEIROZ et al., 2018). A FBM, foi possível detectar o íon m/z 413 identificado como Vitexin com base no íon obtido na fragmentação m/z 311. Os íons m/z 289, 301 e 601 foram identificados a partir dos fragmentos m/z 245, 158 e 301 como catequina, quercetina e rutina, respectivamente. Todos esses para a FCM. Farinhas obtidas com resíduo de casca banana verde e extrato da folha de nespereira também identificaram rutina e catequina (LOYOLA et. al 2020; SILVA et. al 2020b). Rutina e quercetina possuem propriedades farmacológicas como ação anti-inflamatória e poder antioxidante atuando nos radicais livres responsáveis por doenças degenerativas e envelhecimento e morte celular (SIMÕES 2007).

Modo positivo (+)

A Tabela 8 apresenta os possíveis compostos detectados no modo de ionização positivo para as farinhas dos resíduos estudados.

Aminoácido

A FCM exibiu o sinal m/z 175, podendo ser L-arginina. Este aminoácido apresentou um padrão de fragmentação (m/z 70), diferente dos padrões observados em outros aminoácidos, sendo esse provavelmente na forma protonada (SILVA et al 2019).

Flavonoides

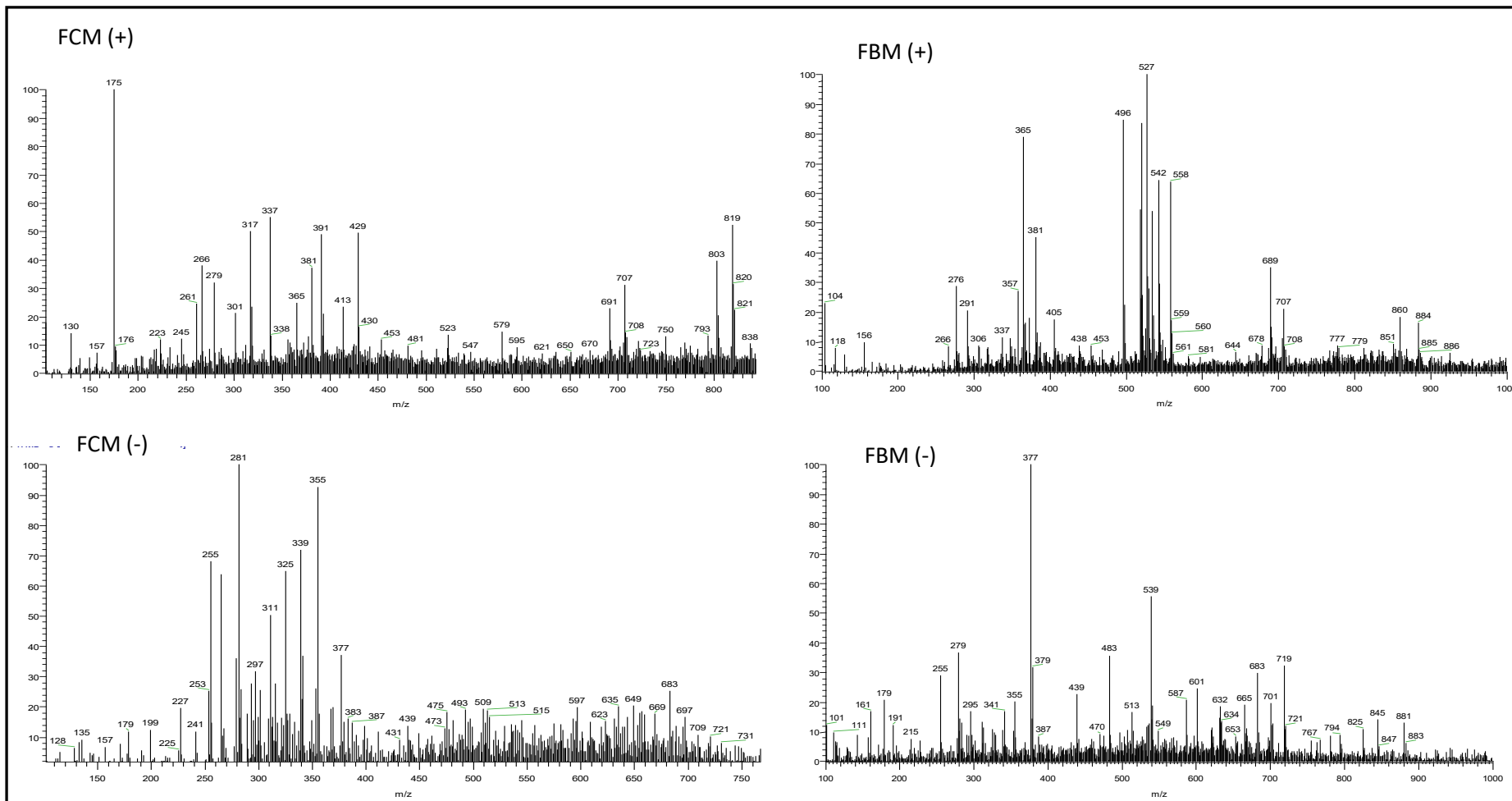
Somente a FCM apresentou moléculas passíveis de identificação como flavonoides no modo positivo. Com o sinal m/z 595 e fragmento m/z 297, o composto foi identificado como tilisodire, um flavonoide glicosídico com característica de anti-inflamatório e antioxidante (SALA et al., 2002).

Açúcar

A partir do perfil de fragmentos obtidos na Tabela 8, o sinal m/z 381 pode então ser identificado como sacarose para a FCM.

1 Figura 6 – Espectros modos positivos (+) e negativos (-)

2



3

4

Tabela 7. Atribuições dos íons detectados nas farinhas de casca de mandioca e bagaço de malte por (-)PS-MS

Tentativa de identificação	m/z	MS/MS	Referência	Farinha	
				Mandioca	Malte
Ácidos Orgânicos					
Ácido malice	133	115	Abu-reidah <i>et al.</i> ,2015	+	-
			Cheikhrouhou and Khemakhem, 2017	+	-
Ácido citrico	191	111	Silva <i>et al.</i> 2019		
Ácido traumático	227	183	Wang <i>et al.</i> , 2017	+	-
Ácido palmítico	255	237	Zhang <i>et al.</i> ,2017	+	-
Ácido oleico	281	237	Wang <i>et al.</i> , 2017	+	-

Ácido ricinoleico	297	183	Zhang et al.,2017	+	-
Ácido octadecanedico	313	295	Zhang et al.,2017	-	+

Compostos fenólicos

Ácidos benzoicos

Ácido gálico	170	125	Lee <i>et al.</i> , 2005	+	+
Ácido elágico	302	284	Lee <i>et al.</i> , 2005	+	-

Ácidos cinâmicos

Ácido cafeíco	179	135	Kang <i>et al.</i> , 2016	+	+
Ácido ferúlico	193	134	Zhang et al.,2017	+	-
1-O-Dihydrocaffeoylglycerol	255	135, 181	Kang <i>et al.</i> , 2016	+	-

Hexose de ácido cafeíco	341	179	Kang <i>et al.</i> , 2016	-	+
Glucoside ácido ferúlico	355	193	Svarc-gaji, 2015	+	-
Derivado de ácido hidroxicômico	379	185	Valérie <i>et al.</i> , 2015	-	+
Derivado de ácido coumarico	487	145	Laura M. <i>et al.</i> , 2011	+	-
Ácido clorogênico	353	179	Ammerer, Arle and Chieber, 2004	+	-
Quinones					
Spinochrome A	265	235	Abu-reidah <i>et al.</i> , 2015	+	-
Flavonoides					
Catequina	289	245	Valls <i>et al.</i> , 2009	+	-
Quercetina	301	151, 178	Wang <i>et al.</i> , 2017	+	-

Epigallocatechin	305	261, 287	Valls <i>et al.</i> , 2009	+	-
Vitexin	431	311	Simirgiotis <i>et al.</i> , 2013	-	+
Apigenina-7-O-glucoside	431	269	Svarc-gaji, 2015	-	+
Apigenina-6-C-glucoside	431	269, 311, 341	Kang <i>et al.</i> , 2016	-	+
9,10-Dihydro-10-(4-hydroxyphenyl)pyrano[2,3-h]epicatechin-8-on	435	189, 341	Zhang <i>et al.</i> , 2017	-	+
Hexoside dihidrokaempferol	449	243, 405	Kang <i>et al.</i> , 2016	+	-
Procianidina B	577	451, 425, 407, 289	Svarc-gaji, 2015	+	-
Rutina	609	301	Valérie <i>et al.</i> , 2015	+	-
Apigenin-5-O-β-D-glucopyranosyl, 8-C-(6" acetyl)-β-D-glucopyranoside	635	473	Simirgiotis <i>et al.</i> , 2013	+	-

Triterpenoides

Ácido asiático	487	469	Zhang <i>et al.</i> , 2017	+	-
----------------	-----	-----	----------------------------	---	---

Outros					
			Wang et al., 2017	-	+
9-Hode	295	171, 277			

Legenda: + encontrado, - não encontrado

Tabela 8 Atribuições dos íons detectados nas farinhas de casca de mandioca e bagaço de malte por (+)PS-MS

Tentativa de identificação	m/z	MS/MS	Referência	Farinha	
				Mandioca	Malte
Aminoácidos					
L-Arginina	175	70	Silva et al., 2019	+	-
Compostos fenólicos (ácido benzoico)					
Galloyl pyrogallol	279	153	Abu-reidah <i>et al.</i> ,2015	+	-
Flavonoides					
Diosmetina	301	258; 286	Zhang et al.,2017	+	-
Myricetin 3-O-galactoside	481	319	Lin and Harnly, 2007	+	-

Chrysoeriol-hexose	579	301	Abu-reidah <i>et al.</i> , 2015	+	-
malvidin 3-(malonoyl)glucoside				+	-
	579	433	Rior, 2005		
pelargonidin 3-rutinoside					
cyanidin 3-rutinoside	595	287	Rior, 2005	+	-
Kaempferol rutinoside	595	287	Abu-reidah <i>et al.</i> , 2015	+	-
Pelargonidin-3-O-(6caffeoil-glycoside)	595	433, 313	Wang <i>et al.</i> , 2017	+	-
Tiliroside	595	287	Zhang <i>et al.</i> , 2017	+	-
Açúcares					
Sacarose	381	201, 219	Silva <i>et al.</i> , 2019	+	-
Outro					
Dihydroisovaltrate	424	281, 365	Abu-reidah <i>et al.</i> , 2015	-	+
Verbonol	453	435	Abu-reidah <i>et al.</i> , 2015	+	-

Sespendole	520	184	Abu-reidah <i>et al.</i> , 2015	-	+
------------	-----	-----	---------------------------------	---	---

Legenda: + encontrado, - não encontrado

4. CONCLUSÃO

Por se tratar de resíduos agroindustriais, as duas farinhas estudadas apresentaram compostos fenólicos totais, carotenoides totais e taninos condensados, o que levou a ter também atividade antioxidante pelo método de ABTS. Na FCM, foram obtidos valores superiores de ácidos fenólicos (ácido gálico, ácido clorogênico, ácido cafeíco, rutina e catequina) aos encontrados para a FBM. O mesmo pode ser observado por PS-MS, sendo possível sugerir a presença de compostos nesse resíduo como ácidos orgânicos, açúcar, ácidos fenólicos, entre outros. O método PS-MS se mostrou uma técnica simples e rápida para obter a impressão digital do conteúdo dos resíduos estudados, possibilitando a identificação de diversos compostos, bem como a confirmação dos compostos analisados pela cromatografia líquida de alta eficiência. Esses resíduos apresentam potencial para aplicação em alimentos visto a sua caracterização frente a compostos considerados bioativos, o que levaria a elaboração de alimentos com caráter funcional. Entretanto mais estudos são necessários no que se refere a toxicidade e biodisponibilidade desses ativos encontrados.

5. REFERÊNCIAS:

ABU-REIDAH, I. M. *et al.* HPLC – DAD – ESI-MS / MS screening of bioactive components from *Rhus coriaria* L. (Sumac) fruits. v. 166, p. 179–191, 2015.

ALMEIDA, ALINE DA ROSA. Compostos bioativos do bagaço de malte: fenólicos, capacidade antioxidante in vitro e atividade antibacteriana. 2014. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

AMMERER, D. I. K.; ARLE, R. E. C.; CHIEBER, A. N. S. Identification and Quantification of Caffeoylquinic Acids and Flavonoids from Artichoke (*Cynara scolymus* L.) Heads , Juice , and Pomace by HPLC-DAD-ESI / MS n. p. 4090–4096, 2004.

AMORIM, Fernanda Vieira. Estudo do poder adsorptivo do resíduo gerado na produção de cerveja utilizando sistema em leito diferencial. 2016.

ANDERS, T. *et al.* Bolos sem glúten a base de arroz quebrado e casca de mandioca Gluten free cakes made with broken rice and cassava peel. 2013.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*, 19th ed., Gaithersburg: Ed. William Horwitz, 2012.

ASAKAWA, D.; HIRAOKA, K.; *Rapid Commun. Mass Spectrom.* 2010, 24, 2431.

AYALA-ZAVALA, J. F.; et al. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. **Food Research International**, v. 44, p. 1866-1874, 2011.

BELLAVER, C.; NONES, K. (2000). Importância da granulometria, da mistura e da peletização da ração avícola. Embrapa. Disponível em:http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_arquivos/palestras_t8115r4z.pdf.

BIANCHI, V.L.D.; CEREDA, M. P. Balanço de massa de uma fábrica de farinha de mandioca de médio porte do estado de São Paulo. **Revista Energia na Agricultura**, vol. 14(3):34-48.1999.

BRANDES.; FEITAS, E. A. G. Taninos condensados- uma ferramenta para melhorar o desempenho de ruminantes. **Agropecuária Catarinense**, v. 5, n. 3, p. 44-48, 1992.

BRASIL. MAPA - Instrução Normativa nº 52, de 08/11/2011 que aprova o Regulamento Técnico da Farinha de Mandioca. DIR 72/199/ EEC of. 27/04/72

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **Comex Vix: Principais Produtos Exportados. 2020**. Disponível em: < <http://www.mdic.gov.br/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/comex-vis/frame-ppe?ppe=3108>>. Acesso em 20 jun. 2020.

CARVAJAL, J. *et al.* Colorimetría del Fruto de Café (*Coffea arabica* L.) Durante su Desarrollo y Maduración. **Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín**, v. 64, n. 2, p. 6229–6240, 2011.

CARVALHO, S. et al. Resíduo úmido de cervejaria na terminação de cordeiros em confinamento e seus efeitos sobre as características da carcaça e dos componentes não

carça. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 69, n. 3, p. 742-750, 2017.

CHEIKHROUHOU, S.; KHEMAKHEM, I. Antioxidant properties and phenolic profile characterization by LC – MS / MS of selected Tunisian pomegranate peels. v. 54, n. August, p. 2890–2901, 2017.

CHIRINOS, R., PEDRESCH, R., ROGEZ, H., LARONDELLE, Y & CAMPOS, D. Phenolic compound contents and antioxidant activity in plants with nutritional and/or medicinal properties from the Peruvian Andean region. *Industrial Crops and Products*, v. 47, p. 145– 152, 2013.

COSTA NMB, Rosa COB. Alimentos funcionais: benefícios para a saúde. Viçosa: **Varela**; 2008.

DA COSTA, Giovana Moreira et al. Elaboração e caracterização físico-química de farinha de bagaço de malte. **Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente**, v. 1, n. 2, p. 11-25, 2020.

DE ANGELIS, R. C. Importância de alimentos vegetais na proteção da saúde: fisiologia da nutrição protetora e preventiva de enfermidades degenerativas. São Paulo: **Atheneu**. 2001. 295p.

DE KANTEREWICZ, R.J.; PILOSOF, A.M.R.; BARTHOLOMAI, G.B. A simple method for determining oil absorption capacity of protein and the kinetics of oil uptake. *Journal of American Oil Chemists Society*, v. 66, n. 6, p. 809-812, 1989.

DING, S. *et al.* Fingerprint profile of Ginkgo biloba nutritional supplements by LC / ESI-MS / MS. v. 69, p. 1555–1564, 2008.

EE, J. O. O. N. E. E. L. *et al.* Identification of Ellagic Acid Conjugates and Other Polyphenolics in Muscadine Grapes by HPLC-ESI-MS. 2005.

FERREIRA DF 2011. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia* 35: 1039-1042.

FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S. Coffee processing solid wastes: current uses and future perspectives. In: *Agricultural Wastes*. Nova Science Publishers, cap. 8, 2009.

GARCIA-PEREZ, F. J.; LARIO, Y.; FERNANDEZ-LOPEZ, J.; SAYAS, E.; PEREZALVAREZ, J. A.; SENDRA, E. Effect of orange fibre addition on yogurt colour during fermentation and cold. Storage *Color Research & Application*, v. 30, p. 457-463, 2005.

