

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA**

SAYENY DE ÁVILA GONÇALVES

**APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DAS AGROINDÚSTRIAS CERVEJEIRA E
MACAÚBA PARA A OBTENÇÃO DE FARINHAS ALIMENTÍCIAS E SUA
UTILIZAÇÃO EM BISCOITOS TIPO *COOKIE***

**BELO HORIZONTE - MG
2019**

SAYENY DE ÁVILA GONÇALVES

**APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DAS AGROINDÚSTRIAS CERVEJEIRA E
MACAÚBA PARA A OBTENÇÃO DE FARINHAS ALIMENTÍCIAS E SUA
UTILIZAÇÃO EM BISCOITOS TIPO *COOKIE***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do Grau Mestre em Engenharia Química.
Linha de Pesquisa: Engenharia de Alimentos
Orientador: Maria Helena Caño de Andrade

BELO HORIZONTE – MG
2019

FICHA CATALOGRÁFICA

G635a	<p>Gonçalves, Sayeny de Ávila. Aproveitamento de resíduos das agroindústrias cervejeira e macaúba para obtenção de farinhas alimentícias e sua utilização em biscoitos tipo <i>cookie</i> [recurso eletrônico] / Sayeny de Ávila Gonçalves. - 2019. 1 recurso online (xxi,152 f. : il., color.) : pdf.</p> <p>Orientadora: Maria Helena Caño de Andrade.</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.</p> <p>Anexos: f. 150-152. Inclui bibliografia.</p> <p>Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.</p> <p>1. Engenharia química - Teses. 2. Biscoitos– Teses. 3. Farinhas – Teses. 4. Macaúba – Teses. I. Andrade, Maria Helena Caño de. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 66.0(043)</p>
-------	--

Ficha catalográfica: Biblioteca Prof. Mário Werneck, Escola de Engenharia da UFMG

AGRADECIMENTOS

A Deus que sempre me inspira e me leva ao caminho de maior aprendizado, que me fortalece mesmo diante das batalhas mais difíceis.

A minha orientadora, Professora Maria Helena por toda a ajuda no trabalho, pela oportunidade de seus ensinamentos, confiança, apoio, incentivo e paciência.

A minha amiga e companheira de trabalho, *Alessandra* por toda ajuda, amizade e dedicação.

Aos meus amigos por toda a ajuda e companheirismo durante essa jornada.

A todas as pessoas que convivi e me ajudaram durante o estágio em Córdoba, principalmente ao Professor Dr. Pablo D. Ribotta e a Fernanda. Não tenho palavras pra mensurar a minha gratidão.

A todos os meus professores por todos os ensinamentos transmitidos.

A minha irmã Rayeny, pelo apoio em tudo na vida, pela ajuda no trabalho, pelas risadas. Com certeza tudo o que eu faço é por nós duas.

A minha avó, Dona Zola, que eu amo tanto.

A minha família pela compreensão, pelo apoio, pela confiança e por vibrarem comigo a cada vitória alcançada.

Enfim a minha imensa gratidão a todos aqueles que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Com à crescente preocupação com a preservação do meio ambiente e ao advento da inovação biotecnológica, busca-se cada vez mais identificar, quantificar e qualificar os resíduos agroindustriais, a fim de desenvolver novas perspectivas para o seu aproveitamento. Nesse contexto, os resíduos agroindustriais da produção de cerveja, o bagaço de malte, e também os da cadeia produtiva da macaúba, a torta da polpa do fruto da macaúba, se mostram promissores por apresentarem em sua composição nutrientes essenciais, tais como fibras e biomoléculas ativas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a potencialidade da utilização desses resíduos como matérias-primas para a produção de farinhas, seguido de sua utilização para a fabricação de biscoitos tipo *cookie*. A composição físico-química das farinhas da Macaúba (MC), puro malte (PM) e mistas (MS) e suas propriedades tecnológicas foram determinadas. Foram elaborados *cookies*, com substituição da farinha de trigo pelas farinhas MC, MS e PM em três níveis: 5%, 10% e 15%. As características físicas e tecnológicas dos biscoitos tipo *cookie* foram analisadas. A composição centesimal das farinhas indicaram que são matérias-primas com potencial para a produção de novos produtos alimentícios por possuírem alto valor nutritivo, principalmente em proteínas e fibra bruta. A partir dos ensaios realizados, pode-se afirmar que a incorporação das farinhas MC, PM e MS à farinha de trigo altera a qualidade dos biscoitos, suas características tecnológicas e sensoriais.

Palavras-chave: farinhas, resíduos agroindustriais, macaúba, bagaço de malte, *cookies*.

ABSTRACT

Nowadays, with intense concern for the preservation of the environment and with the advent of biotechnological innovation, there is a growing interest in identifying, quantifying and qualifying agroindustrial residues, in order to develop new products for their use. In this context, the residues generated in the production of beer (brewery spent grain) and also the industry of macauba (residual pulp), are shown to be promising because they present essential nutrients, such as fibers and active biomolecules. This work aimed to evaluate the potential use of these residues as raw materials for the production of flours, followed by their use for the manufacture of *cookie*. The physico-chemical composition and technological properties of Macaúba (MC), pure malt (PM) and mixed (MS) flour were determined. It was elaborated *cookies* using the flours to replace wheat flour on three levels: 5%, 10%, and 15%. The physical and technological characteristics of the *cookies* were analyzed. The flours presented a composition that makes them materials of interest for the production of new food products with high nutritional value, mainly fibers. The incorporation of macauba cake (MC), pure malt (PM) and mixed (MS) flours alters the quality of biscuits and their technological and sensorial characteristics.

Keywords: agro-industrial waste, macauba, brewery spent grain, *cookies*.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1 - Palmeira Macaúba.	35
Figura 2 - Fruto da Macaúba e suas partes.	35
Figura 3 - Composições químicas e perfil de utilização de partes do fruto da Macaúba.	38

CAPÍTULO II

Figura 1 - Curvas de cinética de secagem: (a) teor de umidade em função do tempo - curva típica em condições constantes de secagem, (b) curva da taxa de secagem em função do teor de umidade.	60
Figura 2 - Etapas de obtenção das matérias-primas e elaboração das farinhas.	62
Figura 3 - Despoldadeira para fruto de Macaúba.	65
Figura 4 - Etapas da produção de cerveja - Formulação I.	67
Figura 5 - Etapas da produção de cerveja - Formulação II.	679
Figura 6 - Moinho de Martelos.	752
Figura 7 - Resultados experimentais e da modelagem matemática para a secagem da polpa de Macaúba.	765
Figura 8 - Resultados experimentais e da modelagem matemática para a secagem do bagaço de malte.	767

CAPÍTULO III

Figura 1 - Modelo tridimensional CIEL*a*b*.	912
Figura 2 - Termograma - farinha PM.	978
Figura 3 - Distribuição do tamanho de partículas - farinha MC.	103
Figura 4 - Distribuição do tamanho de partículas - farinha MS.	103
Figura 5 - Distribuição do tamanho de partículas - farinha PM.	104
Figura 6 - Resultados ensaio DVS - farinha MC.	105
Figura 7 - Resultados ensaio DVS - farinha MS.	1067
Figura 8 - Resultados ensaio DVS - farinha PM.	106
Figura 9 - Adsorção MC.	10809
Figura 10 - Adsorção MS.	109
Figura 11 - Adsorção PM.	1090
Figura 12 - Capacidade de retenção de água e Índice de solubilidade das farinhas.	110

CAPÍTULO IV

Figura 1 - Gráfico ilustrativo para ensaio no equipamento Mixolab®.....	1267
Figura 2 - Etapas da análise da estrutura superficial dos biscoitos.	1312
Figura 3 - Resultado gráfico ensaio RVA.	1334
Figura 4 - Estrutura superficial dos <i>cookies</i> elaborados com as mesclas de farinha.....	144

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1 - Modelos matemáticos utilizados no estudo da cinética da secagem.	72
Tabela 2 - Teor de lipídeos e acidez titulável das tortas de polpa de Macaúba de diferentes regiões.....	734
Tabela 3 - Resultados modelagem matemática da secagem da Polpa da Macaúba.....	756
Tabela 4 - Resultados da modelagem matemática para a secagem do Bagaço de Malte.	76

CAPÍTULO III

Tabela 1 - Resultados da caracterização físico-química das farinhas MC, MS e PM.....	93
Tabela 2 - Composição centesimal farinha da polpa e farinha da torta de macaúba.....	94
Tabela 3 - Composição centesimal farinha do bagaço de malte.....	94
Tabela 4 - Teor de fibras de diferentes farinhas.....	96
Tabela 5 - Teor de pectina em diferentes matérias-primas.....	97
Tabela 6 - Parâmetros do termograma obtido em análise DSC para a farinha PM.....	98
Tabela 7 - Resultados FRAP e FOLIN.....	100
Tabela 8 - Conteúdo total de fenóis e atividade antioxidante de farinhas resíduos de frutas e girassol.....	101
Tabela 9 - Distribuição granulométrica - farinha MC.....	103
Tabela 10 - Distribuição granulométrica - farinha MS.....	104
Tabela 11 - Distribuição granulométrica - farinha PM.....	105
Tabela 12 - Parâmetros estatísticos e dos modelos matemáticos simulados.....	109
Tabela 13 - Resultados CRA e ISA.....	111
Tabela 14 - Capacidade de retenção de água de diferentes matérias-primas.....	112
Tabela 15 - Resultados parâmetros da cor.....	113

CAPÍTULO IV

Tabela 1 - Ingredientes utilizados na elaboração dos biscoitos tipo <i>Cookie</i>	129
Tabela 2 - Resultados obtidos nos ensaios com equipamento Mixolab.....	133

Tabela 3 - Resultados RVA.....	136
Tabela 4 - Umidade e características físicas dos <i>cookies</i>	138
Tabela 5 - Parâmetros CIELab - cor dos <i>cookies</i>	140
Tabela 6 - Parâmetros de análise de textura dos <i>cookies</i>	141
Tabela 7 - Resultados da análise da estrutura superficial dos <i>cookies</i>	144

LISTA DE SIGLAS

A – Acetona

AACC – American Association of Cereal Chemists

ABIMIPI - Associação brasileira das indústrias de biscoitos, massas alimentícias e pães & bolos industrializados

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANOVA – Análise de Variância

ANVISA – Agência Nacional da Vigilância Sanitária

b.s. – base seca

BET - Brunauer, Emmett and Teller

BM – Bagaço de Malte

CIE – Commission Internationale de L'Eclairage

CNNPA – Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos

CNPAE – Centro Nacional de Pesquisa de Agroenergia

CRA – Capacidade de retenção de água

DAF – Farinha Desengordurada de Amêndoa

DEQ – Departamento de Engenharia Química

DMS – Dimetilsulfato

DSC – Calorimetria diferencial de varredura

DVS - Automated multi-vapor gravimetric sorption analyzer

E – Etanol

EL – Extrato de levedura

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ET – Equivalente em TROLOX

EUA – Estados Unidos da América

FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação

FE – Fator de expansão

FRAP – Ferric Reducing Antioxidant Power

FRC – Folin- CiocalteuGA – Ácido gálico

GAB - Guggenheim, Anderson and de Boer

GAE – Equivalente de ácido gálico

GRL – Graus de Liberdade

IBU – Escala do amargor da cerveja

ISA – Índice de solubilidade em água

ISIDSA – Instituto Superior de Investigación, Desarrollo y Servicios en Alimentos

LAQ-DEQ – Laboratório de Análises Químicas do Departamento de Engenharia Química

LPPM – Laboratório de Processos e Produtos da Macaúba

M – Metanol

MAPA – Ministério da Agricultura, pecuária e abastecimento

MC – Farinha da torta da polpa da Macaúba

MCA – Extrato cetônico da farinha

MCE – Extrato etanoico da farinha de puro Macaúba

MCM – Extrato metanoico da farinha de Macaúba

MS – Farinha do bagaço misto de malte e Macaúba

MSA – Extrato cetônico da farinha mista do bagaço de malte e Macaúba

MSE – Extrato etanoico da farinha de farinha mista do bagaço de malte e Macaúba

MSM – Extrato metanoico da farinha mista do bagaço de malte e Macaúba

P – Erro médio relativo

PIB – Produto Interno Bruto

PM – Farinha do bagaço de malte puro

PMA – Extrato cetônico da farinha de puro bagaço de malte

PME – Extrato etanoico da farinha de puro bagaço de malte

PMM – Extrato metanoico da farinha de puro bagaço de malte

PPGEQ-UFMG – Programa de Pós-graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Minas Gerais

ppm – Partes por milhão

R² – Coeficiente de determinação

RDC – Resolução da Diretoria Colegiada

RVA – Rapid Vico Analyser

SE – Desvio padrão da estimativa

SEM – Standard Reference Method

TEAC – Capacidade Antioxidante Equivalente ao Troxol TPTZ – 2,4,6-Tris(2-pyridyl)-s-triazine

TQ – Trub quente

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

UNC – Universidad Nacional de Córdoba

UV – ultravioleta

LISTA DE SIMBOLOS

X_o	Umidade inicial em base seca	[%]
X_e	Umidade de equilíbrio	[%]
X	Umidade no tempo t	[%]
k	Constante de secagem	[]
°C	Graus Celsius	[]
CO ₂	Dióxido de Carbono	[]
Cu	Cobre	[]
Fe	Ferro	[]
g	Gramas	[]
g	Força da gravidade	[]
H ₂ O	Água	[]
H ₃ PMO ₁₂ O ₄₀	heteropoliácidos fosfomolibdicos	[]
HCl	Ácido clorídrico	[]
J	Joules	[]
kg	Quilogramas	[]
Mo	Molibdênio	[]
N	Número de observações	[]
Na ₂ CO ₃	Carbonato de sódio	[]
Na ₂ WO ₄	Heteropoliácidos fosfotungsticos	[]
NaCl	Cloreto de Sódio	[]
nm	Nanômetros	[]
O ₂	Oxigênio	[]
rpm	Rotações por minuto	[]
RU	Razão de umidade	[]
Tf	Temperatura final	[]
To	Temperatura de início	[]
Tp	Temperatura de pico	[]
TPTZ	2,4,6-tripiridil-s- triazina	[]
W	Tungstênio	[]
Xc	Umidade crítica	[]
Y	Valor Experimental	[]
Y'	Valor Predito	[]

ΔH	Entalpia de transição	[]
Mpa	Mega Pascal	[]
H°	Ângulo de Hue	[]
a_w	Atividade de água	[]
A e b	Constantes dos modelos de adsorção de Oswin	[]
K_G C_G	Constantes dos modelos de adsorção	[]
C	Constante de BET	[]
W_m	Umidade na monocamada molecular	[%]
ABS	Absorção de água	[%]
TDM	Tempo de desenvolvimento da massa	[min]
EST	Estabilidade da Massa	[min]
AMP	Amplitude	[Nm]
VP	Viscosidade de pico	[cP]
VM	Viscosidade média	[cP]
VF	Viscosidade final	[cP]
FM	Força máxima de ruptura	[N]
d	Distância entre os pontos de suporte	[cm]
b	Diâmetro médio dos <i>cookie</i>	[cm]
h	Espessura média dos <i>cookies</i>	[cm]
Def	Módulo de deformabilidade	[seg]
σ	Esforço de ruptura	[Mpa]
FA	Fração de área	[]
D	Dimensão fractal da superfície	[]
D[3.4]	Volume médio	[μm^3]
D90	Ponto da distribuição granulométrica em que estão contidas 90% das partículas	[μm]
D50	Ponto da distribuição granulométrica em que estão contidas 50% das partículas	[μm]
D10	Ponto da distribuição granulométrica em que estão contidas 10% das partículas	[μm]

APRESENTAÇÃO

Esta dissertação está estruturada em quatro capítulos. O Capítulo I apresenta uma introdução geral, os objetivos do trabalho e uma revisão bibliográfica sobre os principais assuntos abordados, compondo assim o embasamento teórico para os próximos capítulos. O Capítulo II, trata sobre a obtenção da matéria-prima para a produção de cada farinha e do procedimento para a obtenção das mesmas. O Capítulo III contempla a caracterização completa das farinhas obtidas quanto a sua composição e propriedades tecnológicas. O quarto capítulo apresenta o desenvolvimento de biscoitos tipo *cookie* utilizando-se diferentes proporções de cada farinha, em diferentes níveis de substituição da farinha de trigo, bem como a caracterização das mesclas e dos biscoitos.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I: FUNDAMENTAÇÃO INICIAL	21
1. INTRODUÇÃO	22
2. OBJETIVOS	24
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	24
3.1. RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS	24
3.2. FARINHAS	27
3.3. BISCOITOS TIPO <i>COOKIE</i>	30
3.4. MACAÚBA	34
3.4.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA MACAÚBA.....	34
3.4.2. POTENCIALIDADES DA MACAÚBA	36
3.4.3. TORTA DA POLPA DA MACAÚBA	38
3.5. CERVEJA	39
3.5.1. MATÉRIAS-PRIMAS	40
3.5.2. PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CERVEJA	42
3.5.3. GERAÇÃO DE RESÍDUOS NA PRODUÇÃO DE CERVEJA.....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
CAPÍTULO II: OBTENÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS E PRODUÇÃO DA FARINHA	57
1. INTRODUÇÃO.....	58
2. OBJETIVO	59
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DO PROCESSO DE SECAGEM	59
4. METODOLOGIA	62
4.1.OBTENÇÃO DAS MATÉRIAS PRIMAS PARA A PRODUÇÃO DAS FARINHAS	62
4.1.1. OBTENÇÃO DA TORTA DA POLPA DE MACAÚBA	63
4.1.1.1. Coleta dos frutos	63
4.1.1.2. Higienização e armazenamento	64
4.1.1.3. Secagem dos frutos	64
4.1.1.4. Descascamento e despulpagem	64
4.1.1.5. Secagem da polpa	65
4.1.1.6. Prensagem da polpa	66

4.1.1.7. Análises preliminares	67
4.1.2.OBTENÇÃO DO BAGAÇO DE MALTE E BAGAÇO MISTO	67
4.1.2.1. Elaboração da receita.....	68
4.1.2.2. Mosturação.....	68
4.1.2.3. Fervura e resfriamento do mosto	69
4.1.2.4. Fermentação e maturação.....	70
4.1.2.5. Carbonatação e envase	Error! Bookmark not defined.
4.2. OBTENÇÃO DAS FARINHAS	70
4.3.CINÉTICA DE SECAGEM: POLPA DE MACAÚBA E RESÍDUO CERVEJEIRO.....	71
5. RESULTADOS	72
5.1. ANÁLISE PRELIMINAR DAS TORTAS.....	72
5.2. CINÉTICA DE SECAGEM DA POLPA DA MACAÚBA	73
5.3. CINÉTICA DE SECAGEM DO BAGAÇO DE MALTE	75
6. CONCLUSÃO.....	77
7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
CAPÍTULO III: CARACTERIZAÇÃO DAS FARINHAS.....	82
1. INTRODUÇÃO	83
2. OBJETIVO	83
3. METODOLOGIA	84
3.1. COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA.....	84
3.1.1. TEOR DE UMIDADE	84
3.1.2. CINZAS	84
3.1.3. TEOR DE LIPÍDEOS.....	85
3.1.4. TEOR DE PROTEÍNAS	85
3.1.5. TEOR DE CARBOIDRATOS.....	85
3.1.6. TEOR DE FIBRA BRUTA.....	85
3.1.7. TEOR DE PECTINA.....	85
3.2. CALORIMETRIA DIFERENCIAL DE VARREDURA - DSC	86
3.3.EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS COM ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E COMPOSTOS FENÓLICOS.....	86

3.4. COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS – FOLIN	86
3.5. PODER ANTIOXIDANTE DE REDUÇÃO DO FERRO (FRAP)	87
3.6. CARACTERIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA DAS PARTÍCULAS	87
3.7. ISOTERMAS DE SORÇÃO	88
3.8. PROPRIEDADES DE HIDRATAÇÃO	90
3.9. COR	90
3.10. ANÁLISE ESTATÍSTICA	91
4. RESULTADOS.....	91
4.1. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS FARINHAS	91
4.2. CALORIMETRIA DIFERENCIAL DE VARREDURA.....	96
4.3. COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE.....	97
4.4. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA	101
4.5. SORÇÃO	105
4.6. PROPRIEDADES DE HIDRATAÇÃO	109
4.7. COR.....	112
5. CONCLUSÃO	113
6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	114
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115
CAPÍTULO IV: CARACTERIZAÇÃO DOS BISCOITOS TIPO <i>COOKIE</i>.....	123
1. INTRODUÇÃO	124
2. OBJETIVO	125
3. METODOLOGIA	125
3.1. PREPARO DAS MESCLAS DE FARINHA.....	125
3.2. ANÁLISE EM MIXOLAB	126
3.3. VISCOSIDADE	127
3.4. ELABORAÇÃO DOS BISCOITOS TIPO <i>COOKIE</i>	128
3.5. ANÁLISE DA QUALIDADE DOS <i>COOKIES</i>	129
4. RESULTADOS.....	131
4.1. MIXOLAB.....	131
4.2. VISCOSIDADE	133
4.3. UMIDADE E CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS BISCOITOS	136
4.4. COR	138

4.5. TEXTURA.....	140
4.6. ANÁLISE DA ESTRUTURA SUPERFICIAL DOS <i>COOKIES</i>.....	141
5. CONCLUSÃO	144
6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	144
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	146
ANEXO I.....	149
ANEXO II.....	150
ANEXO III.....	151

Capítulo: Fundamentação Inicial

1. INTRODUÇÃO

Devido à crescente preocupação com a preservação do meio ambiente e ao advento da inovação biotecnológica, busca-se cada vez mais identificar, quantificar e qualificar os resíduos agroindustriais, a fim de desenvolver novas perspectivas para o seu aproveitamento. Em geral, resíduos agroindustriais provenientes de processos de extração são de baixo custo e por serem constituídos essencialmente por matéria-prima orgânica, rica em açúcares, fibras e proteínas, o seu aproveitamento para fins alimentícios é bastante atrativo (COSTA, 2014).

Em geral, um melhor aproveitamento desses resíduos é obtido por meio do emprego da secagem seguida da cominuição, obtendo-se, assim, a farinha, um novo produto com vida útil mais longa, mais fácil de ser transportado e que pode ser utilizado na elaboração de outros alimentos, tais como pães, bolos, biscoitos e etc. (COSTA, 2014).

O consumo de partes usualmente não comestíveis dos alimentos, como cascas e bagaço, propicia maior oferta de produtos alimentícios, reduz o desperdício, gera novas matérias-primas para a indústria, além de ser uma estratégia para agregar aos alimentos industrializados nutrientes essenciais e/ou funcionais que auxiliam a manutenção da boa saúde, sem elevar tanto o custo de produção (COSTA, 2014).

Assim, conhecer a composição e as características físico-químicas desse tipo de matéria-prima é importante para avaliar o seu potencial de utilização e o papel que esse desempenhará na dieta de indivíduos e de populações (COSTA, 2014). Adicionalmente, a determinação das propriedades reológicas e tecnológicas desse potencial alimento é fundamental para o dimensionamento e a operacionalização de equipamentos envolvidos no processamento, bem como no controle de qualidade do produto, na determinação de sua vida de prateleira e aceitação pelos consumidores (BUFFO e REINECCIUS, 2002).

A Macaúba (*Acrocomia aculeata* Jack. Lodd. Ex Mart) é uma palmeira de ampla distribuição no território brasileiro, que pode ser considerada uma das espécies com maior potencial econômico, devido à elevada produtividade de óleos e a possibilidade de aproveitamento integral dos seus coprodutos. Além disso, seu sistema de cultivo é considerado sustentável do ponto de vista ambiental, social e econômico (ZANATTA, 2015). Do ponto de vista industrial, os produtos da cadeia produtiva da Macaúba de maior interesse são os óleos da polpa e da amêndoa, que podem ser utilizados como matéria-prima para alimentos, biocombustíveis e cosméticos (QUEIROZ, 2016; PIMENTA, 2010). O processamento do

fruto para a extração dos óleos da polpa e da amêndoa geram também as tortas, matérias-primas comprovadamente ricas em fibras, carboidratos, proteínas, vitamina C, entres outros compostos, corroborando a aplicabilidade em produtos alimentícios para humanos (VEREDIANO, 2010; QUEIROZ, 2016; PIMENTA, 2010).

O mercado cervejeiro representa 1,6% do PIB e 14% da indústria de transformação nacional, sendo de grande importância no cenário industrial brasileiro. A produção anual de cerveja no Brasil em 2016 chegou a 14 bilhões de litros e a perspectiva é de crescimento (CERVBRASIL, 2018). No entanto, o processo de produção de cerveja gera grande quantidade de resíduos, que podem representar custos e problemas ambientais principalmente para as micro e pequenas cervejarias. Na produção de 100 litros de cerveja são gerados de 14 a 20 kg de bagaço de malte (SANTOS *et al.* 2005; CORDEIRO, 2011). Atualmente, a destinação da maior parte desse resíduo é a alimentação animal, entretanto, alternativas que simultaneamente beneficiem a indústria e o meio ambiente vêm sendo estudadas, com foco na criação de novos produtos e na geração de energia. (CORDEIRO, 2011; PEREIRA *et al.* 2014).

Os biscoitos tipo *cookie* são definidos como produtos assados à base de cereais, que possuem altos níveis de açúcar e de gordura e baixos níveis de água (1-5%). Recentemente, os *cookies* têm sido formulados com a intenção de implementar na dieta fibras, proteínas e outros compostos bioativos. Embora não constituam um alimento básico como o pão, os biscoitos são aceitos e consumidos por pessoas de qualquer idade e sua longa vida de prateleira permite que sejam produzidos em grande quantidade e largamente distribuídos. Neste trabalho, as farinhas elaboradas foram empregadas para a produção de *cookies* e avaliou-se, em diferentes níveis de substituição da farinha de trigo, a influência da presença de cada farinha nas propriedades da massa e nos parâmetros de qualidade dos biscoitos (MORAES *et al.*, 2010; RAO *et al.*, 2013).

Diante do descrito, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a potencialidade de utilização de dois resíduos agroindustriais como matérias-primas para a produção de farinhas: a torta do processo de extração do óleo da polpa de macaúba e o bagaço de malte oriundo do processo de produção de cerveja. Adicionalmente, testou-se a aplicação das farinhas na elaboração de biscoitos tipo *cookie*.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolvimento e a caracterização de farinhas com qualidade alimentícia a partir de dois resíduos agroindustriais: torta da polpa da Macaúba e resíduo da produção de cerveja (Cerveja Puro Malte e Cerveja contendo Macaúba). A partir dessas farinhas objetivou-se a elaboração e avaliação de biscoitos tipo *cookie*.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obter a torta da polpa da Macaúba;
- Obter resíduo da produção de cerveja especial a partir de suas formulações: cerveja puro malte e cerveja especial que utiliza a torta da polpa da Macaúba como adjunto;
- Produzir três farinhas: farinha da torta da polpa da Macaúba (MC), farinha do resíduo da produção de cerveja puro malte (PM) e farinha do resíduo da produção de cerveja especial que utiliza a torta da polpa da Macaúba como adjunto (MS);
- Caracterizar as farinhas produzidas quanto a sua composição físico-química, propriedades tecnológicas e reológicas;
- Utilizar as farinhas obtidas na formulação de biscoitos tipo *cookie*;
- Avaliar a influência da substituição da farinha de trigo pelas farinhas MC, MS e PM, nos níveis 5, 10 e 15% em massa, nas propriedades reológicas da massa e nos parâmetros de qualidade dos *cookies*.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

Diante do crescimento industrial e demográfico vivenciado no século XX, houve um aumento da conscientização ecológica evidenciando o grande desafio a ser enfrentado pela sociedade nas próximas décadas: equilibrar a produção de bens e serviços, crescimento econômico, igualdade social e sustentabilidade ambiental (LAUFENBERG G., KUNZ, B. e NYSTROEM. M, 2003).

A geração de resíduos é inerente a qualquer atividade produtiva. O setor agroindustrial e de alimentos produz grandes quantidades de resíduos que são gerados em diferentes etapas do processo. Uma vez que esses resíduos, na maioria das vezes, possuem alto teor de umidade e conteúdo orgânico, a sua disposição diretamente no solo gera preocupações ambientais devido a fermentação não controlada e à elevada quantidade de oxigênio gerada durante a sua degradação. Além do potencial poluente dos resíduos, o seu descarte representa muitas vezes perdas de biomassa e de nutrientes de alto valor (CRIZEL, 2017).

O aproveitamento desses resíduos e o desenvolvimento de processos industriais sustentáveis é uma necessidade cada vez maior na indústria moderna. Ao contrário do que acontecia no passado, quando resíduos eram dispostos em aterros sanitários ou aproveitados de forma rudimentar como alimento para animais ou adubo, atualmente os conceitos de minimização, recuperação, aproveitamento e bioconversão de resíduos estão cada vez mais difundidos (LAUFENBERG G., KUNZ, B. e NYSTROEM. M, 2003). Assim, agregar valor à esses produtos é de interesse tanto econômico (industrial) como ambiental necessitando, porém, de investigação científica e tecnológica, que possibilite sua utilização eficiente, econômica e segura (LÓPEZ-MARCOS *et al.*, 2015). A partir do momento em que os resíduos passam a ter um aproveitamento econômico viável eles deixam de ser categorizados como resíduos e passam a ser coprodutos da cadeia produtiva.

Os resíduos agroindustriais possuem baixo custo de aquisição e na maioria das vezes necessitam de tratamentos simples, o que pode resultar na elaboração de produtos com preço acessível a toda a população. São compostos por nutrientes que são essenciais à saúde humana, como por exemplo proteínas, carboidratos, fibras, substâncias bioativas e antioxidantes (MIRANDA *et al.*, 2013; BOLANHO, 2014). Além disso, muitos desses resíduos contêm ainda biomoléculas que apresentam propriedades tecnológicas, como a pectina, que pode ser utilizada como agente estabilizante, gelificante e emulsionante (RUBIO-SENENT *et al.*, 2015).

As aplicações dos resíduos agroindustriais são diversas, desde o uso para produção de enzimas, biofilmes, embalagens biodegradáveis a novos alimentos para consumo humano. Coelho *et al.* (2001) investigou o aproveitamento da casca do coco verde para a produção de enzimas através da fermentação semissólida. Todas as enzimas obtidas tiveram sua produção máxima na faixa de 24 e 96 horas, o que corresponde ao tempo de produção industrial corrente. O estudo realizado validou a hipótese do aproveitamento do resíduo da casca do coco verde

na produção de enzimas por *Aspergillus niger*.

Resíduos compostos por cascas e bagaço de raízes de mandioca foram utilizados por Versino, López e Garcia (2015) como matéria-prima para o desenvolvimento de filmes. A adição dos resíduos aumentou a capacidade de barreira UV e a opacidade dos filmes, e manteve os valores da permeabilidade ao vapor de água. Ambos os resíduos reforçam a matriz dos filmes mesmo quando foram utilizadas baixas concentrações de resíduos. A adição de bagaço (1,5%) aumentou 260% de módulo de elasticidade e 128% de tensão máxima dos filmes.

Outra alternativa que vem se destacando é o aproveitamento de resíduos agroindustriais para a obtenção de farinhas, utilizadas como matérias-primas para a produção de alimentos que possam ser incluídos na alimentação humana. Atualmente, os alimentos funcionais fibrosos constituem um setor da agroindústria em crescimento, principalmente porque os consumidores têm buscado cada vez mais alimentos saudáveis e menos processados (STORCK *et al.*, 2015).

Silva (2013) desenvolveu farinha de casca de banana (*Musa sapientum*), da variedade Pacovan e a aplicou em biscoitos. O autor avaliou a farinha obtida e os biscoitos produzidos a partir da composição centesimal e análise sensorial. Para a farinha foram encontrados valores de umidade (7,83%) e cinzas (7,56%), em conformidade com a legislação vigente, e excelentes teores dos minerais potássio (3,670mg/100g), cálcio (610mg/100g) e magnésio (290mg/100g). Ao fim do estudo, concluiu-se que a farinha da casca de banana pode ser considerada uma boa opção de matéria-prima para produção de biscoitos e produtos de panificação.

Storck *et al.* (2015) analisaram a composição nutricional e microbiológica das farinhas do resíduo de suco de uva, maçã, laranja e acerola, com diferentes granulometrias. Os resíduos foram secos e moídos para obter a farinha em diferentes granulometrias (>0,600 mm; 0,600mm; 0,425mm; 0,300mm; ≤0,250mm). Os resultados indicaram qualidade microbiológica satisfatória quanto a presença de coliformes termotolerantes e *Salmonella spp.* Quanto à composição centesimal, os resultados mostraram que a granulometria influenciou o valor nutricional das farinhas e que os valores energéticos das farinhas do resíduo de acerola, laranja e uva foram inversamente proporcionais ao tamanho da partícula. Todas as farinhas analisadas podem ser consideradas ricas em fibras. As farinhas de uva e acerola apresentaram maiores teores de proteínas, enquanto as farinhas do resíduo de laranja e uva apresentaram

elevados teores de polifenóis totais. Os autores concluíram que o uso desses resíduos na alimentação humana pode ser recomendado, melhorando assim o valor nutricional de preparações (STORCK *et al.*, 2015).

3.2. FARINHAS

A legislação brasileira, de acordo com a Resolução RDC nº 263 de 2005, define farinha como o produto obtido da cominuição da parte comestível de uma ou mais espécies de cereais, leguminosas, frutos, sementes, tubérculos e rizomas, sendo que esta matéria-prima pode ou não ser submetida previamente a algum processo tecnológico considerado adequado e seguro para a produção de alimentos. Ainda, conforme a mesma resolução, as farinhas devem ser produzidas a partir de matérias primas limpas, livres de contaminação por material terroso ou parasitário. Também, não devem estar úmidas, fermentadas ou rançosas. Como requisito específico, a umidade do produto final classificado como farinha não deve exceder 15% (g /100 g) (BRASIL, 2005).

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), o trigo é o segundo alimento mais consumido no mundo. Em 2017, foram comercializadas mais de 740 milhões de toneladas. Entretanto, a tendência atual é a busca pela utilização de farinhas mistas ou provenientes de fontes alternativas ao trigo. De fato, essa substituição visa melhorar a qualidade nutricional dos alimentos e, simultaneamente, atender a consumidores que buscam cada vez mais produtos com atrativos saudáveis, como a presença de fibras e compostos bioativos e, também, a um público específico de portadores de doenças nutricionais, como os celíacos. Do ponto de vista econômico, a substituição parcial da farinha de trigo é uma alternativa interessante quando a mesma estiver indisponível ou com custo elevado (MARTÍNEZ *et al.*, 2017).

Na indústria de alimentos, as farinhas participam do processo de produção como matérias-primas primárias, intermediárias ou como produtos finais. Durante o processo de obtenção das farinhas, assim como de outros produtos alimentícios, é importante que a qualidade sensorial e nutricional seja preservada. Entretanto, sabe-se que atingir este objetivo é um desafio, principalmente no caso de pó alimentício, pois, seja qual for a sua origem, este tipo de produto se constitui de tecidos vivos susceptíveis a deterioração devido a absorção de água, ao amolecimento, a fusão, a explosão e a modificação de sua granulometria (COSTA, J.M.C.; SCHER, J.; HARDY, J, 2003).

Apesar das etapas envolvidas na produção de cada tipo de farinha variar de acordo com a matéria-prima utilizada, as principais operações envolvidas nesse procedimento incluem a higienização inicial da matéria prima, a secagem, a cominuição e a classificação granulométrica (COSTA, J.M.C.; SCHER, J.; HARDY, J., 2003).

A quantidade de água livre presente nos alimentos está diretamente ligada aos processos deteriorativos e por isso a desidratação ou secagem dos alimentos são técnicas de conservação que se destacam como sendo as mais utilizadas pelo homem desde a antiguidade. Nessas técnicas há a remoção parcial da água livre, ou seja a diminuição da atividade de água presente no produto, inviabilizando o desenvolvimento de microrganismos, retardando e/ou impedindo reações de deterioração de origem físico-química e enzimáticas. As vantagens da utilização do processos de secagem estão relacionadas a obtenção de produtos com segurança microbiológica satisfatória, redução do peso e volume, redução nos custos de transporte e armazenamento e aumento na vida de prateleira do produto (LENART, 1996; MOTA, 2005; RODRIGUES, 2010; FELLOW, 2008). Em muitos setores da indústria alimentícia, a secagem é um procedimento indispensável e muitas vezes considerado não apenas como um processo de preservação, mas, também, como um método para agregar valor aos alimentos. Em alguns casos a secagem quando utilizada de maneira adequada pode resultar em propriedades únicas de sabor, de textura e de valor nutricional, as quais não podem ser obtidas por outros procedimentos tecnológicos (LEWICKI, 2003).

A cominuição é a operação unitária que objetiva reduzir o tamanho médio das partículas sólidas do alimento utilizando para tal a aplicação de forças de cisalhamento, compressão, impacto, atrito, corte ou dilaceramento. Cada equipamento pode funcionar empregando uma ou mais das forças citadas. Essa operação é utilizada no processamento para controlar as propriedades reológicas ou a textura dos alimentos; aumentar a relação entre a área superficial e o volume do alimento, o que melhora a eficiência de operações subsequentes que envolvam reações químicas ou de transferência de calor e massa; aumentar a eficiência da mistura entre dois sólidos; e uniformizar os componentes presentes.

A quantidade de energia necessária na quebra de uma matéria-prima ou alimento é determinada por sua dureza e tendência a fraturar, que, por sua vez, depende da sua estrutura. Materiais mais duros necessitam de maior quantidade de energia para que sejam cominuídos (SILVA, 2013; MOTA, 2017). Os métodos de redução de dimensões são classificados de acordo com a faixa de tamanho das novas partículas produzidas. Dentre os procedimentos

mais utilizados pode-se citar: moagem, trituração, corte, fatiamento, corte em cubos, emulsificação e homogeneização.

Na quebra de alimentos caracterizados como cristalinos ou friáveis forças de compressão são aplicadas; alimentos fibrosos exigem a combinação de forças de impacto e cisalhamento; e para a moagem fina de alimentos macios são utilizadas forças de cisalhamento. Os alimentos quebram-se em níveis de estresse mais baixos se a força for aplicada por um tempo mais longo. Assim, o nível de redução de tamanho, o gasto de energia e a quantidade de calor gerado no alimento, dependem tanto da extensão das forças que são aplicadas quanto do tempo em que o alimento é submetido ao procedimento (GOMIDE, 1983; SILVA, 2013).

O tamanho final das partículas do alimento ou de misturas de diversos alimentos são fatores relevantes na elaboração de produtos. A característica granulométrica da matéria-prima processada constitui aspecto importante em formulações, pois uma distribuição adequada de partículas permite maior uniformidade do produto final (BORGES *et al.*, 2003).

Vários autores tem reportado a influência de substituição total e parcial da farinha de trigo nas propriedades físico-químicas, nutricionais, tecnológicas e reológicas em produtos de panificação e massas.

Martínez *et al.* (2017) analisaram a influência da farinha de amêndoa desengordurada (DAF) sobre a massa sem glúten à base de soja. Foi possível melhorar o teor de proteína, teor de fenóis totais e perfil antioxidante de glúten massa livre baseada na incorporação de DAF em formulações. Finalmente, foi possível afirmar que, em geral, a massa enriquecida com farinha desengordurada da amêndoa resultou em uma melhora as características nutricionais e funcionais, além de ter demonstrado uma qualidade adequada em todos os parâmetros avaliados.

Verediano (2012) desenvolveu uma metodologia para a produção de farinha com qualidade alimentícia a partir da torta residual da extração do óleo da polpa da Macaúba e investigou sua utilização em um produto de panificação. Após caracterização da torta residual, elaboraram-se bolos com 30%, 42% e 54% de substituição de farinha de trigo pela farinha de Macaúba, cujo teor de fibras da ordem de 20% a caracteriza como rica em fibras. A análise sensorial dos bolos provou que existe uma boa aceitação dos mesmos em relação à aparência, sabor, aroma, textura, impressão global e intenção de compra, mesmo considerando que a de

menor substituição tenha sido a mais bem aceita (30%).

Silveira (2014) investigou o processamento da amêndoa do fruto da Macaúba visando à obtenção e caracterização de óleo e torta. A análise centesimal da torta da amêndoa mostrou teores elevados de proteínas (17,73%), fibras (41,48%) e lipídios (47,35%) e baixa umidade (6,32%), comprovando seu alto valor nutritivo e a possibilidade de sua utilização em produtos alimentícios. Para o aproveitamento da torta da amêndoa a autora desenvolveu um biscoito tipo *cookie* substituindo a farinha de trigo pela torta da amêndoa em 0%, 30% e 60%. Os resultados da análise sensorial dos biscoitos tipo *cookie* indicaram que o emprego da torta na obtenção de um alimento foi satisfatório.

3.3. BISCOITOS TIPO *COOKIE*

Conforme a RDC nº 263 de 2005, biscoitos ou bolachas “são os produtos obtidos pela mistura de farinha(s), amido(s) e ou fécula(s) com outros ingredientes, submetidos a processos de amassamento e cocção, fermentados ou não. Podem apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos” (BRASIL, 2005).

Os biscoitos podem ser doces ou salgados, e admitem grande variedade de ingredientes em suas formulações. Os componentes essenciais das massas de biscoitos vão apresentar maior ou menor grau de importância em função do tipo de biscoito que se deseja fabricar. Basicamente são compostos por farinha, gordura, água, sal e açúcar, entretanto comportam outros ingredientes como ovos, fermento, grãos, leite, entre outros. De maneira geral, os ingredientes complementares são utilizados com o intuito de se melhorar algum aspecto do biscoito como: a aparência, cor, maciez, sabor, textura, valor nutricional ou ainda para aumentar a vida-de-prateleira. A partir da combinação dos ingredientes, das condições de processamento da massa e de forneamento é possível obter produtos com características e qualidade variados com diversos sabores e texturas (CANALIS, 2017; SILVEIRA, 2014; PISSATTO, 2010).

Segundo a Associação brasileira das indústrias de biscoitos, massas alimentícias e pães & bolos industrializados (ABIMIPI) existem atualmente mais de 200 tipos de biscoito, sendo esse tipo de indústria altamente especializada. De acordo com Canalis (2017) alguns dos principais tipos de biscoito são:

- Biscoito tipo *craker*: apresenta formulação simples com farinha, gordura, água, fermento e sal. Caracteriza-se, principalmente, por possuir uma rede de glúten bem

desenvolvida e pela fermentação ocorrer em dois estágios. Em relação ao aspecto final das bolachas, devem ter um crescimento uniforme e as bolhas devem ser uniformemente tostadas;

- Biscoitos doces e semidoces: A massa deste tipo de biscoito é caracterizada por ter a estrutura do glúten bem desenvolvida, mas contendo maior teor de açúcar e gordura e por isso o glúten torna-se menos elástico e mais extensível. A característica fundamental destes biscoitos é a superfície lisa, que tem um leve brilho e textura aberta e uniforme, o que a torna delicada no palato. Esse grupo é bem representado pelas bolachas “Maria” e “Maisena”;
- Biscoito *Waffle*: produto preparado à base de farinha de trigo, amido, fermento químico, gordura de origem vegetal ou animal, leite e ovos. Possuem pouca quantidade ou não contém açúcar. Geralmente são finalizados sob a forma de folhas prensadas e assadas entre placas de metal. As folhas de *waffle* podem superpostas em camadas intercaladas com recheio;
- Biscoitos com massa antiaglutinante: essa classe de biscoitos engloba a mais ampla variedade de formulações e inclui os biscoitos do tipo *cookie*. A principal característica que distingue este grupo é estrutura coesa da massa e sua falta de elasticidade e extensibilidade. As altas quantidades de gordura e açúcar conferem plasticidade e coesão a massa sem que haja o desenvolvimento da rede de glúten. A textura dos biscoitos é atribuída à supersaturação do açúcar, e não à estrutura de amido-proteína.

Para os biscoitos *cookies* os principais ingredientes são: farinha, açúcar e gordura. A farinha de trigo é o principal ingrediente das formulações de biscoitos, pois constitui a matriz em torno da qual os demais ingredientes são misturados para formar a massa. Para a obtenção de biscoitos de boa qualidade, o ideal é que a farinha de trigo utilizada seja “mole”, com baixo teor de proteína bruta, baixo conteúdo de amido danificado, alta taxa de extração e pequeno tamanho de partícula. Nessa classe de biscoitos o desenvolvimento da rede de glúten não é necessário, e, por isso, o teor de proteínas da farinha é de menor relevância. Por outro lado, a capacidade de absorção de água da farinha exerce um papel fundamental nas dimensões e na textura do biscoito, sendo de interesse que a farinha possua capacidade de absorção de água (CANALIS, 2017; RIGO *et al.*, 2017).

A quantidade, a granulação e o tipo de açúcar utilizado exercem grande influência sobre a textura, cor, sabor dos biscoitos. Além disso, o açúcar também proporciona maior

conservação do produto, devido ao seu poder de reter umidade, garantindo aos biscoitos textura mais branda e macia por mais tempo. A maior concentração de açúcar na formulação geralmente produz uma massa menos viscosa e mais pegajosa. Biscoitos ricos em açúcar são mais crocantes, possuem maior diâmetro e menor altura. Devido à baixa concentração de água, há a formação de uma solução supersaturada de açúcar, e durante o forneamento, com a perda de água, o cristais se recristalizam na superfície do biscoito, o que gera tensões na estrutura e conseqüentemente origina as trincas no biscoito. Granulometrias mais grosseiras originam biscoitos com maior taxa de expansão do que açúcares com granulometrias mais finas, sendo fator dependente da quantidade de água disponível na formulação (CANALIS, 2017; MORAES *et al.*, 2010).

Os lipídeos são responsáveis pela obtenção de uma massa menos extensível e biscoitos mais macios e aerados, com maior volume e textura uniforme. Eles contribuem ainda com a lubrificação da massa, facilitando a mistura dos ingredientes (MORAES *et al.*, 2010).

Com o intuito de se obter uma massa com baixo desenvolvimento da rede de glúten, além das proporções corretas dos ingredientes, é fundamental que o amassamento seja reduzido ao mínimo. Por isso, geralmente, esse procedimento é realizado em duas etapas. Na primeira etapa todos os ingredientes são misturados, exceto a farinha, a velocidade baixa durante vários minutos para que ocorra a solubilização máxima da sacarose na água, dispersão, dissolução e emulsão dos ingredientes na gordura. Em seguida a farinha é adicionada e a mistura é realizada a velocidade baixa durante menor tempo possível. A massa obtida é um pouco quebradiça e deve ser aberta, cortada e levada ao forno de 5 a 20 minutos (CANALIS, 2017).

As reações bioquímicas e físico-químicas que ocorrem na massa de biscoito durante o cozimento são complexas, envolvendo desnaturação de proteínas, perda de estrutura granular do amido, fusão de gordura, reações de Maillard, expansão da massa como consequência da evaporação da água e da produção e expansão térmica dos gases. A expansão, um evento relevante na formação de texturas, é determinada pelas propriedades reológicas da massa, que dependem do comportamento e das interações de seus componentes e da solubilidade do gás na fase contínua (RAO; BHARGAVI, 2017). Primeiramente há um crescimento do biscoito tanto na horizontal quanto na vertical, e ao final do forneamento sua espessura costuma diminuir abruptamente. Esse colapso ocorre devido à falta de uma estrutura tridimensional que suporte toda a expansão da peça. Associado ao colapso ocorrem trincas na superfície,

especialmente em biscoitos ricos em açúcar (CANALIS, 2017).

A qualidade dos *cookies* pode ser mensurada em relação ao seu tamanho, cor, textura e estrutura superficial. É desejável que os biscoitos sejam finos e com diâmetros maiores; devem ser crocantes, mas suaves à mordida e; a cor e o padrão de trincamento superficial devem ser uniformes (CANALIS, 2017).

As características reológicas das massas bem com a qualidade final dos *cookies* podem mudar substancialmente com a adição de ingredientes alternativos. Vários autores têm investigado a utilização de matérias-primas objetivando um maior aproveitamento de coprodutos com alto valor nutritivo, quem são subaproveitados ou descartados diretamente.

Rigo *et al.* (2017) determinaram a composição centesimal da farinha obtida de bagaço de malte e avaliaram as características físico-químicas e sensoriais de formulações de biscoitos tipo *cookie*, elaborados com substituição parcial da farinha de trigo por farinha obtida de bagaço de malte, tendo como resultado o aumento dos teores de proteína e fibras em relação a formulação padrão (0% de bagaço de malte), melhorando o valor nutricional dos biscoitos.

Priya e Ramaswamy (2016) investigaram como a adição de farinha de coco e açúcar de coco influenciaram as propriedades físico-químicas e microbiológicas dos *cookies*. Com a incorporação desses produtos de coco, o peso, o diâmetro, a espessura, a taxa de expansão dos biscoitos não apresentaram decréscimo significativo, no entanto houve um aumento na densidade e no teor de cinzas. A umidade e teor de peróxidos também diminuíram significativamente. A contagem microbiana nos *cookies* com produtos de coco foi marginalmente mais alta que no *cookie* padrão, mas ainda encontrava-se dentro do limite aceitável. Ao final concluiu-se que a adição dos produtos de coco não diminuiu a qualidade dos biscoitos.

Farinha de bagaço de maçã foi produzida e incorporada em formulações de *cookies* em diferentes proporções (5% a 50%) avaliando sua aceitabilidade. A farinha apresentou qualidade alimentícia, além de alta quantidade de compostos fenólicos. Em relação a aceitação desses *cookies* pelos consumidores, algumas formulações contendo farinha do bagaço de maçã obtiveram resultados melhores que o *cookie* padrão, formulado apenas com farinha de trigo (CALDEIRA *et al.*, 2018).

Kopper *et al.* (2009) caracterizou a farinha da polpa da Macaúba e a empregou para a produção de *cookies* com substituição da farinha de trigo a níveis de 10% e 15%. A farinha

da polpa de Macaúba se mostrou rica em lipídeos, proteínas, carboidratos, fibras e vitamina A. Através da análise sensorial concluiu-se que ambos os *cookies* foram bem aceitos pelos consumidores. Além disso, os biscoitos com 15% da farinha da polpa de Macaúba foram classificados como fonte de fibras.

3.4. MACAÚBA

3.4.1. Características Gerais da Macaúba

A Macaúba é uma palmeira da família *Arecaceae*, nativa das florestas tropicais com vasta distribuição desde a América Central até a América do Sul. No Brasil, a principal área de ocorrência é no Cerrado, observando-se maior concentração populacional nos Estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Devido à alta dispersão da espécie, o seu nome popular varia de acordo com a região como por exemplo: Mbocayá (Argentina), totaí (Bolívia), corozo (Colombia), coyol (Costa Rica, Honduras e México), corosse (Haiti). No Brasil, é conhecida por bocaiúva, chiclete de baiano, coco baboso, coco de catarro, coco de espinho, macacauba, macaíba, macaibeira, macajuba, macaúba, macaúva, mucaia, mucajá e mucajaba (LORENZI *et al.*, 1996; BONDAR, 1964; MISSOURI, 2005).

A palmeira pode atingir de 10 a 15 m de altura e de 20 a 30 cm de diâmetro. A primeira frutificação ocorre 4 ou 5 anos após o plantio, sendo os frutos produzidos durante todo o ano e com amadurecimento ocorrendo entre outubro e março. Os frutos são lisos, esféricos ou ligeiramente achatados no polos, com diâmetro variando de 2,5 a 5,0 cm. A Figura 1 e 2 mostram a palmeira Macaúba, o fruto e as partes que o compõe respectivamente (LORENZI *et al.*, 1996; BONDAR, 1964).

No estágio ideal de maturação, o epicarpo (casca) apresenta cor que varia entre marrom claro e amarelado a marrom escuro e rompe-se com facilidade. O mesocarpo, ou polpa, é fibroso, de sabor adocicado, rico em lipídeos, de coloração amarelo a alaranjado, comestível. O endocarpo é bastante rígido, composto basicamente por lignina, celulose e hemicelulose e encontra-se fortemente aderido à polpa. Sob o endocarpo está a semente, amêndoa oleaginosa e comestível, envolta por um fina camada de tegumento (LORENZI *et al.*, 1996; BONDAR, 1964).

A Macaúba é naturalmente encontrada em áreas abertas e com alto índice de insolação, sendo a espécie bem adaptada à solos arenosos e com baixo índice pluviométrico. Entretanto, ela apresenta um melhor desenvolvimento onde há solos férteis (MISSOURI, 2005). A árvore

é bastante resistente, sobrevivendo a queimadas, longos períodos de estiagem, variações climáticas e, além disso, não costuma ser atingida por pragas ou doenças (ANDRADE *et al.*, 2006). Esta palmeira tem forte interação com a fauna, seus frutos integram a dieta de araras, capivaras, antas, emas entre outros animais, os quais são os dispersores das sementes (POTT; POTT, 1994).

Segundo Pimenta (2010), da massa total dos frutos da Macaúba, *Acrocomia aculeata*, 24,1% (m/m) são representados pela casca, 39,6% (m/m) pela polpa, 29,0% (m/m) pelo endocarpo e 7,3% (m/m) pela amêndoa.



Figura 1- Palmeira Macaúba. Portal da Macaúba (2014).

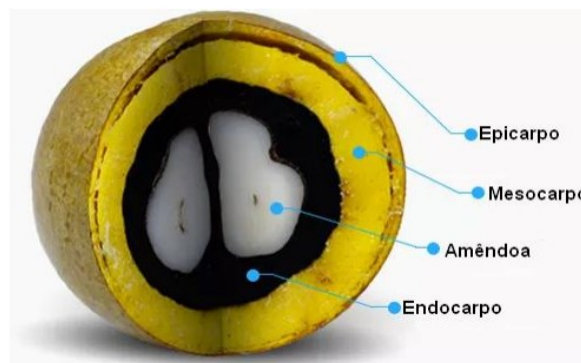


Figura 2 - Fruto da Macaúba e suas partes. Fonte: Valim (2015).

3.4.2. Potencialidades da Macaúba

A Macaúba é uma espécie com potencial de aproveitamento econômico imediato, pois apresenta elevada produtividade de óleos e aproveitamento total dos coprodutos, além de ser muito útil na recuperação de pastagens degradadas e em plantios consorciados. Seu cultivo é considerado sustentável do ponto de vista ambiental, social e econômico (CICOCINI, 2012).

A madeira do tronco é utilizada para produzir mourões e estacas. A polpa dos frutos é utilizada na culinária, em sorvetes, bolos, pães e sucos. Os óleos da polpa e amêndoa são matérias-primas para a produção de biodiesel, sabão, sabonete, azeite e cosméticos. As tortas remanescentes da extração do óleo da polpa e da amêndoa são ricas em proteína e consideradas de alto valor nutritivo para alimentação animal e humana. O endocarpo pode ser utilizado na produção de carvão vegetal e carvão ativado. As folhas são utilizadas na confecção de linhas, redes de pesca e para forragem animal. (LORENZI, 2006; EVARISTO *et al.*, 2006; FARIA, 2012; RIOS, 2015).

Do fruto da Macaúba são extraídos dois tipos de óleos. Da polpa é extraído um óleo com alto teor de ácido oleico (~62%) e palmítico (~22%), com boas características para a produção de biodiesel (QUEIROZ, 2016). No organismo humano esses ácidos graxos são reconhecidos por auxiliar no metabolismo e a síntese de hormônios. Da amêndoa é extraído um óleo com maior concentração de ácido láurico (~38%) e oleico (~28%) sendo considerado estimulante do sistema imunológico, anti-inflamatório e antimicrobiano (SILVEIRA, 2014). O óleo de amêndoa pode ser empregado também na produção de combustível para aviação. Segundo dados do Centro Nacional de Pesquisa de Agroenergia (CNPAAE), órgão ligado à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), a Macaúba pode produzir até 4000 kg de óleo de polpa por hectare, enquanto que a soja alcança apenas 500 kg por hectare. A produtividade do óleo da amêndoa da Macaúba chega a 1000 kg por hectare. Por outro lado, seu valor de mercado chega a ser o dobro do óleo encontrado na polpa. Em condições de cultivo planejado, a Macaúba torna-se uma espécie promissora para indústrias química, farmacêutica e alimentícia devido à grande quantidade de óleo que possui em seu fruto (GRANDE; CREN, 2016; VEREDIANO, 2012; LOBATO, 2014)

A partir do processamento da polpa e amêndoa do fruto da Macaúba, para extração de óleos, são obtidos como coprodutos as tortas, que apresentam em sua composição biomoléculas importantes, tais como proteínas, fibras e carboidratos. Esses componentes possuem diversas aplicações industriais, devido as suas propriedades nutricionais, funcionais

e tecnológicas como: capacidade de absorção de água e gordura, emulsificante, geleificante, estabilizante e espessante. Essas propriedades são desejáveis para a formulação de diferentes tipos de alimentos, com destaque para as indústria de panificação, massas e produtos cárneos (VEREDIANO, 2012).

Além disso, os coprodutos da extração dos óleos apresentam como vantagem o fato de não possuírem compostos tóxicos e antinutricionais em sua composição, como geralmente encontrado em tortas ou farelos obtidos de oleaginosas, como a soja, o amendoim, a canola, o girassol e etc. Ao extrair o óleo da maioria das sementes oleaginosas, os componentes tóxicos e antinutricionais tendem concentrar-se nas tortas ou farelos, o que muitas vezes limita o uso direto das mesmas na alimentação humana e/ou animal (GRANDE; CREN, 2016; VEREDIANO, 2012). A Figura 3 sintetiza as possíveis aplicações de cada parte do fruto da Macaúba.

Do ponto de vista social, a inserção de uma cadeia de processamento da Macaúba proporcionará geração de emprego e renda. Estimativas iniciais apontam que, por meio da agricultura familiar, pode-se dar a inclusão de 250.000 famílias com emprego no meio rural, sendo essa inserção basicamente nas regiões com maior potencial para produção de oleaginosas (AMARAL, 2007). No estado de Minas Gerais a Lei N°19.485 de 13 de janeiro de 2011, institui a política estadual de incentivo ao cultivo, extração, comercialização, consumo e à transformação da Macaúba e das demais palmeiras oleaginosas.