GOMEZ, M.; et al. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocolloids*, v. 21, n. 2, p. 167-173, 2007.

GOGICHAEVA, N. V.; WILLIAMS, T.; ALTERMAN, M. A.; J. Am. Soc. Mass Spectrom. 2007, 18, 279

GONÇALVES SILVA, R. M., FIGUEIREDO, P. A., PEIXOTO, E. C. T. DE M., & SILVA, L. P. (2013). Atividade antioxidante e determinação de fenóis totais, carotenoides, betacarotenos, licopeno e zinco em variedades branca, amarela e rosada de *Manihot esculenta* Crantz. *Bioscience Journal*, 30(2). Retrieved from <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/18222>

GUO, C.; et al. Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay. *Nutrition Research*, v. 23, p. 1719–1726, 2003

GUO, Y.; GU, Z.; LIU, X.; LIU, J.; MA, M.; CHEN, B.; WANG, L.; *Phytochem. Anal.* 2017, 28, 344.

HASLAM, E. Natural polyphenol (vegetables tannins) as drugs: possible modes of action. *Journal of Natural Products*, v. 59, p. 205-215, 1996.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2020). **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>> Acesso em 27 de maio de 2020

IAL (INSTITUTO ADOLFO LUTZ). Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4 ed. São Paulo: IAL, 1018p, 2008.

INFANTE, J.; SELANI, M. M.; TOLEDO, N. M. V.; SILVEIRA-DINIZ, M. F.; ALENCAR, S. M.; SPOTO, M. H. F. Antioxidant activity of agroindustrial residues from tropical fruits. *Alim. Nutr.= Braz. J. Food Nutr.*, Araraquara, v. 24, n. 1, p. 87-91, jan./mar. 2013.

JINFENG WANG , ZIYAO JIA , ZHIHAO ZHANG , YUTONG WANG , XI LIU , LINGHUA WANG AND RUICHAO LIN. Analysis of Chemical Constituents of. [s.d.].

KANG, J. *et al.* Identification and characterization of phenolic compounds in hydromethanolic extracts of sorghum wholegrains by LC-ESI-MS n. p. 215–226, 2016.

KINSELLA, J.E. Functional properties in foods; a survey. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 7, n. 3, p. 219-280, 1976

LAURA M. BYSTROMA, BETTY A. LEWISA, DAN L. BROWNB, E. R.; L., AND R.; OBENDORF. Characterization of phenolics by LC-UV/vis, LC-MS/MS and sugars by GC in *Melicoccus bijugatus* Jacq. ‘Montgomery’ fruits. v. 111, n. 4, p. 1017–1024, 2011.

LEÃO, Daniela Pereira. *Avaliação comparativa do potencial de farelo de trigo comercial e pericarpo de pequi como substratos na produção de fibras com capacidade antioxidante*. 2013. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

LIN, L.; HARNLY, J. Determination of the flavonoid components of cashew apple (*Anacardium occidentale*) by LC-DAD-ESI / MS. v. 105, p. 1112–1118, 2007.

LOYOLA, A. C. F., SILVA, V. D., SILVA, M. R., RODRIGUES, C. G., DOS SANTOS, A. N., MELO, J. O., & FANTE, C. A. Use of Paper Spray Mass Spectrometry for Determining the Chemical Profile of Green Cavendish Banana (*Musa AAA*) Peel and Pulp Flours and Evaluation of Its Functional Potential. (2020) *J. Braz. Chem. Soc.*, Vol. 00, No. 00, 1-11

MARQUETTI, C. Obtenção e caracterização de farinha de casca de jabuticaba (*Plinia cauliflora*) para adição em biscoito tipo cookie. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia de Alimentos). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2014.

MARTINO, H. S. D. et al. Chemical characterization and size distribution of sorghum genotypes for human consumption. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, v. 71, n. 2, p. 337-344, 2012.

MATIAS DOS SANTOS, Gerusa et al. Correlação entre atividade antioxidante e compostos bioativos de polpas comerciais de açaí (*Euterpe oleracea* Mart). *ALAN*, Caracas, v. 58, n. 2, p. 187-192, jun. 2008.

MIRABELLA, N.; CASTELLANI, V.; SALA, S. Current options for the valorization of food manufacturing waste: a review. *Journal of Cleaner Production*, v. 65, p.28-41, 2014.

MUSSATO, S. I.; DRAGONE, G.; ROBERTO, I. C. Review: Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications. *Journal of Cereal Science*. n. 43, p.1-14, 2006.

MURILLO, E., GIUFFRIDA, D., MENCHACA, D.; DUGO, P., TORRE, G., MELÉNDEZ-MARTINEZ, A. J. & MONDELLO, L. (2013). Native carotenoids composition of some tropical fruits. *Food Chemistry*, 140, 825-836.

OZCAN, S.; SENYUVA, H. Z.; *J. Chromatogr. A* 2006, 1135, 179.

PAUCAR-MENACHO, L. M. et al. Desenvolvimento de massa alimentícia fresca funcional com a adição de isolado protéico de soja e povidexose utilizando páprica como corante. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 28, p. 767-778, 2008.

PAULESKI, D. T. et al. Características de compósitos laminados manufaturados com polietileno de alta densidade (PEAD) e diferentes proporções de casca de arroz e partículas de madeira. *Ciência Florestal*, v. 17, n. 2, p. 157-170, 2007

PELLISSARI, F. M., ANDRADE-MAHECHA, M. M., SOBRAL, P. J. A., & Menegalli, F. C. (2013). Comparative study on the properties of flour and starch films of plantain bananas (*Musa paradisiaca*). *Food Hydrocolloids*, 30, 681–690

PEREIRA, A. GONÇALVES; SANTOS, D. Martins dos. Caracterização química do bagaço de cevada como matéria-prima em compósitos de amido. In: congresso brasileiro de química, 54., 2014, Rio Grande do Norte. SBQ.[s.l]: Anais, 2014. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2014/trabalhos/13/6103-19007.html>>. Acesso em: 15 agos. 2019

PRICE, M. L.; Hagerman, A. E., Tannin content of cowpeas, chickpeas, pigeon peas, and human mung beans. *J. Agric. Food Chemistry*, v.28, n.2, p.459- 461,1980.

QUEIROZ, V. A. V., MORAES, E. M., SCHAFFERT, R. E., MOREIRA, A. V., RIBEIRO, S. M. R., & MARTINO, H. S. D. (2011). Potencial funcional e tecnologia de processamento do sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], para alimentação humana. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 10(3), 180-195. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v10n3p180-195>.

RAGHAVENDRA, S. N. et al. Grinding characteristics and hydration properties of coconut residue: A source of dietary fiber. *Journal of Food Engineering*, v. 72, p. 281286, 2006.

RESENDE, L. M.; FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S. Buriti (*Mauritia fl exuosa* L . f .) fruit by-products fl ours : Evaluation as source of dietary fi bers and natural antioxidants. v. 270, n. December 2017, p. 53–60, 2019.

RIGO ,M.; BEZERRA, J. R. M. V.; RODRIGUES, D. D.; TEIXEIRA, A. M. Avaliação físico-química e sensorial de biscoitos tipo cookie adicionados de farinha de bagaço de malte como fonte de fibra. n. October, 2017.

RIOR, R. O. L. P. Systematic Identification and Characterization of Anthocyanins by HPLC-ESI-MS / MS in Common Foods in the United States : Fruits and Berries. p. 2589–2599, 2005.

RODRIGUES, J. P. M.; CALIARI, M.; ASQUIERI, E. R. Caracterização e análise sensorial de biscoitos de polvilho elaborados com diferentes níveis de farelo de mandioca. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 41, n. 12, p. 2196-2202, 2011

RODRIGUEZ-AMAYA DB. 1996. Assessment of the provitamin A contents of foods The Brazilian experience. **Journal of Food Composition and Analysis** p. 196-230.

RUFINO, M. S. M. et al. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 nontraditional tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, v. 121, p. 996–1002, 2010.

SAHAN, Y.; CANSEV, A.; GULEN, H. Effect of processing techniques on antioxidative enzyme activities, antioxidant capacity, phenolic compounds, and fatty acids of table olives. *Food Science and Biotechnology*, v. 22, n. 3, p. 613-620, 2013.

SALA, A., RECIO, M.C., GINER, R.M., MAÑEZ, S., Tournier, H., Schinella, G., Ri'os, J.L., 2002. Anti-inflammatory and antioxidant properties of *Helichrysum italicum*. *J. Pharm. Pharmacol.* 54, 365 – 371.

SANTOS, M.S.; RIBEIRO, F.M. *Cervejas e Refrigerantes*. São Paulo: CETESB, 2005. 58 p.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; CANAVES, E. *Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis*. Campinas: CETEA/ITAL, 2001.

SEIBEL, N. F. *Caracterização, fracionamento e hidrólise enzimática dos componentes do resíduo do processamento da soja [(Glycine max (L.) Merrill), fibras dos cotilédones*. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.

SILVA, M., FREITAS, L., SOUZA, A., ARAÚJO, R., LACERDA, I., PEREIRA, H., AUGUSTI, R. & MELO, J. (2019). Antioxidant Activity and Metabolomic Analysis of Cagaitas (*Eugenia dysenterica*) using Paper Spray Mass Spectrometry. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 30, 1034-1044. <https://doi.org/10.21577/0103-5053.20190002>.

SILVA, VIVIANE D. M., ARQUELAU, PRISCILA B. F., SILVA, MAURO R., AUGUSTI, RODINEI, MELO, JÚLIO O. F., & FANTE, CAMILA A.. (2020). USE OF PAPER SPRAY-MASS SPECTROMETRY TO DETERMINE THE CHEMICAL PROFILE OF RIPE BANANA PEEL FLOUR AND EVALUATION OF ITS PHYSICOCHEMICAL AND ANTIOXIDANT PROPERTIES. *Química Nova*, 43(5), 579-585. Epub June 29, 2020. <https://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170521>

SILVA, V. D. M., MACEDO, M. C. C., SANTOS, A. N., SILVA, M. R., AUGUSTI, R., LACERDA, I. C. A., MELO, J. O. F. & FANTE, C. A. (2020b). Bioactive activities and chemical profile characterization using paper spray mass spectrometry of extracts of *Lindl.* leaves. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 34, e8883. <https://doi.org/10.1002/rcm.8883>.

SIMIRGIOTIS, M. J. *et al.* The *Passiflora tripartita* (Banana Passion) Fruit: A Source of Bioactive Flavonoid C-Glycosides Isolated by HSCCC and Characterized by HPLC–DAD–ESI/MS/MS. p. 1672–1692, 2013.

SIMÕES, C. M. O. *et al.* (Org.). *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. 6. ed. Porto Alegre: Editora da UFSC e UFRGS, 2007.

STALIKAS, C. D. Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *Journal of Separation Science*, v. 30, p. 3268 – 3295, 2007.

SENTANIN, M. A., & AMAYA, D. B. R. (2007). Teores de carotenóides em mamão e pêssego determinados por cromatografia líquida de alta eficiência. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 27, 13-19.

SVARC-GAJI, J. Antioxidant and biological activity of chamomile extracts obtained by different techniques : perspective of using superheated water for isolation of biologically active compounds *˘ Sa˘*. v. 65, p. 582–591, 2015.

SOCACI, S. A., FĂRCAȘ A. C., DIACONEASA, Z. M., DAN VODNAR, D.C., RUSU, B., TOFANĂ, M. (2018). Influence of the extraction solvent on phenolic content,

antioxidant, antimicrobial and antimutagenic activities of brewers' spent grain. *Journal of Cereal Science*. 80, 180-187,

TACO – Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. 4. ed. Campinas: UNICAMP/NEPA, 2011. 161p.

TIVERON, A. P. Atividade antioxidante e composição fenólica de legumes e verduras consumidos no Brasil. 2010. 102f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

VALÉRIE, C. *et al.* Phenolic profiling in the pulp and peel of nine plantain cultivars (*Musa sp.*). v. 167, p. 197–204, 2015.

VALLS, J. *et al.* Advanced separation methods of food anthocyanins, isoflavones and flavanols. v. 1216, p. 7143–7172, 2009.

WANG, H.; LIU, J.; COOKS, R. G.; OUYANG, Z.; *Angew. Chem., Int. Ed.* 2010, 122, 889.

YUAN, H.; WU, Y.; LIU, W.; LIU, Y.; GAO, X.; LIN, J.; ZHAO, Y.; *Carbohydr. Res.* 2015, 407, 5.

ZHANG, H.; SHEN, P.; CHENG, Y. Identification and determination of the major constituents in traditional Chinese medicine Si-Wu-Tang by HPLC coupled with DAD and ESI – MS. v. 34, p. 705–713, 2004.

ZHI-PING, Z.; XIAO-NING, L.; YA-JUN, Z.; *CHIN. J. Anal. Chem.* 2014, 42, 145.

Capítulo 2

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES A PARTIR DE FARINHA DE RESÍDUO CERVEJEIRO

Artigo a ser publicado na revista: LWT – Food Science and Technology

Camila G. RODRIGUES; Viviane D. M. SILVA; Vinícius T. V. Correia; Maria C. C. MACEDO; Lanamar A. CARLOS; Camila A. FANTE

RESUMO: Tendo em vista a busca por matérias-primas naturais e o interesse pelo aproveitamento de resíduos agroindustriais, é importante analisar uma possível utilização de forma que agregue valor e reduza impactos ambientais provenientes do descarte inadequado. O objetivo deste trabalho foi utilizar a farinha de bagaço de malte, na produção de filmes comestíveis, avaliando-se o efeito da concentração de amido de milho em relação ao teor de farinha de resíduo utilizado sobre as características dos filmes obtidos. As formulações variaram de 20 a 100% de amido de milho comercial em relação a farinha de malte totalizando 4 tratamentos (F0: 0% DE FBM E 100% DE AMIDO; F20: 20% FBM E 80% DE AMIDO; F50: 50 % FBM E 50% DE AMIDO E, F80: 80% FBM E 20% DE AMIDO), feitos em triplicata em delineamento inteiramente casualizado. Foi observado que quanto maior a concentração de farinha de bagaço de malte, maiores os valores de solubilidade (8,85 – 52,65%), alongamento (7,29 – 33,90%) e taxa de deformação (2,91 – 12,84%) dos filmes. Em contrapartida, outros parâmetros reduziram com o aumento da concentração de farinha, como a resistência à tração (47,65 – 0,23 MPa) perfuração (21,78 – 0,87 MPa) e módulo elástico (2245,95 – 2,60 MPa). Em relação aos parâmetros colorimétricos, os filmes mostraram-se claros e com tonalidade amarelo-amarronzadas, sendo que os filmes com menor concentração de farinha foram os mais claros. De maneira geral, os filmes apresentaram comportamento mecânico com baixos valores de resistência e de módulo elástico, além de considerável percentagem de alongamento, indicando que são flexíveis. Diante desses resultados, verificou-se que o resíduo estudado pode ser uma matéria-prima alternativa para a produção de revestimentos comestíveis em todas as concentrações estudadas.

Palavras-chave: Bagaço de malte, Reaproveitamento, Propriedades Mecânicas.

1. INTRODUÇÃO

Tendo em vista as mudanças da população em relação aos hábitos alimentares, é notório a busca por alimentos saudáveis, frescos e de alta qualidade. Em busca desses fatores associados a uma maior vida útil, pesquisas sobre novas tecnologias na indústria de alimentos, bem como tecnologias de embalagens têm sido necessárias. Os revestimentos e filmes comestíveis se destacam nesse contexto; contribuindo para a preservação da textura e do valor nutricional, diminuindo as trocas gasosas e a perda ou ganho excessivo de água, prevenindo a contaminação microbiana, possibilitando carrear ativos, além do objetivo principal que trata da melhora da durabilidade do alimento revestido (ASSIS; BRITTO, 2014).

Para a formação de revestimento são utilizados polímeros naturais renováveis, à base de polissacarídeos, proteínas, lipídeos, bem como combinações entre eles (CAZÓN *et al.*, 2017), como amido de milho e gelatina (FAKHOURI *et al.*, 2015), entre outros como resíduos, podendo citar farinhas de casca de banana (PELISSARI *et al.* 2013; ARQUELAU, *et al.*, 2019; SILVA, *et al.* 2020). Nesse sentido, resíduos agroindustriais que comumente são empregados na elaboração de ração animal podem ser utilizados no desenvolvimento de filmes e/ou revestimentos biodegradáveis.

Dentre os resíduos existentes no setor da agroindústria pode-se citar o bagaço de malte, sendo este o principal subproduto da indústria cervejeira. O bagaço de malte, possui excelentes características, sendo rico em fibras, proteínas e minerais (BOURSCHEIDT *et al.*, 2011). Essas características permitem que este resíduo seja reutilizado de forma sustentável como matéria-prima para revestimentos, tornando-se uma ferramenta não só para a redução de lixo orgânico, como também agregar valor a esse resíduo.