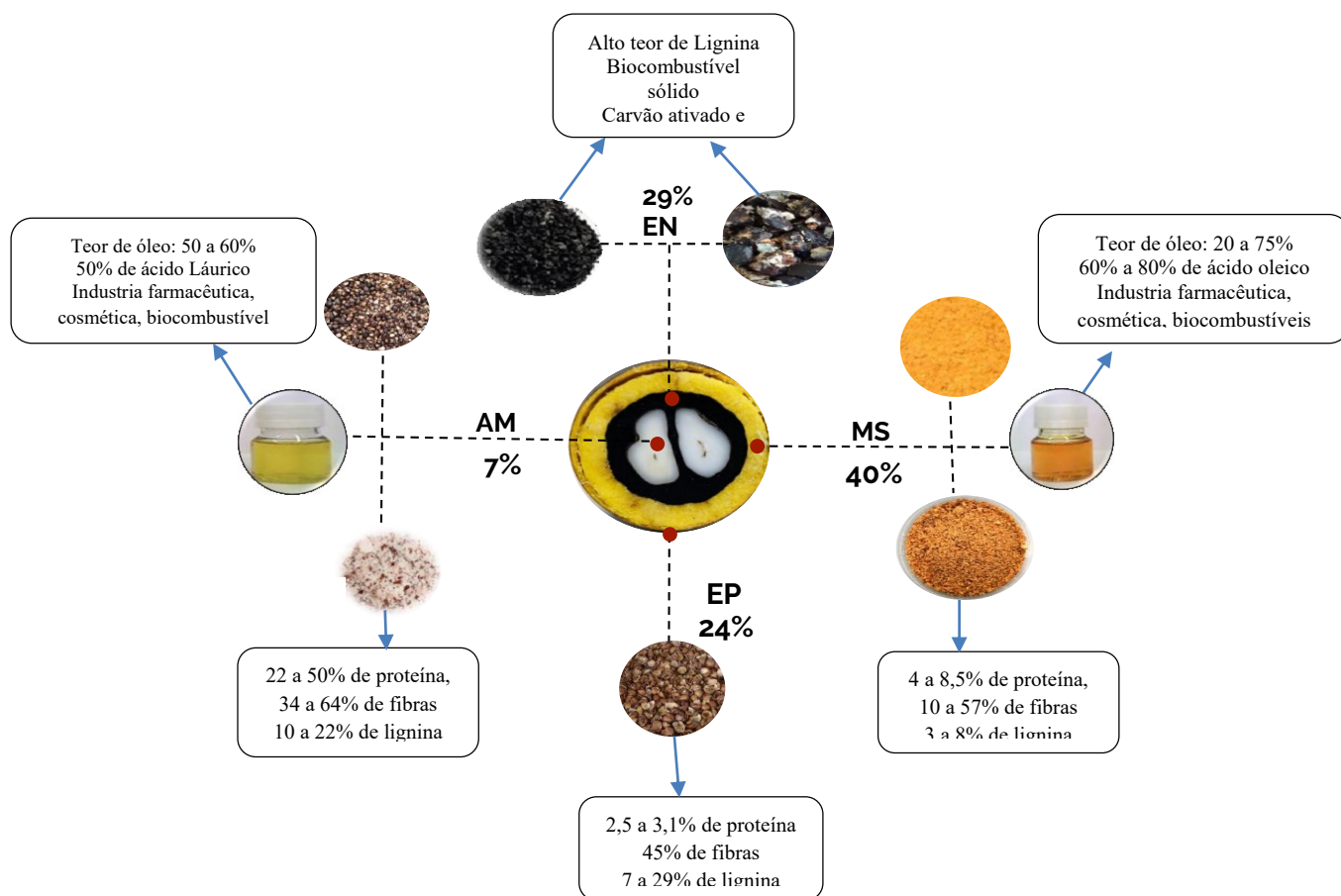


Figura 3 - Composições químicas e perfil de utilização de partes do fruto da Macaúba. Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

3.4.3 - Torta da polpa da Macaúba

A polpa do fruto da Macaúba caracteriza-se por ser uma matéria-prima fibrosa e oleaginosa, que corresponde a cerca de 40% do fruto (PIMENTA, 2010). A literatura reporta a composição centesimal da polpa do fruto da Macaúba (HIANE *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2008; ARAGÃO, 2014). A composição da polpa é bastante variável devido a fatores como o tempo da colheita, o grau de amadurecimento do fruto, a contaminação por microrganismos e até mesmo em função do local plantado e dos tratamentos que a palmeira recebeu ao longo de sua fertilização (SZPIZ *et al.*, 1989). Entretanto destaca-se o alto valor energético, lipídico, proteico e de fibras da polpa.

Os principais componentes do fruto da Macaúba, em termos de utilização industrial são os óleos extraídos da polpa e da amêndoa. A extração do óleo pode ser realizada utilizando-se pressão (Prensa mecânica) ou solventes (PINTO e MIRANDA, 2010; FARIAS, 2006; QUEIROZ, 2016;).

A extração por pressão retira substâncias localizadas na estrutura celular das plantas, tornando-se necessário o rompimento da membrana celular. A prensagem pode ser realizada de maneira contínua ou descontínua. As prensas contínuas são dotadas de uma rosca ou parafuso sem fim que esmaga o material, liberando o óleo. As prensas hidráulicas (prensagem descontínua) apresentam um cilindro perfurado onde se desloca um êmbolo que pressiona a matéria-prima. Na prensagem, a extração não é completa e a torta obtida pode apresentar um alto teor de óleo residual, o que propicia a deterioração do material através da rancificação, caso esse seja armazenado por um longo período. Contudo, esse método de extração apresenta maior simplicidade e obtém produtos, óleos e tortas, de maior qualidade pois não há a presença de resíduos de solventes. Tratamentos prévios da matéria-prima, tais como adequação da umidade, redução do tamanho das partículas e aquecimento, podem melhorar a eficiência da extração mecânica. (PIMENTA, 2010; QUEIROZ, 2016; VEREDIANO, 2012a).

Na extração utilizando solvente orgânico, o material é triturado para facilitar o contato e a penetração do solvente (hexano, éter etílico, etanol, metanol, entre outros). O processo promove a transferência de massa dos solutos do alimento para o solvente. Em seguida, deve-se realizar a recuperação do solvente que pode ser reutilizado no processo (PIMENTA, 2010; QUEIROZ, 2016; VEREDIANO, 2012b).

A partir da extração do óleo da polpa, ocorre a geração de uma torta de alto valor nutritivo que, no entanto, frequentemente é utilizada como ração animal ou para a produção de biofertilizante através da compostagem. Destaca-se, que na composição desta torta incluem-se proteína, fibra, ferro, cálcio, várias vitaminas essenciais, entre outros nutrientes (PIMENTA, 2010; VEREDIANO, 2012b).

Além das características nutricionais das biomoléculas mencionadas, algumas delas vêm sendo amplamente utilizadas na indústria química e de alimentos, devido suas propriedades funcionais tecnológicas, tais como a capacidade de absorver água e óleo, capacidade estabilizante, espessante e geleificante, além de servirem como substrato para processos biotecnológicos com formação de produtos de alto valor agregado de forma sustentável (GRANDE; CREN, 2016).

3.5. CERVEJA

No Brasil, a produção de cerveja é regulamentada pelo Decreto Nº 6.871, de 04 de Junho de 2009, sendo definida como bebida obtida pela fermentação alcoólica, por ação de

leveduras, do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada, água potável e lúpulo. De acordo com a mesma legislação, a cerveja pode ser classificada quanto ao extrato primitivo, à cor, ao teor alcoólico, à proporção de malte de cevada e ao tipo de fermentação (BRASIL, 2009). Mais recentemente, o Decreto nº 8.442 de abril de 2015 define que cerveja especial é aquela que possui 75% ou mais de malte de cevada, em peso, sobre o extrato primitivo, como fonte de açúcares.

Dentre as classificações da cerveja, a principal e mundialmente difundida é o tipo de fermentação empregada, onde se tem três grandes grupos, as cervejas do tipo *Ale* (alta fermentação), as do tipo *Lager* (baixa fermentação) e as do tipo *Lambic* (fermentação espontânea) (AQUARONE *et al.*, 2001).

Atualmente, o Brasil é o terceiro maior produtor de cerveja no mundo, produzindo 138 milhões de hectolitros por ano, ficando apenas atrás da China (460 mi hL) e dos EUA (221 mi hL) (MAPA, 2018).

3.5.1. Matérias-primas

De acordo com a Lei da Pureza da Cerveja Alemã, as cervejas deveriam conter apenas malte de cevada, lúpulo, água e levedo. Mas a cerveja é uma bebida bastante versátil permitindo muitas possibilidades de variação quanto aos ingredientes utilizados, etapas do processo e as formas de armazenamento e envase (MORADO, 2009). A seguir são descritos os principais componentes utilizados na fabricação de cervejas:

- Água: é o principal constituinte da cerveja, aproximadamente 92 a 95% do volume total, e por isso sua composição exercerá influência direta sobre as características do produto final. Além de ser potável a água a ser utilizada deve apresentar concentração específica de sais minerais que assegure um pH desejável durante a mosturação. Além disso, a quantidade de sais dissolvidos e de matéria orgânica, afetará os processos químicos e enzimáticos que ocorrem durante a fermentação. (AQUARONE *et al.*, 2001; VENTURINI *et al.*, 2010).
- Malte: matéria-prima resultante da germinação em condições controladas de qualquer cereal, tais como cevada, arroz, milho, trigo, aveia, sorgo, triticale, entre outros. O malte de cevada é o de uso mais comum na produção de cerveja, em função dos seguintes fatores: facilidades técnicas; alto teor de amido; quantidade proteica satisfatória para a nutrição da levedura durante a fermentação; por fornecer sabor,

aroma e corpo característico, que geralmente é esperado em uma cerveja de boa qualidade; seu conteúdo enzimático ideal (amilases) (PALMER, 2006; CEPPI; BRENNAN, 2010). A maltagem é o processo de transformação de um cereal em malte, através de uma germinação controlada. O objetivo da maltagem é desenvolver enzimas e modificar o amido tornando-o mais macio e solúvel (VENTURINI *et al.* 2010; PALMER, 2006; AQUARONE *et al.*, 2001).

- Lúpulo: é uma espécie dioica, entretanto, são as flores femininas da planta que possuem interesse comercial por conterem a lupulina, que é um material resinoso, de sabor amargo, onde predominam os óleos essenciais, ácidos alfa e beta e taninos. O lúpulo pode ser comercializado na forma de flores secas (in natura), pellets ou em extratos. Além de conferir aroma e amargor a cerveja, o lúpulo também apresenta ação antisséptica, pois os alfa ácidos presentes em sua composição são agentes bacteriostáticos. Eles contribuem ainda para a estabilidade do sabor e da espuma da cerveja (AQUARONE *et al.*, 2001).
- Levedura: microrganismos unicelulares pertencentes ao Reino *Fungi*. Atualmente usa-se levedura em diferentes processos fermentativos na elaboração de variados tipos de produtos. A partir da atividade metabólica desses microrganismos, pode se obter enzimas, vitaminas, proteínas, gorduras e etc. (AQUARONE *et al.*, 2001). As leveduras, durante o processo de fermentação, metabolizam os açúcares presentes no mosto cervejeiro produzindo álcool e gás carbônico. As duas espécies de leveduras mais utilizadas na produção da cerveja são *Saccharomyces cerevisiae* (alta fermentação – tipo *Ale*) e *Saccharomyces uvarum* (baixa fermentação – tipo *Lager*) (AQUARONE *et al.*, 2001). As leveduras são importantes na produção de cerveja por conseguirem realizar dois tipos de reação para gerar energia: a respiração aeróbia ou a fermentação alcoólica. Na presença de oxigênio, esses microrganismos consomem açúcares e produzem gás carbônico e água. Em baixas concentrações de O₂, as leveduras transformam esses açúcares em CO₂, álcool etílico e outros subprodutos. As características de sabor e aroma da cerveja são, predominantemente, determinadas pelo tipo de levedura utilizada (VENTURINI *et al.*, 2010; AQUARONE *et al.*, 2001).
- Adjuntos: fontes de carboidratos advindos de matérias-primas não maltadas, com composição e propriedades adequadas, que completam ou suplementam o malte de cevada (VENTURINI *et al.*, 2010). Eles podem ser adicionados com o intuito de

conferir à cerveja propriedades que não poderiam ser obtidas utilizando somente o malte, como por exemplo, menor turbidez, coloração diferenciada, sabores e aromas mais delicados. No entanto, geralmente, são utilizados para reduzir custos na produção industrial de cerveja, quando adjuntos específicos são abundantes e mais baratos em determinadas regiões, como por exemplo o milho, adjunto muito utilizado nos Estados Unidos e no Brasil (PRIEST; STEWART, 2006; D'AVILA *et al.*, 2012). Os adjuntos podem ser classificados segundo sua composição química, em amiláceos e açucarados. As matérias-primas amiláceas fermentam após uma hidrólise, a sacarificação, pela qual o amido não fermentescível se transforma em açúcar fermentescível (AQUARONE *et al.*, 2001; D'AVILA *et al.*, 2012). Os adjuntos amiláceos são adicionados durante a etapa de mosturação e as enzimas contidas no próprio malte são responsáveis por hidrolisar parte do seu amido. A legislação brasileira (Decreto Nº 6.871, de 04/06/2009) permite que adjuntos cervejeiros, cereais maltados e não maltados, amidos e açúcares de origem vegetal, substituam parcialmente o malte ou extrato de malte na elaboração da cerveja, limitando o uso a quantidade de 45% em relação ao extrato primitivo (BRASIL, 2009). Atualmente, diversas pesquisas buscam encontrar novas alternativas aos adjuntos tradicionais para a indústria cervejeira, com motivações tais como produção excedente de material amiláceo, reaproveitamento de subprodutos, novos cultivares, e etc. (D'AVILA *et al.*, 2012; PRIEST; STEWART, 2006).

3.5.2. Processo de produção de cerveja

Com o grão de malte moído, inicia-se o processo de mosturação. Nessa etapa o malte é misturado a água e juntos são aquecidos de maneira controlada para que haja a ativação de enzimas específicas e a solubilização das substâncias contidas no malte. A mosturação promoverá a gelatinização e posterior hidrólise do amido. Os perfis de mosturação e as rampas de temperaturas utilizadas variam de acordo com o tipo de cerveja que se deseja produzir. Geralmente, as principais enzimas ativadas durante a mosturação são as proteases, que fornecem aminoácidos para a levedura; e amilases (α e β), que hidrolisam o amido em açúcares fermentescíveis. Após a conversão total do amido em açúcares, ocorre a inativação das enzimas por meio de um processo denominado *mash out*, que consiste em elevar a temperatura do processo para a faixa de 75 a 79°C, por um período de 10 minutos. Ao final da mosturação, procede-se à filtração do mosto, por gravidade, através das cascas do malte que formam uma cama no fundo do equipamento de mosturação. Em seguida, a cama de malte é lavada com

água a mesma temperatura do mosto com o intuito de aumentar a extração de açúcar, elevando, conseqüentemente, o rendimento do processo (PALMER, 2006; AQUARONE *et al.*, 2001; PRIEST; STEWART, 2006).

O mosto é, então, submetido à fervura vigorosa durante 60 a 90 minutos. Nessa etapa, são adicionados os lúpulos, que conferem aroma e amargor à cerveja. Na fervura ocorre a evaporação da água e a conseqüente concentração do mosto; a eliminação de compostos voláteis, como o dimetilsulfato (DMS); a desnaturação completa das enzimas antes presentes e; a coagulação e precipitação de excesso de proteínas, polifenóis insolúveis e taninos, que irão compor o denominado Trub. Devido à própria fervura, a assepsia do mosto também é realizada, eliminando assim, qualquer microrganismo contaminante. Por fim, há algumas alterações químicas do mosto, como o desenvolvimento da cor e sua acidificação obtida pelas melanoidinas e também compostos provenientes do lúpulo. Após a fervura completa do mosto, seu produto final será o mosto ebulido, ou seja, o mosto quente finalizado. Na sequência realiza-se a remoção do Trub. O procedimento utilizado depende do equipamento usado, entretanto, o mais utilizado é denominado *Whirpool*. Esta técnica tem como princípio o uso da força centrífuga agindo sobre as partículas. Enquanto ocorre a rotação do mosto, as partículas são forçadas a irem para o centro do tanque por uma força tangencial, e assim, o Trub é depositado em forma de cone no centro e o mosto clarificado concentra-se nas partes periféricas do tanque. (PRIEST; STEWART, 2006; VENTURINI *et al.*, 2010; AQUARONE *et al.*, 2001).

O mosto deve, então, ser resfriado até a temperatura de inoculação das leveduras. Os procedimentos de resfriamento e preparo para a fermentação devem ser feitos o mais rápido possível, de forma a evitar contaminações do mosto. A etapa inicial de fermentação do mosto, denominada fermentação primária ou principal, é a fase de maior atividade metabólica da levedura, durante a qual quase todo o extrato fermentescível é convertido em álcool e gás carbônico. Durante este período ocorrem também algumas reações que resultam na formação de subprodutos (ésteres, álcoois superiores e outros), que exercem um importante efeito no sabor da cerveja. A fermentação primária pode durar até 10 dias. A etapa seguinte corresponde ao período de maturação da cerveja, onde a temperatura é reduzida normalmente a 0°C, sendo mantida nessa condição durante um período que pode variar de 2 semanas a meses. Durante a maturação, além de haver alterações químicas que melhoram o aroma e sabor do produto final, ocorre também a precipitação de leveduras, proteínas e sólidos insolúveis, o que ajuda na

clarificação da cerveja. Durante os processos de fermentação e maturação os parâmetros de temperatura, pressão interna e produção de dióxido de carbono são controlados (VENTURINI *et al.*, 2010; AQUARONE *et al.*, 2001).

Ao final do processo de maturação e clarificação segue-se a carbonatação, que pode ser feita através da injeção direta de CO₂ ou por meio do *priming*, processo de adição de açúcar ao meio para que as leveduras remanescentes o fermentem e produzam dióxido de carbono. O envase pode ser feito em garrafas, barris, ou latas (VENTURINI *et al.*, 2010; AQUARONE *et al.*, 2001).

3.5.3. Geração de resíduos na produção de cerveja

Segundo Kerby e Vriesekoop (2017), os principais resíduos derivados da produção de cerveja são: o bagaço de malte (BM), o *trub* quente (TQ) e o extrato de levedura (EL).

O *Trub* quente é o resíduo sólido formado pelos restos do lúpulo, precipitados de proteínas, polifenóis e outros compostos insolúveis removidos do processo após a fervura. Em média, para cada hectolitro de cerveja produzido são gerados de 0,2 a 0,4 kg de TQ. O principal uso desse material é sua utilização na compostagem para a produção de fertilizante.

Durante o processo de fermentação, as células de levedura podem multiplicar-se inúmeras vezes. Em geral, as leveduras retornam ao processo de fermentação do mosto para nova batelada de produção de cerveja, entretanto o número de reutilizações dessas células é limitado. Em geral, são gerados de 1,5 a 3 kg de EL (com 85 a 90% de umidade), para cada hectolitro de cerveja produzida. O EL é vendido para a fabricação de ração animal por ser fonte de proteínas e vitaminas solúveis em água. Esta biomassa também tem sido estudada como um bioadsorvente bastante promissor, dada a sua capacidade de acumular metais pesados (FILLAUDEAU, L.; BLANPAIN-AVET, P.; DAUFIN, G., 2006; KERBY; VRIESEKOOP, 2017; PRIEST; STEWART, 2006).

O BM é gerado após a etapa de mosturação e esgotamento dos grãos de malte moídos, após a extração de todos os compostos solúveis de interesse para a constituição do mosto. Ele é removido do processo através da filtração do mosto antes da etapa de fervura, processo no qual o bagaço exerce importante papel como torta filtrante. O BM representa cerca de 85% do total de resíduos gerados durante o processo de produção de cerveja. Segundo Fillaudeau, Blanpain-Avet e Daufin (2006) para cada 100 kg de grãos processados, são gerados em média 125 a 130 kg de bagaço de malte úmido, com cerca de 80 a 85% de umidade, o que equivale a

aproximadamente de 14 a 20 kg de bagaço para cada hectolitro de cerveja produzida.

A composição desse tipo de resíduo depende dos grãos que foram utilizados, mas sempre incluem altos níveis de fibra dietética, proteínas, polifenóis e lipídios (MUSSATTO *et al.*, 2006). Farcas *et al.* (2014) relata que o BM possui características nutricionais desejáveis para a dieta humana. Embora não tenha havido produção em grande escala de produtos alimentícios contendo grãos residuais das cervejarias, eles tem sido utilizados, em pequena escala, na produção de pães e biscoitos ricos em fibras.

Além de suas características de composição, o baixo custo e alta disponibilidade, tornam o BM adequado como ingrediente alimentar, de forma que, trabalhos experimentais buscam reaproveitar tal resíduo para o consumo humano.

Nos últimos anos, vários estudos têm associado o consumo de alimentos ricos em compostos bioativos com a capacidade de promover uma série de benefícios para a saúde humana. Os compostos bioativos mais comuns incluem metabólitos secundários, tais como antibióticos, micotoxinas, alcalóides, pigmentos de grau alimentar, fatores de crescimento de plantas e compostos fenólicos. Particularmente, compostos fenólicos são de grande interesse para cientistas, fabricantes e consumidores, devido a sua importância na qualidade dos alimentos e aos papéis de proteção e prevenção em certos tipos de câncer e outras doenças crônicas (KERBY; VRIESEKOOOP, 2017; PRIEST; STEWART, 2006).

Com relação à alimentação animal, o BM pode estar úmido ou seco em sua forma final, o BM úmido normalmente é destinado a alimentação de ruminantes, enquanto que o BM seco pode ser utilizado para rações de espécies monogástricas. As grandes cervejarias geralmente vendem o BM para produtores de ração animal, que o utilizam como material de base na formulação da ração, em vez de vendê-lo diretamente aos pecuaristas. O BM oferece uma vantagem econômica ao mercado de ração animal porque é uma alternativa de baixo custo comparada a matérias-primas como a soja (KERBY; VRIESEKOOOP, 2017; MUSSATTO *et al.*, 2006; PRIEST; STEWART, 2006).

O BM também pode ser utilizado na compostagem. No entanto, por conter alto teor de umidade, essa aplicação é indicada somente quando o BM está associado a outros resíduos de baixa umidade.

A produção de energia é outro uso viável para o BM. A geração de energia pode ser conduzida através de combustão direta, ou a produção de biogás (metano) ou bioetanol

através de fermentação (KERBY; VRIESEKOOOP, 2017). Aliyu e Bala (2011), Mussato, Roberto e Dragone. (2006) e Lima (2010) citam ainda outras aplicações para o BM: produção de carvão vegetal; material adsorvente em tratamentos químicos; cultivo de microrganismos e obtenção de bioprodutos por fermentação; suporte para imobilização celular; dentre outros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALIYU, S.; BALA, M. Brewer's spent grain: A review of its potentials and applications. **African Journal of Biotechnology**, v. 103, n. 3, p. 324-331, 2011.
- AMARAL, F. P. DO. **Estudo das características físico-químicas dos óleos da amêndoa e polpa da macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq .) Lodd . ex Mart]**. 66f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista "Júlio De Mesquita Filho", 2007.
- ANDRADE, M.H.C. et al. A. **Óleo do fruto da palmeira macaúba: parte II: Processo de extração do óleo: I TECNIQ**. Belo Horizonte: 2006.
- AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; LIMA, U. de A. **Biotecnologia Industrial**. v. 4. São Paulo: Blucher, 2001.
- ARAGÃO, Tiago Faquinete de. **Macaúba (*Acrocomia aculeata*): caracterização centesimal, potencial antioxidante e compostos fenólicos da polpa e amêndoa**. 2014. 51 f. TCC (Graduação) – Graduação Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.
- BOLANHO, B. C. **Caracterização de farinhas obtidas de subprodutos de palmito pupunha**. 2014. 86 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.
- BONDAR, G. **Palmeiras do Brasil**. São Paulo: Instituto de Botânica, 1964. n.2, p. 500-554.
- BORGES, J. T. S.; ASCHERI, J.L.R.; ASCHERI, D.R. Propriedades de cozimento e caracterização físico-química de macarrão pré-cozido à base de farinha integral de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) e de farinha de arroz (*Oryza sativa*), polido por extrusão termoplástica. **Boletim do Centro de Pesquisas e Processamento de Alimentos**, v. 21, n. 2, p. 303-322, 2003.
- BRASIL. Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009. **Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas**. Diário Oficial. Brasília, 05 jun. 2009. Seção 1.

BRASIL. Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009. **Regulamenta os art. 14 a art. 36 da Lei nº 13.097, de 19 de janeiro de 2015, que tratam da incidência do Imposto sobre Produtos Industrializados - IPI, da Contribuição para o PIS/Pasep e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social - Cofins, no mercado interno e na importação, sobre produtos dos Capítulos 21 e 22 da Tabela de Incidência do Imposto sobre Produtos Industrializados - Tipi.** Diário Oficial. Brasília, 29 abr. 2015.

BRASIL. Resolução RDC ANVISA/MS nº. 263, de 22 de setembro de 2005. **Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23set. 2005.

BUFFO, R. A.; REINECCIUS, G. A. Modeling the rheology of concentrated beverage emulsions. **Journal of Food Engineering**, v. 51, p. 267-272, 2002.

CALDEIRA, F. T. de S. *et al.* Production of Nutritious Flour from Residue Custard Apple (*Annona squamosa* L.) for the Development of New Products. **Journal of food quality**, v. 2018, 2018.

CANALIS, Soledad María Blanco. **Mejoramiento del perfil nutricional y saludable de productos de panificación.** Tese (Doutorado). Escola de Química e Alimentos 2017. Universidad Nacional de Córdoba, 2017.

CEPPI, E. L. M.; BRENNNA, O. V. Brewing with Rice Malt - A Gluten-free Alternative. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 116, n. 3, p. 275-279, 2010.

CERVBRASIL. **Mercado Cervejeiro - Dados do setor.** Disponível em: <http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/dados-do-setor/>. Acesso em: 12 jul. 2018.

CICONINI, G. **Caracterização de frutos e óleo de polpa de macaúba dos biomas Cerrado e Pantanal do estado de Mato Grosso do Sul, Brasil.** 2012. 127f. Dissertação (Mestrado em biotecnologia). Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, 2012.

COELHO, K. D. **Secagem de tomate (*lycorpesiconesculentum* mill) em camada delgada: avaliação das características físico-químicas.** Tese (Mestrado – Engenharia de Alimentos). Escola de Química e Alimentos. Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2010.

COELHO, Maria Alice Zarur et al. Aproveitamento de Resíduos Agroindustriais: Produção de Enzimas a Partir da Casca de Coco Verde. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, [s.l.], v. 19, n. 1, p.33-42, 30 jun. 2001. Universidade Federal do Paraná. <http://dx.doi.org/10.5380/cep.v19i1.1220>.

COLOMBO, Carlos A. et al. **Macaúba: múltipla e sustentável**. 2016. Disponível em: <<http://oagronomico.iac.sp.gov.br/?p=21>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

CORDEIRO, L. G. **Caracterização e viabilidade econômica do bagaço de malte oriundo de cervejarias para fins energéticos**. Dissertação (Mestrado – Ciência e Tecnologia dos Alimentos). Universidade Federal da Paraíba, 2011.

COSTA, J.M.C.; SCHER, J.; HARDY, J. Influência do nível de hidratação na distribuição granulométrica de farinhas de trigo: uso da técnica de difração laser. **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, n.2, p. 173 - 177, 2003.

COSTA, Luciene Lacerda. **Estudo reológico, físico-químico e sensorial do uso de farinha de semente de abóbora (Cucurbita sp.) na elaboração de pão de forma**. 2014. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Uberaba, 2014.

CRIZEL, Tainara de Moraes. **Aproveitamento de Resíduos da Indústria Alimentícia e Nutracêutica no Desenvolvimento de Ingredientes Ativos Para Aplicação em Filmes Biodegradáveis**. 2017. 211 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

D'AVILA, Roseane et al. Adjuntos utilizados para produção de cerveja: características e aplicações. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, [s.l.], v. 8, n. 2, p.60-68, 31 dez. 2012. UNISINOS - Universidade do Vale do Rio Dos Sinos. <http://dx.doi.org/10.4013/ete.2012.82.03>.

EVARISTO, Anderson Barbosa et al. Potencial Energético Dos Resíduos Do Fruto Da Macaúba E Sua Utilização Na Produção De Carvão Vegetal. **Ciência Florestal** [online]. 2016, vol.26, n.2, pp.571-577. ISSN 0103-9954. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509822757>.

FAO Cereal Supply and Demand Brief. 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en/>>. Acesso em: 24 jul. 2018.

Farcas, A.; Tofana, M.; Socaci, S.; Mudura, E.; Scrob, S.; Salanta, L.; Muresan, V. **Brewers' spent grain - A new potential ingredient for functional foods.** J. Agroaliment. Proc. Technol. 2014, 20, 137–141.

FARIA, Silvia Juliana Marinho de. **Carvão Ativado A Partir Do Endocarpo Do Fruto Da Palmeira Macaúba (*Acromia Aculeata*) Processo De Obtenção E Usos.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

FARIAS, T.M.; CARRARA, A. A. Avaliação da qualidade dos frutos da macaúba (*Acrocomia aculeata* Lacq.) utilizados na produção de óleo e torta da polpa, na unidade de beneficiamento da fazenda riacho D'Anta, município de Montes Claros MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, 3., 2006, Lavras. **Anais.** Lavras: UFLA, 2006. p. 289-294.

FELLOWS, P.J. Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2008. 602 p.

FILLAUDEAU, L.; BLANPAIN-AVET, P.; DAUFIN, G. **Water, wastewater and waste management in brewing industries.** J. C. Prod., v BLANPAIN-AVET, P.; DAUFIN. 14, p. 463-471, 2006.

GOMIDE, R, Operações unitárias: separação mecânica Volume 3, p.71- 76, 1983.

GRANDE, Salvador Carlos; CREN, Érika Cristina. Demanda de proteínas vegetais: potencialidades e o diferencial dos farelos de macaúba (revisão). **Journal Of Chemical Engineering And Chemistry**, [s.l.], v. 2, n. 3, p.190-214, 1 out. 2016. Universidade Federal de Viçosa. <http://dx.doi.org/10.18540/2446941602032016190>.

HIANE, P. A.; MACEDO, M. L. R.; SILVA, G. M.; NETO, J. A. B. Chemical and nutritional evaluation of kernels of bocaiuva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. **Ciênc.Tecnol. Aliment.**, Campinas, v.26, n.3, p. 683-689, jul./set. 2006.

Hoseney, R. (1994a). *Principles of Cereal Science and Technology*. St. Paul, MN, USA: AACC International.

KERBY, Clare; VRIESEKOOOP, Frank. An Overview of the Utilisation of Brewery By-Products as Generated by British Craft Breweries. *Beverages*, [s.l.], v. 3, n. 4, p.24-36, 12 jun. 2017. <http://dx.doi.org/10.3390/beverages3020024>.

KOPPER, A. C. *et al.* Utilização tecnológica da farinha de Bociáúva na elaboração de biscoitos tipo *cookie*. *Alimentos e Nutrição*, v. 20, p. 463–469, 2009.

LAUFENBERG, Günther; KUNZ, Benno; NYSTROEM, Marianne. Transformation of vegetable waste into value added products. *Bioresource Technology*, [s.l.], v. 87, n. 2, p.167-198, abr. 2003. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0960-8524\(02\)00167-0](http://dx.doi.org/10.1016/s0960-8524(02)00167-0).

LENART, A. Osmo-convective drying of fruits and vegetables: technology and application. *Drying Technology*, Philadelphia, v. 14, n. 2, p. 391- 413, Feb. 1996.

LEWICKI, P. P.; PAWLAK, G. Effect of drying on microstructure of plant tissue. *Drying Technology*, v. 21, n. 4, p. 657-683, 2003.

LIMA, U. A. **Matérias-primas dos Alimentos**. São Paulo: Ed Blucher, 2010. 402p.

LOBATO, Breno. **Macaúba é matéria-prima promissora para biodiesel**. 2014. Elaborada por Embrapa Cerrados. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2329636/macauba-e-materia-prima-promissora-para-biodiesel>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

LÓPEZ-MARCOS, Mari Cruz et al. Properties of Dietary Fibers from Agroindustrial Coproducts as Source for Fiber-Enriched Foods. *Food And Bioprocess Technology*, [s.l.], v. 8, n. 12, p.2400-2408, 9 set. 2015. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s11947-015-1591-z>.