Com isso, o objetivo deste trabalho foi utilizar a farinha obtida do bagaço de malte, na produção de filmes comestíveis, avaliando-se o efeito da substituição parcial de amido de milho em relação ao teor de farinha de resíduo utilizado sobre as características dos filmes obtidos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido nos Laboratórios do Departamento de Alimentos (ALM) da Faculdade de Farmácia (FAFAR) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e Laboratório de Frutas e Hortaliças da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ).

2.1 Material:

O bagaço de malte (BM) foi fornecido por cervejarias artesanais de Sete Lagoas - MG e região, em 2018. A farinha foi obtida pela secagem do BM em secador de bandejas (Pardal, Modelo PE 60, Petrópolis Brasil) a 70 °C por 12 horas. Posteriormente, o BM foi triturado em liquidificador Walita Processador de alimentos 750 W, com a acessório moedor por 2 minutos em velocidade 1, e peneirado através do uso de tamis (Bertel Indústria Metalúrgica Ltda., 32 mesh, 500 mm, Brasil). Os demais constituintes utilizados para produção dos filmes foram de grau analítico, sendo o glicerol utilizado como agente plastificante.

2.2 Produção dos filmes:

Para o desenvolvimento dos filmes, utilizou-se a técnica *casting* conforme Pelissari et al. (2013), tomando como base a formulação controle (100% amido) com substituição parcial de 20, 50 e 80% de FMB totalizando assim 4 tratamentos (F0: 0% de FBM e 100% de amido; F20: 20% FBM e 80% de amido; F50: 50 % FBM e 50% de amido e, F80: 80% FBM e 20% de amido), no qual foi utilizado proporção máxima de 4 g por 100 mL de solução em todos os filmes.

2.3 Caracterização e análises

Os filmes foram caracterizados quanto às propriedades físicas (espessura, cor e solubilidade em água), de barreira (permeabilidade ao vapor d'água) e mecânicas (resistência à tração, porcentagem de alongação, módulo elástico, força de perfuração e deformação na perfuração), segundo as normas da *American Society for Testing and Materials* (ASTM). Foi realizada também a morfologia por microscopia eletrônica de varredura, a fim de identificar as possíveis ligações no filme.

- ✓ Espessura

Foi determinada a espessura dos filmes utilizando um micrometro digital (Modelo Digimess, Electronic Outside Micrometer, São Paulo) com escala de 0-25 mm e precisão de 0,001 mm. Em cada filme, foi realizado 10 medidas em posições aleatórias, apresentando como resultado a média dessas medidas, conforme a ASTM F2251 – 13 (ASTM, 2013).

✓ Solubilidade em água

A solubilidade em água dos filmes foi determinada em triplicata, onde as amostras dos filmes foram cortadas em discos de 2 cm de diâmetro. Em seguida, foram secas em estufa (FANEM, 320-SE, Brasil) a 105 °C por 24 h e pesadas. Após a primeira pesagem, as amostras foram colocadas em béquer contendo 50 mL de água destilada e agitadas lenta e periodicamente em mesa agitadora pendular (LUCADEMA, LUCA-180/DTP, Brasil) por 24 h em temperatura ambiente (24 ± 2 °C). Após este período, a água foi descartada com cuidado e o conjunto (béquer e disco) foi seco por 24 h em estufa a 105 °C e pesado para a determinação da massa seca final. A solubilidade em água (%) foi determinada de acordo com a Equação (1):

$$SA (\%) = ((P_i - P_f) / P_i) \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

P_i : peso seco inicial da amostra (g) e

P_f : peso seco final da amostra (g).

✓ Propriedades colorimétricas

Os filmes foram avaliados quanto à cor com um colorímetro (Konica Minolta, CM-2300d, Tóquio, Japão) equipado com a escala CIELab. Os parâmetros de cor avaliados foram L^* (luminosidade), a^* (vermelho a verde) e b^* (amarelo a azul), sendo os dois últimos usados para calcular os parâmetros h° (tonalidade) e c^* (croma ou intensidade da cor) pelas equações 2 e 3, respectivamente (LEÃO, 2013). As medições foram realizadas em triplicata.

$$h^\circ = \arctan \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (\text{Eq. 2})$$

$$c^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (\text{Eq. 3})$$

✓ Permeabilidade ao vapor d'água

O método padrão modificado ASTM E96/E96M – 16 (ASTM, 2016) foi utilizado para determinar a permeabilidade ao vapor d'água. Os filmes foram cortados em formato circular de 3,1 cm de diâmetro e fixados com auxílio de silicone, tendo a parte brilhante voltada para baixo, em frascos PET (8,5 x 4,0 cm; 50 mL) contendo 25 mL de azida sódica (0,02% p/v), vedados hermeticamente (100% UR). A distância entre água e os filmes foi de 3,5 cm. Os frascos foram colocados em dessecador contendo sílica gel em seu interior (0% UR) e acondicionados em BOD a 25 ± 2 °C. A análise foi realizada em triplicata mais os controles: i) frasco fechado com solução sem filme e ii) frasco vazio contendo um filme de cada tratamento sem a solução. A diferença de peso pelos frascos foi determinada em balança analítica (Shimadzu, AX200, Brasil), em intervalos de 24 horas durante 10 dias. A permeabilidade ao vapor d'água (PVA) foi calculada conforme a Equação 4:

$$PVA = \frac{p}{t} \times \frac{\text{espessura}}{A \times \Delta P} \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde: p/t é a inclinação da curva perda de peso x tempo (g/dia), A é a área superficial do filme (m^2) e ΔP é a diferença de pressão de vapor de dentro e fora do frasco (KPa), sendo calculado como $\Delta P = S (R_1 - R_2)$, onde S é a pressão de vapor de saturação da água na temperatura teste (a $25^\circ\text{C} = 3,2$ KPa); R_1 = fração da UR, nesse caso por ser método úmido é a de dentro do frasco (água = 100% UR, desta forma, a fração é 1); R_2 = é a fração da UR medida dentro do dessecador. A PVA foi expressa em $\text{g.m}^{-1}.\text{s}^{-1}.\text{Pa}^{-1}$.

✓ Propriedades Mecânicas

Os testes de tração (resistência à tração, alongamento à ruptura e módulo elástico) e de perfuração (força à perfuração e deformação à perfuração) foram feitos nos filmes com o analisador de textura modelo TAXT2i (Stable Micro Systems, Surrey, England).

O teste de tração foi segundo o método padrão D882-12 (ASTM, 2012) com calibração utilizando célula de carga de 5 kg e um sistema de garras de tensão A/TG. Os filmes de cada tratamento foram cortados em tiras de 15 mm de largura e 100 mm de comprimento e posicionadas entre as garras de tensão (Figura 1A). A distância entre as garras foi de 50 mm e a velocidade do teste foi de 1 mm^s. A força máxima de ruptura (N) e a extensão no momento da ruptura (mm) foram determinados pela curva força x distância usando o programa Texture Expert Exceed. O módulo elástico (Young) está relacionado em quão rígido é o filme, sendo calculado a partir da inclinação da porção linear da curva força x distância. A resistência à tração (RT), a taxa de alongamento à ruptura (ε) e o módulo elástico (ME) foram calculados como apresentado nas Equações (5), (6) e (7), respectivamente. Foram feitas cinco repetições para cada filme.

$$RT = \frac{F_{max}}{A} \quad (\text{Eq. 5})$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100 \quad (\text{Eq. 6})$$

$$ME = \frac{F_{max} \times l_0}{A \times \Delta l} \quad (\text{Eq. 7})$$

Onde:

F_{max} é a força máxima na ruptura (N), A é a área da seção transversal (espessura x altura) (mm²), Δl a variação de comprimento até a ruptura (mm) e l_0 o comprimento inicial do corpo de prova (mm).

O teste de perfuração foi realizado segundo metodologia descrita por Andrade-Pizarro, Skurtys e Osorio-lira (2015), com modificações. Os filmes foram cortados em círculos com 40 mm de diâmetro e fixados em um suporte com uma abertura circular de 10 mm de diâmetro (Figura 1B). Foi utilizada uma célula de carga de 5 kg e uma sonda

cilíndrica com 4 mm de diâmetro, que moveu perpendicularmente para a superfície do filme a uma velocidade constante de 1 mm^s até o rompimento do material. Os testes foram realizados em triplicata com 3 medições em cada amostra, totalizando 9 medições para cada ensaio. A força máxima de perfuração (N) e a distância perfurada antes da ruptura do material (mm) foram obtidas a partir da curva força x distância, utilizando o programa Texture Expert Exceed. A resistência à perfuração (RP) e a taxa de deformação (TD) foram calculadas pelas Equações (8) e (9), respectivamente.

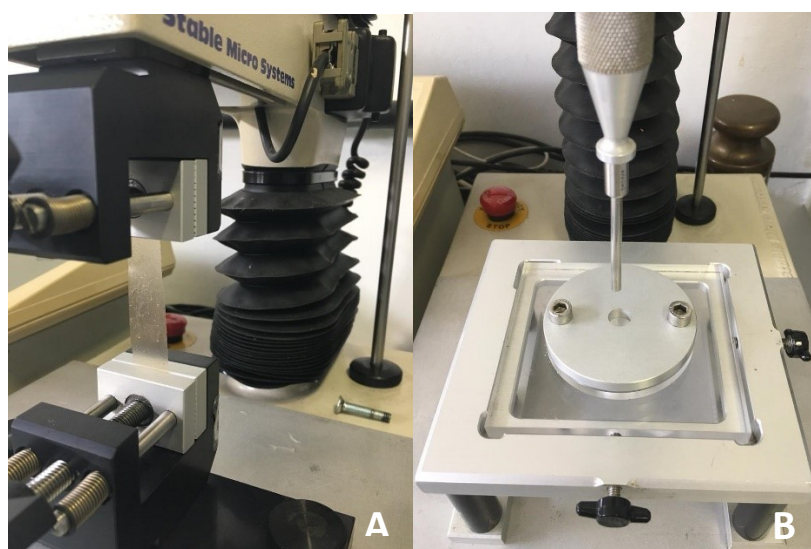
$$RP = \frac{F_{max}}{A} \quad (\text{Eq. 8})$$

$$Dp = \frac{\sqrt{r^2 + d^2} - r}{r} \times 100 \quad (\text{Eq. 9})$$

Onde:

F_{max} é a força máxima aplicada (N), A é a área da seção transversal (2 x raio da abertura circular x espessura) (mm²); r é o raio do filme (5 mm) e d é a distância percorrida pela sonda, desde o ponto de contato com o filme até o ponto de ruptura.

Figura 1 – A: Ensaio de tração, B: Teste de perfuração



Fonte: Arquivo pessoal

✓ Microscopia eletrônica de varredura

As amostras de filme foram cortadas com auxílio de bisturi e fraturadas com nitrogênio líquido a fim de expor a estrutura interna. Posteriormente, foram fixados em *stubes* com fina camada de ouro usando aplicador sputter (SCD 050, Bal-Tec, Balzeres, Liechtenstein) para avaliação morfológica da superfície e seção transversal usando um MEV (microscopia eletrônica de varredura) (Leo Evo 40 XVP, Carl Zeiss AG, Oberkochen, Alemanha), aplicando uma tensão de 20 kV e ampliação de 200 para 800x.

2.2.4 Análise estatística

Utilizou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado sendo três repetições dos tratamentos estudados. Inicialmente foi feito o estudo da normalidade dos dados e homogeneidade das variâncias. Os dados foram analisados pelo modelo de análise de variância (ANOVA) com 5% de significância e a comparação das médias pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$) quando obedecida a normalidade e por teste de Kruskal-Wallis quando a normalidade não for obedecida. Todos os testes foram feitos com auxílio do programa SPSS 15.0 for Windows (SPSS Inc., USA).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

✓ Espessura

A espessura dos filmes variou de 0,022 a 0,121 mm (Tabela 1), onde os maiores valores foram obtidos para os filmes elaborados com maior teor de amido (F0, F20 e F50). O filme com maior teor de farinha (F80) apresentou o menor valor de espessura diferindo dos demais ($p < 0,05$). O tipo de estrutura da composição, peso molecular e interações são responsáveis por formar filmes mais compactos (PELLISSARI et al 2013), isso corrobora com o observado na microscopia (Fig. 2H) onde o filme com maior teor de farinha foi o mais compacto e conseqüentemente mais fino.

Em trabalho realizado por Arquelau et al. (2019), utilizando farinha de casca de banana, observaram espessura dos filmes variando de 0,059 a 0,085 mm sendo próximos aos encontrados neste trabalho. Pelissari et al (2013) utilizaram farinha e amido isolado de banana da variedade Terra, obtendo 0,087 mm e 0,086 mm, respectivamente, sendo o filme de amido desse trabalho (F0 0,093mm) bem próximo ao encontrado pelos autores

do trabalho supracitado. Já Silva et al (2020) observaram que a espessura aumentava à medida que era adicionado extrato de nêspera aos filmes de casca de banana (0,061 – 0,069 mm).

✓ Solubilidade

Pela Tabela 1, observa-se que os valores de solubilidade variaram entre 8,85 (F0) e 52,65% (F80), apresentando diferença significativa ($p < 0,05$). Pode-se observar uma tendência de aumento da solubilidade à medida que a concentração de farinha aumenta. Eça *et al.* (2015) obtiveram em seu estudo filmes com maior solubilidade em comparação ao presente estudo, onde obtiveram filmes com pectina, glicerol e cloreto de cálcio contendo extratos de frutas: 65,3% com extrato de acerola, 73,1% com extrato de caju e 70,5% para extrato de morango.

Iahnke (2015) ao elaborar e caracterizar filmes biodegradáveis a partir de resíduos compostos por gelatina, glicerina e água, e combinados com farinha de resíduos provenientes da indústria de minimamente processados de cenoura e beterraba, obteve valores de solubilidade de 32,34% para filmes de gelatina e farinha de cenoura e 39,58% para filmes de gelatina e farinha de beterraba.

Arquelau et al (2019), obtiveram valores de solubilidade próximos variando entre 27,35 a 43,83%, para filmes obtidos com casca de banana prata madura, onde observaram a influência do tempo e concentração de amido nas propriedades dos filmes.

A análise da solubilidade em água tem importância quanto ao comportamento do filme frente a ambientes úmidos e a alimentos com alta atividade de água. Filmes com baixa solubilidade como os obtidos no presente estudo (F0 e F20) podem atuar como protetores para alimentos a fim de aumentar a integridade do produto e a resistência à água. Porém, em alguns casos, como durante a cocção do alimento em meio aquoso, ou produtos prontos para o consumo a solubilidade é requerida e benéfica ao produto revestido sendo indicado para essa finalidade os filmes F50 e F80 (GONTARD *et al.*, 1994; MATTA JUNIOR, 2009).

A baixa solubilidade de filmes está atrelada com a composição da matéria-prima utilizada, uma vez que o alto nível de coesão dentro da matriz resulta em uma estrutura compacta. Essa estrutura dificulta a entrada de água nos poros consequentemente reduzindo a solubilidade (PELISSARI *et al.* 2013).

Tabela 1 – Solubilidade, permeabilidade ao vapor de água (PVA) e espessura dos filmes de resíduo

Formulações	Solubilidade (%)	PVA (x 10 ⁻⁴ g.m ⁻¹ .s ⁻¹ .Pa ⁻¹)	Espessura (mm)
F0	8,85 ± 3,51 a	2,73 ± 0,14 a	0,093 ± 0,011 bc
F20	11,68 ± 3,99 a	4,77 ± 0,17b	0,121 ± 0,01 c
F50	26,45 ± 2,36 b	3,33 ± 0,50 ab	0,067 ± 0,016 b
F80	52,65 ± 5,46 c	2,53 ± 0,61 a	0,022 ± 0,011 a

Valores médios ± desvio padrão. n = 3. Letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05). Legenda: F0: 0% FBM e 100% amido; F20: 20% FBM e 80% amido, F50: 50% amido e 50% FBM, F80: 80% FBM e 20% amido.

✓ PVA

A permeabilidade ao vapor de água (PVA) dos filmes de FBM variaram de 2,53 x 10⁻⁴ (F80) a 4,77 x 10⁻⁴ g.m⁻¹.s⁻¹.Pa⁻¹ (F20), sendo o produzido com maior concentração de amido (F20) o mais permeável e o produzido somente com amido e maior concentração de farinha os menos permeáveis (F0 e F80) (Tabela 1).