LORENZI, G. M. A. C. ***Acrocomia aculeata* (Lodd.) ex Mart. – arecaceae: bases para o extrativismo sustentável**. Tese. Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 172f., 2006.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; MEDEIROS-COSTA, J. T.; CERQUEIRA, L. S. C.; BEHR, N. **Palmeiras do Brasil: exóticas e nativas** Nova Odessa: Plantarum, 1996. p. 1-20.

SILVEIRA, Ana Luisa Machado. **Aproveitamento da torta residual proveniente da extração do óleo da amêndoa de macaúba (*Acrocomia aculeata*) para produção de farinha destinada à alimentação humana**. Dissertação (Mestrado – Engenharia Química) 2014. Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **A Cerveja no Brasil**. 2018. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/a-cerveja-no-brasil>>. Acesso em: 15 mar. 2018.

MARTÍNEZ, Marcela Lilian et al. Effect of defatted almond flour on cooking, chemical and sensorial properties of gluten-free fresh pasta. **International Journal Of Food Science & Technology**, [s.l.], v. 52, n. 10, p.2148-2155, 18 jun. 2017. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/ijfs.13493>.

MELO, Kiki Pinheiro. **Secagem de biomassa de levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) em um secador atmosférico condutivo com agitação mecânica: caracterização e avaliação do produto seco como bioadsorvente e complemento nutricional**. 2010. 159 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

MINAS GERAIS (Estado). Lei nº 19.485, de 13 de novembro de 2011. Institui a política estadual de incentivo ao cultivo, à extração, à comercialização, ao consumo e à transformação da macaúba e das demais palmeiras oleaginosas - Pró- Macaúba.. . Belo Horizonte, MG, 2011.

MIRANDA, A. A.; CAIXETA, A. C. A.; FLÁVIO, E. F.; PINHO, L. **Desenvolvimento e análise de bolos enriquecidos com farinha da casca do maracujá (*Passiflora edulis*) como fonte de fibras**. *Alimentos e Nutrição*, Araraquara, v. 24, n. 2, p. 225-232, 2013.

MISSOURI BOTANICAL GARDEN. *Acrocomia aculeata* Disponível em: <<http://www.mobot.mobot.org/cgi-bin/search>> Acesso em: 16 out. 2017.

MORADO. **Larousse da cerveja**. Larousse do Brasil. 2009.

MORAES, Kessiane Silva De *et al.* **Avaliação tecnológica de biscoitos tipo *cookie* com variações nos teores de lipídio e de açúcar.** *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 30, p. 233–242, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010120612010000500036&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>.

MOTA, R. C. S. **Aproveitamento Do Exocarpo Do Licuri Particulado Para Produção De Um Compósito Utilizando Como Matriz Um Poliéster Ortoftálico.** 2017. 143 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

MOTA, R. V. Avaliação da qualidade físico-química e aceitabilidade de passas de pêssego submetidas à desidratação osmótica. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 25, n. 4, p. 789-794, out./dez. 2005.

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

PALMER, G. H. Barley and Malt In: PRIEST, F.G; STEWART, G.G. **Handbook of brewing.** 2nd ed. Boca Raton: Taylor & Francis, 2006. 853p.

PEREIRA, A. G.; SANTOS, D. M. **Caracterização química do bagaço de cevada como matéria-prima em compósitos de amido.** 54º Congresso Brasileiro de Química, 2014

PIMENTA, T.V; **Metodologias de Obtenção e Caracterização dos Óleos do Fruto da Macaúba com Qualidade Alimentícia: da Coleta a Utilização.** Belo Horizonte, 2010- Dissertação de Mestrado - UFMG.

PINTO, A. L. D; MIRANDA, T. L. S. **Desenvolvimento de um novo óleo tipo mesa a partir da polpa da macaúba.** Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 128p, 2010.

PISSATTO, Andrea. **Desenvolvimento de um biscoito tipo *cookie* enriquecido com cálcio e vitamina D.** 2010. 93 f. Universidade Federal do Paraná, 2010.

PORTAL DA MACAÚBA. Disponível em: <http://www.portalmacauba.com.br/>. Acesso em: 20 jul. de 2018.

POTT, A.; POTT, V.J. **Plantas do Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 1994. 320p.

PRIEST, Fergus G.; STEWART, Graham G. (Ed.). **Handbook of Brewing**. 2. ed. Boca Raton: Taylor & Francis, 2006. 831 p.

PRIYA, S.R.; RAMASWAMY, Lalitha. Physical , chemical and microbial properties of *cookies* developed. **International Journal of Recent Scientific Research**. v. 7, n. 3, 2016.

QUEIROZ, L. A. L. **Análise de Procedimentos Pós-Colheita do Fruto da Macaúba (*Acrocomia aculeata*) e Refino do Óleo da Polpa**. 222p. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Escola de Engenharia Química da Universidade Federal Minas Gerais. Belo Horizonte, 2016.

RAMOS, Maria Isabel Lima *et al.* Qualidade nutricional da polpa de bocaiúva *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [s.l.], v. 28, p.90-94, dez. 2008. Fap UNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-20612008000500015>.

RAO, B Dayakar; BHARGAVI, G. Technology Involved in Quality of Biscuits: Influence of Factors and Impact on Processing-A Critical Review. **Int. J. Pure App. Biosci**, v. 5, n. 4, p. 532–542, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.18782/2320-7051.5096>>.

RAO, Qinchun *et al.* Storage stability of a commercial hen egg yolk powder in dry and intermediate-moisture food matrices. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, n. 36, p. 8676–8686, 2013.

RE, Roberta *et al.* Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology And Medicine**, [s.l.], v. 26, n. 9-10, p.1231-1237, maio 1999. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0891-5849\(98\)00315-3](http://dx.doi.org/10.1016/s0891-5849(98)00315-3).

RIGO, Maurício *et al.* **Physical-chemical and sensory characterization of *cookies* added with brewer's spent grain flour as fiber supply**. *Ambiência*, v. 13, n. 1, 2017. Disponível em: <<http://www.gnresearch.org/doi/10.5935/ambiencia.2017.01.03>>.

RIOS, R. D. F. **Produção e Aplicação de Carvão Ativado do Endocarpo da Macaúba (*Acrocomia aculeata* (JACQ.) LODD. EX MART) para a Adsorção Seletiva de Ouro em**

Rejeitos da Mineração. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

RIYA, S.R.; RAMASWAMY, Lalitha. Physical , chemical and microbial properties of *cookies* developed. *International Journal of Recent Scientific Research* v. 7, n. 3, 2016.

RODRIGUES, Janaína Pereira de Macedo. **Caracterização E Análise Sensorial De Biscoitos De Polvilho Enriquecidos Com Farelo De Mandioca.** 2010. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

RODRIGUEZ-SANDOVAL, E.; SANDOVAL, G.; CORTES-RODRÍGUEZ, M... Effect of quinoa and potato flours on the thermomechanical and breadmaking properties of wheat flour. **Brazilian Journal Of Chemical Engineering**, [s.l.], v. 29, n. 3, p.503-510, set. 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-66322012000300007>.

RUBIO-SENENT, F., RODRÍGUEZ-GUTIÉRREZ, G., LAMA-MUÑOZ, A., GARCÍA, A., FERNÁNDEZ-BOLAÑOS, J. Novel pectin present in new olive mill wastewater with similar emulsifying and better biological properties than citrus pectin. **Food Hydrocolloids**, 50, 237-246, 2015.

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

MORAES, Kessiane Silva de *et al.* Avaliação tecnológica de biscoitos tipo *cookie* com variações nos teores de lipídio e de açúcar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 30, n. 5003752, p. 233–242, 2009.

SILVA, Lô-ruama Marques de Souza. **Aproveitamento da casca de banana para produção de farinha destinada à formulação de biscoitos.** 2013. 56 f. Dissertação (Mestrado em Química e Bioquímica de Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.

SILVA, M. R.; LACERDA, D. B. C. L.; SANTOS, G. G.; MARTINS, D. M. O. Caracterização química de frutos nativos do cerrado. **Ciência Rural**. V.38, n.6, p.1790-1793, Santa Maria, set. 2008.

SILVEIRA, A. L. M. **Aproveitamento da Torta Residual Proveniente da Extração do Óleo da Amêndoa De Macaúba (*Acrocomia aculeata*) para Produção de Farinha Destinada à Alimentação Humana.** 141p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Escola de Engenharia Química da Universidade Federal Minas Gerais. Belo Horizonte, 2014.

STORCK, Cátia Regina et al. Qualidade microbiológica e composição de farinhas de resíduos da produção de suco de frutas em diferentes granulometrias. **Brazilian Journal Of Food Technology**, [s.l.], v. 18, n. 4, p.277-284, dez. 2015. Fap UNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.1615>.

SZPIZ, R. R.; LAGO, R. C. A.; JABLONKA, F. H.; PEREIRA, D. A. **Óleos de macaúba: uma alternativa para a oleoquímica.** Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA, 1989. p.1-10 (EMBRAPA- CTAA. Comunicado técnico, 14).

VALIM, Hellen de Melo. **Variabilidade em progênies de macaúba com base em variáveis quantitativas relacionadas a aspectos agrônômicos e características físicas dos frutos.** 2015. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Agrônômica, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

VENTURINI, W. G; NOJIMOTO, T. Produção de cerveja utilizando cevada como adjunto de malte: análises físico-química e sensorial. **Braz. J. Food Technol.**, v. 12, n. 2, p. 106-112, abr./jun. 2010.

VEREDIANO, F. C. **Aproveitamento da torta residual da extração do óleo da polpa da Macaúba para fins alimentícios.** 114p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Escola de Engenharia Química da Universidade Federal Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012.

VERSINO, F., LÓPEZ, O. V., GARCIA, M. A. Sustainable use of cassava (*Manihot esculenta*) roots as raw material for biocomposites development. **Industrial Crops and Products**, v. 65, p.79–89, 2015.

ZANATTA, Samuel. **Caracterização da Macaúba (casca, polpa e amêndoa) e análise sensorial através da educação do gosto.** 2015. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

Capítulo II: Obtenção da matéria-prima e produção da Farinha

1. INTRODUÇÃO

Matéria-prima alimentícia é toda substância de origem animal, vegetal ou mineral, em estado bruto, que para ser utilizada como alimento, precisa sofrer um tratamento e/ou transformação de natureza química, física ou biológica. As etapas do processamento das matérias-primas ditam as características do produto final obtido, assim como exercerão forte influência em suas possíveis aplicações e no seu consumo (PEREIRA, 2015).

Os resíduos agroindustriais vêm se destacando como matérias-primas alternativas por conterem substâncias de alto valor nutritivo. Atualmente muitos desses resíduos são descartados ou subaproveitados. Além do descarte de resíduos muitas vezes oferecer risco ao meio ambiente e a população, essa prática representa um desperdício de matéria-prima e custo operacional para as empresas. Nesse sentido, utilizando-se tecnologias adequadas é possível agregar valor a esses materiais. Diversos estudos vêm sendo desenvolvidos para que os resíduos do setor agroindustrial sejam utilizados para a obtenção de novos produtos, tornando-os coprodutos do processo produtivo. Por conterem alto teor de umidade e de açúcares fermentescíveis, é imprescindível que esses materiais sejam rapidamente processados, tornando viável a sua utilização (COSTA, 2014; CRIZEL, 2017).

A produção de farinhas é uma das alternativas de maior interesse para o aproveitamento dos coprodutos da agroindústria. As farinhas podem ser utilizadas na composição de outros produtos alimentícios ou também como produto final. Elas apresentam ainda como vantagem o tempo de conservação prolongado, armazenamento e transporte facilitados (COSTA, 2014).

O processamento do fruto da Macaúba para a obtenção do óleo e da torta da polpa engloba as seguintes operações: coleta, higienização, armazenamento, descascamento, despulpagem, secagem e prensagem. Na etapa de prensagem da polpa obtém-se o óleo como produto principal e a torta da polpa, que é rica em carboidratos, fibras, proteínas, vitaminas e minerais.

A produção da cerveja conta com as seguintes etapas: mosturação, *mash out*, fervura, *whirlpool*, resfriamento, fermentação e envase. Nesse processo são gerados três tipos de resíduos: bagaço de malte (BM), trub quente (TQ) e extrato de levedura (EL). O bagaço de malte é gerado após a etapa de mosturação e esgotamento dos grãos e representa cerca de 85% do total de resíduos gerados. A composição do BM varia de acordo com a formulação da

cerveja, mas geralmente inclui altos níveis de fibra dietética, proteínas, minerais e polifenóis.

Neste trabalho, os resíduos agroindustriais de interesse são a torta da polpa da Macaúba e o bagaço de malte. Destaca-se que este trabalho de Mestrado está integrado a um trabalho de Doutorado que prevê a Produção de Cerveja Especial que se utiliza da Torta da Polpa de Macaúba, justificando assim as matérias-primas deste estudo. Atualmente, o maior emprego desses materiais tem sido para a alimentação animal, sendo importante investigar e consolidar outras formas de utilização.

2. OBJETIVO

Descrever os procedimentos utilizados para a obtenção da torta da polpa da Macaúba e do bagaço de malte, visando a sua utilização na obtenção de farinhas alimentícias.

3. PROCESSO DE SECAGEM

A desidratação é uma das operações unitárias mais relevantes e desafiadoras no processamento de alimentos, assim como um tópico de contínuo interesse nas pesquisas na área. O objetivo principal da desidratação é prolongar a vida de prateleira dos alimentos através da redução da atividade de água. Além disso, a redução no peso e no tamanho do alimento diminui os custos de transporte e armazenamento (FELLOWS, 2008; OLIVEIRA 2008).

A qualidade do produto seco, a quantidade de energia gasta e o tempo utilizado neste processo são parâmetros primordiais para a rentabilidade do bem submetido a esta operação (FELLOWS, 2008; OLIVEIRA 2008).

Em geral, entende-se por secagem a operação unitária destinada à remoção de um líquido agregado a um sólido para uma fase gasosa através da evaporação. Normalmente, a operação consiste no contato de um fluxo de ar insaturado com temperatura superior ao do sólido, resultando assim na retirada deste líquido. Durante o processo de secagem ocorrem dois fenômenos de transporte: a transferência de massa e a transferência de calor. A transferência de massa ocorre devido ao gradiente de concentração de água entre o sólido e a massa de ar e a transferência de calor devido à diferença de temperatura entre o ar e o sólido (COELHO, 2010; PACHECO, 2012).

Quando um alimento é submetido a secagem, existem basicamente três períodos que podem ser distinguidos. A Figura 1 mostra as curvas típicas de secagem de um alimento, considerando que a temperatura e a umidade relativa do ar de secagem são constantes e que

todo o calor é fornecido por convecção para a superfície do alimento. Na mesma Figura 1 estão realçadas também fases da secagem detalhadas a seguir (FELLOWS, 2008, OLIVEIRA, 2008):

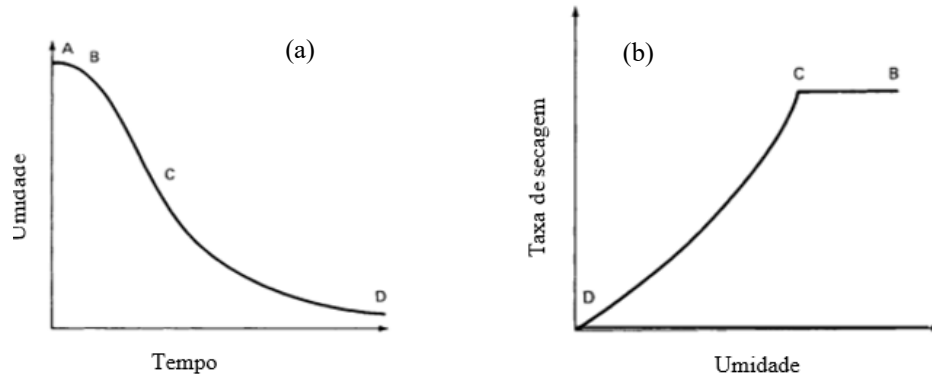


Figura 1 - Curvas de cinética de secagem: (a) teor de umidade em função do tempo - curva típica em condições constantes de secagem, (b) curva da taxa de secagem em função do teor de umidade. Fonte: Adaptado de Fellows, 2000.

- Fase A-B: Curto período de acomodação inicial, no qual as condições da superfície do alimento equilibram-se com a do ar de secagem (aquecimento do alimento até a temperatura do bulbo úmido). Em geral, esta fase constitui a proporção negligenciável do ciclo de secagem (FELLOWS, 2008).
- Fase B-C: Período de taxa constante de secagem, no qual a água se movimenta do interior do alimento na mesma taxa em que é evaporada da superfície. Nessa fase o alimento permanece úmido e numa temperatura próxima a de bulbo úmido do ar. Este período continua até que um teor de umidade crítico (X_c) é alcançado. Na prática, diferentes áreas da superfície dos alimentos secam a taxas diferentes e, em geral, a taxa de secagem diminui gradualmente até o final do período de taxa constante (FELLOWS, 2008).
- Fase C-D: Período de taxa decrescente de secagem no qual umidade do alimento cai abaixo do teor crítico e a taxa de secagem diminui lentamente até se aproximar de zero ao nível de umidade de equilíbrio (quando a pressão de vapor no alimento entra em equilíbrio com a pressão de vapor do ar de secagem). Neste período, a taxa de movimento de água do interior para a superfície do alimento torna-se menor do que a taxa na qual a água evapora para o ar circundante. A transferência de massa é dada por difusão ou capilaridade (FELLOWS, 2008).

No decorrer da secagem podem ocorrer mudanças nos alimentos, podendo-se citar:

endurecimento superficial, movimento de sólidos solúveis, retração, gelatinização do amido, amolecimento de componentes termoplásticos, mudanças do estado cristalino ao amorfo, escurecimento não-enzimático, perda de substâncias aromáticas voláteis, diminuição da capacidade de retenção de água, mudanças de textura, perdas do valor nutritivo e mudanças de cor (FELLOWS, 2008).

A análise das curvas de secagem pode ser feita por meio de métodos teóricos ou empíricos. O método empírico consiste na obtenção de curvas de secagem a partir de variações nas condições externas, não oferecendo indicações precisas sobre o transporte de água no interior do produto. No entanto, a utilização de modelos matemáticos empíricos, que descrevam as curvas de secagem em camada delgada, tem sido útil na simulação de secagem de camadas espessas do produto, mesmo que esses modelos sejam válidos apenas no âmbito das condições testadas experimentalmente. Isto permite sua utilização em aplicações industriais, seja para auxiliar no projeto de novos secadores ou para aperfeiçoar o funcionamento de secadores em operação (OLIVEIRA, 2008).

Os experimentos de secagem, muitas vezes, são realizados com amostras de diferentes lotes ou de um processo contínuo, as quais necessariamente não apresentam o mesmo teor de umidade inicial ao longo de todo o experimento. Nessa situação há necessidade de utilizar uma variável que seja capaz de indicar a variação de umidade do produto, independentemente da umidade inicial do mesmo. Assim foi definida a umidade adimensional (RU) ou razão de umidade, dada pela Equação 1 (RAMOS, 2013):

$$RU = \frac{X - X_e}{X_0 - X_e} \quad (1)$$

sendo RU a *razão* de umidade; X_0 a umidade inicial em base seca; X_e a umidade de equilíbrio; X a umidade no tempo t ; e k a constante de secagem (GONELI, 2008). O numerador da razão representa a quantidade de água livre a retirar num tempo t , enquanto o denominador refere-se à quantidade total de água que pode ser removida no processo naquelas condições de operação. Os modelos de secagem utilizam o conceito de umidade adimensional em função do tempo total de secagem (OLIVEIRA, 2008).

A teoria da secagem foi pioneiramente descrita por Lewis em 1921 (Equação 2), e está baseada na lei de resfriamento de Newton sendo bastante utilizada para explicar a transferência de massa em camada delgada (OLIVEIRA, 2008).

$$RU = \exp(-kt) \quad (2)$$

sendo RU a razão de umidade; t o tempo; e k a constante de secagem.

4. METODOLOGIA

A Figura 2 apresenta o fluxograma das etapas do trabalho descritas neste Capítulo, desde a obtenção das matérias-primas até a produção da farinha, permitindo um melhor entendimento de como as etapas estão relacionadas.

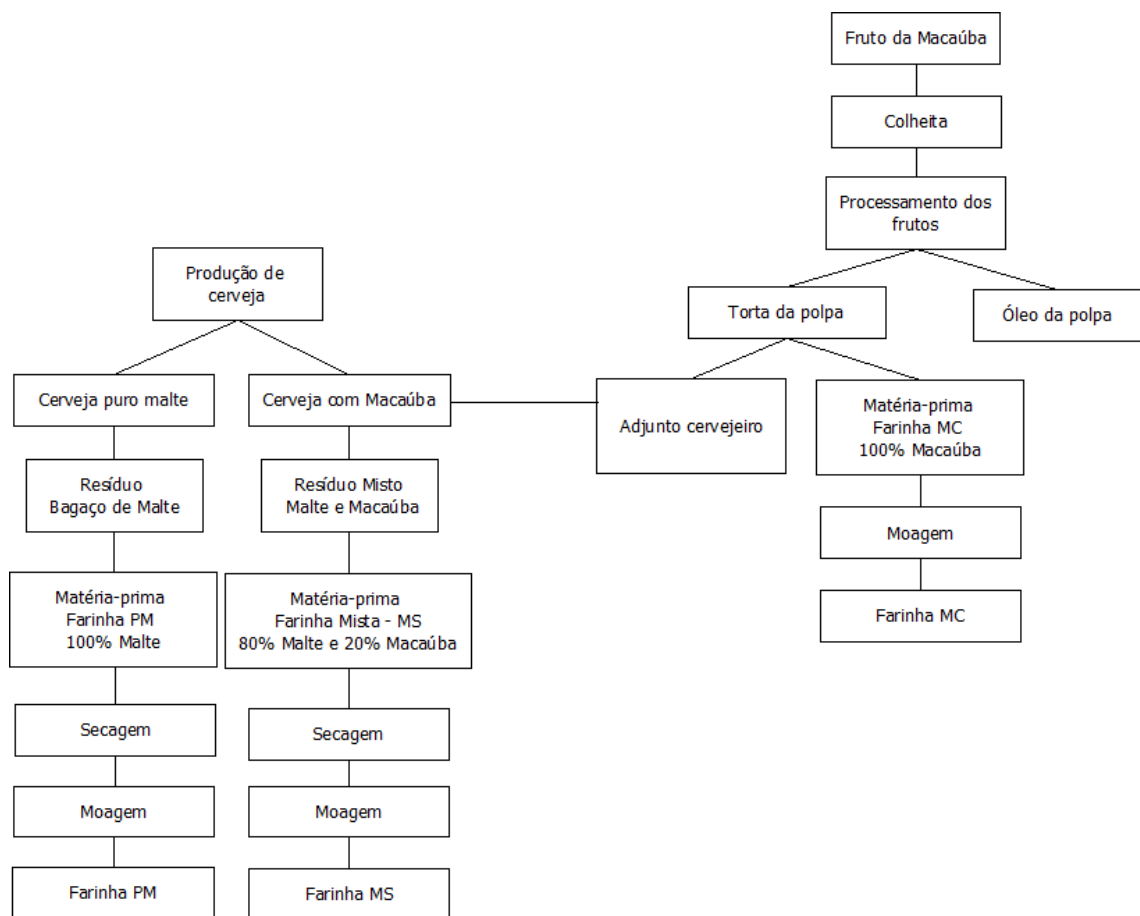


Figura 2 - Etapas de obtenção das matérias-primas e elaboração das farinhas MC, MS e PM. Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

4.1. OBTENÇÃO DAS MATÉRIAS PRIMAS PARA A PRODUÇÃO DAS FARINHAS

Nas próximas seções estão descritas as metodologias utilizadas para a obtenção das matérias-primas necessárias para a elaboração dos três produtos analisados neste estudo: farinha da torta da polpa de Macaúba (MC); farinha proveniente do resíduo da fabricação de cerveja

puro malte (PM); e farinha mista produzida a partir do resíduo da produção de cerveja que contém a torta da polpa de Macaúba como adjunto (MS).

4.1.1. Obtenção da torta da polpa de Macaúba

A seguir são descritos os métodos utilizados para a obtenção da torta da polpa, obtida a partir da prensagem da polpa do fruto de Macaúba, que foi utilizada em dois momentos distintos: como adjunto na produção de cerveja e na produção da farinha MC.

O processamento do fruto da Macaúba contempla a higienização e conservação pós-colheita; a secagem; a separação das partes casca, polpa e castanha; e a secagem e prensagem da polpa. Cada uma dessas etapas será detalhada a seguir.

Para o desenvolvimento deste trabalho foram coletados frutos de Macaúba de diferentes localidades de Minas Gerais. Cada lote de frutos das diferentes localidades foi processado separadamente. Todos os procedimentos foram realizados no Laboratório de Processos e Produtos da Macaúba (LPPM) e no Laboratório de Análises Químicas (LAQ-DEQ), ambos no Departamento de Engenharia Química da UFMG.

4.1.1.1. Coleta dos frutos

Os frutos utilizados no experimento foram coletados entre novembro de 2017 e março de 2018, no município de Belo Horizonte e região, no estado de Minas Gerais. A coleta foi realizada em cinco locais distintos: Campus Pampulha da UFMG em Belo Horizonte, Municípios de Ribeirão das Neves, Jeceaba, Taquaraçú de Minas e Cláudio.

A coleta foi realizada em plantas adultas de Macaúba, da espécie *Acrocomia aculeata*, em estágio reprodutivo, desenvolvidas de forma extrativista, sem fins comerciais e sem nenhum tratamento prévio do solo. Além disso, para a coleta dos frutos, foram escolhidas de maneira aleatória plantas que apresentavam aspecto físico saudável, sem doenças visíveis e sem ataque de pragas ou predadores.

No campus da UFMG e nos municípios de Cláudio e Taquaraçú de Minas foram coletados frutos maduros, que se soltaram do cacho e estavam no chão. A coleta ocorreu em dias alternados, a partir do momento em que foram encontrados os primeiros frutos, com o intuito de não deixá-los em contato com solo por muito tempo, evitando assim possíveis contaminações. Os frutos escolhidos apresentavam aparência uniforme, casca lisa e sem rachaduras. Nos municípios de Ribeirão das Neves e Jeceaba foram coletados cachos inteiros

diretamente das palmeiras, que se encontravam em estágio de maturação considerado adequado.

4.1.1.2. Higienização e armazenamento

Após a coleta, os frutos foram imediatamente higienizados. No primeiro momento todos foram lavados com detergente neutro em água corrente. Em seguida a sanitização foi feita através da imersão dos frutos em solução de hipoclorito de sódio (alvejante comercial) a 200ppm por 2 minutos e enxaguados em água corrente. Os frutos foram acondicionados em cestos plásticos perfurados e expostos ao sol para remoção do excesso de água, sendo então armazenados em embalagens plásticas sob refrigeração (a temperatura de 7°C).

4.1.1.3. Secagem dos frutos

Nos frutos frescos de Macaúba, mesmo que em estágio ideal de maturação, a polpa encontra-se fortemente aderida a casca o que reduz a eficiência do descascamento e despulpagem mecânica. O equipamento utilizado para descascamento e despulpagem é uma aquisição recente do LPPM e segundo o fabricante, não é indicado a despulpagem de frutos frescos. Assim, optou-se por realizar a secagem dos frutos, o que permitiria a diminuição da aderência da polpa à casca, facilitando a remoção da casca e da polpa. Adicionalmente estudos que investigaram metodologias para melhorar a eficiência da retirada da casca do coco de babaçu por abrasão concluíram que o procedimento que obteve melhor eficiência foi a secagem do coco a 120°C antes do descascamento (SOLER; VITALI; MUTO, 2007). Levando em consideração que o objetivo deste trabalho é obter a torta da polpa da Macaúba como coproduto da extração do óleo, o mesmo não pode ser deteriorado. Assim optou-se por uma secagem mais longa e temperaturas mais amenas.

A secagem dos frutos foi realizada à 60° C durante 40 horas. Aproximadamente 3kg de fruto foram dispostos em cada bandeja de alumínio e levados à estufa. Devido à alta demanda durante o período de safra, foram utilizados dois equipamentos para a secagem totalizando uma capacidade de secagem de 15 kg/batelada. Os equipamentos utilizados foram: estufa de convecção forçada (Nova Ética, N480, Vargem Grande do Sul, SP, Brasil), capacidade de secagem de 3kg/batelada e estufa com circulação natural de ar (marca e modelo desconhecido), capacidade de secagem de 12kg/batelada.

4.1.1.4. Descascamento e despulpagem

A operação de descascamento e despulpagem usa a combinação de compressão e

cisalhamento para extração de polpa de frutas e hortaliças, para a produção de sucos e óleos.

O equipamento (Figura 3) utilizado neste trabalho foi projetado especialmente para a separação das partes do fruto da Macaúba. Ele conta com um embolo móvel que pressiona os frutos contra uma lâmina que se move com alta velocidade. No primeiro momento o embolo permanece levantado, ou seja não pressiona os frutos, e a casca é removida. Em seguida, quando o embolo é abaixado ele pressiona os frutos contra a lâmina ocorrendo então a despulpagem. Os endocarpos e as amêndoas ficam ainda retidos no equipamento. Sendo assim ao final da operação tem-se três partes do fruto separadas: casca, polpa e endocarpo. Essa operação ocorre em regime batelada com capacidade de 6kg de fruto/batelada.



Figura 3 - Despulpadeira para fruto de Macaúba. Fonte: elaborado pelo autor (2018).

4.1.1.5. Secagem da polpa

A secagem é utilizada como um pré-tratamento à extração mecânica e visa melhorar o seu rendimento. Maiores percentuais de água na matéria-prima influenciam na prensagem, pois ocasionam o aumento da plasticidade e conseqüente redução dos níveis de compressão. Além disso, a água atua como lubrificante diminuindo o atrito interno necessário para que

ocorra a extração. Durante a secagem, ocorre a perda de água da célula vegetal por evaporação, causando o rompimento da estrutura celular; a coagulação da proteínas; e a diminuição da viscosidade, fatores que também auxiliam na posterior extração dos óleos. Entretanto, o aquecimento excessivo reduz a qualidade do óleo e torta produzidos devido a aceleração de processos oxidativos (PIMENTA, 2010; SINGH; BARGALE, 2000).