Um filme ou revestimento comestível com baixo valor de PVA pode ser indicado para proteger alimentos com prazo de validade longo e, ou desidratados, como pães, para que não percam umidade e endureçam rapidamente (DUKALSKA *et al.*, 2008) ou o inverso, para que não umedeçam e fiquem inaceitáveis pelo consumidor, bem como para alimentos frescos, afim de evitar a desidratação (SIRACUSA *et al.*, 2008). Portanto, o desejável é que a PVA dos filmes seja a menor possível para minimizar a transferência de umidade entre o meio e o alimento (WANG *et al.*, 2015).

Podem interferir na PVA, a espessura, hidrofobicidade, integridade do polímero e interação entre os grupos funcionais poliméricos (AHMAD *et al.*, 2015). Em estudo realizado por Stoll *et al.* (2017), observaram que filmes hidrofílicos com alto valor de espessura apresentaram maior PVA, explicado pela melhor difusão de umidade através do filme. Neste estudo, também foi observado este comportamento com o filme de nas





formulação F20, que apresentou a maior espessura (0,121 mm) e PVA ($4,77 \times 10^{-4} \text{ g.m}^{-1}.\text{s}^{-1}.\text{Pa}^{-1}$). Atrelado a isso, há uma tendência dos filmes de farinhas de resíduos terem maior valor de PVA (F20 e F50), pois a difusão da água é facilitada pela presença de substâncias hidrofílicas, como proteína, glicerol amido e outros carboidratos (STOLL *et al.*, 2017).

Arquelau *et al.* (2019) também encontraram valores elevados de PVA conforme o presente estudo, utilizando casca de banana prata madura para elaboração de filmes obteve valores de PVA variando de 0,33 a 0,55 g/h.m.Pa. Valores semelhantes foram encontrados por Pelissari *et al.* (2013), que encontraram valores de PVA dos filmes da farinha de banana verde e de amido de banana verde entre $1,47 \pm 0,03$ e $3,15 \pm 0,18$ (g/m.s.Pa) $\times 10^{-10}$.

✓ Cor

A análise colorimétrica foi realizada com o objetivo de comparar a coloração dos filmes das diferentes formulações. Os parâmetros colorimétricos (luminosidade, tonalidade e croma) dos filmes estudados estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros de cor e imagens dos filmes produzidos com farinha de bagaço de malte

Formulações	L*	h°	C*
F0 	98,78 ± 0,07 a	105,73 ± 0,59 a	1,51 ± 0,01 a
F20 	92,33 ± 0,42 b	87,84 ± 0,26 b	10,65 ± 0,57 b
F50 	90,35 ± 2,04 bc	87,97 ± 0,75 b	16,98 ± 1,61 c
F80 	88,40 ± 0,77 c	87,81 ± 0,39 b	22,89 ± 0,63 d

1 Em que: L* Luminosidade; h° tonalidade; C* intensidade.

1 Valor médio ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma coluna indicam que os valores são significativamente diferentes ($p < 0,05$).

(FBM), F0: 0% FBM e 100% amido; F20: 20% FBM e 80% amido, F50: 50% amido e 50% FBM, F80: 80% FBM e 20% amido.

O filme F0 diferiu ($p < 0,05$) das demais formulações em todos os parâmetros de cor, luminosidade (L*). tonalidade (h°) e intensidade (C*). Os filmes correspondentes as formulações contendo mais amido mostraram-se claros, com a luminosidade variando entre 98,78 (F0) e 88,40 (F80). O parâmetro L* representa 0 = preto e 100 = branco, assim, quanto mais próximo de 100, mais clara é a substância analisada (LEÃO, 2013). A farinha de bagaço de malte tem coloração levemente amarelada (L* 60,44, C*22,46 e h° 73,15), levando então aos filmes provenientes dessa matéria-prima a coloração levemente amarronzada, tornando-os mais escuros (ver imagem Tabela 2).

O ângulo h ou tonalidade descreve a cor propriamente dita, e para os filmes deste estudo foi amarronzada (Tabela 1), com valores entre 87,84 (F20) e 87,81(F80). Sobre a

tonalidade foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) entre o filme de amido (F0) dos demais (F20, F50 e F80).

Em relação ao croma, os filmes com menor adição de amido (F50 e F80) apresentaram maior valor, indicando que sua cor é mais intensa aos demais filmes, o que pode ser evidenciado pela imagem na Tabela 2.

Pelas imagens na Tabela 2 pode-se observar ainda que todos os filmes estudados, independente da concentração de farinha utilizada, apresentam transparência. A transparência é uma propriedade física de suma importância para caracterização de películas de embalagens, principalmente se for utilizada como revestimento de alimentos (GONTARD et al., 1992; KANMANI & RHIM, 2014). A transparência ou não do material está diretamente associada com a matéria-prima utilizada na formulação dos filmes, podendo variar de acordo com o teor de amilose dos amidos e da concentração de lipídeos (FAKHOURI et al., 2007).

Trabalhos realizados com resíduos de casca de banana verde e madura, e também trabalho adicionado de extrato de nêspera apresentaram filmes escuros com baixa luminosidade e coloração variando de levemente amarelada a amarronzada (PELLISSARI et al. 2013; ARQUELAU, et al, 2019; SILVA, et al 2020). De maneira geral, os filmes elaborados neste estudo seriam indicados para revestir produtos que não sofressem interferência sobre sua cor característica; visto que influenciaria na coloração do produto na sua forma original. Porém, tem como alternativa ser utilizado como efeito fotoprotetor.

✓ Propriedades Mecânicas

A resistência à tração (Tabela 3) tem relação com a força máxima que o filme pode suportar antes da ruptura. No presente estudo, esse parâmetro variou de 0,23 MPa (F80) a 47,65 MPa (F0). Dentre os filmes contendo FBM, o filme com maior teor de amido (F20) foi o mais resistente à tração em comparação com os demais. A resistência mecânica dos filmes está relacionada com a espessura, a quantidade de plastificante bem como o teor de umidade, onde a presença de sólidos bem como teor de amido deixa os filmes mais rígidos, ou seja, mais resistentes e menos maleáveis, enquanto o plastificante o torna mais maleável (BASIAK; LENART; DEBEAUFORT, 2017). Arquelau et al. (2019) obteve valores menores para este parâmetro, onde os valores de RT variam de 0,14

a 0,70 Mpa para filmes com obtidos com casca de banana madura. Sartori e Menegalli (2016), ao avaliarem filmes obtidos com amido de banana verde com ou sem adição de micropartículas lipídicas e ácido ascórbico não encapsulado, apresentaram valores de RT de 5 a 10 MPa. Em trabalho realizado por Silva et al (2020) com filmes de casca de banana, a RT diminuiu à medida que adicionava extrato de nêspera (caindo de 9 para 0,5 MPa), o mesmo observado no presente trabalho porém com a adição de farinha tornando o filme menos resistente, porém mais flexível.

Tabela 3 - Propriedades mecânicas dos filmes da farinha de bagaço de malte.

Formulações	Resistência à tração (MPa)	Alongamento (%)	Módulo elástico (MPa)	Resistência à perfuração (MPa)	Taxa de deformação (%)
F0	47,65 ±6,06 ^a	7,29 ±7,10 ^a	2245,95 ±99,09 ^a	21,78 ±1,22 ^a	2,91 ±0,34 ^a
F20	13,57 ±3,56 ^b	13,01 ±3,50 ^a	474,45 ±121,62 ^b	10,23 ±0,28 ^b	8,01 ±1,09 ^c
F50	0,69 ±0,06 ^c	33,90 ±1,46 ^b	10,72 ±2,37 ^c	2,78 ±0,12 ^c	18,69 ±4,43 ^b
F80	0,23 ±0,01 ^c	20,88 ±4,35 ^c	2,60 ±1,04 ^d	0,87 ±0,32 ^c	12,84 ±4,60 ^{bc}

Valores médios ± desvio padrão, n = 5, para resistência à tração, alongamento e módulo elástico; n = 12, para resistência à perfuração e taxa de deformação. Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância. Legenda: F0: 0% FBM e 100% amido; F20: 20% FBM e 80% amido, F50: 50% FBM e 50% amido; F80: 80% FBM e 20% amido;

Já a taxa de alongamento e a taxa de deformação (Tabela 3), estão relacionadas no quanto o filme consegue esticar antes da ruptura, sendo que baixos valores indicam alta rigidez (SARTORI; MENEGALLI, 2016). Os filmes F0 e F20 não apresentaram diferença significativa em relação a variável alongamento (5 % de significância) e valores baixos bem como para taxa de deformação. Já os filmes com maior concentração de farinha (F50 e F80) apresentaram maiores valores de taxa de alongamento e taxa de deformação, indicando filmes mais flexíveis que os filmes com maior teor de amido. Foi observado tendencia de aumento desses parâmetros à medida que era aumentada a concentração de farinha, entretanto na formulação de maior concentração de farinha (F80) esses parâmetros voltaram a cair, tal fato pode ser explicado pela presença de fibras que tornaram o filme mais rígido. A presença de açúcares, fibras e proteína presente na farinha podem ter atuado como plastificante tornando-os mais flexíveis (MARTELLI et al 2013).

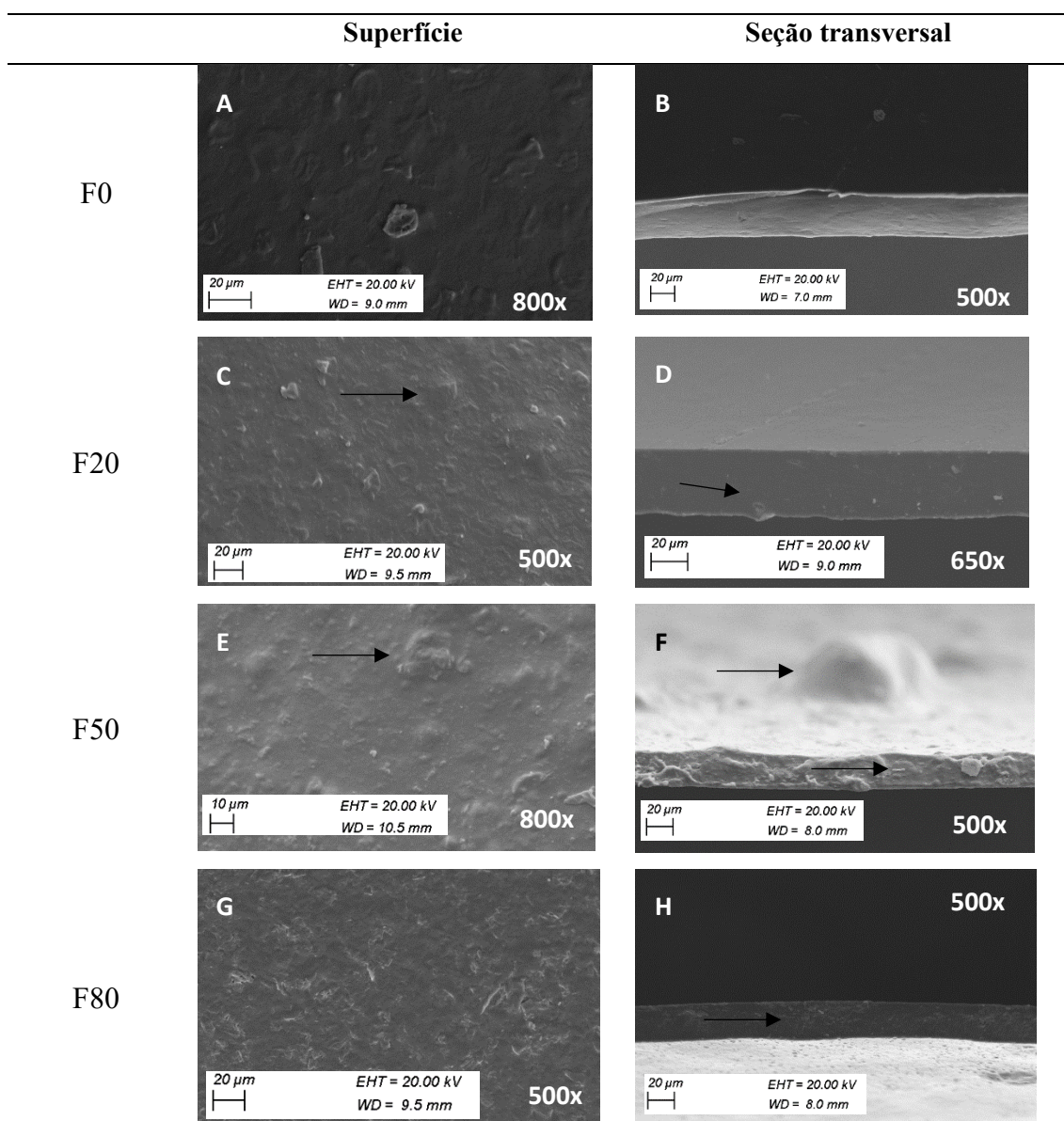
Pelissari *et al.* (2013) também constataram o mesmo nos filmes obtidos com amido de banana verde (4,5% de alongamento e 1,3% de deformação) sendo mais rígidos que os filmes de farinha de banana verde (24,2 % alongamento e 6,8% de deformação). Basiak, Lenart e Debeaufort (2017) estudaram as taxas de alongamento dos filmes preparados com amido de batata, amido de trigo e amido de milho, que apresentaram 5,7%, 15,2% 19,1% respectivamente, comprovando que a matéria-prima interfere nas propriedades mecânicas.

O módulo elástico ou módulo de Young é considerado indicador da rigidez dos filmes (PELISSARI *et al.*, 2013). Os dados obtidos no presente estudo para esse parâmetro, variaram de 2,60 MPa (F80) a 2245,95 MPa (F0), sendo que o filme do tratamento F0, apresentou maior valor, diferindo estatisticamente dos demais (5% de significância), sendo então o mais rígido (Tabela 3). Testes de perfuração avaliam a resistência mecânica do filme ao estresse, por compressão. A resistência à perfuração dos filmes variou de 0,87 MPa (F80) a 21,78 MPa (F0). Observa-se que o filme F0 foi o mais resistente à compressão, porém, foi o menos flexível. Os filmes estudados pensando em aplicação para embalagens não teriam alta eficácia quando comparados aos filmes de amido, porém para aplicação como revestimento comestível teriam boas respostas devido a alta flexibilidade.

✓ Microscopia eletrônica de varredura

Nas imagens obtidas pelo MEV, foi possível observar a estrutura morfológica dos filmes superficialmente e no corte transversal (Figura 2).

Figura 2) Imagens SEM de superfície e seção transversal dos filmes.



Legenda: A: superfície do filme de amido; B: seção transversal do filme de amido; C: superfície do filme F20: 20% FBM e 80% amido; D: seção transversal do filme F20: 20% FBM e 80% amido; E: superfície do filme F50: 50% FBM e 50% amido; F: seção transversal do filme F50: 50% FBM e 50% amido; G: superfície do filme F80: 80% FBM e 20% amido; H: seção transversal do filme F80: 80% FBM e 20% amido.

Todos os filmes testados apresentaram uma matriz compacta e coesa sem presença de bolhas ou rachaduras. Foi observado pelas imagens da seção transversal que todos os filmes apresentaram estrutura compacta e contínua, e quanto maior a concentração de

amido mais pronunciada foi essa característica, com superfície mais lisa em comparação aos outros (Fig. 2A - B). O mesmo foi relatado por Pelissari et al (2013) e Silva et al (2020) para filmes com farinha de banana e farinha de casca de banana com extrato de nêspera respectivamente, quando comparados com filme padrão de amido. O filme F20 foi o que mais se aproximou do filme somente de amido (F0), porém apresentou pequenas rugosidades (seta Fig. 3C - D). Essas rugosidades foram mais pronunciadas com o aumento da concentração de farinha (Fig. 3E - F). Outros filmes com resíduos agroindustriais também apresentaram essa característica, como filmes de casca de banana madura (SILVA et al 2020) e filme de resíduo de polpa de acerola (NASCIMENTO et al 2019).

4. CONCLUSÃO

As propriedades físicas e mecânicas dos filmes produzidos com FBM foram influenciadas pela concentração de amido. Assim, pensando em aplicação em alimentos frescos, como os minimamente processados é desejável baixa rigidez e adesividade. Nas condições estudadas foi possível chegar a essas características com a menor concentração de amido enquanto os filmes com maior teor de amido foram os mais resistentes sendo interessante uso para embalagens. O resíduo estudado é uma fonte potencial para aplicação parcial, tanto como revestimento comestível como em embalagens agregando valor ao produto, sendo ainda uma fonte renovável e uma tecnologia de baixo custo.

5. Agradecimentos

Agradecemos a agência de fomento CAPES pelo apoio financeiro, a UFSJ pela parceria e Laboratório de Microscopia Eletrônica e Análise Ultraestrutural da Universidade Federal de Lavras

6. REFERÊNCIAS

ANDRADE-PIZARRO, R. D.; SKURTYYS, O.; OSORIO-LIRA, F. Effect of cellulose nanofibers concentration on mechanical, optical, and barrier properties of gelatin-based edible films. *DYNA*, v. 82, n. 191, p. 219-226, 2015.

ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D. Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. *Braz J Food Technol*, v. 17, n. 2, p. 87-97, 2014.

ASTM. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting – D882 – 12. Annual book of ASTM, Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials, 2012.

BASIAK, Ewelina; LENART, Andrzej; DEBEAUFORT, Frédéric. Effect of starch type on the physico-chemical properties of edible films. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 98, p. 348-356, 2017.

BOURSCHEIDT, C.t et al. ESTUDO DA SECAGEM DO BAGAÇO DE MALTE RESÍDUO ÚMIDO OBTIDO DO PROCESSO INDUSTRIAL DE CERVEJARIA. In: SIGER, 2., 2011, Foz do Iguaçu. Anais... . Foz do Iguaçu: Anais, 2011. p. 1 – 4

CAZÓN, P. *et al.* Polysaccharide-based films and coatings for food packaging: A review. *Food Hydrocolloids*, v. 68, p. 136-148, 2017.

FAKHOURI, F. M *et al.* Edible films and coatings based on starch/gelatin: Film properties and effect of coatings on quality of refrigerated Red Crimson grapes. *Postharvest Biology and Technology*, v. 109, p. 57-64, 2015.

NASCIMENTO, J. A. D. A., GOMES, L. K. S., DUARTE, D. S., LIMA, M. A. C. D., & BRITTO, D. D. (2019). Stability of nanocomposite edible films based on polysaccharides and vitamin C from agroindustrial residue. *Materials Research*, 22.

PELLISSARI, F. M., ANDRADE-MAHECHA, M. M., SOBRAL, P. J. A., & MENEGALLI, F. C. (2013). Comparative study on the properties of flour and starch films of plantain bananas (*Musa paradisiaca*). *Food Hydrocolloids*, 30, 681–690

SARTORI, T., MENEGALLI, F. C. Development and characterization of unripe banana starch films incorporated with solid lipid microparticles containing ascorbic acid. *Food Hydrocolloids*, v. 55, p. 210-219, 2016.

SILVA, V. D. M., MACEDO, M. C. C., RODRIGUES, C. G., DOS SANTOS, A. N., E LOYOLA, A. C. D. F., & Fante, C. A. (2020). Biodegradable edible films of ripe banana peel and starch enriched with extract of *Eriobotrya japonica* leaves. *Food Bioscience*, v. 38, p. 100750.

Capítulo 3

**FILMES COMESTÍVEIS BIODEGRADÁVEIS:
UMA ALTERNATIVA SUSTENTAVEL DE USO
PARA RESÍDUO AGROINDUSTRIAL**

Artigo a ser publicado: FOOD BIOSCIENCE

Camila G. RODRIGUES; Viviane D. M. SILVA; Ana Paula C. MADEIRA, Washington A. da SILVA, Lanamar A. CARLOS; Camila A. FANTE

RESUMO: A busca por novas formas de destino aos resíduos industriais, com maior valor agregado, bem como o uso de matérias-primas naturais para formulação de filmes vem como uma alternativa para aproveitamento de resíduos agroindustriais. O objetivo deste trabalho foi utilizar a farinha de casca de mandioca na produção de filmes comestíveis biodegradáveis, avaliando-se o efeito da concentração de amido de milho em relação ao teor de farinha de resíduo utilizado sobre as características dos filmes obtidos. As formulações variaram de 100% a 0% de farinha de casca de mandioca totalizando 5 tratamentos, feitos em triplicata em delineamento inteiramente casualizado. Foram avaliados quanto as propriedades mecânicas, físicas, barreira, biodegradabilidade e características morfológicas. Os filmes com maior concentração de farinha tiveram maiores valores de solubilidade, alongamento e taxa de deformação. Em contrapartida, outros parâmetros reduziram com o aumento da concentração de farinha, como a resistência à tração, perfuração e módulo elástico. Em relação aos parâmetros colorimétricos, os filmes mostraram-se claros e com tonalidade amarelo-amarronzadas, sendo que os filmes com maior concentração de farinha foram os mais escuros porém ainda apresentaram transparência. Todos os filmes podem ser considerados biodegradáveis. De maneira geral, os filmes apresentaram comportamento mecânico com baixos valores de resistência e de módulo elástico, além de considerável percentagem de alongamento, indicando que são flexíveis. Diante desses resultados, verificou-se que o resíduo estudado pode ser uma matéria-prima alternativa para a produção de revestimentos comestíveis.

Palavras-chave: Casca de mandioca, Meio ambiente, Revestimento, Biodegradabilidade

1 INTRODUÇÃO

A produção agrícola bem como as indústrias de alimentos, em especial a indústria de alimentos minimamente processados, são grandes geradoras de resíduos agroindustriais. Pode-se citar dentre os resíduos produzidos por esse setor, os da classe dos lignocelulósicos, que são abundantes, de baixo custo e amplamente disponíveis (BRIONES et al., 2015). Muitas vezes descartados de forma incorreta, visto que o descarte apropriado gera custos para os produtores de alimentos, principalmente para adequação às diretrizes e normas preconizadas por órgãos competentes para tal. Como alternativa rentável ao produtor, um exemplo é o desenvolvimento de embalagens plásticas biodegradáveis (DAI et al., 2015; LÓPEZ et al., 2015; DE MORAES et al., 2013; SELIGRA et al., 2016).

Os revestimentos e filmes comestíveis se destacam no que se refere à busca por alimentos mais frescos, de qualidade e como maior vida de prateleira; contribuem para a preservação da textura e do valor nutricional, diminuindo as trocas gasosas e a perda ou ganho excessivo de água, prevenindo a contaminação microbiana, possibilitando carrear ativos, além do objetivo principal que trata da melhora da durabilidade do alimento revestido (ASSIS; BRITTO, 2014).

Nesse sentido, a utilização de resíduos agroindustriais, que na grande maioria são utilizados para alimentação animal podem ser utilizados no desenvolvimento de revestimentos biodegradáveis. Enquadrando-se na categoria de resíduos lignocelulósicos gerados pela indústria de alimentos minimamente processados, os resíduos de mandioca (*Manihot esculenta*), devido às composições químicas peculiares e ao custo relativamente baixo, se tornam atrativos para reutilização de forma sustentável como matéria-prima para revestimentos, tornando-se uma ferramenta não só para a redução de lixo orgânico, como também agregar valor a esse resíduo.

Frente ao exposto o objetivo deste trabalho foi utilizar a farinha obtida de casca de mandioca, na produção e caracterização de filmes comestíveis, avaliando-se o efeito da substituição total e parcial de amido de milho em relação ao teor de farinha de resíduo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A mandioca foi obtida no comércio local de Sete Lagoas -MG entre os meses de maio e junho de 2018. A mandioca foi então lavada e sanitizada e a casca seca em secador de

bandejas (Pardal, Modelo PE 60, Petrópolis Brasil) a 70 °C por 12 horas. Posteriormente, as cascas foram trituradas em liquidificador Walita Processador de alimentos 750 W, com o acessório moedor por 2 minutos em velocidade 1, para passar por uma tela de 32 mesh (Bertel Indústria Metalúrgica Ltda., 32 mesh, 500 mm, Brasil). Os demais constituintes utilizados para produção do filme foram de grau analítico, sendo o glicerol utilizado como agente plastificante.

2.1 Preparo dos filmes biodegradáveis:

Os filmes foram desenvolvidos pela técnica de *casting* variando a quantidade de amido, em relação a farinha do casca de mandioca (FCM), no qual foi utilizado proporção máxima de 4 g por 100 mL (PELISSARI et al., 2013) de solução em todos os filmes, totalizando assim 5 tratamentos (FCM0: 0% de FCM e 100% de amido, FCM20: 20% FCM e 80% de amido, FCM50: 50% FCM e 50% de amido, FCM80: 80% FCM e 20% de amido e FCM100: 100% de FCM e 0% de amido) com 3 repetições em um delineamento inteiramente casualizado.

Para o preparo das soluções filmogênicas foi utilizada farinha, farinha e amido ou só amido nas proporções descritas acima em 200 mL de água destilada. As suspensões foram então aquecidas a 90 °C em banho-maria por 15 min com agitação constante, após esse tempo as soluções foram homogeneizadas em ultra-homoneizador (Ultra 80-II, Ultra Stirrer, São Paulo, SP Brasil) a 18000 RPM por 5 min, antes de voltar para o aquecimento a 90 °C por mais 15 min foi adicionado o plastificante glicerol (1,6 g) (Dinamica Química Contemporanea Ltda., Indaiatuba, SP, Brasil). A solução foi filtrada usando uma gaze, a fim de obter um filme mais uniforme, 50 g de solução filmogênica foi pesada para cada placa de poliestireno (150 x 15 mm, J. Prolab) totalizando 4 placas para cada repetição de cada tratamento (3x4x5). Após secagem em estufa a 40 °C por 24 horas os filmes foram colocados em dessecadores contendo solução saturada de brometo de sódio, com o objetivo de manter a umidade relativa em 58%, e armazenados em câmara fria a 25 °C ± 2 por 48 h para então serem analisados.

Caracterização dos filmes

- ✓ Propriedades colorimétricas

Os filmes foram avaliados quanto à cor com um colorímetro (Konica Minolta, CM-2300d, Tóquio, Japão) equipado com a escala CIELab. Os parâmetros de cor avaliados foram L^* (luminosidade), a^* (vermelho a verde) e b^* (amarelo a azul), sendo os dois últimos usados para calcular os parâmetros h° (tonalidade) e c^* (croma ou intensidade da cor) pelas Equações 1 e 2, respectivamente (LEÃO, 2013). As medições foram realizadas em triplicata.

$$h^\circ = \arctan \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (\text{Eq. 1})$$

$$c^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (\text{Eq. 2})$$

Quanto a opacidade, os filmes foram avaliados seguindo metodologia de Souza et. al (2017), onde os filmes foram cortados com tesoura ($9 \times 40 \text{ mm}^2$) e colocados diretamente na cubeta do espectrofotômetro. Foram medidas as absorvâncias a 600 nm usando espectrofotômetro UV/VIS spec (Cirrus 80, Femto Industria de comercio de instrumentos São Paulo, SP, Brasil), uma cubeta vazia foi usada como referência. Quatro medições foram feitas para cada filme. A opacidade foi calculada pela divisão da absorvância pela espessura do filme (mm).

✓ Espessura

Foi determinada a espessura dos filmes utilizando um micrometro digital (Modelo Digimess, Electronic Outside Micrometer, São Paulo) com escala de 0-25 mm e precisão de 0,001 mm. Em cada filme foi realizado 10 medidas em posições aleatórias, apresentando como resultado a média dessas medidas, conforme a ASTM F2251 – 13 (ASTM, 2013).

✓ Solubilidade em água

A solubilidade em água dos filmes foi determinada em triplicata, onde as amostras dos filmes foram cortadas em discos de 2 cm de diâmetro. As amostras foram secas em estufa (FANEM, 320-SE, Brasil) a 105°C por 24 h e pesadas. Após a primeira pesagem, as amostras foram colocadas em béquer contendo 50 mL de água destilada e agitadas lenta e periodicamente em mesa agitadora pendular (LUCADEMA, LUCA-180/DTP, Brasil) por 24 h em temperatura ambiente ($25 \pm 2^\circ\text{C}$). Após este período, a água foi descartada com cuidado e o conjunto béquer mais disco foi seco por 24 h em estufa a 105°C .

°C e pesado para a determinação do peso seco final. A solubilidade em água (%) foi determinada de acordo com a Equação (3):

$$SA (\%) = ((P_i - P_f) / P_i) \times 100 \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde:

P_i : peso seco inicial da amostra (g) e

P_f : peso seco final da amostra (g).

✓ Permeabilidade ao vapor d'água

O método padrão modificado ASTM E96/E96M – 16 (ASTM, 2016) foi utilizado para determinar a permeabilidade ao vapor d'água. Os filmes foram cortados em formato circular de 3,1 cm de diâmetro e fixados com auxílio de silicone, tendo a parte brilhante voltada para baixo, em frascos PET (8,5 x 4,0 cm; 50 mL) contendo 25 mL de azida sódica (0,02% p/v), vedados hermeticamente (100% UR). A distância entre água e os filmes foi de 3,5 cm. Os frascos foram colocados em dessecador contendo sílica gel em seu interior (0% UR) e acondicionados em BOD a 25 ± 2 °C. A análise foi realizada em triplicata mais os controles, sonde os controles: i) frasco fechado com solução sem filme e ii) frasco vazio contendo um filme de cada tratamento sem a solução. A diferença de peso pelos frascos foi determinada em balança analítica (Shimadzu, AX200, Brasil), em intervalos de 24 horas por 10 dias. A permeabilidade ao vapor d'água (PVA) foi calculada conforme a Equação 4

$$PVA = \frac{p}{t} \times \frac{\text{espessura}}{A \times \Delta P} \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde: p/t é a inclinação da curva perda de peso x tempo (g/dia), A é a área superficial do filme (m^2) e ΔP é a diferença de pressão de vapor de dentro e fora do frasco (KPa), sendo calculado como $\Delta P = S (R_1 - R_2)$, onde S é a pressão de vapor de saturação da água na temperatura teste (a $25^\circ\text{C} = 3,2$ KPa); R_1 = fração da UR, nesse caso por ser método

úmido é a de dentro do frasco (água = 100% UR, desta forma, a fração é 1); $R_2 =$ é a fração da UR medida dentro do dessecador. A PVA foi expressa em $\text{g}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{Pa}^{-1}$.

✓ Biodegradabilidade

Para avaliação da biodegradabilidade dos filmes foi utilizado o método de degradação por enterramento em solo, conforme descrito por Martucci e Ruseckaite (2009), com adaptações. Os filmes foram cortados com auxílio de tesoura com diâmetro de 40 mm, em triplicata, pesados e colocados em malha de náilon ($50 \times 100 \text{ m}^2$, malha $2 \times 3 \text{ mm}^2$, Vonder, Curitiba, PR, Brasil). Os conjuntos (filme dentro da malha) foram pesado e desidratados em estufa ventilada (FANEM, 320-SE, Brasil) por 6 h a $60 \text{ }^\circ\text{C}$, posteriormente foram colocados em potes de plástico (250 mL, Cristalcopo, Içara, SC, Brasil) em temperatura ambiente ($25 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2$) contendo solo natural (Sete Lagoas, MG, Brasil) e recoberto com mais solo a fim de cobrir toda a amostra e ficassem expostas à microbiota natural. Foi adicionado água (20 mL) a cada dois dias para manter o solo úmido. Após 10 dias, as amostras foram retiradas do solo, lavadas com cuidado com água destilada para remover resíduos de solo e seco a $60 \text{ }^\circ\text{C}$ até peso constante. O grau de biodegradabilidade dos filmes foi determinado como perda de peso (WL) usando a Equação 5:

$$\text{WL (\%)} = ((W_i - W_f) / W_i) \times 100 \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde:

W_i : peso seco inicial da amostra (g) e

W_f : peso seco final da amostra após 10 dias(g).

✓ Propriedades Mecânicas

Os testes de tração (resistência à tração, alongamento à ruptura e módulo elástico) e de perfuração (força à perfuração e deformação à perfuração) foram feitos nos filmes com o analisador de textura modelo TAXT2i (Stable Micro Systems, Surrey, England).

O teste de tração foi segundo o método padrão D882-12 (ASTM, 2012) com calibração utilizando célula de carga de 5 kg e um sistema de garras de tensão A/TG. Os filmes de cada tratamento foram cortados em tiras de 15 mm de largura e 100 mm de comprimento e posicionadas entre as garras de tensão. A distância entre as garras foi de 50 mm e a velocidade do teste foi de 1 mm^s . A força máxima de ruptura (N) e a extensão

no momento da ruptura (mm) foram determinados pela curva força x distância usando o programa Texture Expert Exceed. O módulo elástico (Young) está relacionado em quão rígido é o filme e é calculado a partir da inclinação da porção linear da curva força x distância. A resistência à tração (RT), a taxa de alongamento à ruptura (ε) e o módulo elástico (ME) foram calculados como apresentado nas Equações (6), (7) e (8), respectivamente. Foram feitas cinco repetições para cada filme.

$$RT = \frac{F_{max}}{A} \quad (\text{Eq. 6})$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100 \quad (\text{Eq. 7})$$

$$ME = \frac{F_{max} \times l_0}{A \times \Delta l} \quad (\text{Eq. 8})$$

Onde:

F_{max} é a força máxima na ruptura (N), A é a área da seção transversal (espessura x altura) (mm^2), Δl a variação de comprimento até a ruptura (mm) e l_0 o comprimento inicial do corpo de prova (mm).

O teste de perfuração foi realizado segundo metodologia descrita por ANDRADE-PIZARRO, SKURTYS e OSORIO-LIRA (2015), com modificações. Os filmes foram cortados em círculos com 40 mm de diâmetro e fixados em um suporte com uma abertura circular de 10 mm de diâmetro. Foi utilizada uma célula de carga de 5 kg e uma sonda cilíndrica com 4 mm de diâmetro, que moveu perpendicularmente para a superfície do filme a uma velocidade constante de 1 mm^s até o rompimento do material. Os testes foram realizados em triplicata com 3 medições em cada amostra, totalizando 9 medições para cada ensaio. A força máxima de perfuração (N) e a distância perfurada antes da ruptura do material (mm) foram obtidas a partir da curva força x distância, utilizando o programa Texture Expert Exceed. A resistência à perfuração (RP) e a taxa de deformação (TD) foram calculadas pelas Equações (9) e (10), respectivamente.

$$RP = \frac{F_{max}}{A} \quad (\text{Eq. 9})$$

$$Dp = \frac{\sqrt{r^2+d^2}-r}{r} \times 100 \quad (\text{Eq. 10})$$

Onde:

F_{max} é a força máxima aplicada (N), A é a área da seção transversal (2 x raio da abertura circular x espessura) (mm^2); r é o raio do filme (5 mm) e d é a distância percorrida pela sonda, desde o ponto de contato com o filme até o ponto de ruptura.

✓ Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier

Os filmes produzidos com as farinhas do resíduo foram analisados no espectrômetro no infravermelho com transformada de Fourier (Shimadzu IRAffinity – 1) com detector DLATGS (Sulfato de Triglicina Deuterado Dopado com L-Alanina), resolução de 4 cm^{-1} . Os filmes obtidos das 5 formulações bem como a farinha e o amido, foram analisados em acessório ATR, com cristal de seleneto de zinco (ZnSe) para obtenção dos espectros e análise do perfil de grupos funcionais presentes e verificação de possíveis modificações estruturais geradas nas moléculas de amido a partir das formulações realizados (WARREN, GIDLEY & BERNARDINE, 2016).

✓ Microscopia eletrônica de varredura

As amostras de filme foram cortadas com auxílio de bisturi e fraturadas com nitrogênio líquido a fim de expor a estrutura interna. Após foram fixados em stubes com fina camada de ouro usando aplicador sputter (SCD 050, Bal-Tec, Balzeres, Liechtenstein) para avaliação morfológica da superfície e seção transversal usando um SEM (Leo Evo 40 XVP, Carl Zeiss AG, Oberkochen, Alemanha), aplicando uma tensão de 20 kV e ampliação de 200 para 650x.

2.2.3 Análise estatística

O experimento foi conduzido segundo delineamento experimental inteiramente casualizado com três repetições e 5 tratamentos (FCM0, FCM20, FCM50, FCM80 e FCM100). Os dados coletados foram submetidos à análise de variância a um fator (*one-way ANOVA*) tendo as pressuposições de normalidade e homocedasticidade dos resíduos verificadas pelos testes de Shapiro Wilk e Levene, respectivamente. Violadas as pressuposições, foi feita uma transformação Box-Cox para sua obtenção. Persistindo a não






obtenção destes pressupostos, optou-se pelo uso do Kruskal Wallis, equivalente não paramétrico da ANOVA. Para os testes *a posteriori* foram utilizados o teste Tukey (paramétrico) e teste de Dunn (não paramétrico). Para todos os testes, foi considerado o nível de 5% de significância. As análises estatísticas foram feitas no Software R (R Core Team, 2020) a um nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

✓ Propriedades Óticas

A análise colorimétrica foi realizada com o objetivo de comparar a coloração dos filmes das diferentes formulações. Os parâmetros colorimétricos (luminosidade, tonalidade e croma, e opacidade) dos filmes estudados estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Imagens dos filmes produzidos e parâmetros de cor a partir de farinha de casca de mandioca (FCM)

Formulações	L*	h ^{o3}	C* ³	Opacidade
FCM 100 	84,23c	83,67	23,88	1,67 a
FCM 80 	83,32c	83,66	20,73	1,61ab
FCM 50 	88,37bc	83,69	11,65	1,22 abc
FCM 20 	91,65b	85,25	6,96	0,93bc
FCM 0 	98,78a	105,73	1,51	0,82 c

1 Em que: L* Luminosidade; h^o tonalidade; C* intensidade.

2 Letras diferentes na mesma coluna indicam que os valores são significativamente diferentes (p < 0,05).

3 Dados não paramétricos, médias apenas para efeito de observação

Legenda: FCM100: 100% FCM e 0% amido, FCM80: 80% FCM e 20% amido, FCM20: 20% FCM e 80% amido, FCM50: 50% FCM e 50% amido, FCM0: 0% FCM e 100% amido

Os filmes FCM0 e FCM20 diferiram entre si (p < 0,05) e das demais formulações para luminosidade (L*) sendo os filmes mais claros. Os filmes correspondentes as

formulações contendo mais amido mostraram-se claros, com a luminosidade variando entre 98,78 a 83,32. O parâmetro L^* representa 0 = preto e 100 = branco, assim, quanto mais próximo de 100, mais clara é a substância analisada (LEÃO, 2013). As farinhas do resíduo eram de coloração escura com valor de L^* de 86,40 o que conferiu aos filmes provenientes dessa matéria-prima a coloração levemente amarronzada, tornando-os mais escuros.

Os parâmetros h° e C^* não seguiram a normalidade e não foi possível a transformação adequada dos dados, assim o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis e posteriormente teste de Dunn foram aplicados, tomando a mediana como parâmetro de comparação. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) para o parâmetro h entre os filmes estudados, entretanto o parâmetro C^* apresentou diferença entre as amostras FCM100 e FCM0 mostrando que o filme composto 100% de farinha apresentou coloração mais intensa, corroborando com as imagens contidas na Tabela 1. O ângulo h ou tonalidade descreve a cor propriamente dita, e para os filmes deste estudo foi amarronzada (Imagens Tabela 1). Em relação ao croma, está relacionado com a intensidade indicando que a cor é mais intensa nos filmes com maior concentração de farinha.

Trabalhos realizados com resíduos de casca de banana verde e madura, também apresentaram filmes escuros com baixa luminosidade e coloração variando de levemente amarelada a amarronzada (PELISSARI *et al.* 2013; ARQUELAU, *et al.* 2019;). De maneira geral, os filmes elaborados neste estudo seriam indicados para revestir produtos que não sofressem interferência sobre sua cor característica; visto que devido a sua cor, influenciaria na coloração do produto na sua forma original. Porém, tem como alternativa ser utilizado como efeito fotoprotetor.

✓ Biodegradabilidade

A análise de biodegradabilidade tem por objetivo simular as condições de degradação que ocorrem no ambiente natural, por ação da microbiota presente no solo (STOLL *et al.*, 2017). Os valores da biodegradabilidade dos filmes estão apresentados na Tabela 2.

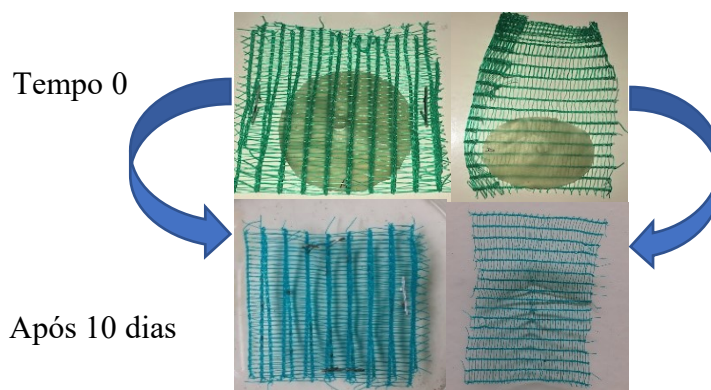
Tabela 2 –Biodegradabilidade, solubilidade, permeabilidade ao vapor de água (PVA) e espessura dos filmes de resíduo

Formulações	Biodegradabilidade (%)	Solubilidade (%)	PVA ($\times 10^{-4} \text{g.m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \text{Pa}^{-1}$)	Espessura (mm)	pH solução
FCM100	98,86a	36,09 a	3,36 a	0,102 a	5,81 b
FCM80	99,71 a	31,89 a	3,22 a	0,113 a	5,85 b
FCM50	99,67 a	11,38 b	3,57 a	0,124 a	5,50b
FCM20	98,63 a	12,33 b	4,39 a	0,114 a	5,91b
FCM0	99,03 a	10,85 b	2,73 a	0,093 a	7,58 ^a

Valores médios, n = 3. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (5 % de significância). Legenda: FCM100: 100% FCM e 0% amido, FCM80: 80% FCM e 20% amido, FCM20: 20% FCM e 80% amido, FCM50: 50% FCM e 50% amido, FCM0: 0% FCM e 100% amido

A perda de peso depois dos dez dias de análise pode ser pela ação dos micro-organismos bem como de suas enzimas, até mesmo pela solubilização dos compostos solúveis presentes nos filmes pela água adicionada ao solo. Assim, os filmes se desfizeram quase que por completo (99,71 a 98,63 %), perdendo sua forma original, como pode ser observado na Figura 1. Não houve diferença significativa (5% de significância) para o parâmetro biodegradabilidade entre todos os filmes, o que sugere que os filmes à base de amido e de casca de mandioca, podem ser considerados materiais com alta taxa de biodegradabilidade (> 90%) (BRIASSOULIS; DEJEAN, 2010). Filmes de diferentes fontes renováveis também foram considerados biodegradáveis (CAMPO et al., 2017; STOLL et al., 2017; SILVA et al., 2020).

Figura 1) Aspecto Visual do filme (FCM 100) dentro e fora da malha



Fonte: Autoria própria

✓ Solubilidade

Pela Tabela 2, observa-se que os valores de solubilidade variaram de 10,85 % (FCM0) a 36,09 % (FCM100). As formulações FCM100 e FCM 80 apresentam, em média, o mesmo percentual de solubilidade sendo superiores às demais formulações que não diferiram entre si. Houve uma tendência de redução da solubilidade à medida que a concentração de amido aumentava. Resultados semelhantes foram encontrados por Schmidt *et al.* (2013), apresentando valores de solubilidade entre 28,2 e 45,7% para filmes de amido de mandioca, variando concentração de ácido esteárico e de glicerol.

Iahnke (2015) ao elaborar e caracterizar filmes biodegradáveis a partir de resíduos compostos por gelatina, glicerina e água, e combinados com farinha de resíduos provenientes da indústria de minimamente processados de cenoura e beterraba, obteve valores de solubilidade de 32,34% para filmes de gelatina e farinha de cenoura e 39,58% para filmes de gelatina e farinha de beterraba. Esses valores foram próximos aos encontrados nos filmes elaborados com farinha de casca de mandioca sem amido e com 20% de amido (FCM100 e FCM20) no presente estudo. Arquelau, et al, (2019), obteve valores de solubilidade próximos variando entre 27,35 a 43,83%, para filmes obtidos com casca de banana prata madura, onde observaram a influência do tempo e concentração de amido nas propriedades dos filmes.

A análise da solubilidade em água tem importância quanto ao comportamento do filme frente a ambientes úmidos e a alimentos com alta atividade de água. Filmes com baixa solubilidade como os obtidos no presente estudo (FCM50, FCM20 e FCM0) podem atuar como protetores para alimentos a fim de aumentar a integridade do produto e a resistência à água. Porém, em alguns casos, como durante a cocção do alimento em meio

aquoso, ou produtos prontos para o consumo a solubilidade é requerida e benéfica ao produto revestido sendo indicado para essa finalidade os filmes FCM100 e FCM80 (GONTARD *et al.*, 1994; MATTA JUNIOR, 2009).

✓ PVA

A permeabilidade ao vapor de água (PVA) dos filmes variaram de $2,73 \times 10^{-4}$ (FCM0) a $4,39 \times 10^{-4} \text{ g.m}^{-1}.\text{s}^{-1}.\text{Pa}^{-1}$ (FCM20), não apresentando diferença significativa entre si ($p > 0,05$) (Tabela 2).

Um filme ou revestimento comestível com baixo valor de PVA pode ser indicado para proteger alimentos com prazo de validade longo e, ou desidratados, como por exemplo pães, para que não percam umidade e endureçam rapidamente (DUKALSKA *et al.*, 2008) ou o inverso, para que não umedeçam e fiquem inaceitáveis pelo consumidor, bem como para alimentos frescos, afim de evitar a desidratação (SIRACUSA *et al.*, 2008). Portanto, o desejável é que a PVA dos filmes seja a menor possível para minimizar a transferência de umidade entre o meio e o alimento (WANG *et al.*, 2015). Dessa maneira, os filmes tiveram tendência a aumentar os valores de PVA à medida que aumentava a concentração de amido.

Podem interferir na PVA, a espessura, hidrofobicidade, integridade do polímero e interação entre os grupos funcionais poliméricos (AHMAD *et al.*, 2015). Em estudo realizado por Stoll *et al.* (2017), observaram que filmes hidrofílicos com alto valor de espessura apresentaram maior PVA, explicado pela melhor difusão de umidade através do filme. Há uma tendência dos filmes de farinhas de resíduos terem maior valor de PVA, pois a difusão da água é facilitada pela presença de substâncias hidrofílicas, como proteína, glicerol amido e outros carboidratos (STOLL *et al.*, 2017).

Arquelau *et al.* (2019) também encontraram valores elevados de PVA conforme o presente estudo, utilizando casca de banana prata madura para elaboração de filmes obteve valores de PVA variando de 0,33 a 0,55 g/h.m.Pa. Valores semelhantes foram encontrados por Pelissari *et al.* (2013), que encontraram valores de PVA dos filmes da farinha de banana verde e de amido de banana verde entre $1,47 \pm 0,03$ e $3,15 \pm 0,18$ (g/m.s.Pa) $\times 10^{-10}$.

✓ Espessura

Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os filmes analisados para o parâmetro espessura (Tabela 2). A média de espessura (0,109 mm) dos filmes obtidos foi superior aos elaborados com outros materiais, como nos trabalhos de Fakhouri et al (2007), onde elaboraram filmes à base de amido de trigo, sorgo, batata e arroz, que variaram de 0,053 a 0,063 mm e de Pelissari et al (2013) que utilizaram farinha e amido isolado de banana da variedade Terra, obtendo 0,087 e 0,086 mm respectivamente. Entretanto, os filmes em estudo apresentaram média de espessura inferior a alguns trabalhos utilizando também resíduos como matéria-prima na elaboração de filmes, como farinha de resíduos de frutas e hortaliças (0,242 mm) (ANDRADE, 2014), filme biodegradável com antioxidante extraído de bagaço de uva (0,140 mm) (STOLL, 2015).

Em trabalho realizado por Arquelau et al. (2019), utilizando farinha de casca de banana, observaram espessura dos filmes variando de 0,059 a 0,085 mm. Os valores de espessura observado por Nascimento et al. (2012), variaram de 0,133 a 0,185 mm sendo mais próximos aos encontrados neste trabalho. Obtiveram esses resultados utilizando farinha do mesocarpo de maracujá com nanopartículas para elaboração de filmes.

Um dos parâmetros que pode influenciar nas propriedades mecânicas dos filmes é a espessura. Com ela é possível avaliar a homogeneidade, definindo-se, assim, a uniformidade dos materiais (RIGO, 2006). Podem afetar na espessura dos filmes desde o método utilizado até as matérias-primas empregadas. Segundo Sobral (2000), o processo de produção por *casting* tem um controle menor na espessura dos filmes, isso se deve pela secagem por evaporação de solvente ser lenta, além da dificuldade da homogeneidade do material na placa quando se trabalha com materiais muito viscosos. A concentração e natureza das matérias-primas utilizadas também podem interferir na espessura dos filmes formados, pois soluções mais viscosas tendem a formar filmes mais espessos (CUQ et al., 1995). No caso deste estudo, as soluções filmogênicas se mostraram com elevada viscosidade, podendo justificar a maior espessura dos filmes elaborados.

✓ pH

As características dos filmes comestíveis e/ou biodegradáveis são resultantes de vários fatores, como por exemplo o pH (FERNANDES, 2014). Neste estudo, as soluções

filmogênicas demonstraram valores de pH entre 5,50 (FCM50) a 7,58 (FCM0), classificados a maioria deles como pH ácido. O maior valor de pH 7,58 foi observado na formulação com 0% de amido (FCM0) que diferiu significativamente das demais formulações ($p < 0,05$) (Tabela 2). Filmes elaborados com soluções alcalinas são mais fortes (KAYSERILIOGLU et al., 2001), pois a alcalinidade promove a exposição dos grupos sulfidrilas (SH), elevando a um acréscimo das ligações covalentes dissulfídicas (S-S) nos filmes (YOSHIDA, 2002). A partir dos ensaios realizados com os respectivos valores de pH para as soluções filmogênicas, observou-se, que os filmes elaborados são mais flexíveis, conforme demonstrado na seção propriedades mecânicas, sendo uma característica adequada para coberturas em alimentos. De acordo com GUILBERT e GONTARD (2005), o uso de filmes ou revestimentos comestíveis, que promovem a diminuição do pH na superfície do alimento, pode favorecer a diminuição do crescimento microbiano. Assim, aplicar revestimentos de baixo valor de pH, pode ser desejável pensando na conservação e preservação de diferentes alimentos.