A polpa dos frutos de Macaúba foi em seca nas estufas disponíveis no LAQ-DEQ e LPPM: estufa de convecção forçada (Nova Ética, N480, Vargem Grande do Sul, SP, Brasil) e estufa de circulação natural de ar (marca e modelo desconhecidos). Em cada batelada foram secos aproximadamente 12kg de polpa, cerca de 3kg/bandeja. A polpa permaneceu no equipamento durante 24 horas, a 60°C. O tempo de secagem foi definido em função do teor de umidade final desejado para a polpa, pois o ideal para a operação subsequente de prensagem é que o material possua o teor de umidade em torno de 20% (PIMENTA, 2010). O procedimento para o estudo cinético da secagem da polpa é descrito no item 3.3.

O processo de secagem rompe a estrutura celular do material como resultado da vaporização da água e reduz o teor de água permitindo maior atrito do material a ser prensado, maximizando a pressão interna durante a prensagem (ARAGÃO, 2014).

4.1.1.6. Prensagem da polpa

O óleo presente no interior da células vegetais encontra-se associado a outros componentes como fibras e proteínas e toda essa estrutura celular é protegida por uma membrana. No processo de extração mecânica em prensa tipo *expeller*, a matéria-prima é continuamente alimentada no equipamento, onde é submetida a alta pressão (4 a 35 MPa) o que causa o rompimento da membrana celular, permitindo que os lipídeos deixem a estrutura. Enquanto o óleo é liberado a massa de sólidos comprimida segue pelo eixo da prensa até que chegue ao ponto final do trecho em que há a redução no espaço de saída, o chamado dispositivo de choque (SINGH; BARGALE, 2000). As prensas mecânicas do tipo *expeller* são amplamente utilizadas, apresentando diversas vantagens em relação a tradicional extração química com solventes. A operação desse tipo de prensa é simples, facilmente adaptável a diversos tipos de oleaginosas e o processo é contínuo sendo efetuado em curto espaço de tempo (SINGH; BARGALE, 2000).

A prensagem da polpa e conseqüente extração do óleo foi realizada em prensa mecânica contínua do tipo *expeller* (Scott Tech modelo ERT 60).

4.1.1.7. Análises preliminares

Devido à grande quantidade de torta obtida durante a safra 2017/2018 e a variabilidade natural dos frutos coletados em diferentes localidades, optou-se por agrupar as tortas que apresentassem características similares com base no teor de lipídeos e na acidez titulável, os quais foram determinados através do Método 30-26 AACC (2000) e do Método 016/IV do Manual do Instituto Adolf Lutz (2005), respectivamente.

4.1.2. Obtenção do bagaço de malte e bagaço misto

Para obter o resíduo cervejeiro, matéria prima para a produção de dois dos três tipos das farinhas analisadas nesse estudo, realizou-se duas produções de cerveja. A primeira produção foi a de cerveja puro malte que originou a farinha PM (Formulação I - Anexo I) e a segunda produção de cerveja especial contendo torta da polpa de Macaúba como adjunto, que deu origem a farinha MS (Formulação II – Anexo II). As duas produções de cerveja foram realizadas no LPPM. As Figura 4 e 5 mostram de forma resumida as etapas das duas produções de cerveja

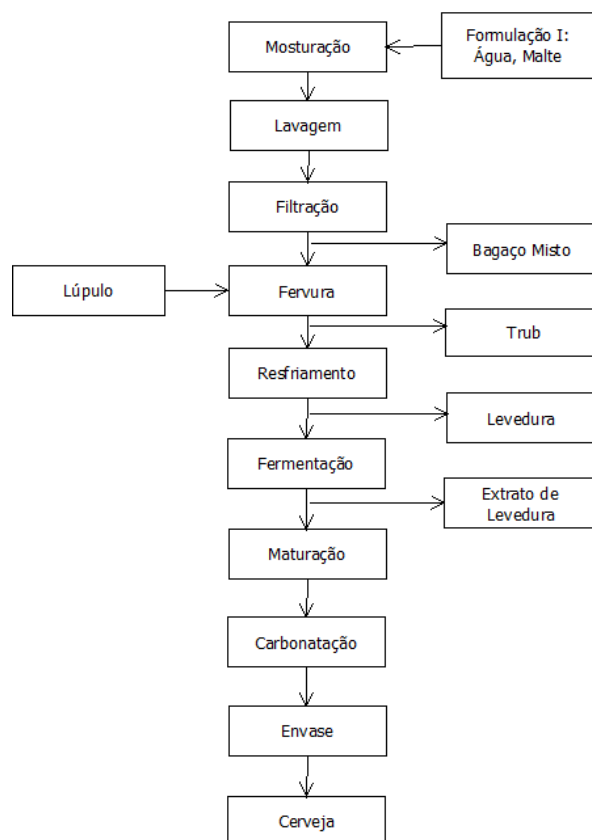


Figura 4 - Etapas de produção da cerveja - Formulação I. Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

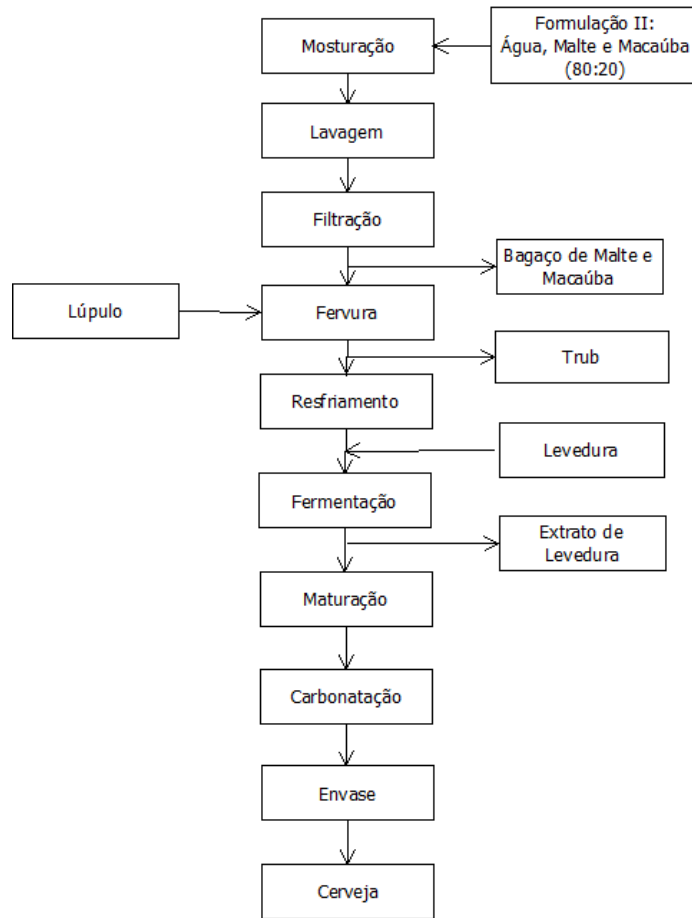


Figura 5 - Etapas da produção de cerveja - Formulação II. Elaborado pelo autor (2018).

4.1.2.1. Elaboração da receita

Entende-se como Receita Cervejeira a formulação utilizada e o conjunto de procedimentos. Primeiramente definiu-se o estilo de cerveja a ser produzido, *Fruit Beer*, com base *Ale*. A escolha por este tipo de cerveja se deve ao fato de ser uma categoria de cervejas feitas normalmente com qualquer fruta ou combinação de frutas. As quantidades necessárias de cada matéria-prima e insumos foram calculadas com o auxílio do *software Beersmith Home Brewing* (ANEXO I e II).

4.1.2.2. Mosturação

Aqueceu-se 14L de água até uma temperatura de aproximadamente 74,2°C. Nesse momento adicionaram-se simultaneamente os três tipos de maltes: *Munich II*, *PaleMalt* e *Pilsen*. Como consequência a temperatura do meio diminuiu para cerca de 68,9°C e assim permaneceu por 60 minutos, ou seja durante toda a etapa de sacarificação. Após esse período

iniciou-se o *mash-out*, quando elevou-se a temperatura da água para 75,6°C, com permanência nesta condição por 10 minutos. Paralelamente, a água destinada a lavagem (16L) foi aquecida a 67°C em outro recipiente. Na sequência realizou-se a lavagem, que tem por objetivo a extração máxima dos açúcares presentes nos grãos. Esse procedimento consiste na dispersão da água aquecida de maneira aleatória sobre o bagaço com o auxílio da pá cervejeira de modo que o “filtro natural de bagaços/cascas” não seja destruído e que não haja a formação de caminhos preferenciais. A existência de caminhos preferenciais faria com que a água de lavagem percolasse sempre os mesmos grãos, o que não permitiria a máxima extração dos açúcares.

Durante toda a mosturação a temperatura foi monitorada utilizando-se um termômetro de mercúrio imerso no líquido. Além disso, durante todo o processo, o líquido foi recirculado através de um sistema composto por uma bomba de recirculação e um chuveiro. O chuveiro tem a finalidade de amortecer o impacto do retorno do líquido ao equipamento impedindo que se formem caminhos preferenciais na torta.

4.1.2.3. Fervura e resfriamento do mosto

O mosto foi aquecido até à fervura e, imediatamente, adicionou-se 27g de lúpulo *Fuggles* (lúpulo de amargor). Após 15 minutos um tablete de *Whirlfloc* foi adicionado com o intuito de ajudar a floculação, acelerar a formação do *trub* e obter um mosto mais brilhante. Completados 60 minutos de fervura (esterilização do mosto e dissolução do lúpulo), adicionou-se 19,20g de lúpulo *Perle* (lúpulo de aroma) e interrompeu-se o aquecimento.

Ao final da fervura realizou o *whirlpool*, que consiste na movimentação vigorosa do mosto com o auxílio da pá cervejeira durante 10 minutos, para que os sólidos insolúveis presentes no mosto decantassem. O mosto descansou por 20 minutos para favorecer a deposição desse material no fundo do tanque de mosturação e foi, então, resfriado.

O resfriamento foi realizado com o auxílio de dois *chillers*, um imerso no mosto e outro em água e gelo. O sistema era ligado a torneira através de mangueiras. Esse procedimento evita que a alta temperatura do mosto inative as leveduras que serão adicionadas. O mosto resfriado foi transferido para a um fermentador de 32L com sistema denominado *Airlock*, o qual permite que o CO₂ gerado pela ação das leveduras seja liberado e, ao mesmo tempo, impede a entrada do ar externo para dentro do fermentador, evitando contaminação.

4.1.2.4. Fermentação e maturação

Um pacote de levedura de 17g (*Saccharomyces cerevisiae*, Mangrove Jack Belgium Ale) foi hidratada em 230mL de água destilada a 27°C, conforme indicação do fabricante. Mediu-se a densidade do mosto para obtenção do valor inicial da etapa de fermentação. Após a hidratação, adicionou-se a levedura ao balde fermentador que foi fechado. A fermentação primária ocorreu durante 10 dias, a uma temperatura de 20°C. A fermentação secundária ocorreu do décimo primeiro ao décimo terceiro dia a temperatura de 23°C. A maturação ocorreu durante 7 dias a temperatura de 0°C. Nessa etapa ocorre a absorção dos subprodutos gerados na fermentação e um consequente aprimoramento dos aromas/sabores da cerveja além da melhor clarificação. A temperatura da geladeira durante as etapas de fermentação e maturação foi controlada através de um termostato.

4.1.2.5. Carbonatação e envase

Antes do envase da cerveja realizou-se o processo denominado *priming*, que consiste na adição de açúcar simples, no caso açúcar de cana refinado, ao mosto fermentado. As leveduras remanescentes no mosto utilizam o açúcar para produção de gás carbônico. Foram utilizados 5,5g de açúcar/L de cerveja. No total foram utilizados 93,5g de açúcar refinado. Por fim, a cerveja foi envasada em garrafas de 310mL previamente esterilizadas em autoclave. As garrafas foram lacradas utilizando-se um arrolhador manual e mantidas a 20°C, durante 7 dias, para que ocorresse a carbonatação.

4.2. OBTENÇÃO DAS FARINHAS

4.2.1. Secagem

De acordo com a Resolução RDC nº 263 de 2005 da ANVISA as farinhas devem possuir um teor de umidade igual ou menor que 15%.

Após o processamento da polpa da Macaúba, secagem e extração da fração lipídica, verificou-se através do teste de umidade (44-31 AACC (2000)) que a torta não necessitava de secagem adicional, pois já encontrava-se com umidade adequada para a produção da farinha. O bagaço cervejeiro, proveniente da etapa de mosturação da produção dos dois tipos de cerveja - Formulação I e II, foram submetidos à secagem em estufa de circulação de ar forçado a 60°C por 48 horas.

4.2.2. Cominuição

A torta da polpa de Macaúba, o bagaço produzido na fabricação da cerveja puro malte e o bagaço misto de malte e Macaúba, proveniente da produção da cerveja especial contendo Macaúba como adjunto, foram cominuídos em moinho de martelo (*Fritsch Pulverisette 16, Alemanha*) mostrado na Figura 6.



Figura 6 - Moinho de Martelos. Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

4.3. CINÉTICA DE SECAGEM: POLPA DE MACAÚBA E RESÍDUO CERVEJEIRO

Diante do custo e tempo dispendidos na operação de secagem optou-se por modelar a cinética de secagem da polpa da Macaúba e do bagaço de malte. Assim, em estudos futuros, a matéria prima poderá ser seca de maneira adequada à produção de farinhas, otimizando tempo e economizando energia. A secagem das matérias-primas foi realizada em estufa com circulação forçada de ar, marca Nova Ética Nova Ética (modelo N480, Vargem Grande do Sul, SP, Brasil) e temperatura de 60 °C. Foram utilizados 3kg do material, dispostos em uma bandeja de alumínio. Para o monitoramento da secagem, a cada uma hora a bandeja foi retirada, pesada e retornada para a estufa até atingir massa constante.

Os dados experimentais da razão de umidade foram ajustados aos modelos matemáticos não lineares utilizando-se o software *Statistica 7.0*, método Gauss-Newton, conforme modelos descritos na Tabela 1

Tabela 1 - Modelos matemáticos utilizados no estudo da cinética da secagem.

Modelo	Equação	Referência Bibliográfica
Newton	$RU = e^{-kt}$	Oliveira (2008) apud Lewis (1921)
Page	$RU = e^{(-kt^n)}$	Oliveira (2008) apud Hofsky <i>et al.</i> (2009)
Henderson e Pabis	$RU = ae^{-kt}$	Oliveira (2008) apud Henderson & Pabis (1961)
Logarítmico	$RU = ae^{-kt} + c$	Oliveira (2008) apud Togrul & Pehlivan (2004)
Dois termos	$RU = ae^{-k_1t} + be^{-k_2t}$	Baia <i>et al.</i> (2003) apud Henderson (1974)
Dois termos exponencial	$RU = ae^{-kt} + (1 - a)e^{-kat}$	Baia <i>et al.</i> (2003) apud Sharaf-Eldeen <i>et al.</i> (1980)
Wang e Singh	$RU = 1 + a_1t + a_2t^2$	Oliveira (2008) apud Wang e Singh (1978)

O modelo mais adequado a cinética de secagem foi escolhido em função do coeficiente de determinação (R^2), do erro médio relativo, P (Equação 1), e do desvio padrão da estimativa, SE (Equação 2) e p-valor a nível de significância de 5% (SOUSA *et al.*, 2017).

$$P = \frac{100 \sum |Y - Y'|}{N Y} \quad (1)$$

$$SE = \sqrt{\frac{\sum (Y - Y')^2}{GRL}} \quad (2)$$

Sendo: Y o valor observado experimentalmente; Y' o valor predito; GLR representa os graus de liberdade do modelo e; N é o número de observações.

5. RESULTADOS

5.1. ANÁLISE PRELIMINAR DAS TORTAS

Na Tabela 2 estão apresentados os valores encontrados para o teor de lipídeos e acidez titulável para as tortas provenientes de diferentes localidades. Diante dos resultados, as polpas com valores próximos de teor de lipídeos e acidez titulável foram agrupadas.

As polpas dos frutos de Macaúbas coletadas nas cidades de Taquaraçú de Minas e Cláudio resultaram em valor médio de acidez titulável de 1,61 e teor de lipídeos médio de 4,93%. Esses valores foram os mais baixos dentre os encontrados para cada grupo,

especialmente em relação ao teor de lipídeos. Assim, essas polpas foram escolhidas para serem utilizadas na produção de cerveja e farinhas deste trabalho. O baixo teor de lipídeos é requerido para a fabricação de cerveja, pois a alta concentração de óleos pode levar a rancificação, interferir na estabilidade da espuma e no paladar da cerveja. O aumento da acidez titulável está relacionada ao processo de decomposição do alimento, seja por hidrólise, oxidação ou fermentação (QUEIROZ, 2016).

Tabela 2 - Teor de lipídeos e acidez titulável das tortas de polpa de Macaúba de diferentes regiões.

	Origem	Acidez titulável (%)	Acidez titulável média	Teor de Lipídeos (%)	Teor de Lipídeos Média (%)
Grupo 1	Cláudio	1,62		4,77	
	Cláudio	1,61	1,61±0,01	4,07	4,93±0,96
	Taquaraçú	1,62		5,96	
Grupo 2	Jeceaba	1,45		9,89	
	Jeceaba	1,30	1,40±0,09	11,44	12,37±0,96
	Jeceaba	1,45		15,78	
Grupo 3	Ribeirão das Neves	3,55	3,55±0,00	18,10	18,10±0,00
Grupo 4	Cláudio	1,81		19,21	
	Belo Horizonte	1,55	1,68±0,19	21,51	20,36±1,63
Grupo 5	Ribeirão da Neves	1,06		32,65	
	Ribeirão das Neves	0,93	0,99±0,09	30,62	31,64±1,44
Grupo 6	Belo Horizonte	1,96		27,20	
	Belo Horizonte	1,58	1,76±0,19	32,09	30,97±3,36
	Ribeirão das Neves	1,75		33,63	

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

É importante destacar que a grande quantidade de frutos processados e tortas geradas fazem parte de um estudo maior do grupo de pesquisa que pretende identificar as condições ótimas de todo o processamento para a obtenção de óleos e tortas de qualidade alimentícia, sendo que esses estudos e as matérias-primas geradas são parte de outras pesquisas.

5.2. CINÉTICA DE SECAGEM DA POLPA DA MACAÚBA

Na Figura 7, observa-se a razão de umidade em função do tempo para a secagem na temperatura de 60°C, os valores experimentais e os obtidos através da modelagem matemática. A Tabela 3 mostra os valores encontrados para os parâmetros de cada modelo e estatísticos.

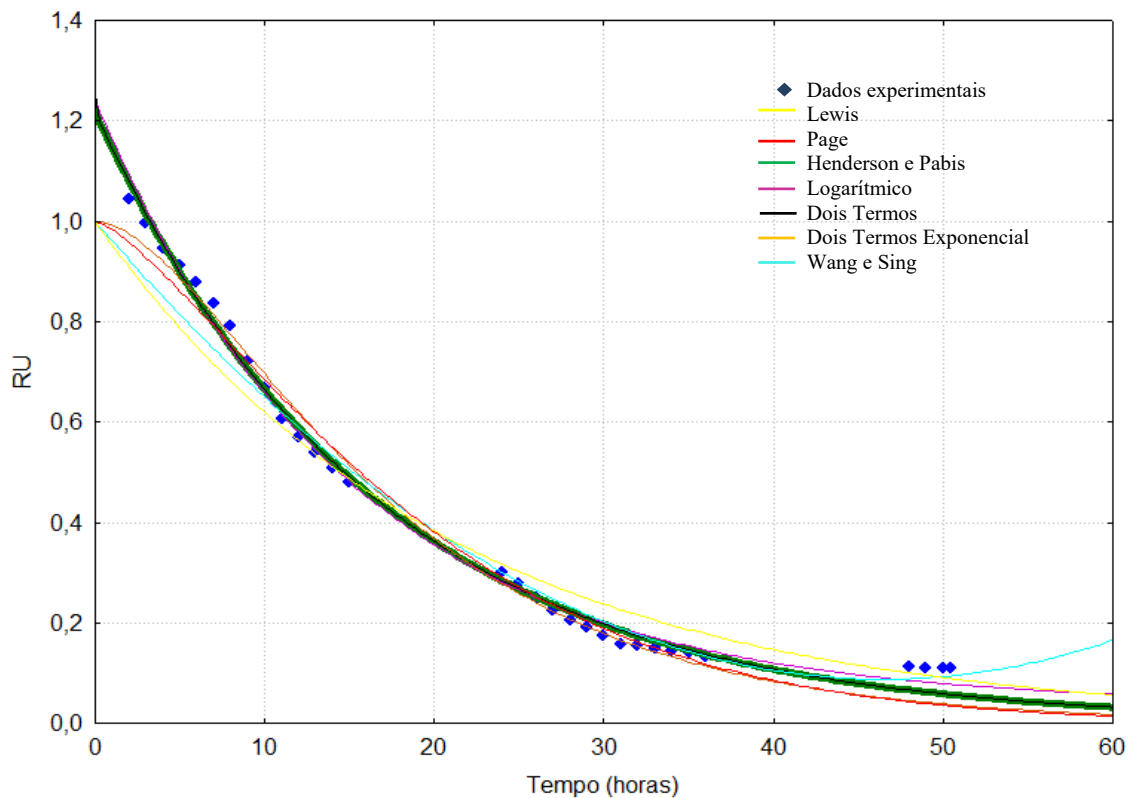


Figura 7- Resultados da modelagem matemática e empíricos para a secagem da polpa da Macaúba. Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Analisando-se os resultados apresentados na Tabela 3, de acordo com os critérios estabelecidos para SE, P, R^2 e p-valor, pode-se concluir que o modelo de Henderson e Pabis foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais da cinética de secagem da polpa.

O modelo de Henderson e Pabis é considerado um modelo empírico, obtido por simplificações das séries da Segunda Lei de Fick que descreve a difusão líquida da secagem de materiais alimentícios, tendo apresentado bons resultados, para produtos vegetais e animais (ALVES *et al.*, 2012).

Tendo em vista que a cinética da polpa de Macaúba foi investigada para que se determinasse o tempo necessário de secagem para que o material obtivesse teor de umidade de 20%, ideal para a prensagem, pode-se dizer que de acordo com o modelo de Henderson e Pabis o tempo necessário para a secagem é de 16 horas. Esse valor foi encontrado utilizando-se os dados experimentais: umidade inicial da polpa de 39,07%; umidade de equilíbrio de 3,83%; e RU de 0,46. Vale ressaltar que para que o uso do modelo na predição do tempo seja válido é necessário que se utilize as mesmas condições do experimento: secagem em bandeja de alumínio maciça, quantidade de material (3kg), mesmo equipamento e temperatura de

secagem.

Não foram encontrados na literatura trabalhos com a modelagem da secagem da polpa da Macaúba. No entanto, alguns autores reportam o ajuste adequado do modelo de Henderson e Pabis para a secagem de polpa de frutas, como o bacuri (CARDOSO *et al.*, 2017).

Tabela 3 - Resultados modelagem matemática da secagem da Polpa da Macaúba.

Modelo	R²	Variáveis do modelo	SE	P (%)	p-valor	
Newton	0,951	K	$4,80 \times 10^{-2}$	$2,09 \times 10^{-3}$	4,350	0,000
Page	0,982	K	$1,70 \times 10^{-2}$	$2,95 \times 10^{-3}$	17,310	0,000
		N	$1,35 \times 10^0$	$5,62 \times 10^{-2}$	4,172	0,000
Henderson and Pabis	0,993	a	$1,22 \times 10^0$	$1,70 \times 10^{-2}$	1,396	0,000
		K	$6,07 \times 10^{-2}$	$1,33 \times 10^{-3}$	2,198	0,000
Logarítmico	0,994	a	$1,21 \times 10^0$	$1,74 \times 10^{-2}$	1,444	0,000
		K	$6,64 \times 10^{-2}$	$3,18 \times 10^{-3}$	4,788	0,000
		c	$3,55 \times 10^{-2}$	$1,60 \times 10^{-2}$	45,065	0,035
Dois Termos	0,993	a	$1,22 \times 10^0$	$1,76 \times 10^{-2}$	1,447	0,000
		k₀	$6,07 \times 10^{-2}$	$1,38 \times 10^{-3}$	2,278	0,000
		b	$3,55 \times 10^{-2}$	0,00	0,000	0,000
		k₁	$1,00 \times 10^{-1}$	0,00	0,000	0,000
Dois Termos Exponencial	0,986	a	$1,98 \times 10^0$	$4,21 \times 10^{-2}$	2,125	0,000
		k	$7,87 \times 10^{-2}$	$2,48 \times 10^{-2}$	3,147	0,000
Wang e Sing	0,974	a	$-3,93 \times 10^{-2}$	$1,22 \times 10^{-2}$	3,097	0,000
		b	$4,230 \times 10^{-4}$	$3,088 \times 10^{-5}$	7,300	0,000

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

5.3. CINÉTICA DE SECAGEM DO BAGAÇO DE MALTE

A Figura 8 apresenta os resultados experimentais e os obtidos através da simulação matemática. A Tabela 4 mostra os parâmetros obtidos para cada modelo assim como os parâmetros estatísticos.

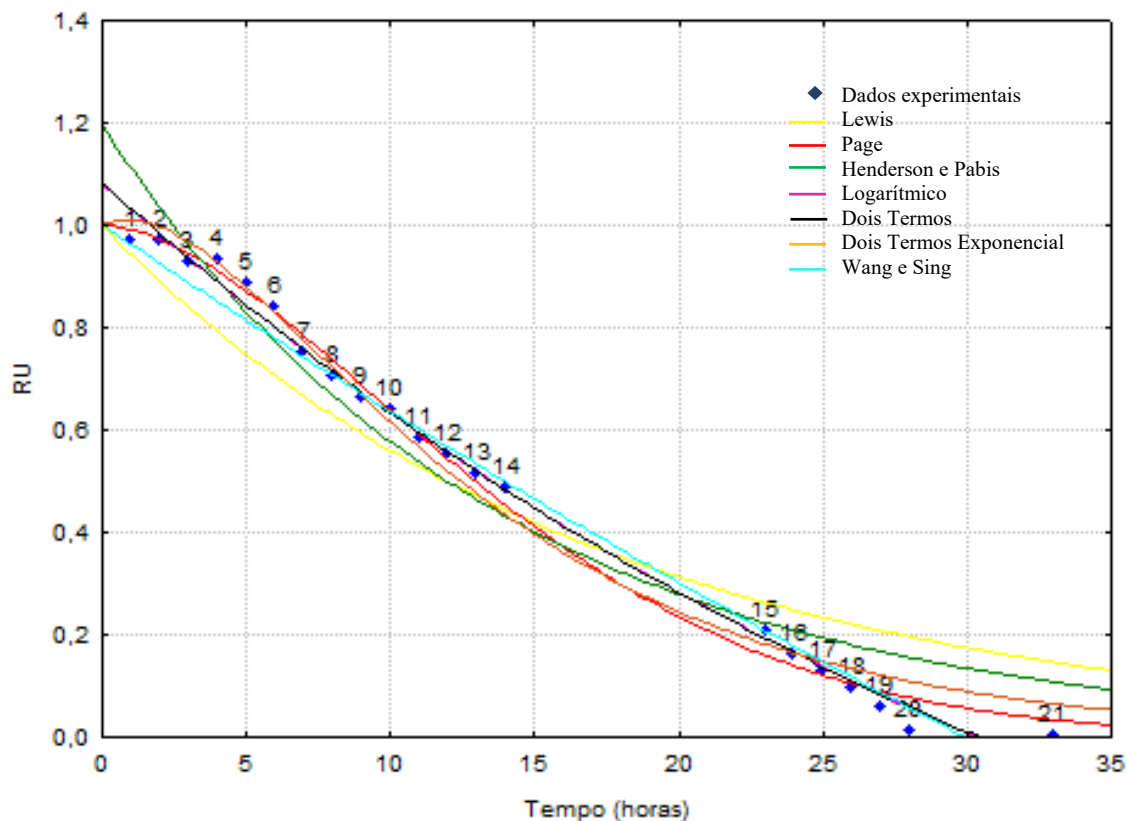


Figura 8 - Resultados experimentais e da modelagem matemática para a secagem do bagaço de malte. Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Tabela 4 - Resultados da modelagem matemática para a secagem do Bagaço de Malte.

Modelo	R ²	Variáveis do modelo		SE	P (%)	p-valor
Newton	0,908	K	0,058	0,005	7,883	0,000
Page	0,994	K	0,009	0,001	11,111	0,000
		n	1,697	0,055	3,254	0,000
Henderson and Pabis	0,954	a	1,196	0,050	4,156	0,000
		K	0,073	0,005	7,467	0,000
Logarítmico	0,993	a	2,056	0,285	13,844	0,000
		K	0,025	0,005	21,346	0,000
Dois Termos	0,993	c	-0,975	0,300	30,733	0,004
		a	-21,250	33340,373	156892,243	0,999
		k₀	0,013	1,274	9934,327	0,992
		b	22,331	33340,356	149298,158	0,999
Dois Termos Exponencial	0,987	k₁	0,014	1,242	8595,327	0,991
		a	2,105	0,047	2,250	0,000
Wang e Sing	0,987	K	0,105	0,004	3,773	0,000
		A	-0,038	0,002	5,115	0,000
		b	0,000	0,000	49,397	0,057

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Através da análise dos parâmetros estatísticos, SE, P, R² e p-valor, constatou-se que o modelo matemático que se ajustou melhor aos dados da secagem do bagaço de malte foi o modelo de Page. Através do modelo é possível prever que o tempo necessário de secagem para que se alcance umidade de 12%, o que corresponde a RU de 0,1, é de 25,5 horas utilizando-se as mesmas condições experimentais: equipamento, quantidade inicial da material prima (2kg), umidade inicial (96,32%), umidade de equilíbrio (2,63%) temperatura (60°C) e secagem em bandeja de alumínio maciça.