✓ Propriedades Mecânicas

Os valores das propriedades mecânicas referentes à resistência à tração (RT), alongamento à ruptura (A), módulo elástico (ME), resistência à perfuração (RP) e taxa de deformação (D) encontram-se na Tabela 3.

A RT tem relação com a força máxima que o filme pode suportar, antes da ruptura (SOUZA et al., 2010). No presente estudo, esse parâmetro variou de 3,86 MPa (FCM100) a 24,87 MPa (FCM0) (Tabela 3), onde os filmes com maior teor de amido (FCM50 e FCM20) foram mais resistentes à tração, onde o filme FCM 20 não diferiu estatisticamente ($p > 0,05$) do filme composto apenas de amido (FCM0). A formulação FCM0 diferiu estatisticamente ($p < 0,05$) das formulações FCM50, FCM80 e FCM100. Segundo Mali, Grossmann e Yamashita (2010), filmes à base de resíduos de vegetais apresentam maior resistência com a adição de amido, devido ao aumento do grau de interação da matriz. O que foi constatado neste estudo. A resistência mecânica dos filmes também está relacionada com a espessura, a quantidade de plastificante bem como o teor de umidade (BASIAK; LENART; DEBEAUFORT, 2017).

Tabela 3 - Propriedades mecânicas dos filmes da farinha de casca de mandioca.

Formulações	Resistência à tração (MPa)	Alongamento (%)	Módulo elástico (MPa)	Resistência à perfuração (MPa)	Taxa de deformação (%)
FCM100	3,86 b	11,60 ab	243,43 c	8,37 b	25,03 a
FCM80	4,79 b	13,99 ab	586,78 c	6,83 b	18,14 ab
FCM50	10,04 b	22,21 a	1121,47 b	12,66 ab	17,62 ab
FCM20	11,77 ab	7,73 ab	1270,28 b	14,89 ab	14,27 b
FCM0	24,87 a	3,03 b	3157,42 a	20,66 a	14,48 b

Nd = não determinado Valores médios, n = 5, para resistência à tração, alongamento e módulo elástico; n = 12, para resistência à perfuração e taxa de deformação. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância. Legenda: FCM100: 100% FCM e 0% amido, FCM80: 80% FCM e 20% amido, FCM20: 20% FCM e 80% amido, FCM50: 50% FCM e 50% amido, FCM0: 0% FCM e 100% amido

Os valores encontrados para RT foram superiores aos encontrado por Arquelau, et al, (2019) onde os valores de RT variam de 0,14 a 0,70 Mpa para filmes com obtidos com casca de banana madura.

Sartori e Menegalli (2016), ao avaliarem filmes obtidos com amido de banana verde com ou sem adição de micropartículas lipídicas e ácido ascórbico não encapsulado, apresentaram valores de RT de 5 a 10 MPa. Filmes contendo extratos de frutas apresentaram RT de 7,0 a 12,1 MPa (EÇA *et al.*, 2015), valores mais próximos aos filmes com teor de amido acima de 50% deste estudo. O teor de açúcar presente nas matérias-primas pode ter atuado como plastificante natural, tornando os filmes com baixa adição de amido menos resistente (MARTELLI *et al.*, 2013). Isso pode ser um dos motivos pela baixa resistência dos filmes com 100% de FCM e 80% FCM.

Os filmes obtidos têm potencial para uso como embalagens propriamente dita visto que alguns apresentaram altos valores de RT. Porém, os que apresentaram uma baixa resistência mecânica podem ser utilizados como revestimento comestível.

A taxa de alongamento está relacionada ao quanto o comprimento do filme alcança antes da ruptura (STOLL *et al.*, 2016). O alongamento dos filmes (Tabela 3) variou de 3,03% (FCM0) a 22,21% (FCM50), sendo observado diferença significativa entre essas duas formulações.

Baixos valores de alongamento são indícios de alta rigidez (SARTORI; MENEGALLI, 2016). Foi observado em alguns trabalhos valores inferiores ao do presente estudo, como exemplo, no de Sartori e Menegalli (2016), cujos filmes de amido de banana verde com ou sem micropartículas lipídicas contendo ácido ascórbico apresentaram valores de alongamento de 1,6 a 2,0%. Schmidt et al. (2013) desenvolveram um filme padrão de amido de mandioca, ácido esteárico e glicerol com 6,0% de alongamento, valor próximo ao encontrado para FCM20 (7,73%).

Pelissari et al. (2013) também constataram valores bem distintos de alongamento entre os filmes de farinha de banana verde (24,2%) e de amido de banana verde (4,5%). Segundo os autores, esses resultados indicam que o filme de farinha é mais flexível do que o de amido devido ao maior valor de alongamento. Também foi observada essa tendência nos filmes contendo farinha de resíduo do presente estudo. Basiak, Lenart e Debeaufort (2017) estudaram as taxas de alongamento dos filmes preparados com amido de batata, amido de trigo e amido de milho, que apresentaram 5,7%, 15,2% e 19,1% respectivamente, comprovando que a matéria-prima interfere nas propriedades mecânicas.

O módulo elástico (ME) ou módulo de Young é considerado indicador da rigidez dos filmes (PELLISSARI *et al.*, 2013). Os dados obtidos no presente estudo para esse parâmetro, variou de 243,34 MPa (FCM100) a 357,42 MPa (FCM0), sendo que este último, apresentou maior valor, diferindo estatisticamente (5% significância) dos demais, sendo então o mais rígido. Os demais podem ser considerados mais flexíveis e com maior adesividade.

Os filmes com amido na composição, apresentaram valores de ME próximos aos encontrados por Sartori e Menegalli (2016) para filmes de amido de banana verde (300 – 800 MPa). Eça et al. (2015), trabalhando com filmes de pectina adicionados de extratos de acerola, caju e morango também obtiveram valores semelhantes para ME (391 MPa, 244 MPa e 384 MPa, respectivamente).

De acordo com Joshi, Kral e Topp (1989), filmes com propriedades mecânicas ideais devem ter um valor da razão RT e ME elevado, portanto, os valores de RT devem ser maiores que o de ME. Porém, isso não foi encontrado neste estudo, cuja razão média foi de aproximadamente 0,01, valor próximo ao encontrado por Oriani (2013) para os filmes de fécula de mandioca adicionados de óleo essencial. Assim, os filmes da farinha

estudada podem ter baixa eficácia como material de embalagem, porém, quando se pensa em revestimento de alimentos, esta relação não é de suma importância.

Testes de perfuração avaliam a resistência mecânica do filme ao estresse, por compressão. De acordo com os resultados apresentados na Tabela 3, a RP dos filmes em estudo variaram de 6,83 MPa (FCM80) a 20,66 MPa (FCM0) e a taxa de deformação de 14,27% (FCM20) a 25,03% (FCM100). Observa-se que o filme contendo apenas amido o mais resistente à compressão, porém, foi o menos flexível.

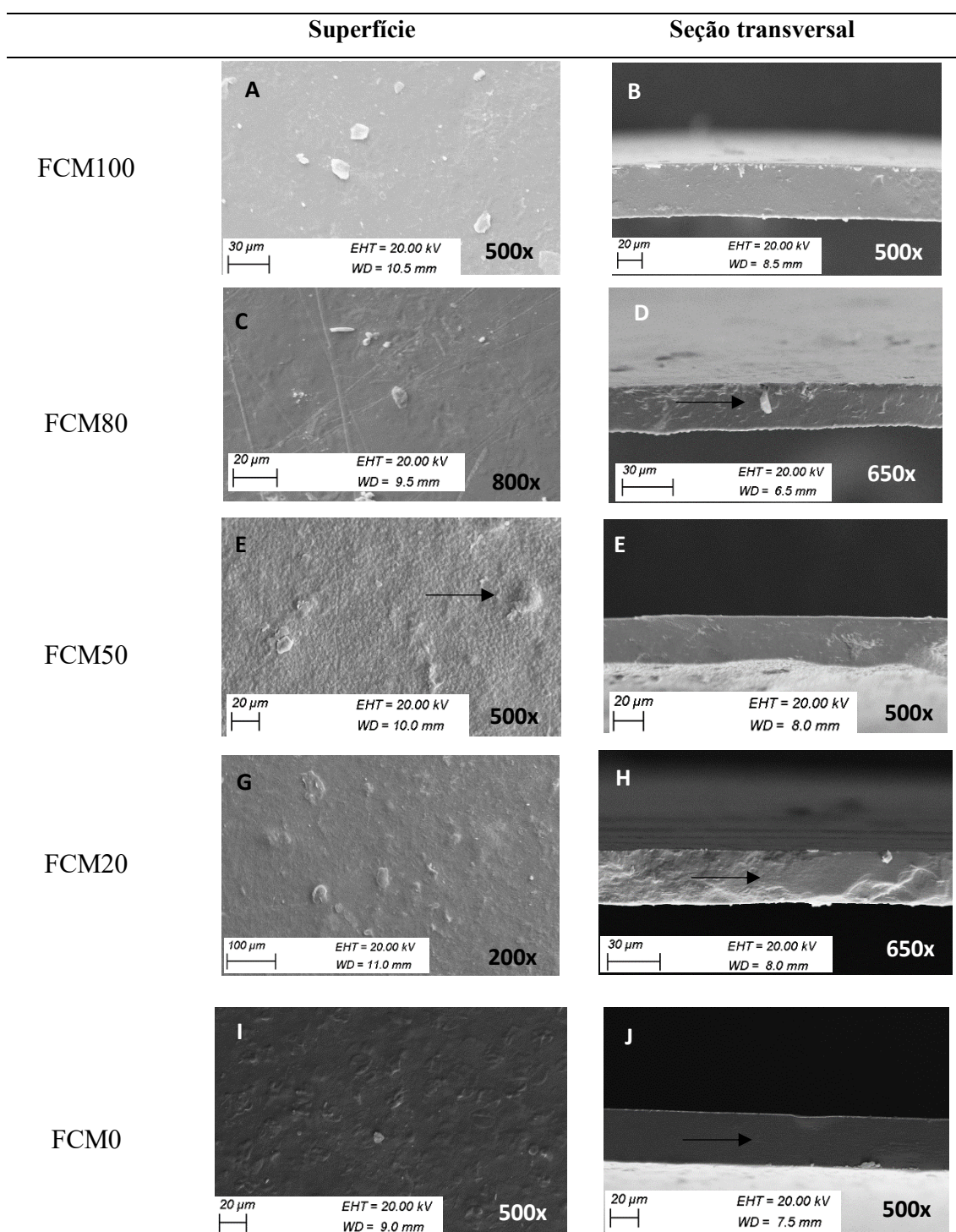
As formulações com maiores teores de farinha, apresentaram maiores valores de taxa de deformação (Tabela 3). Assim, os filmes com a farinha podem ser considerados mais flexíveis quando comparados com alguns trabalhos descritos na literatura. Os filmes de Pelissari *et al.* (2013), apresentaram taxas de deformação de 6,8% para os filmes de farinha de banana verde e 1,3% para os filmes do amido da banana verde. Filmes de gelatina, glicerol e nanofibras de celulose, tiveram valores de taxas de deformação entre 1 e 2,5%. Além disso, os valores de RP desses filmes de gelatina foram de 3 a 10 MPa (ANDRADE-PIZARRO, SKURTYS E OSORIO-LIRA, 2015), sendo então menos resistentes em alguns casos dos filmes do presente estudo. Contudo os resultados para esses parâmetros foram semelhantes aos encontrados por Arquélau, *et al.*, (2019), estudando filmes obtidos com casca de banana madura.

Os resultados obtidos para as propriedades mecânicas dos filmes, mostram que as proteínas e os lipídeos presentes na farinha de casca de mandioca podem ter colaborado com o efeito plastificante, tornando os filmes mais flexíveis, entretanto menos resistentes.

✓ Microscopia eletrônica de varredura

Nas imagens SEM foi possível observar a estrutura morfológica dos filmes superficialmente e no corte transversal (Figura 2).

Figura 2) Imagens SEM de superfície e seção transversal dos filmes.



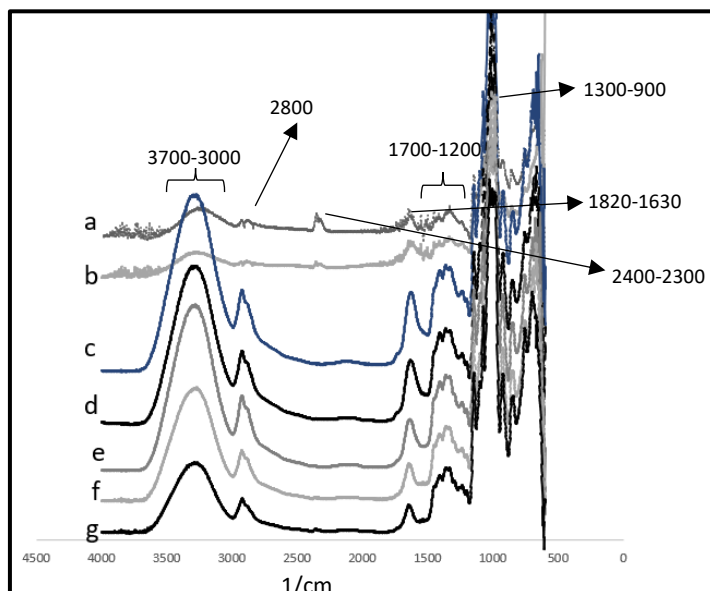
Legenda: A: superfície do filme FCM 100%; B: seção transversal do filme FCM 100%; C: superfície do filme FCM 80%; D: seção transversal do filme FCM80%; E: superfície do filme FCM 50; F: seção transversal do filme FCM 50%; G: superfície do filme FCM 20%, H: seção transversal do filme FCM 20%; I: superfície do filme de amido; J: seção transversal do filme de amido

Todos os filmes testados apresentaram uma matriz compacta e coesa sem presença de bolhas ou rachaduras. Foi observado pelas imagens da seção transversal que todos os filmes apresentaram estrutura compacta e contínua, e quanto maior a concentração de amido mais pronunciada foi essa característica, com superfície mais lisa em comparação aos outros (Fig. 2A - B). O mesmo foi relatado por Pelissari et al (2013) e Silva et al (2020) para filmes com farinha de banana e farinha de casca de banana com extrato de nêspera respectivamente, quando comparados com filme padrão de amido. O filme contendo apenas farinha (Fig 1 A - B) apresentou estrutura bem semelhante ao filme elaborado somente com amido (Fig. I - J). Outros filmes com resíduos agroindustriais apresentaram rugosidade na sua estrutura, como filmes de casca de banana madura (Silva et al 2020) e filme de resíduo de polpa de acerola (Nascimento et al 2019).

✓ Análise Por Espectroscopia No Infravermelho

Os espectros, em triplicata, obtidos neste trabalho para as amostras de farinha (FCM), amido e seus respectivos filmes (FCM100, FCM80, FCM50, FCM20 e FCM0) podem ser visualizados na Figura 3.

Figura 3) Espectro dos filmes elaborados com o resíduo, farinha e amido de milho



Legenda: a) amido de milho, b) Farinha de casca de mandioca, c) FCM100, d) FCM80, e) FCM50, f) FCM20 g) FCM0

De modo geral, os espectros foram bem próximos para todas as formulações de filmes, bem como as matérias-primas estudadas. Diferiram apenas em intensidade dos

picos e o pico encontrado nas farinhas e amido entre 2400-2300 cm^{-1} não foi observado em nenhum dos filmes estudados.

Os grupos hidroxila livres absorvem energia entre 3650 - 3584 cm^{-1} , as bandas observadas na região 3000 - 3700 cm^{-1} nos espectros dos filmes, bem como das matérias primas utilizadas, pode ser atribuído ao alongamento dos grupos -OH, provocado pela formação de hidrogênio vínculos nas matrizes em estudo (SILVERSTEIN et al., 2007). Liu et al. (2012) obtiveram o espectro no infravermelho para amostras de amido de batata, de bandas largas de absorção entre 3000 e 3600 cm^{-1} , atribuídas a ligações OH decorrente dos grupos hidroxilas presentes nas moléculas de amido.

Os valores da segunda bandas encontradas para os filmes, farinhas e amido (2800 cm^{-1}) são semelhantes e indicam a existência de grupos CH_2 . Kizil et al. (2002) mencionaram que as diferentes intensidades das bandas entre 2800 - 3000 cm^{-1} pode ser atribuído à variação nas quantidades de amilose e amilopectina. A partir das observações do presente estudo, pode-se constatar que as bandas detectadas nos espectros dos filmes foram mais intensas, quando comparado os das farinhas e amido, que pode estar associado ao maior teor de amilose nos filmes. Os resultados foram semelhantes aos encontrados por Pelissari *et al.* (2013) com filmes de amido de banana verde e farinha de banana verde. O pico em 3000-2800 cm^{-1} é característico de estiramento de grupos metílicos e metilênicos, comuns em estruturas lignocelulósicas (NETO et al., 2013).

Warren et al. (2016), obteve espectro com amostras de amido secas onde demonstrou grande número de bandas de absorção na região de 1700–1200 cm^{-1} , possivelmente provenientes de componentes menores presentes em conjunto com o amido como lipídeos e proteínas, além de picos na região de 2900 cm^{-1} indicando estiramentos de ligações C-H. As maiores bandas de absorção podem ser observadas na região de 1300–1000 cm^{-1} , provenientes de ligações C-O e C-OH. Os espectros dos filmes, farinhas e amido foram semelhantes aos obtidos por Warren et al. (2016), apresentando grandes bandas de absorção na região entre 1700-1200 cm^{-1} , caracterizando a possível presença de outras moléculas como proteínas e lipídeos.

Os picos entre 2400 - 2300 cm^{-1} foram praticamente inexistentes nas amostras de todos os filmes, encontrados apenas para a farinha de resíduo e amido. Esses picos são descritos como indícios de interações entre o amido e as proteínas que podem ocorrer em

materiais de origem vegetal. Esses picos não foram observados no espectro de amido obtido por Warren et al. (2016).

Pode-se dizer que a interpretação exata de espectros no infravermelho para amostras é relativamente complexa, não sendo, por vezes, possível extrair informações com exatidão já que os picos e bandas de absorção verificados se apresentam de forma ambígua e pouco definidos, podendo oferecer mais de uma possibilidade de interpretação (WARREN et al., 2016).

CONCLUSÃO

Este estudo foi capaz de agregar conhecimento quanto ao uso de tecnologias sustentáveis que são capazes de reduzir custos e impacto ambiental, pelo aproveitamento de resíduos agroalimentares na elaboração de filmes e revestimentos comestíveis que podem agregar valor comercial aos resíduos de casca de mandioca.

A concentração de amido de milho adicionada nos filmes produzidos com farinha de casca de mandioca interferiu na espessura, na intensidade da cor, nas resistências mecânicas, no módulo elástico e na permeabilidade ao vapor de água. Sendo então consideradas uma matéria-prima promissora para elaboração de filmes comestíveis com baixo custo.

Pensando na aplicação em alimentos frescos, é desejável uma baixa permeabilidade ao vapor d'água, baixa rigidez e adesividade. Nas condições estudadas foi possível chegar a essas características com a menor concentração de amido.

Agradecimentos

Agradecemos a agência de fomento CAPES pelo apoio financeiro, UFSJ pela parceria Laboratório de Microscopia Eletrônica e Análise Ultraestrutural da Universidade Federal de Lavras.

REFERÊNCIAS

ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D. Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. *Braz J Food Technol*, v. 17, n. 2, p. 87-97, 2014.

ASTM. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting – D882 – 12. Annual book of ASTM, Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials, 2012.

BOURSCHEIDT, C. et al. ESTUDO DA SECAGEM DO BAGAÇO DE MALTE RESÍDUO ÚMIDO OBTIDO DO PROCESSO INDUSTRIAL DE CERVEJARIA. In: SINGER, 2., 2011, Foz do Iguaçu. Anais... . Foz do Iguaçu: Anais, 2011. p. 1 – 4

CAZÓN, P. *et al.* Polysaccharide-based films and coatings for food packaging: A review. *Food Hydrocolloids*, v. 68, p. 136-148, 2017.

FAKHOURI, F. M. *et al.* Edible films and coatings based on starch/gelatin: Film properties and effect of coatings on quality of refrigerated Red Crimson grapes. *Postharvest Biology and Technology*, v. 109, p. 57-64, 2015.

Nascimento, J. A. D. A., Gomes, L. K. S., Duarte, D. S., Lima, M. A. C. D., & Britto, D. D. (2019). Stability of nanocomposite edible films based on polysaccharides and vitamin C from agroindustrial residue. *Materials Research*, 22.

Pelissari, F. M., Andrade-Mahecha, M. M., Sobral, P. J. A., & Menegalli, F. C. (2013). Comparative study on the properties of flour and starch films of plantain bananas (*Musa paradisiaca*). *Food Hydrocolloids*, 30, 681–690

SARTORI, T., MENEGALLI, F. C. Development and characterization of unripe banana starch films incorporated with solid lipid microparticles containing ascorbic acid. *Food Hydrocolloids*, v. 55, p. 210-219, 2016.

Silva, V. D. M., Macedo, M. C. C., Rodrigues, C. G., dos Santos, A. N., e Loyola, A. C. D. F., & Fante, C. A. (2020). Biodegradable edible films of ripe banana peel and starch enriched with extract of *Eriobotrya japonica* leaves. *Food Bioscience*, v. 38, p. 100750.

AHMAD, M. *et al.* Optical and thermo-mechanical properties of composite films based on fish gelatin/rice flour fabricated by casting technique. *Progress in Organic Coatings*, v. 84, p. 115-127, 2015.

ANDRADE, R. M. S. Desenvolvimento e caracterização de filmes biodegradáveis à base de resíduos de frutas e hortaliças. 2014, 76f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

ANDRADE-PIZARRO, R. D.; SKURTYS, O.; OSORIO-LIRA, F. Effect of cellulose nanofibers concentration on mechanical, optical, and barrier properties of gelatin-based edible films. *DYNA*, v. 82, n. 191, p. 219-226, 2015.

ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D. Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. *Braz J Food Technol*, v. 17, n. 2, p. 87-97, 2014.

ATARÉS, L.; PEREZ-MASIA, R.; CHIRALT, A. The role of some antioxidants in the HPMC film properties and lipid protection in coated toasted almonds. **Journal of Food Engineering**, v. 104, n. 4, p. 649-656, 2011.

ASTM. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard terminology relating to plastics – D 883. Annual book of ASTM, Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials, 1999.

ASTM. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting – D882 – 12. Annual book of ASTM, Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials, 2012.

ASTM. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Thickness Measurement of Flexible Packaging Material – F2251 – 13. Annual book of ASTM, Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials, 2013.

ASTM. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics – D 638 – 14. Annual book of ASTM, Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials, 2014.

ASTM. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Practice for Conditioning and Testing Flexible Barrier Packaging – E171/E171M – 11. Annual book of ASTM, Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials, 2015.

ASTM. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials – E96/E96M – 16. Annual book of ASTM, Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials, 2016.

BASIAK, E.; LENART, A.; DEBEAUFORT F. Effect of starch type on the physico-chemical properties of edible films. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 98, p. 348–356, 2017.

BOURSCHEIDT, C. et al. ESTUDO DA SECAGEM DO BAGAÇO DE MALTE RESÍDUO ÚMIDO OBTIDO DO PROCESSO INDUSTRIAL DE CERVEJARIA. In: SIGER, 2., 2011, Foz do Iguaçu. Anais... . Foz do Iguaçu: Anais, 2011. p. 1 – 4

BRÍGIDA, A. I. S.; CALADO, V. M. A.; GONÇALVES, L. R. B.; COELHO, M. A. Z.; Carbohydr. Polym. 2010, 79, 832.

BRIONES, R., TORRES, L., SARAVIA, Y., SERRANO, L., LABIDI, J. Liquefied agricultural residues for film elaboration. *Industrial Crops and Products*, n. 78, 19 – 28 p., 2015.

CAZÓN, P. *et al.* Polysaccharide-based films and coatings for food packaging: A review. *Food Hydrocolloids*, v. 68, p. 136-148, 2017.

CUQ, B. et al. Edible Packaging Films Based on Fish Myofibrillar Proteins: Formulation and Functional Properties. *Journal of Food Science*, v. 60, n. 6, p. 1369-1374, 1995.

DAI, L., QIU, C., XIONG, L., SUN, Q. Characterisation of corn starch-based films reinforced with taro starch nanoparticles. *Food Chemistry*, v. 174, 82 – 88 p., 2015.

DE MORAES, J. O., SCHEIBE, A. S., SERENO, A., LAURINDO, J. B. Scale-up of the production of cassava starch based films using tape-casting. *Journal of Food Engineering*, v. 119, 800 – 808 p., 2013.

DUKALSKA, L. *et al.* *Studies of biodegradable polymer material suitability for food packaging applications*. 3rd Baltic Conference on Food Science and Technology. *FOODBALT - 2008. Conference Proceedings*. 2008. p. 64-68. Faculty of Food Technology, Latvia University of Agriculture, Jelgava. Disponível em <<http://lufb.ltu.lv/conference/foodbalt/2008/Foodbalt-Proceedings-2008-64-68.pdf>>. Acesso em 15 ago. 2019.

EÇA, K. S. et al. Development of Active Films From Pectin and Fruit Extracts: Light Protection, Antioxidant Capacity, and Compounds Stability. *J Food Sci*, v. 80, n. 11, p. C2389- C2396, 2015.

FAKHOURI, F. M. et al. Films and edible coatings based on native starches and gelatin in the conservation and sensory acceptance of Crimson grapes. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, v.27 n.2, 2007.

FAKHOURI, F. M *et al.* Edible films and coatings based on starch/gelatin: Film properties and effect of coatings on quality of refrigerated Red Crimson grapes. *Postharvest Biology and Technology*, v. 109, p. 57-64, 2015.

GONTARD, N.; GUILBERT, S.; CUQ, J. L. Edible wheat gluten films: influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. *Journal of Food Science*, v. 57, p. 190-199, 1992.

GONTARD, N. *et al.* Edible Composite Films of Wheat Gluten and Lipids - Water-Vapor Permeability and Other Physical-Properties. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 29, p. 39-50, 1994.

HAN, J. H.; GENNADIOS, A. Edible films and coatings: a review. In: HAN, J. H. (Editor). *Innovations in Food Packaging*. Amsterdam: Elsevier Science & Technology Books, capítulo 15, p. 239-262, 2005.

IAHNKE, A. O. S. Filmes biodegradáveis com propriedades funcionais produzidos a partir de resíduos industriais. 2015. 124f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Ciências e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. 2. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985.

JOSHI, H. N.; KRAL, M. A.; TOPP, E. M. Microwave drying of aqueous tablet film coatings: a study on free films. *International Journal of Pharmaceutics*, v. 51, n. 1, p. 19-25, 1989.

KANMANI, P.; RHIM, J. W. Physical, mechanical and antimicrobial properties of gelatin based active nanocomposite films containing AgNPs and nanoclay. *Food Hydrocolloids*, v. 35, p. 644-652, 2014

KIZIL, R.; IRUDAYARAJ, J.; SEETHARAMAN, K. Characterization of irradiated starches by using FT-Raman and FTIR spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 50, n. 14, p. 3912-3918, 2002

LEÃO, Daniela Pereira. *Avaliação comparativa do potencial de farelo de trigo comercial e pericarpo de pequi como substratos na produção de fibras com capacidade*

antioxidante. 2013. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

LÓPEZ, O. V., VERSINO, F., VILLAR, M. A., GARCÍA, M. A. Agro-industrial residue from starch extraction of *Pachyrhizus ahipa* as filler of thermoplastic corn starch films. *Carbohydrate Polymers*, n. 134, 324 – 332 p., 2015.

MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E.; YAMASHITA, F. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. *Semina Agrárias*, v. 31, n. 1, p. 137-156, 2010.

MATTA JUNIOR, Manoel Divino da. *Caracterização de biofilmes obtidos a partir do amido de ervilha (Pisum sativum) associado à goma xantana e glicerol*. 2009. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2009.

MARTELLI, M. R. *et al.* Effect of chitosan nanoparticles and pectin content on mechanical properties and water vapor permeability of banana puree films. *Journal of Food Science*, v. 78, n. 1, p. 98-104, 2013.

NASCIMENTO, T. A., CALADO, V., & CARVALHO, C. W. P. Development and characterization of flexible film based on starch and passion fruit mesocarp flour with nanoparticles. *Food Research International*, v. 49, p. 588-595, 2012.

NETO, J. C. O., HOLANDA, C. A., SANTANA, S. A. A., BEZERRA, C. W. B., SILVA, H. A. S. Adsorção do corante turquesa remazol por casca de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). *Caderno de Pesquisa*, v. 20, n. especial, 2013.

ORIANI, Vivian Boesso. *Desenvolvimento e caracterização de coberturas comestíveis à base de fécula de mandioca adicionadas de óleos essenciais*. 2013. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

PELLISSARI, F. M. *et al.* Comparative study on the properties of flour and starch films of plantain bananas (*Musa paradisiaca*). *Food Hydrocolloids*, v. 30, p. 681-690, 2013.

RIGO, Lisandra Naiara. *Desenvolvimento e caracterização de filmes comestíveis*. 2006, 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Erechim, 2006.

SARTORI, T., MENEGALLI, F. C. Development and characterization of unripe banana starch films incorporated with solid lipid microparticles containing ascorbic acid. *Food Hydrocolloids*, v. 55, p. 210-219, 2016.

SELIGRA, P. G., JARAMILLO, C. M., FAMÁ, L., GOYANES, S. Biodegradable and non-retrogradable eco-films based on starch-glycerol with citric acid as crosslinking agente. *Carbohydrate Polymers*, n. 138, 66 – 74 p., 2016.

SIRACUSA, V. *et al.* Biodegradable polymers for food packaging: a review. *Trends in Food Science & Technology*, v. 19, n. 12, p. 634-643, 2008.

SILVERSTEIN, R. M.; WEBSTER, F. X.; J-KIEMLE, D. Identificação espectrofotométrica de compostos orgânicos. Rio de Janeiro, Brasil: Editora LTC, 2007. 490p.

SOBRAL, P. J. do A.; OCUNO, D. Permeabilidade ao vapor de água de biofilmes à base de proteínas miofibrilares de carne. *Brazilian Journal of Food Technology*, vol. 3, n. 3, p. 11-16, 2000.

Souza, V. G. L., Fernando, A. L., Pires, J. R. A., Rodrigues, P. F., Lopes, A. A. S., & Fernandes, F. M. B. (2017). Physical properties of chitosan films incorporated with natural antioxidants. *Industrial Crops & Products*, 107, 565–572. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.04.056>.

STOLL, L. Desenvolvimento e aplicação de filmes biodegradáveis com antioxidantes extraídos a partir de bagaço de uva, um resíduo da indústria vitivinícola. 2015. 116f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Ciências e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

STOLL, L. *et al.* Microencapsulation of anthocyanins with different wall materials and its application in active biodegradable films. *Food and Bioprocess Technology*, v. 9, p. 172–181, 2016.

STOLL, L. *et al.* Active biodegradable film with encapsulated anthocyanins: Effect on the quality attributes of extra-virgin olive oil during storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 41, p. 1-8, 2017.

SCHMIDT, V. C. R. *et al.* Water vapor barrier and mechanical properties of starch films containing stearic acid. *Industrial Crops and Products*, v. 41, p. 227-234, 2013.

SOUZA, B. W. S. *et al.* The use of electric fields for edible coatings and films development and production: a review. *Food Engineering Reviews*, v. 2, p. 244-255, 2010.

VEIGA-SANTOS, P.; CEREDA, M. P.; SCAMPARINI, A. R. P. Cassava Starch- Gelatin Bio-Based Films: Structural Stability and Color During Storage. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, v. 26, p. 123-134, 2008.

WANG, Q. *et al.* Antioxidant activity and physicochemical properties of chitosan films incorporated with *Lycium barbarum* fruit extract for active food packaging. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 50, p. 458-464, 2015.

WARREN, F. J., GIDLEY, M. J., FLANAGAN, B. Infrared spectroscopy as a tool to characterize starch ordered structure – a joint FTIR-ATR, NMR, XRD and DSC study. *Carbohydrate Polymers*, 139 v., 35 – 42 p., 2016.

R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Etapas Futuras:

- Avaliar a incorporação de partículas contendo ativos no filme de casca de mandioca obtido no capítulo etapa 4;
- Produzir e caracterizar quanto a vida de prateleira de frutas minimamente processadas protegidas pelo filme funcional;
- Estudar a estabilidade e viabilidade dos micro-organismos probióticos;
- Analisar sensorialmente os frutos minimamente processados e revestidos com os filmes obtidos.
- Estudar a digestibilidade dos frutos revestidos com o probiótico.