Outros autores também encontraram melhor ajuste dos dados de secagem utilizando o modelo de Page. Batista (2016) utilizou os modelos de Henderson & Pabis, Midilli, Newton e Page em três temperaturas diferentes. A análise estatística e das curvas de cinéticas de secagem apontaram que o modelo matemático de Page foi o que melhor descreveu a secagem do bagaço de malte, obtendo um coeficiente de determinação de 0,9996 em todas as condições testadas. Lópes *et al.* (2015) investigando a cinética de secagem do bagaço de malte concluíram que o modelo de Page apresentou o melhor ajuste para descrever a função de umidade relativa com o tempo de secagem.

6. CONCLUSÃO

Os métodos utilizados foram eficientes para a obtenção das matérias-primas necessárias para a fabricação de farinhas.

Diante da variabilidade natural dos frutos, os testes preliminares, que permitem o agrupamentos de amostras que possuem características semelhantes, são importantes. Entretanto acredita-se que a padronização e otimização das etapas do processamento dos frutos pode resultar em um procedimento ideal em que a discrepância na composição dos frutos não exerça influência significativa. Nesse sentido, o grupo do LPPM vem trabalhando no desenvolvimento e otimização de procedimento padrão para o processamento da Macaúba para que todos os produtos de sua cadeia produtiva possam ser aproveitados da melhor maneira possível. Vale ressaltar que essa investigação é fundamental para que se aplique os métodos desenvolvidos na indústria.

Embora várias teorias tenham sido propostas para prever o comportamento de alimentos durante o processo de secagem, na maioria das vezes as relações semi-empíricas e empíricas têm-se mostrado como as melhores opções apesar de sua validade estar restrita às condições sob as quais os dados experimentais foram obtidos (AFONSO JÚNIOR; CORRÊA,

1999). O modelo de Handerson-Pabis foi o que melhor representou a secagem da polpa da Macaúba, enquanto que o modelo de Page se mostrou o mais adequado para a secagem do bagaço de malte. Através dos modelos citados foi possível prever que o tempo de secagem para a polpa de Macaúba atingir umidade de 20% (b.s.), ideal para a etapa seguinte – prensagem, é de 16 horas e para o bagaço de malte alcançar 12% de umidade (b.s.) é de cerca de 26 horas.

A utilização de resíduos agroindustriais como novas matérias-primas para o setor de alimentos é uma alternativa que vem despertando interesse. No caso dos coprodutos investigados nesse trabalho a produção de farinha se mostra viável. O processamento do fruto da Macaúba, utilizado pelo grupo do LPPM, conta com duas etapas de secagem e por isso a torta não necessita de secagem adicional o que representa uma economia de energia. O resíduo cervejeiro apresenta alta carga de umidade, o que faz com que na maioria das utilizações propostas esse coproduto deve passar por alguma etapa de remoção do excesso de água para que possa ser aproveitado. Tendo vista, que a farinha elaborada é um produto de maior valor agregado o custo com a etapa de secagem é justificável.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Otimizar e padronizar o processamento do fruto, da coleta a prensagem;
- Investigar a cinética de secagem do fruto, determinando o tempo mínimo de secagem para se alcançar a umidade ideal para a despolpagem;
- Analisar quais são os carboidratos presentes na torta da polpa da Macaúba de maneira a compreender como esses componentes irão influenciar a produção de cerveja.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO JÚNIOR, Paulo César; CORRÊA, Paulo Cesar. **Comparação de modelos matemáticos para descrição da cinética de secagem em camada fina de sementes de feijão.** n. 031, p. 349–353, 1999.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS - AACC. **Approved Methods American Association of Cereal Chemists.** 10th ed. Saint Paul: AACC, 2000. v. 2

AOCS – AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists Society.** Champaign, 2009.

ARAGÃO, Tiago Faquinete de. **Macaúba (*Acrocomia aculeata*): caracterização centesimal, potencial antioxidante e compostos fenólicos da polpa e amêndoa.** 2014. 51 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.

BAIA, R. T. *et al.* Cinética e ajustes de modelos matemáticos de secagem do caroço de açaí em túnel solar vertical. 2003, Fortaleza in: XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 2003.

BATISTA, Evandro Alves. **Estudo do processo de secagem do resíduo de malte gerado na produção de cerveja evandro alves batista.** 2016. Universidade Estadual da Paraíba, 2016.

BRASIL. Resolução RDC ANVISA/MS nº. 263, de 22 de setembro de 2005. **Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23set. 2005.

CARDOSO, Ila Raquel Mello *et al.* Análise da cinética e modelagem matemática da secagem da polpa de buriti (*mauritia flexuosa* l). **Engenvista**, v. 19, n. 5, p. 1188–1197, 2017.

COELHO, K. D. **Secagem de tomate (*lycorpesiconesculentum* mill) em camada delgada: avaliação das características físico-químicas.** Tese (Mestrado – Engenharia de Alimentos). Escola de Química e Alimentos. Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2010.

COSTA, Luciene Lacerda. **Estudo reológico, físico-químico e sensorial do uso de farinha de semente de abóbora (*Cucurbita sp.*) na elaboração de pão de forma**. 2014. 62 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Uberaba, 2014.

CRIZEL, Tainara de Moraes. **Aproveitamento de Resíduos da Indústria Alimentícia e Nutracêutica no Desenvolvimento de Ingredientes Ativos Para Aplicação em Filmes Biodegradáveis**. 2017. 211 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

FELLOWS, P.J. *Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática*. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2008. 602 p.

GONELI, A. L. D. **Variação das propriedades físico-mecânicas e da qualidade mamona (*Ricinus communis L.*) durante a secagem e o armazenamento**. 186 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Procedimentos e determinações gerais*. In: INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 1018 p.

LÓPES, C.R. *et al.* Estudo cinético desidratação caracterização do bagaço de malte resíduo da industria. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 3, p. 2697–2702, 2015.

OLIVEIRA, F.C. **Estudo Tecnológico e de Engenharia para o Armazenamento e Processamento do Pinhão**. 197 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

PACHECO, C. R. F. **Conceitos básicos de secagem. Curso de especialização em papel e celulose** - Capítulo 1. USP. 2012.

PEREIRA, FRANCISCO SÁVIO GOMES. *PROCESSOS TECNOLÓGICOS DE*

ALIMENTOS. . Recife: [s.n.], 2015.

PIMENTA, T.V. **Metodologias de Obtenção e Caracterização dos Óleos do Fruto da Macaúba com Qualidade Alimentícia: da Coleta a Utilização**. Belo Horizonte, 2010-
Dissertação de Mestrado - UFMG.

QUEIROZ, L. A. L. **Análise de Procedimentos Pós-Colheita do Fruto da Macaúba (*Acrocomia aculeata*) e Refino do Óleo da Polpa**. 222p. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Escola de Engenharia Química da Universidade Federal Minas Gerais. Belo Horizonte, 2016.

SINGH, Jaswant; BARGALE, P C. Development of a small capacity double stage compression screw press for oil expression. **Journal of Food Engineering**, v. 43, p. 75–82, 2000.

SOLER, Paisano; VITALI, De Almeida; MUTO, Fumhio. Tecnologia de quebra do coco babaçu (*Orbignya speciosa*). **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**. v. 27, p. 717-722, 2007.

WANG, C. Y., & SINGH, R. P. (1978). **A single layer drying equation for rough rice**. ASAE Paper No: 78-3001, ASAE, St. Joseph, MI.

CAPÍTULO III: CARACTERIZAÇÃO DAS FARINHAS

1. INTRODUÇÃO

Farinhas são produtos obtidos de partes comestíveis de uma ou mais espécies de cereais, leguminosas, frutos, sementes, tubérculos e rizomas por moagem e/ou outros processos tecnológicos considerados adequados e seguros para produção de alimentos (BRASIL, 2005).

A crescente demanda por alimentos no mundo fomenta a busca por matérias-primas alternativas para indústria alimentícia, assim como por tecnologias que viabilizem a redução de custos do processo produtivo e que, simultaneamente, possam melhorar a qualidade nutricional dos produtos de forma a atender a demanda dos consumidores. Nesse contexto, as farinhas elaboradas a partir de coprodutos da agroindústria vêm se destacando por apresentarem baixo custo de aquisição e por serem fonte de nutrientes essenciais, fibras e moléculas bioativas. Essas farinhas podem ser utilizadas puras ou na composição de farinhas mistas, como alternativa para substituição da farinha de trigo, e empregadas na elaboração de produtos de panificação, biscoitos e pães, e massas alimentícias (SANTANA *et al.*, 2017; SILVEIRA *et al.*, 2016).

A aplicação de farinhas em produtos alimentícios depende não apenas do seu conteúdo nutricional, mas também do seu desempenho como ingrediente. Conhecer o comportamento tecnológico da farinha em determinados sistemas alimentares é fundamental para que se compreenda o seu papel durante o processamento e a sua influência na qualidade do produto final. Sendo assim, faz-se necessária a caracterização completa, em relação à composição e propriedades tecnológicas, da matéria-prima antes mesmo de sua aplicação (GUIMARÃES *et al.*, 2012; SANTANA *et al.*, 2017)

De maneira geral, identificar a composição química do alimento significa conhecer os nutrientes que o compõe e sua função nutricional no organismo humano. As propriedades funcionais tecnológicas refletem a interação entre a composição, estrutura, conformação molecular e propriedades físicas e químicas dos componentes dos alimentos. Essas propriedades descrevem como os ingredientes se comportam durante a preparação, cozimento, armazenamento e como afetam a qualidade do produto acabado em relação a seus atributos sensoriais (ORTIZ, 2016).

2. OBJETIVO

Neste capítulo serão apresentados as metodologias e os resultados obtidos para a

avaliação da composição físico-química e das propriedades reológicas e tecnológicas das três farinhas produzidas: farinha da torta da polpa de Macaúba; farinha do bagaço de malte; e farinha do bagaço de malte e Macaúba.

3. METODOLOGIA

Todos os métodos descritos na seção a seguir foram realizados nas três farinhas: farinha 100% torta da polpa da Macaúba (MC), farinha mista contendo 20% torta da polpa de Macaúba e 80% bagaço de malte (MS) e farinha 100% bagaço de malte (PM). As metodologias utilizadas são descritas detalhadamente nos métodos analíticos oficiais da AACC (2000) e do Instituto Adolf Lutz (2005).

A caracterização físico-química das farinhas, exceto análises do teor de proteínas e fibra bruta, foi realizada nos laboratórios do DEQ da UFMG. Todos os outros ensaios foram realizados nos laboratórios do *Instituto Superior de Investigación, Desarrollo y Servicios en Alimentos* (ISIDSA) da *Universidad Nacional de Córdoba* (UNC) em estágio realizado no período de 10 de setembro a 19 de outubro de 2018. A análise do teor de fibras bruta foi realizada no Senai, Belo Horizonte, no Instituto de Alimentos e Bebidas.

3.1. COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

3.1.1. Teor de umidade

A determinação de umidade é uma das medidas mais importantes e utilizadas na análise de alimentos. A umidade de um alimento está relacionada com sua estabilidade, qualidade e composição.

Para a determinação da umidade das farinhas utilizou-se método gravimétrico, 44-31 AACC (2000), que consiste na retirada da água e voláteis do produto por aquecimento utilizando-se uma estufa convectiva a 130°C. Neste trabalho, utilizou-se a estufa de convecção da marca Nova Ética, modelo N480. Os testes foram realizados em triplicata.

3.1.2. Cinzas

A determinação das cinzas foi realizada de acordo com o Método 08-12 da AACC (2000). A quantificação do conteúdo inorgânico faz-se por meio da determinação do resíduo remanescente após a incineração da amostra. Assim, toda a matéria orgânica presente é transformada em CO₂, restando apenas compostos minerais. É importante observar que a cinza obtida não possui necessariamente a mesma composição que a matéria mineral

presente originalmente no alimento, pois pode haver perda por volatilização ou alguma interação entre os constituintes da amostra.

3.1.3. Teor de lipídeos

Para a determinação do teor de lipídeos de cada farinha realizou-se a extração contínua da fração lipídica, utilizando-se o equipamento *Soxhlet*, com Éter de Petróleo, de acordo com o Método 30-26 AACC (2000), seguida pela evaporação do solvente. Deve-se ressaltar que através desse método são quantificados não apenas os lipídeos e sim todos os compostos que nas condições da determinação, possam ser extraídos pelo solvente.

3.1.4. Teor de proteínas

As proteínas solúveis totais foram determinadas utilizando-se o método de Kjeldahl (46-13A AACC, 2000). Esse método baseia-se na transformação do nitrogênio da amostra em sulfato de amônio através da digestão com ácido sulfúrico e posterior destilação com liberação da amônia, que é fixada em solução ácida e titulada. A conversão da quantidade de nitrogênio total para teor de proteína é obtida pela multiplicação pelo fator empírico 6,25. Esse valor foi proposto pelos autores da metodologia, considerando-se que possuem 16% de nitrogênio em sua composição (IAF, 2008).

3.1.5. Teor de carboidratos

O teor de carboidratos foi calculado pela diferença entre 100% e a soma das porcentagens de umidade, proteína, lipídeos totais e cinzas. Os valores de carboidratos incluem a fibra alimentar total (BEMILLER, 2010).

3.1.6. Teor de fibra bruta

O teor de fibra bruta foi determinado pelo método 044/IV do manual do Instituto Adolf Lutz (2005). De maneira geral, a fibra bruta é obtida após a digestão ácida e alcalina da amostra. O ensaio foi realizado no Instituto SENAI de Tecnologia em Alimentos e Bebidas, em Belo Horizonte – Minas Gerais.

3.1.7. Teor de pectina

Diante da formação de gel da farinha MC quando em contato com água e submetida ao aquecimento, optou-se por mensurar a quantidade de pectina na mesma. O teor de pectina foi determinado através do método gravimétrico, de acordo com a metodologia 048/IV proposta

pelo Instituto Adolf Lutz (2005). Os métodos de determinação de pectinas se baseiam na sua extração por água quente, seguida por precipitação com álcool e, após purificação, pesagem na forma de pectato de cálcio ou ácido livre.

3.2. CALORIMETRIA DIFERENCIAL DE VARREDURA - DSC

Realizou-se a análise térmica das farinhas, MC, MS e PM pela técnica de calorimetria diferencial de varredura, utilizando-se o equipamento DSC 823e - Mettler (Toledo, Suíça com software STARe (V 9.00, Mettler Toledo, Suíça) para análise dos resultados. Foram pesados 10mg de cada farinha em cápsula de alumínio, adicionou-se 30mL de água deionizada. As cápsulas de alumínio foram hermeticamente seladas e permaneceram em repouso a temperatura ambiente por 24 horas. Após equilíbrio térmico do equipamento, as cápsulas foram submetidas a aquecimento até 110°C a uma taxa de 5°C/min. Uma cápsula vazia foi utilizada como referência em todos os ensaios. As transições térmicas foram caracterizadas pelas medidas da temperatura de início (T_0), temperatura de pico (T_p), temperatura final (T_f) e entalpia de transição (ΔH), calculada através da integralização dos picos endotérmicos. As temperaturas são expressas em °C e a entalpia em J/g de farinha.

3.3. EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS COM ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E COMPOSTOS FENÓLICOS

Foram analisados três soluções extratoras na concentração 70:30: acetona:água destilada, metanol:água destilada e etanol:água destilada. Em todos os ensaios, pesou-se aproximadamente 250mg de cada farinha em um frasco de Erlenmeyer contendo uma barra magnética. Adicionou-se 5mL da solução extratora. A solução foi homogeneizada e agitada a 150rpm durante 1 hora, a 25°C e na ausência de luz. As amostras foram centrifugadas a 5000xg por 30 minutos a 10°C. O sobrenadante de cada tubo foi coletado e armazenado em tubos na ausência de luz a -20°C.

3.4. COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS – FOLIN

O teor de compostos fenólicos totais foi determinado pelo método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu, utilizando ácido gálico como padrão de referência. O reagente de Folin-Ciocalteu (FRC) é uma solução de íons complexos poliméricos formados a partir de heteropoliácidos fosfomolibdicos ($H_3PMO_{12}O_{40}$) e fosfotungsticos (Na_2WO_4), sendo utilizado em um meio alcalino com carbonato de sódio (Na_2CO_3). Esse reagente oxida os fenolatos, reduzindo os ácidos a um complexo azul Mo-W (VIEIRA et al.,

2015) .

Foram adicionados a um tubo de ensaio de plástico 1680 μ L de H₂O, 100 μ L de Metanol, 10 μ L de extrato, 100 μ L de solução metanoica de FRC (246 μ L/mL), 300 μ L de solução aquosa de Na₂CO₃ (20%). Os tubos foram agitados em vórtex e deixados em repouso durante 2 horas na ausência de luz. A leitura da absorbância foi realizada a 750nm. Realizou-se também a preparação de amostra padrão (branco) nas mesmas condições. A partir da curva de calibração previamente obtida determinou-se a concentração dos compostos fenólicos totais (em mg GAE.g⁻¹ de farinha).

3.5. PODER ANTIOXIDANTE DE REDUÇÃO DO FERRO (FRAP)

A avaliação da atividade antioxidante *in vitro* é realizada utilizando-se reações químicas para determinar a capacidade da amostra de interagir com estruturas reativas, sendo elas radicais livres presentes ou não no organismo (MAGALHÃES *et al.*, 2008).

O ensaio antioxidante de determinação do poder de redução do íon ferro, FRAP (do inglês *Ferric Reducing Antioxidant Power*) se baseia na produção do íon Fe²⁺ (forma ferrosa) a partir da redução do íon Fe³⁺ (forma férrica) presente no complexo 2,4,6-tripiridil-s-triazina (TPTZ). Quando a redução ocorre, há uma alteração na tonalidade da mistura de reação, passando de roxo claro a um roxo intenso, cuja absorbância pode ser medida no comprimento de onda de 595nm (Benzie & Strain, 1999). Quanto maior a absorbância ou intensidade da coloração, maior será o potencial antioxidante.

Primeiramente preparou-se a solução do Reagente FRAP utilizando-se: 25 mL de tampão acetato 0,3M (pH=3,6); 2,5mL de uma solução de TPTZ (10mM) em HCl (40mM); e 2,5mL de uma solução aquosa de cloreto férrico 20mM. Uma alíquota de 5 μ L de extrato foi transferida para um tubo de ensaio, em seguida adicionou-se a solução aquosa do reagente FRAP (30% em volume) e 100 μ L de água destilada. O tubo foi submetido ao vórtex e deixado em repouso na ausência de luz durante 30 minutos. A partir da curva de calibração obtida previamente determinou-se capacidade antioxidante em Equivalentes de TROLOX (mg ET/100g de amostra).

3.6. CARACTERIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA DAS PARTÍCULAS

A distribuição granulométrica das partículas foi investigada pela técnica de difração a laser utilizando-se o analisador HORIBA (LA 960, Irvine, Califórnia) com range de 100nm

a 500 μ m.

A difração a laser baseia-se no princípio de que as partículas, quando expostas a um feixe de luz, são capazes de desviá-lo com um ângulo fixo. Quanto menor o tamanho da partícula, maior o ângulo de difração de um feixe luminoso que a atravessa. Um grupo de partículas produzirá um padrão de luz dispersa definido pela intensidade e pelo ângulo que poderão ser transformados em um resultado de distribuição do tamanho das partículas. Essa técnica não mensura o tamanho das partículas individuais. Através de transformações matemáticas complexas (transformada de Fourier inversa), calcula-se a distribuição de tamanho de uma população de partículas (CANALIS, 2017).

Foram utilizados cerca de 15g de amostra, fluxo de ar de 0,40MPa. As amostras foram inseridas no equipamento e a medição ocorreu quando a transmitância estava dentro dos padrões do equipamento. Os ensaios foram realizados em triplicata.

3.7. ISOTERMAS DE SORÇÃO

Isotermas de adsorção são equações matemáticas usadas para descrever, em termos quantitativos, a adsorção de solutos por sólidos, a temperaturas constantes. Uma isoterma de adsorção mostra a quantidade de um determinado soluto adsorvida por uma superfície adsorvente, em função da concentração de equilíbrio do soluto. A técnica usada para gerar os dados de adsorção consiste em adicionar uma quantidade conhecida do soluto ao sistema contendo uma quantidade conhecida de adsorvente. Admite-se que a diferença entre a quantidade adicionada e a remanescente na solução encontra-se adsorvida na superfície adsorvente (BOHN *et al.*, 1979).

O conhecimento das isotermas de sorção de umidade dos alimentos tem aplicação na predição do tempo de secagem, vida útil do produto, determinação do tipo de embalagem e na caracterização do produto, inclusive quando o mesmo é constituído por componentes de atividade de água diferentes. Muitos modelos matemáticos têm sido propostos para descrever isotermas de adsorção de alimentos. No entanto, a maioria dos diferentes modelos, empíricos, semi-empíricos ou teóricos, apenas são precisos num limitado intervalo de atividade de água ou para alguns tipos de alimento. Não há uma equação geral para todas as isotermas dos alimentos, pois a atividade de água depende bastante da sua composição e da interação dos diferentes constituintes com a água em condições de equilíbrio termodinâmico (MOREIRA *et al.*, 2013).

As isotermas de sorção foram determinadas através do método gravimétrico utilizando-se o equipamento *Automated multi-vapor gravimetric sorption analyzer* (DVS *Advantage*, EUA). A metodologia consiste em determinar a diferença de massa do substrato sólido, através de uma microbalança alojada dentro da câmara, devido a adsorção e dessorção dinâmica de moléculas na fase a gasosa, a diferentes valores de pressão de vapor, a uma temperatura constante. A umidade dentro da câmara é modificada variando-se o fluxo de gás nitrogênio.

Neste trabalho, três modelos matemáticos, Equações 1, 2 e 3, foram ajustados aos dados experimentais utilizando-se o *software Statistica*.

Guggenheim, Anderson and De Boer (GAB)(GILI *et al.*, 2017)

$$W = \frac{W_m C_G K_G a_w}{(1 - K_G a_w)(1 - K_G a_w + C a_w)} \quad (1)$$

Brunauer, Emmett e Teller (BET)(GILI *et al.*, 2017)

$$W = \frac{W_m C a_w}{(1 - a_w)(1 - a_w + C a_w)} \quad (2)$$

Oswin (MOREIRA *et al.*, 2013)

$$W = A \left(\frac{a_w}{(1 - a_w)} \right)^b \quad (3)$$

W : umidade de equilíbrio, % em base seca; a_w : atividade de água; C : constante de BET; W_m : umidade na monocamada molecular, % base seca; C_G , K_G : constantes de adsorção que estão relacionadas com as interações energéticas entre as moléculas da monocamada e as subsequentes em sítio de sorção; A e b : parâmetros que dependem da temperatura e da natureza do produto.

O modelo mais adequado a adsorção foi escolhido em função do coeficiente de determinação (R^2), do erro médio relativo, P (Equação 4), e do desvio padrão da estimativa, SE (Equação 5), tendo sido, também, empregado o Teste de Tukey para análise de hipótese ($p < 0,05$) (SOUSA *et al.*, 2017).

$$P = \frac{100 \sum |Y - Y'|}{N Y} \quad (4)$$

$$SE = \sqrt{\frac{\sum(Y - Y')^2}{GRL}} \quad (5)$$

Segundo Al-Muhtaseb *et al.* (2004) o módulo erro médio relativo é amplamente adotado na literatura para a avaliação da satisfatoriedade de ajuste de cada modelo, sendo que valores abaixo de 10% indicam um bom ajuste para fins práticos.

3.8. PROPRIEDADES DE HIDRATAÇÃO

A Capacidade de Retenção de Água (CRA) e o Índice de Solubilidade em Água (ISA) de cada farinha foram determinados por metodologia descrita por Canalis (2017). Pesou-se $1,000 \pm 0,001$ g de cada amostra em um tubo plástico cônico tipo Falcon; adicionou-se 30mL de água destilada. As amostras foram submetidas ao vórtex, deixadas em repouso por 18 horas a temperatura ambiente e centrifugadas a 2000g por 30 minutos. O sólido hidratado e o sobrenadante foram separados cuidadosamente, pesados e secos a 105°C até que atingissem massa constante. Os resíduos secos foram pesados mais uma vez a fim de se conhecer a Capacidade de Retenção de Água (g de água/g de resíduo seco do sólido hidratado) e o Índice de Solubilidade em Água (g de sólidos solúveis do sobrenadante /100g de amostra). Os testes foram realizados em duplicata. A CRA e o ISA foram calculadas de acordo com as Equações 6 e 7, respectivamente:

$$CRA = \frac{\text{massa de água retida na farinha após centrifugação}}{\text{massa de farinha desidratada}} \quad (6)$$

$$ISA = \frac{\text{massa de farinha desidratada}}{\text{massa total de farinha}} \quad (7)$$

3.9. COR

O espaço de cores é um padrão internacional para medidas de cor, adotada por *Comission InternationAlede L'Eclairage* (CIE) em 1976. Conforme Figura 1, a escala de cores CIELab pode ser organizada na forma de esfera, onde as diferenças entre pontos marcados no espaço de cor correspondem a diferenças visuais entre as cores traçadas. O eixo L* é executado de cima para baixo, sendo o valor máximo igual a 100, o que equivale a uma perfeita difusão, reflexão de luz (branco). O valor mínimo para L* é igual à zero, o que

representa a cor preta. As cromáticas a e b são eixos que não possuem limites numéricos específicos, ou seja, valores positivos de a* indicam coloração vermelha e valores negativos de a* a cor verde; valores positivos de b* indicam a cor amarelo e negativos de b* a cor azul. Quando as cores são ordenadas, elas podem ser expressas em termos de tonalidade, luminosidade e saturação. Com a criação de escalas para esses atributos nos podemos expressar cores de forma precisa e reprodutível (AMARAL et al., 2012).

A cor das farinhas MC, MS e PM, foram determinadas na escala L*, a* y b* utilizando-se espectrofotometria, colorímetro Minolta 508d, EUA, utilizando-se cerca de 10g de cada farinha uniformemente distribuídas em uma placa de Petri de vidro (100 x 12mm), sendo as leituras realizadas em três pontos equidistantes. A partir dos parâmetros medidos calculou-se o ângulo de Hue (H°), através da Equação 8, que é um indicador da cromaticidade (0 °, vermelho; 90°, amarelo; 180°, verde; 270°, azul).

$$H^{\circ} = tg^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (8)$$

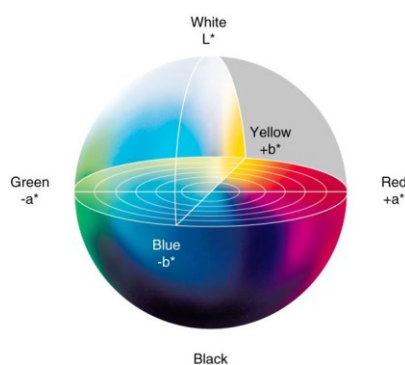


Figura 1- Modelo tridimensional CIEL*a*b*. Fonte: Amaral *et al.* (2012).

3.10. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados quantitativos foram apresentados como média e desvio padrão de três repetições. As análises estatísticas foram realizadas por meio de análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

4. RESULTADOS

4.1. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS FARINHAS

Os resultados da caracterização físico-química das farinhas obtidos de acordo com a

metodologia previamente apresentada são mostradas na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados da caracterização físico-química das farinhas MC, MS e PM.

	MC (% b.s.)	MS (% b.s.)	PM (% b.s.)
Umidade	5,65 ^a ± 0,32	5,54 ^a ± 0,17	5,36 ^a ± 0,90
Cinzas	4,71 ^a ± 0,46	2,29 ^b ± 0,00	2,76 ^b ± 0,01
Teor de Lipídeos	5,61 ^a ± 0,18	3,03 ^b ± 0,29	2,09 ^c ± 0,15
Teor de Proteínas	7,52 ^a ± 0,12	12,66 ^b ± 0,46	13,70 ^b ± 0,01
Teor de Carboidratos	76,52 ^a ± 0,38	76,48 ^a ± 0,92	76,10 ^a ± 0,17
Fibra bruta	26,18 ± 0,23	29,13 ± 0,99	22,19 ± 0,08
Pectina	33,29 ± 4,09	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2018). MC: farinha da torta da polpa de Macaúba; MS: Farinha do bagaço misto de malte e torta da polpa de Macaúba; PM: farinha do bagaço de malte puro. Valores na mesma coluna acompanhados da mesma letra não apresentam diferença estatística significativa ($p < 0,05\%$)

Ainda, não há na literatura relatos sobre a caracterização do resíduo misto de bagaço de malte e torta da polpa de Macaúba. Foram encontrados teor de $5,54 \pm 0,17\%$ para umidade; $2,29 \pm 0,00\%$ para cinzas; $12,66 \pm 0,46\%$ de proteínas; $76,48 \pm 0,92\%$ de carboidratos. Devido a proporção de malte utilizado em relação a torta de Macaúba, esperava-se encontrar resultados próximo aos da composição da farinha de malte. A análise estatística corroborou com essa conclusão. Os teores médios de cinzas, proteínas, carboidratos e umidade da farinha MS não apresentaram diferença estatística significativa em relação aos valores encontrados para a farinha PM. Em relação ao teor de lipídeos todas as farinhas apresentaram teores médios diferenciáveis entre si, o que mostra que a presença da macaúba teve influência na composição da MS. A análise estatística mostrou ainda que as três farinhas produzidas não apresentam variação significativa em relação ao teor médio de umidade e carboidratos.

Santos *et al.* (2003) avaliaram a composição de 8 lotes de bagaço cervejeiro, constituído por 80% de malte de cevada e 20% de milho. Os autores obtiveram um valor médio de 9,84% para umidade dos lotes após o processo de secagem, 3,4% para cinzas, 3,9% para teor de lipídeos e 24,2% para proteínas. Os resultados deste trabalho apontam para um menor teor de umidade e lipídeos, o que pode favorecer a qualidade da farinha a ser produzida.

A Tabela 2 apresenta os resultados encontrados para a composição da farinhas da torta e da polpa de macaúba reportados por outros autores.

Tabela 2 - Composição físico-química farinha da polpa e farinha da torta de macaúba.

Parâmetro	(VEREDIANO, 2012)*	(KOPPER <i>et al.</i> , 2009)**	(ZANATTA, 2015)**
Umidade (%)	4,5	9,85	5,97±0,25
Cinzas (%)	4,2	3,85	4,46±0,01
Teor de Lipídeos (%)	27,1	27,78	14,32±0,12
Teor de Proteínas (%)	7,2	3,53	1,27±0,15
Teor de Carboidratos (%)	41,9***	39,66	73,98±0,19
Fibra bruta (%)	20,0	25,19	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2019). Estudos que avaliaram a farinha da torta* e farinha da polpa da Macaúba**.

***Método de glicídios não incluem a fibra.

Comparando os resultados obtidos aos dos autores citados, nota-se que o teor de umidade, cinzas e fibra bruta são próximos. No caso do teor de lipídeos o valor deste trabalho foi consideravelmente mais baixo, o que pode ser explicado pelas diferenças no procedimento de obtenção das farinhas. Kopper *et al.* (2009) e Zanatta (2015) avaliaram a farinha polpa e não a da torta após a extração dos óleos. Verediano (2012) analisou a farinha da torta da polpa, no entanto os procedimentos pré-prensagem foram diferentes, o que acarretou na menor eficiência de extração do óleo. As diferenças encontradas entre os teores de proteínas e carboidratos possivelmente estão relacionadas às diferentes metodologias utilizadas na obtenção das farinhas, bem como pela variabilidade natural dos frutos, devido a diferenças edafoclimáticas e a localização da palmeira.

Conforme a Tabela 3, é possível comparar os resultados para a composição da farinha PM deste trabalho com o reportado por outros autores.

Tabela 3 - Composição físico-química da farinha do bagaço de malte.

Parâmetro	(RIGO <i>et al.</i> , 2017)	(CORDEIRO, 2011)	(WATERS <i>et al.</i> , 2012)
Umidade (%)	5,2±0,23	-	-
Cinzas (%)	3,4±0,02	5,30	1,13
Teor de Lipídeos (%)	5,9±0,11	8,90	7,1
Teor de Proteínas (%)	12,5±0,28	22,00	22,13
Teor de Carboidratos (%)	73,0±3,89	63,20	64,9
Fibra bruta (%)	27,6±2,5	16,30	28,22

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Os resultados da composição centesimal deste trabalho concordam com a literatura, uma vez que o bagaço de malte é reconhecido como uma matéria-prima rica em proteínas e fibras e baixa concentração lipídica (MUSSATTO; DRAGONE; ROBERTO, 2006). As

diferenças, em maior ou menor grau, dos resultados dos valores do teor de umidade, lipídeos, cinzas e carboidratos obtidos nos diferentes estudos são perfeitamente compreensíveis quando se sabe que a composição centesimal do bagaço de malte depende de diversos fatores, tais como: variedade da cevada, o tempo de colheita, os cereais utilizados na maltagem, o processo tecnológico empregado na produção da cerveja, dentre outros (MUSSATTO; DRAGONE; ROBERTO, 2006; RIGO et al., 2017).

Todas as farinhas apresentaram alto conteúdo de fibra bruta. O método utilizado para análise de fibra bruta consiste em digestões ácida e alcalina sucessivas. A primeira, extração ácida, remove amidos, açúcares e parte da pectina e da hemicelulose dos alimentos. A segunda, extração básica, retira proteínas, pectinas e hemicelulose remanescentes e parte da lignina. Assim, a fibra bruta é formada principalmente de celulose adicionada de pequenas quantidades de lignina e hemicelulose. Essas condições do ensaio são bastante severas e não representam o que realmente acontece no corpo humano por meio da ação de enzimas digestivas e suco gástrico. A literatura indica que a quantidade de fibra bruta possui valor inferior em relação a fibra alimentar (DHINGRA *et al.*, 2012; LOURENÇO, 2010). De acordo com a RDC nº 54 de 12 de novembro de 2012 da ANVISA, que discorre sobre informações nutricionais complementares, um alimento pode ser considerado com alto teor de fibras se contiver no mínimo 6g de fibra alimentar/g de sólido (BRASIL, 2012).

Conforme as Tabelas 1 e 4, é possível notar a diferença entre a concentração de fibra bruta das farinhas MC, MS e PM e a de fibra alimentar de farinhas oriundas de matérias-primas tradicionais. Observa-se que o teor de fibra bruta das farinhas MC, MS e PM é alto em relação aos valores de fibra alimentar encontrados para as farinhas de arroz, milho, centeio, trigo e mandioca, sendo próxima ao valor encontrado para a farinha de soja.

As farinhas PM e MS apresentaram um conteúdo de proteínas de 13,70% e 12,66%, respectivamente, enquanto que para a farinha MC foi encontrado 7,52%. A Tabela 4 mostra o conteúdo de proteínas em farinhas oriundas de outras matérias-primas. É possível notar que as farinhas PM e MS possuem teor de proteínas mais baixo apenas que a farinha de soja. A farinha MC apresenta valor proteico intermediário, sendo comparável ao da farinha de milho, superior as farinhas de mandioca e arroz e inferior ao das farinhas de trigo, centeio e soja. De acordo com a RDC nº 54 de 12 de novembro de 2012 da ANVISA as farinhas PM e MS podem ser consideradas com alto teor de proteínas, por possuírem mais que 12g de proteínas/100g de farinha e a farinha MC como fonte de proteínas, por conter mais que 6g de proteínas/100g de

farinha.

Tabela 4 - Teor de fibras de diferentes farinhas.

Matéria-prima	Teor de fibra alimentar (g/100g de farinha)	Teor de proteínas (g/100g de farinha)
Farinha de arroz	0,6	1,3
Farinha de centeio integral	15,5	12,5
Farinha de milho	5,5	7,2
Farinha de trigo	2,3	9,8
Farinha de mandioca crua	6,4	1,6
Farinha de soja	20,2	36,0

Fonte: Adaptado de Tabela brasileira de composição de Alimentos (2011).

Na farinha MC, observou-se que a formação de gel quando submetida ao aquecimento em solução aquosa. Diante desse comportamento realizou-se a análise do seu teor de pectina. A farinha MC apresentou concentração de pectina de cerca de 33% em base seca. Não são encontrados na literatura estudos que reportem a quantidade de pectina presente na polpa ou na torta da polpa da Macaúba. Entretanto, quando comparada a outras matérias primas, essa concentração encontrada é considerada bastante alta, sendo próxima a quantidade encontrada em resíduos do processamento de melão e na polpa de cítricos. A Tabela 5 mostra a concentração de pectina em algumas matérias-primas.

A aplicação das pectinas apresenta importância na indústria alimentícia, sendo empregada como um aditivo de acordo com suas propriedades geleificante, estabilizante, espessante e, recentemente, vem sendo utilizada como substituintes de açúcar e gordura em alimentos dietéticos. As pectinas formam géis e estas propriedades podem ser utilizadas para produção de gomas, geleias e marmeladas, produtos lácteos e confeitados. Tradicionalmente as fontes industriais de pectina são o bagaço de maçã e o albedo de frutas cítricas (COSTA; NEIVA; RODRIGUEZ, 2006; FERTONANI, 2006).

Tabela 5 - Teor de pectina em diferentes matérias-primas.

Matéria-prima	Teor de pectina (% b.s.)¹	Referência Bibliogr
Bagaço de maçã	15-20	FERTONANI (2006 apud THIBAUT 1980)
Polpa de beterraba	15-20	FERTONANI (2006 apud THIBAUT 1980)
Polpa de cítricos	30-35	FERTONANI (2006 apud THIBAUT 1980)
Cenouras	10	FERTONANI (2006 apud THIBAUT 1980))
Tomate	3	FERTONANI (2006 apud THIBAUT 1980)
Girassol	25	FERTONANI (2006 apud THIBAUT 1980)
Resíduos de Abacaxi	13,33	COSTA; NEIVA; RODRIGUEZ (2006)
Resíduos de Acerola	16,85	COSTA; NEIVA; RODRIGUEZ (2006)
Resíduos de Goiaba	15,63	COSTA; NEIVA; RODRIGUEZ (2006)
Resíduos de Maracujá	24,98	COSTA; NEIVA; RODRIGUEZ (2006)
Resíduos de Melão	31,35	COSTA; NEIVA; RODRIGUEZ (2006)

Fonte: ¹ (FERTONANI, 2006 APUD THIBAUT, 1980) ²(COSTA; NEIVA; RODRIGUEZ, 2006)

4.2. CALORIMETRIA DIFERENCIAL DE VARREDURA

A calorimetria diferencial de varredura (DSC) é usada principalmente para determinar a energia de transições de fase e mudanças conformacionais, permitindo a quantificação de sua dependência de temperatura. O DSC é uma excelente técnica para estudar o comportamento térmico do amido em matrizes complexas, na presença de outros componentes, como proteínas, fibras ou lipídios (CZUCHAJOWSKA *et al.*, 1998).

Apenas a farinha PM apresentou um pico endotérmico, mostrado no termograma, Figura 2. A Tabela 6 exibe os cinco parâmetros oriundos do termograma: temperatura de início da transição (To), temperatura de pico (Tp), temperatura final (Tf) e entalpia de transição (ΔH). A temperatura de início e pico da gelatinização do amido foram de 68,7°C e 71,49°C, respectivamente; valores superiores ao encontrado por alguns autores que relataram temperaturas de início e pico de gelatinização para diferentes tipos de cevada entre 50°C e 60°C (SONG; JANE, 2002). Izydorczyk; Macgregor e Billiaderis (2001) investigaram a influência do processo de maltagem de diferentes tipos de cevada sobre o amido presente e

relataram temperaturas de pico, para o malte e cevada, variando de 60,44°C a 68,66°C. Esses resultados indicam que a sacarificação do amido na etapa de mosturação da cerveja não foi completa. Os valores encontrados para as temperaturas de transição de fase são superiores ao do amido de malte e da cevada pois a fração de amido remanescente no bagaço é a mais resistente.

Tabela 6 - Parâmetros do termograma obtido em análise DSC para a farinha PM.

Amostra	To (°C)	Tp (°C)	Tf (°C)	ΔH (J/g)
PM	67,8 ± 0,41	71,49 ± 0,21	75,58 ± 0,48	0,36 ± 0,01

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

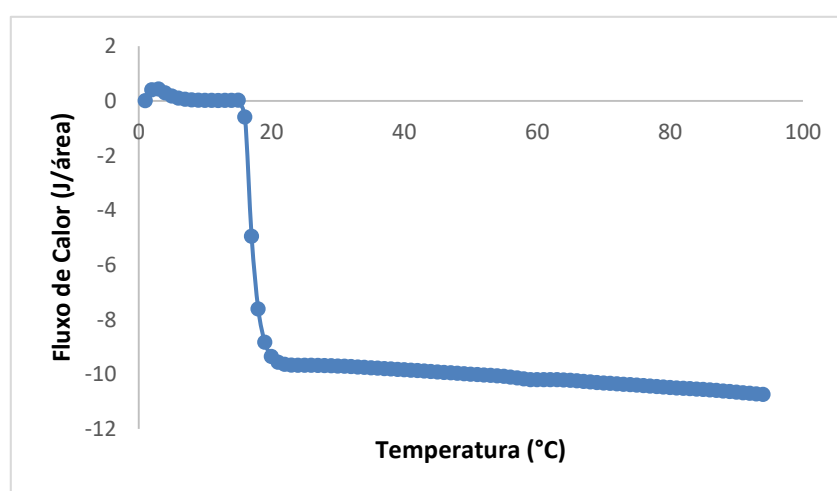


Figura 2- Termograma - farinha PM. Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

4.3. COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Os resultados obtidos para o conteúdo de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante das farinhas MC, MS e PM são apresentados na Tabela 7. Como descrito anteriormente, cada farinha foi submetida a extração de seus compostos bioativos utilizando-se três solventes distintos, etanol (E), acetona (A) e metanol (M), na proporção 70:30 (solvente:água).

A farinha MC apresentou os maiores valores em todos os ensaios realizados. Não foram encontrados dados na literatura sobre a concentração de compostos fenólicos totais e a capacidade antioxidante da farinha de bolo de polpa de Macaúba. No entanto, alguns autores avaliaram a presença de compostos fenólicos e a capacidade antioxidante da polpa de Macaúba e relataram valores inferiores aos encontrados neste estudo [32–34]. Esse fato também foi relatado por autores que compararam a concentração fenólica e outros compostos bioativos nas polpas de frutas e seus resíduos. Alguns estudos indicam que tratamentos térmicos, como

a secagem em que os resíduos são submetidos à produção de farinha, podem aumentar a concentração de compostos fenólicos devido à quebra das estruturas celulares e à liberação de alguns componentes que anteriormente estavam ligados à matriz alimentar. Além disso, o aquecimento também pode promover a inativação de enzimas, como a polifenoxidase [35,36].

Para a farinha de PM, os valores encontrados em FOLIN, FRAP e DPPH foram 309,52 mg GAE / 100g da amostra, 87,35 mg TE / 100g de farinha e 40,03%, respectivamente. Esses resultados estão de acordo com o relatado por outros autores que investigaram o conteúdo fenólico e a capacidade antioxidante de extratos de grãos usados em cervejaria preparados com diferentes tipos de solvente [37,38]. A maioria dos compostos fenólicos nos grãos de cevada está contida na casca, enquanto os ácidos hidroxicinâmicos são acumulados nas paredes das células, o que nos leva a pensar que o bagaço de malte é uma fonte potencialmente valiosa de ácidos fenólicos [39].

Comparando os resultados obtidos para farinhas de outros resíduos agroindustriais, nas mesmas condições experimentais, observamos que as farinhas MC, MS e PM apresentam capacidade antioxidante intermediária e concentração de compostos fenólicos. A capacidade antioxidante é menor que a encontrada para a farinha de sementes de girassol e maior que a farinha de casca de banana [40,41]. No que diz respeito ao conteúdo fenólico, a concentração na farinha MC, MS e PM é maior do que nas farinhas de abacaxi e maracujá produzidas a partir de seus resíduos [42]. Por outro lado, o conteúdo fenólico é menor do que nas farinhas produzidas a partir de resíduos de acerola e manga [40,42].

Vários fatores podem estar relacionados a variações nos valores encontrados para compostos fenólicos e atividade antioxidante, como o local de origem da matéria-prima; as adversidades de defesa e adaptação; condições edafoclimáticas; o estágio de amadurecimento de frutas ou plantas; condições de armazenamento; e as condições da preparação do bolo de celulose [27,28]. Além disso, as análises do composto bioativo parecem ser muito sensíveis à metodologia de extração empregada [25].

De acordo com a análise estatística, para o teste de compostos fenólicos totais (FOLIN), para MC a extração com metanol apresentou melhores resultados, $293,96 \pm 27,52$ mg de GA/100g de farinha, enquanto que para a extração com acetona e etanol, os valores médios obtidos não são diferenciáveis. Para as farinhas MS e PM os resultados médios alcançados com os diferentes solventes não apresentaram diferença significativa.

Tabela 7 - Resultados para o teor de compostos fenólicos totais (método FOLIN) e capacidade antioxidante (método FRAP)

Amostra	Compostos fenólicos totais (mg GA/100g de farinha)	Capacidade antioxidante (mg ET/100g de farinha)
MCE	224,54 ^a ± 31,18	217,03 ^e ± 5,80
MCA	237,32 ^a ± 15,67	144,30 ^f ± 27,05
MCM	293,96 ^b ± 27,52	205,35 ^e ^f ± 6,97
MSE	367,88 ^c ± 24,90	140,22 ^g ± 18,84
MSA	334,52 ^c ± 28,39	114,97 ^g ± 31,57
MSM	365,73 ^c ± 18,62	98,19 ^g ± 10,88
PME	292,49 ^d ± 6,43	140,14 ^h ± 3,54
PMA	328,32 ^d ± 29,29	69,22 ⁱ ± 12,60
PMM	309,52 ^d ± 17,02	87,35 ⁱ ± 16,59

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Para os ensaios de FRAP, o etanol se mostrou um melhor solvente extrator para as farinhas MC e PM. Na farinha MS, não se pode afirmar que há um solvente melhor para a extração, pois os valores médios não são diferenciáveis entre si.

Para a farinha MC, encontrou-se um valor de 293,96 mg GA/100g de farinha após extração com metanol. Não foram encontrados dados na literatura sobre a concentração de compostos fenólicos totais para a farinha da torta da polpa de Macaúba, entretanto alguns autores avaliaram a presença de compostos fenólicos na polpa da Macaúba. Rocha (2011) verificaram a presença de 60,85 mg GA/100g de polpa de Macaúba, utilizando-se a extração etanoica. Siqueira (2012) reportou um valor de 78,0 mg GA/100g de polpa com extração metanoica. Os valores determinados para a concentração de compostos fenólicos totais na polpa da Macaúba são inferiores aos identificados na farinha da torta da polpa de Macaúba. Tal fato também foi constatado em trabalhos cujos autores compararam a concentração fenólica e outros compostos bioativos em polpas de frutas e em seus resíduos. Alguns estudos apontam que tratamentos térmicos, como a secagem na qual os resíduos são submetidos para a produção da farinha, podem aumentar a concentração de compostos fenólicos devido à quebra de estruturas celulares e a liberação de alguns componentes que antes estavam ligados a matriz alimentar. Além disso, o aquecimento pode promover também a inativação da enzimas, como a polifenoxidase (GUO *et al.*, 2003; MIGLIO *et al.*, 2016).

Para a farinha PM a quantidade total de compostos fenólicos foi de 328,32mg GA/100g, o melhor valor numérico foi obtido com extração cetônica. Almeida (2014) encontrou quantidade da mesma ordem de grandeza através de extração com etanol, 380,28mg GA/100g.

Em relação aos teores de antioxidantes determinados pelo método FRAP, os melhores resultados foram obtidos utilizando a extração etanoica, sendo 217,03mg ET/100g para a farinha MC; 140,22 mg ET/100g para a farinha para MS; e 140,14mg ET/100g para a farinha PM. Não foram encontrados análises na literatura sobre atividade antioxidante da farinha da torta nem tampouco sobre a polpa da fruta realizadas através do método FRAP.

Meneses *et al.* (2013) investigou a influência do solvente utilizado na extração de compostos fenólicos e antioxidantes do bagaço de malte (tipo não especificado) utilizando para a extração metanol, acetona e etanol a concentração de 80%. Para a concentração total de compostos fenólicos foram determinados, através do método FOLIN, os seguintes valores: 4,57mg GA/g para extração com metanol; 554,00mg GA/g para extração com etanol; 537,00mg GA/g para extração com acetona. Em relação à capacidade antioxidante, FRAP, o autor reportou os seguintes resultados: 2,31mM FE (II)/g para extração metanoica; 2,88mM FE (II)/g para extração etanoica; e 4,15mM FE (II)/g para extração cetônica. A maior parte dos compostos fenólicos dos grãos de cevada estão contidos na casca e ácidos hidroxicinâmicos são acumuladas nas paredes das celular, o bagaço de malte é uma fonte potencialmente valiosa de ácidos fenólicos (ALMEIDA, 2014).

Comparando-se os resultados obtidos com a farinhas oriundas de outros resíduos agroindustriais é possível notar que as farinhas em estudo possuem capacidade antioxidante e concentração de compostos fenólicos intermediária. A Tabela 8 apresenta o conteúdo total de fenóis e atividade antioxidante de extratos metanoicos de farinhas resíduos de frutas.

Tabela 8 - Conteúdo total de fenóis e atividade antioxidante de farinhas resíduos de frutas e girassol.

Matéria-prima	FOLIN (mg de EAG/100g de farinha)	FRAP (μmol ET/g de farinha)
Farinha do resíduos de Acerola	681,02 ¹	-
Farinha de resíduos de Abacaxi	274,91 ¹	-
Farinha de resíduos de Maracujá	103,10 ¹	-
Farinha de resíduos de Manga	450,00 ³	-
Farinha de Girassol	-	1242,00 ²
Farinha de casca de banana	-	14,00 ³

Fonte: ¹(DE OLIVEIRA *et al.*, 2009); ²HERCULANO, Kelly Lopes (2014); ³(REBELLO *et al.*, 2014)

Vários fatores podem estar relacionados às variações nos valores encontrados para compostos fenólicos e atividade antioxidante como: o local de origem da matéria prima, pois as adversidades de determinados ambientes levam a planta a produzir mais metabólitos para sua defesa e adaptação; as condições edafoclimáticas (a natureza dos constituintes ativos, bem como a quantidade, pode não ser constante durante todo o ano); o estágio de maturação dos frutos; a maneira como as frutas foram armazenadas e como as polpas foram preparadas (GOBBO-NETO; LOPES, 2007; SOARES *et al.*, 2008). Além disso, análises de compostos bioativos se mostram bastante sensíveis a metodologia de extração empregada.

4.4. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Os resultados da análise de distribuição de tamanho de partícula obtidos por espectroscopia de difração a laser para MC, MS e PM são apresentados nas Figuras 3, 4 e 5 respectivamente. As Tabelas 9, 10 e 11 contém valores característicos das curvas de distribuição granulométrica para MC, MS e PM, respectivamente.

Através da Figura 3 nota-se que a farinha da torta da polpa da Macaúba apresenta uma distribuição bimodal. A população 1 possui D(90) de 129,96 μ m, moda 48,03 μ m e span 2,47 μ m, enquanto que a população 2 possui D(90) de 595,37 μ m, moda 322,32 μ m e span 1,25 μ m. A população 1 se mostrou quase duas vezes mais dispersa.

Na farinha mista, MS, detectou-se a presença de três populações, duas delas (1 e 2) com picos não muito bem definidos (Figura 4). Tal fato está associado a composição da MS, duas matérias primas com propriedades físicas de dureza, resistência distintas que se comportam de maneira diferentes quando submetidas a moagem. As populações 1, 2 e 3 obtiveram D(90) de 30,76 μ m, 434,82 μ m e 794,88 μ m e moda de 17,41 μ m, 118,49 μ m e 396,29 μ m respectivamente. A população dois mostrou-se como a mais polidispersa.

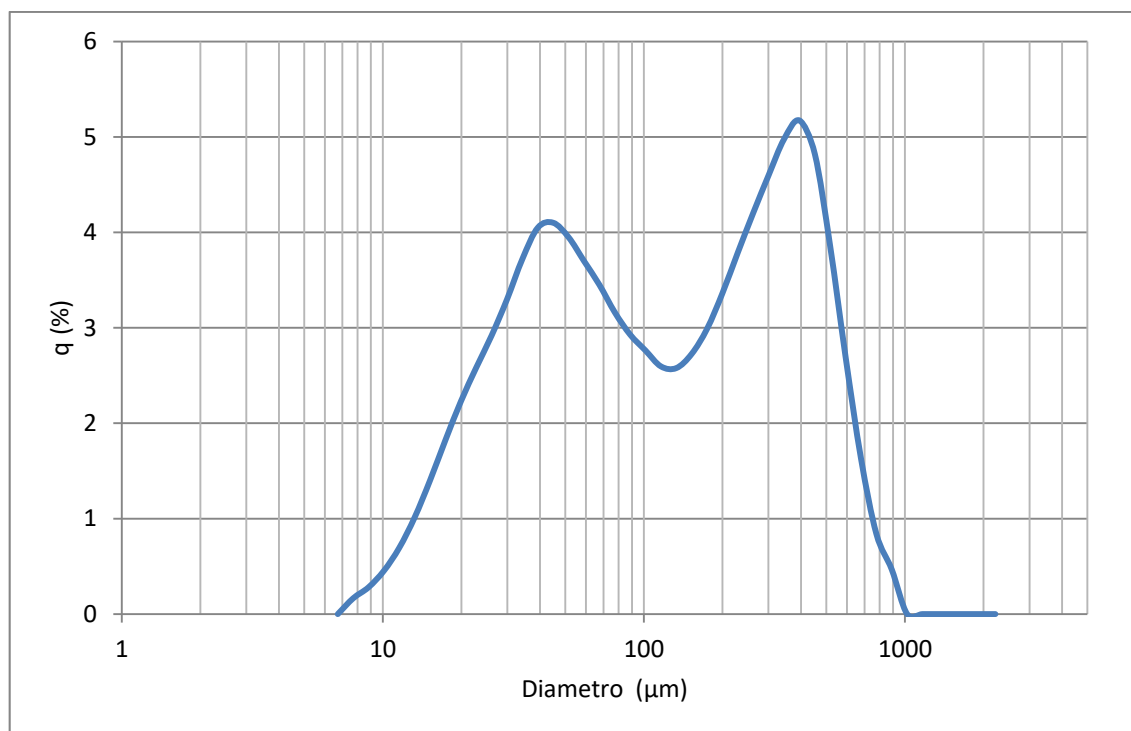


Figura 3 - Distribuição granulométrica das partículas da farinha MC. Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Tabela 9 - Distribuição granulométrica - farinha MC.

População 1 – MC				
D(10) (µm)	D(50) (µm)	D(90) (µm)	Moda (µm)	SPAN (µm)
16,50 ± 0,55	46,02 ± 0,65	129,96 ± 0,867	48,03 ± 0,02	2,47 ± 0,07
População 2 – MC				
D(10) (µm)	D(50) (µm)	D(90) (µm)	Moda (µm)	SPAN (µm)
182,19 ± 2,93	330,05 ± 3,36	595,37 ± 2,26	322,32 ± 0,29	1,25 ± 0,01

Fonte: Elaborado pelo autor (2018). D (90): ponto da distribuição granulométrica em que estão contidas 90% das partículas; D(50): Ponto da distribuição granulométrica em que estão contidas 50% das partículas; D(10): Ponto da distribuição granulométrica em que estão contidas 10% das partículas

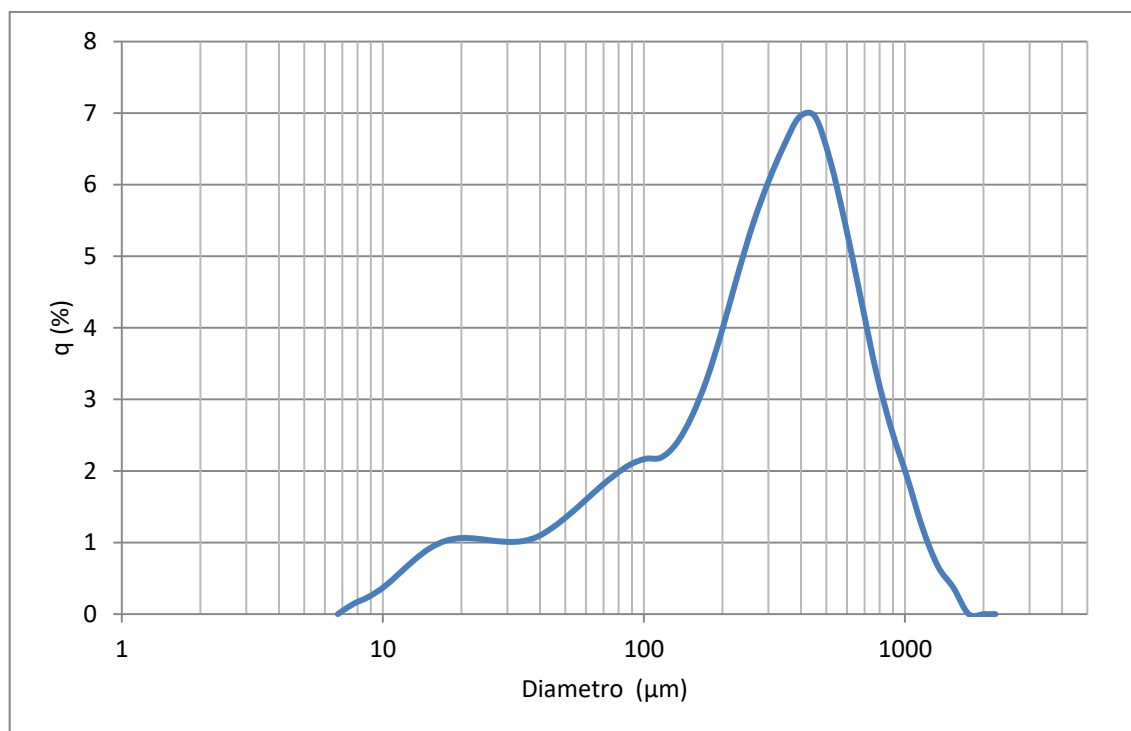


Figura 4 - Distribuição granulométrica das partículas da farinha MS. Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Tabela 10 - Distribuição granulométrica - farinha MS.

População 1 - MS				
D(10) (µm)	D(50) (µm)	D(90) (µm)	Moda (µm)	SPAN (µm)
9,86 ± 0,22	17,32 ± 1,28	30,76 ± 3,95	17,41 ± 1,63	1,20 ± 0,13
População 2 - MS				
D(10) (µm)	D(50) (µm)	D(90) (µm)	Moda (µm)	SPAN (µm)
38,39 ± 6,17	113,08 ± 29,12	434,82 ± 24,51	118,49 ± 33,59	2,58 ± 0,31
População 3 - MS				
D(10) (µm)	D(50) (µm)	D(90) (µm)	Moda (µm)	SPAN (µm)
214,75 ± 26,69	412,86 ± 27,36	794,88 ± 7,68	396,29 ± 37,38	1,41 ± 0,14

Fonte: Elaborado pelo autor (2018). D (90): ponto da distribuição granulométrica em que estão contidas 90% das partículas; D(50): Ponto da distribuição granulométrica em que estão contidas 50% das partículas; D(10): Ponto da distribuição granulométrica em que estão contidas 10% das partículas

PM possui uma distribuição bimodal, com a presença de duas populações bem definidas. A população 1 possui maior dispersão, cerca três vezes mais alta que a da população 2. Os valores de D(90) e moda da população 1 e 2 foram 121,14µm, 26,17µm, 595,37µm e 322,32µm respectivamente.

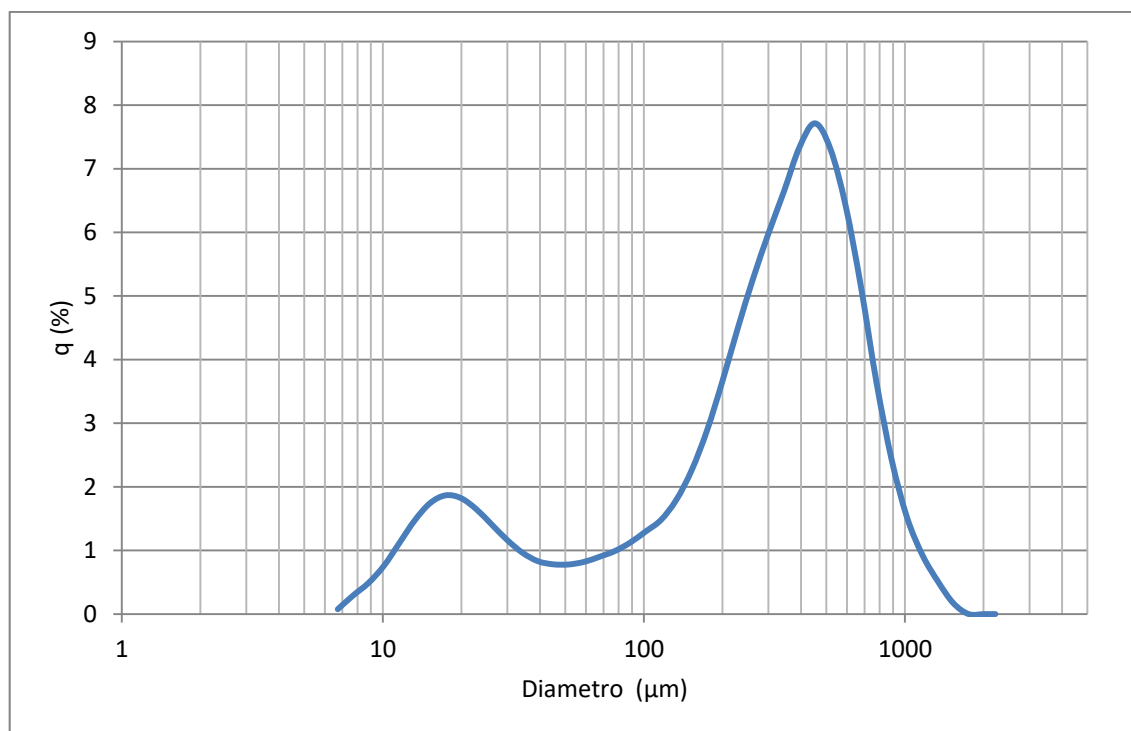


Figura 5 - Distribuição granulométrica das partículas da farinha - farinha PM. Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Tabela 11 - Distribuição granulométrica - farinha PM.

População 1 - PM				
D(10) (μm)	D(50) (μm)	D(90) (μm)	Moda (μm)	SPAN (μm)
9,312 ± 0,17	31,26 ± 4,10	121,14 ± 15,24	26,17 ± 2,49	3,7493 ± 0,2568
População 2 - PM				
D(10) (μm)	D(50) (μm)	D(90) (μm)	Moda (μm)	SPAN (μm)
182,19 ± 2,93	330,05 ± 3,36	595,37 ± 2,26	322,32 ± 0,29	1,25 ± 0,01

Fonte: Elaborado pelo autor (2018). D (90): ponto da distribuição granulométrica em que estão contidas 90% das partículas; D(50): Ponto da distribuição granulométrica em que estão contidas 50% das partículas; D(10): Ponto da distribuição granulométrica em que estão contidas 10% das partículas.

O volume médio das partículas (D[4,3]) também foram determinados sendo equivalente a $182,90\mu\text{m}^3$ para MC; $356,54\mu\text{m}^3$ para MS; e $330,1097\mu\text{m}^3$. Quando comparados estatisticamente através do teste de Tukey ($p < 0,05$), pode-se dizer que MC possui diâmetro de partícula menor que as farinhas MS e PM que possuem D[4,3] não diferenciáveis entre si. Vários autores discorrem sobre a importância do conhecimento da distribuição granulométrica de matérias primas alimentícias. O conhecimento do tamanho das partículas possui influências sobre as propriedades reológicas e de hidratação da massa bem como no volume e qualidade final do produto. Em relação às propriedades de hidratação a distribuição uniforme da granulometria de farinhas é ainda mais importante que o tamanho da partícula propriamente dito, pois permite maior uniformidade de

hidratação e, conseqüentemente, maior qualidade do produto elaborado. Partículas com diâmetro maior tendem a absorver água mais lentamente que as finas, o que exige tempo mais prolongado para homogeneização (POSNER e HIBBS, 2005; GAINES,1985; CHOI e BAIK, 2013; LOPES e DEMIATE, 2011).

4.5. SORÇÃO

A farinha MC apresentou um valor de adsorção de 20,46% a uma a_w de 0,80 a temperatura de 25°C. A análise DVS categorizou a farinha MC como um material altamente higroscópico de acordo com a Farmacopeia Europeia, pois a 25°C possui adsorção maior que 15% p/p. As farinhas MS e PM apresentaram valores de adsorção, de 14,14% e 14,92% respectivamente, sendo consideradas como moderadamente higroscópicas segundo a Farmacopeia Europeia (adsorção de 2 a 15% a a_w de 0,80 a temperatura de 25°C).

Através das Figuras 6, 7 e 8 pode-se observar as curvas obtidas através da análise DVS para as farinhas MC, MS e PM, respectivamente.

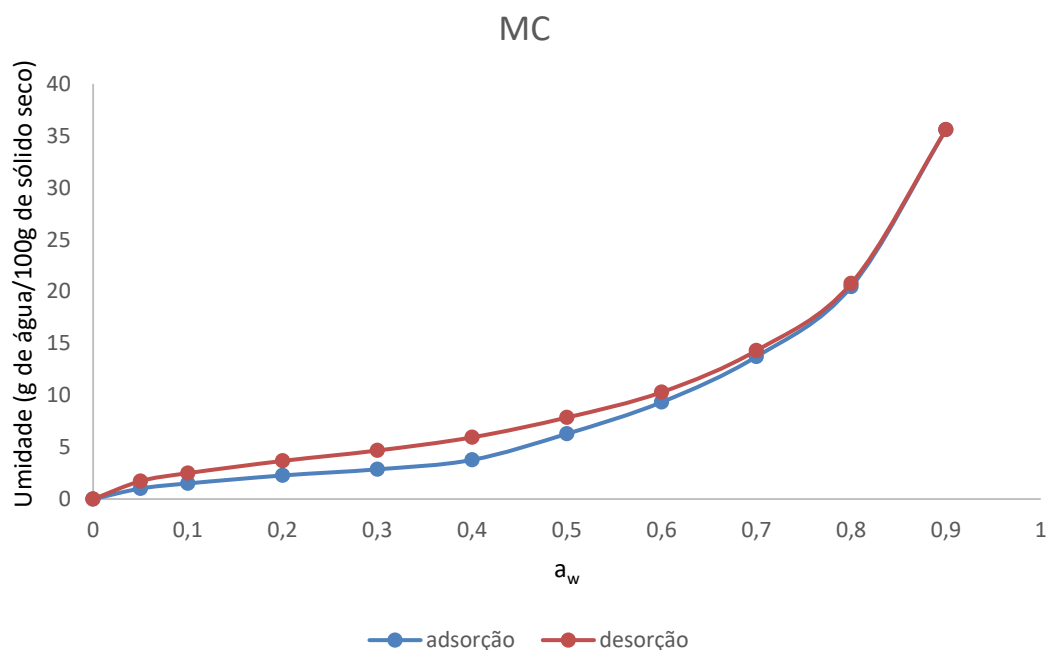


Figura 6 - Resultados ensaio DVS para a farinha MC. Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

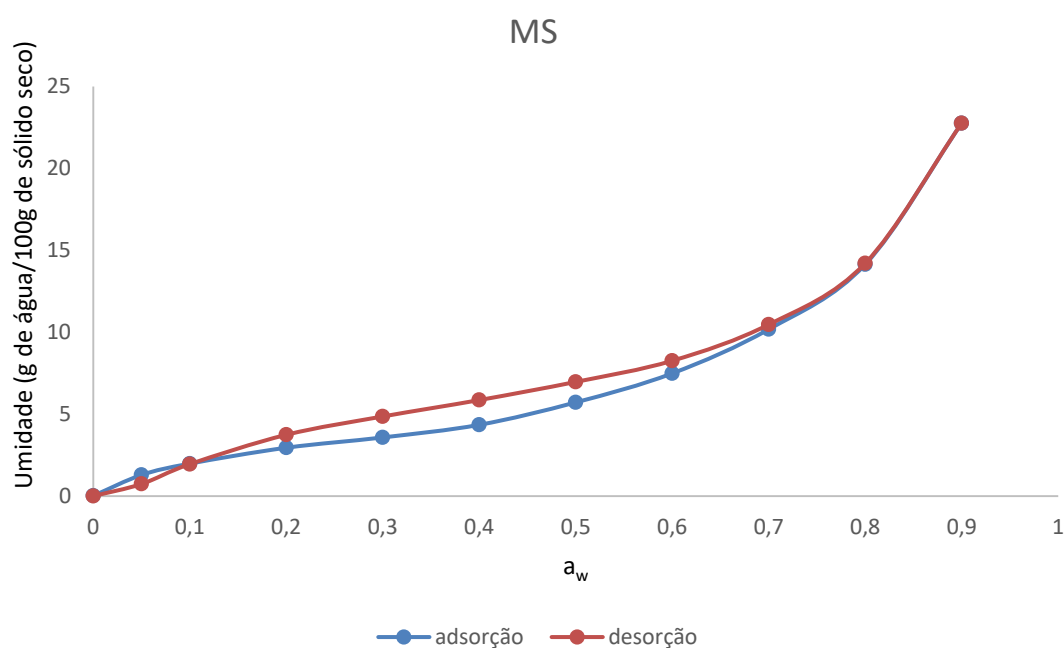


Figura 7 - Resultados ensaio DVS para a farinha MS. Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

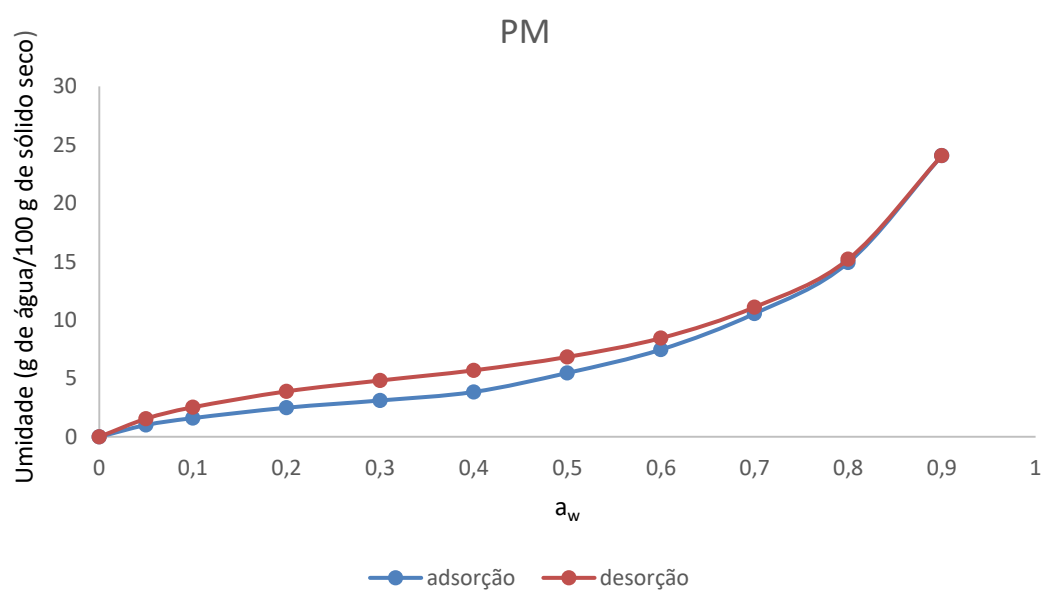


Figura 8 - Resultados ensaio DVS para a farinha PM. Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

De acordo com a classificação de Brunauer *et al.* (1940) todas as isotermas de adsorção apresentaram forma sigmoideal, tipo II, seguindo um comportamento sorcional típico para alimentos (GILI *et al.*, 2017). Esse tipo de curva é característico para materiais não porosos ou com poros no intervalo de mesoporos ou macroporos. O primeiro ponto de inflexão da isoterma, côncavo ao eixo a_w , representa a formação de monocamada adsorvida à superfície, enquanto o segundo ponto, convexo ao eixo a_w , representa a adsorção de múltiplas camadas sobre a superfície. Observa-se que em alguns pontos os valores de umidade de equilíbrio na

isoterma de dessorção são superiores aos isoterma de adsorção, comportamento esse típico do fenômeno de histerese. Essa ocorrência se deu entre valor de atividade de água de 0 a 0,8 para as farinhas MC e PM e entre 0 e 0,7 para a farinha MS. A histerese pode ocorrer devido a diversos fatores, mas tem sido relacionada principalmente a natureza e ao estado dos componentes do alimento e a sua capacidade de rearranjar sua estrutura e conformação (GILI *et al.*, 2017; RAHMAN, 2009).

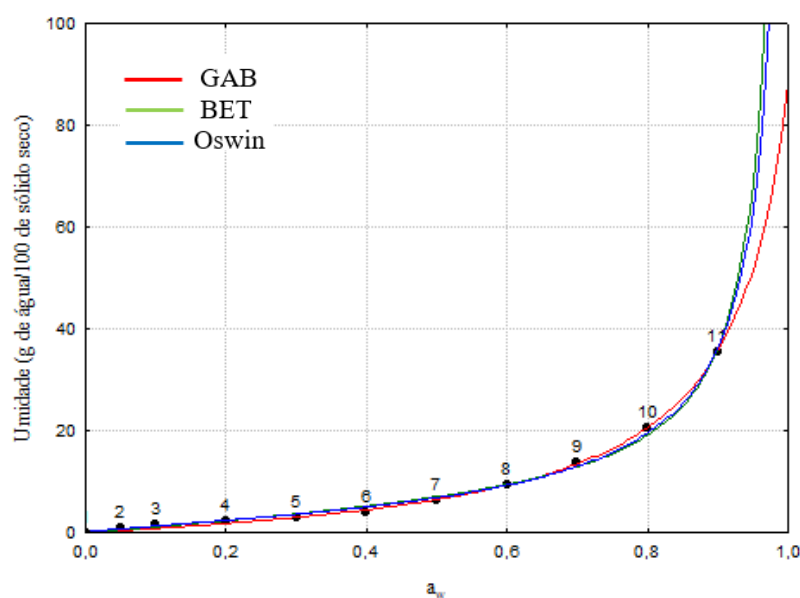
Para a maioria dos alimentos, a faixa crítica de atividade de água em que ocorre o desenvolvimento microbiano é de 0,6 e 0,7. Sendo assim, é recomendável que as farinhas possuam atividade de água de 0,4 a 0,5 para armazenamento seguro, o que corresponde a umidade de 4% a 6% para todas as três farinhas, MC, MS e PM, de acordo com os resultados obtidos para as isotermas de sorção (GILI *et al.*, 2017; RAHMAN, 2009).

Para descrever as isotermas de sorção, vários modelos empíricos e teóricos têm sido propostos. Estas equações derivam de modelos empíricos com dois ou três parâmetros de ajuste, de rigorosos modelos termodinâmicos e de equações derivadas do modelo de BET. Três modelos de sorção, nomeados e descritos anteriormente na seção 3.7, foram ajustados aos dados experimentais. Os fatores de cada modelo, bem como os parâmetros estatísticos analisados são apresentados na Tabela 12. Todos os modelos analisados apresentaram elevado valor de r^2 , maiores que 0,99, entretanto, de acordo com os critérios pré-estabelecidos, $r^2 > 0,02$, p -valor < 0 , Erro percentual $< 10\%$, o modelo de Oswin foi aquele que melhor se adequou aos dados experimentais de sorção das três farinhas. As Figuras 9, 10 e 11 representam os resultados experimentais e da modelagem obtidos para as farinhas MC, MS e PM, respectivamente. O modelo de Oswin também foi considerado como satisfatório para descrever a sorção em farinhas de casca de manga e de mandioca (LEMOS *et al.*, 2015; SANTA *et al.*, 2004).

Tabela 12 - Parâmetros estatísticos e dos modelos matemáticos simulados para a adsorção para as farinha MC, MS e PM.

Farinha	Modelo	r ²	Variáveis	SD	% P	p-valor	
MC	GAB	0,9985	W _m	9,2047	3,4511	37,49	0,0285
			C	0,8658	0,2321	26,80	0,0058
			K _g	0,9267	0,0193	2,09	0,0000
	BET	0,9945	W _m	35,4997	6,8301	19,24	0,0006
			C	0,3035	0,0357	11,76	0,0000
	Oswin	0,9964	A	6,8098	0,2712	3,98	0,0000
b			0,7587	0,0212	2,79	0,0000	
MS	GAB	0,9945	W _m	60,2004	29,6261	49,21	0,0766
			C	0,1748	0,0763	43,67	0,0513
			K _g	0,9902	0,0330	3,33	0,0000
	BET	0,9945	W _m	69,4502	10,3086	14,84	0,0001
			C	0,1535	0,0157	10,23	0,0000
	Oswin	0,9985	A	6,0182	0,1092	1,82	0,0000
b			0,6060	0,0102	1,69	0,0000	
PM	GAB	0,9971	W _m	25,3386	9,8735	38,97	0,0333
			C	0,3620	0,1176	32,48	0,0152
			K _g	0,9467	0,0283	2,99	0,0000
	BET	0,9953	W _m	54,4861	7,8802	14,46	0,0001
			C	0,1859	0,0179	9,61	0,0000
	Oswin	0,9976	A	5,8189	0,1505	2,59	0,0000
b			0,6515	0,0143	2,19	0,0000	

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

**Figura 9** – Curvas de adsorção para os modelos simulados para a farinha MC. Elaborado pelo autor (2019).

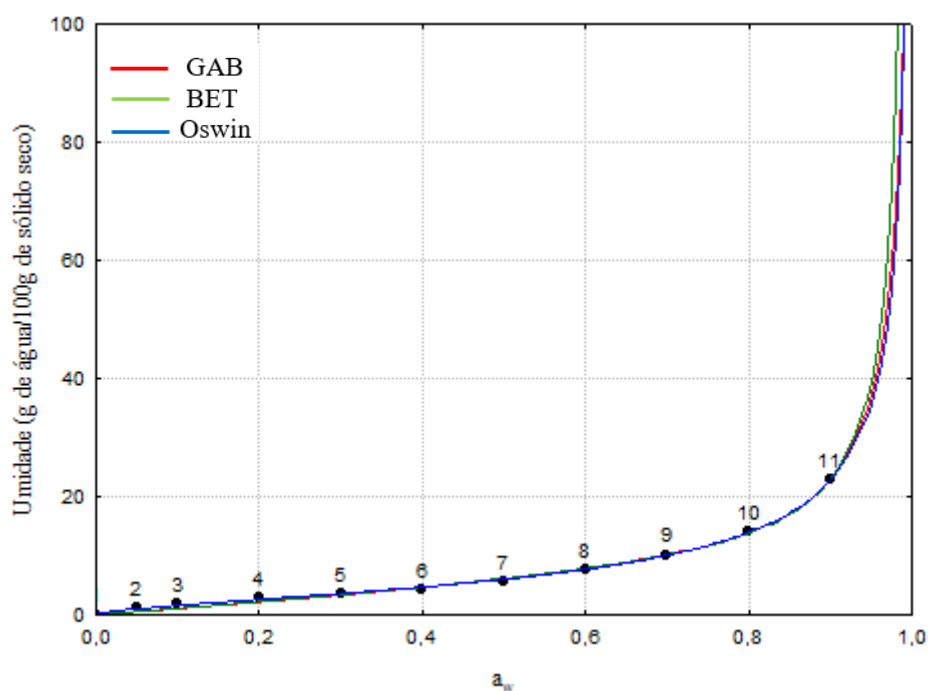


Figura 10 - Curvas de adsorção para os modelos simulados para a farinha MS. Elaborado pelo autor (2019).

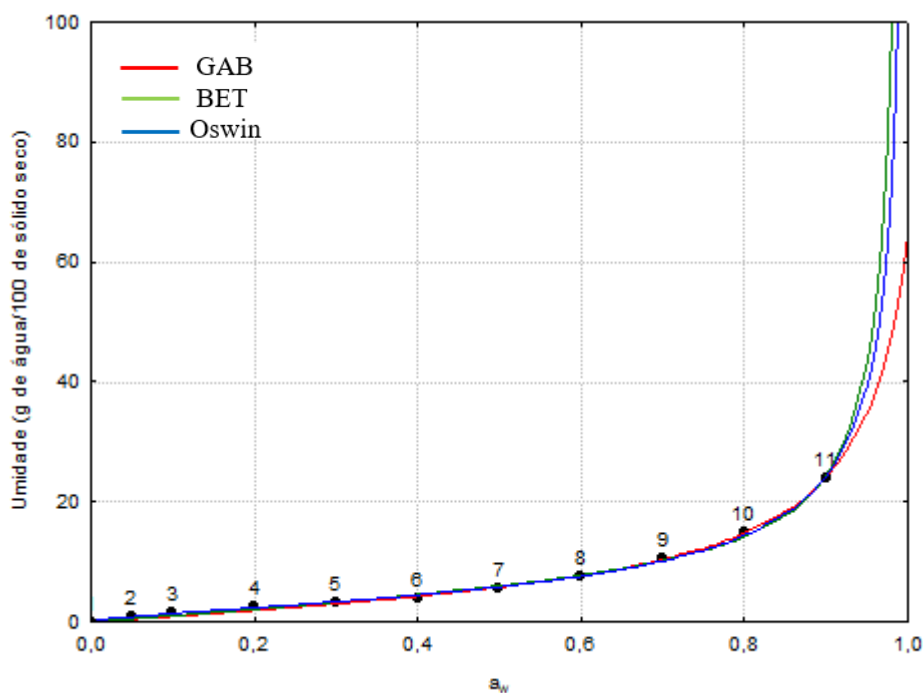


Figura 11 - Curvas de adsorção para os modelos simulados para a farinha PM. Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

4.6. PROPRIEDADES DE HIDRATAÇÃO

A capacidade de retenção de água (CRA) é definida como a capacidade de um material úmido de reter a água quando submetido a uma força externa, centrífuga ou compressão

(FIGUEROLA *et al.*, 2005; MARTÍNEZ; TORRES; MENESES, 2012).

A Figura 12 e a Tabela 13 mostram os resultados obtidos para as capacidades de retenção de água e o índice de solubilidade de cada farinha.

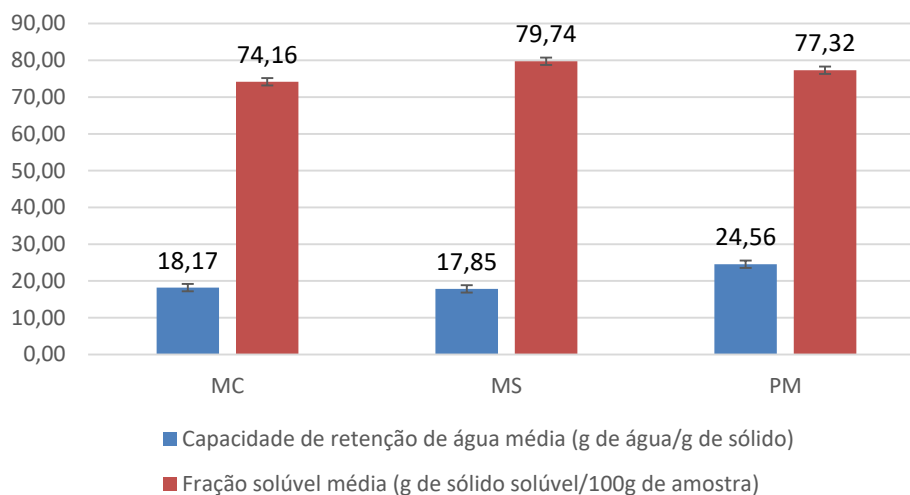


Figura 12 - Capacidade de retenção de água e Índice de solubilidade das farinhas MC, MS e PM. Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Tabela 13 - Resultados CRA e ISA.

	CRA (g de água/g de sólido)	ISA (g de sólido solúvel/100g de amostra)
MC	18,17 ± 2,47 ^a	74,16 ± 0,007 ^a
MS	17,85 ± 3,86 ^a	79,74 ± 0,032 ^a
PM	24,56 ± 1,20 ^a	77,32 ± 0,0183 ^a

Fonte: Elaborado pelo autor (2018). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Na farinha MC e MS encontrou-se CRA de 18,17 e 17,85g de água/g de sólido respectivamente. Conforme dados da Tabela 14, esses valores são considerados altos quando comparados a CRA obtida para resíduos de frutas e vegetais, como o bagaço de coco e farelo de arroz. No entanto, são valores próximos aos de fibras concentradas de diferentes origens. ÖZTÜRK *et al.* (2002) avaliou a CRA do bagaço de malte de cervejaria, que variou de 25,3 para partículas finas a 27,1 para partículas grosseiras. A farinha PM alcançou CRA condizente com esse resultado, destacando-se como uma matéria-prima com alta capacidade de retenção de água.

Tabela 14 - Capacidade de retenção de água de diferentes matérias-primas.

	Capacidade de retenção de água (g de água/g de sólido) - CRA	Referência Bibliográfica
Cenoura – Fibra dietética concentrada	18,60	(EIM <i>et al.</i> , 2008)
Resíduos de Abacaxi – Fibra dietética concentrada	13,50	(MARTÍNEZ; TORRES; MENESES, 2012)
Resíduos de Maracujá - Fibra dietética concentrada	14,60	(MARTÍNEZ; TORRES; MENESES, 2012)
Resíduos de Manga - Fibra dietética concentrada	6,40	(MARTÍNEZ; TORRES; MENESES, 2012)
Resíduos de Laranja - Fibra insolúvel concentrada	16,70	(CHAU; HUANG, 2003)
Chia – Fibra dietética concentrada	15,41	(ALFREDO <i>et al.</i> , 2009)
Bagaço de Coco	5,33	(RAGHAVENDRA <i>et al.</i> , 2006)
Bagaço de maçã	6,34	(KTENIOUDAKI; O'SHEA; GALLAGHER, 2013)
Farelo de arroz desengordurado	4,89	(ABDUL-HAMID; LUAN, 1988)

Trentini *et al.* (2016) investigou a propriedades tecnológicas e antioxidantes da torta da polpa da Macaúba, obtida a partir da extração da fração lipídica com solventes. A CRA encontrada variou de 3,61 a 3,98g de água/g de sólido, aproximadamente seis vezes menor do que o obtido neste trabalho. A literatura relata que a remoção do óleo da polpa melhora a capacidade de retenção de água, entretanto o método de extração pode ter influência sobre essa propriedade (ALFREDO *et al.*, 2009). A discrepância entre os resultados leva a crer que o processo de extração mecânica do óleo da polpa conserva melhor os compostos responsáveis pela retenção de água.

A CRA da matéria-prima é importante do ponto de vista fisiológico e tecnológico. Fibras com alta capacidade de hidratação podem aumentar o volume fecal, melhorar o fluxo intestinal e diminuir a taxa de absorção de nutrientes auxiliando no controle glicêmico. Em relação a aplicação na indústria, matérias-primas com alto CRA podem ser utilizadas para a melhorar a viscosidade, textura, características sensoriais e o prazo de validade do produto final (ELLEUCH *et al.*, 2011).

As farinhas MC, MS e PM apresentaram alto índice de solubilidade em água (ISA), sendo 74,16%, 79,74% e 77,32% respectivamente, conforme a Tabela 13. O ISA é um parâmetro relacionado à quantidade de sólidos solúveis em uma amostra seca que reflete a degradação sofrida pelos seus constituintes, ou seja, o somatório dos efeitos de gelatinização, dextrinização e, conseqüentemente, solubilização (GUTKOSKI; EL-DASH, 1999). A

solubilidade tem efeito na funcionalidade da farinha, principalmente, na estabilidade da viscosidade da solução (GUILLON; CHAMP, 2000). Leonel, Souza e Mischan (2010) reportaram ISA semelhantes para formulações mistas extrusadas de polvilho e fibra de laranja.

As propriedades de hidratação em alimentos estão relacionadas à estrutura química dos componentes polissacarídeos, e outros fatores como porosidade, tamanho de partícula, forma iônica, pH, temperatura, força iônica, tipo de íons em solução e tensões nas fibras (ELLEUCH *et al.*, 2011).

4.7. COR

Os valores médios de L*, a*, b*, ângulo Hue são apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 - Resultados parâmetros da cor.

	L*	a*	b*	Ângulo Hue
MC	62.173 ^a ± 0.373	7.450 ^a ± 0.046	26.233 ^a ± 0.332	74.144 ^a ± 0.232
MS	61.323 ^b ± 0.144	5.746 ^b ± 0.021	23.967 ^b ± 0.257	76.515 ^b ± 0.136
PM	66.733 ^c ± 0.315	4.253 ^c ± 0.107	22.51 ^c ± 0.508	79.300 ^c ± 0.028

Fonte: Elaborado pelo autor (2018). Médias da mesma coluna seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

O maior valor para a luminosidade média foi encontrado na farinha de puro malte, $66,733 \pm 0,315$, sendo considerada a farinha mais clara. Para a farinhas de Macaúba e mista foram encontrados valores médios de luminosidade de $62,173 \pm 0,373$ e $61,323 \pm 0,144$, respectivamente. De acordo com a análise estatística todos os valores médios encontrados para a luminosidade são diferenciáveis entre si.

O ângulo Hue é o indicador da tonalidade, cujo ângulo vai de zero representado pela cor vermelha, passando pela cor alaranjada até atingir a cor amarela em 90°. As três farinhas produzidas mostraram tendência a tonalidade amarela, entretanto todos os valores apresentaram diferença significativa estatisticamente. A farinha do bagaço de malte foi a que apresentou ângulo de Hige mais alto, $79,03 \pm 0,028$.

Os coordenadas de cromaticidade, a* e b*, foram respectivamente de $7,45 \pm 0,046$ e $26,233 \pm 0,33$ para a MC; $5,746 \pm 0,021$ e $23,967 \pm 0,257$ para MS; $4,25 \pm 0,107$ e $22,51 \pm 0,508$. Todas as médias são diferenciáveis entre si, entretanto os valores positivos para a* e b* indicam que as farinhas possuem tendência ao vermelho e amarelo.

Não foram encontrados na literatura informações sobre a cor da farinha da torta da polpa da Macaúba, farinha de bagaço de malte e sobre a farinha mista de bagaço de malte e

Macaúba.

Comparando-se os valores de a^* , b^* , L^* e H° determinados para a farinha da torta da polpa da Macaúba com valores encontrados para a farinha da polpa da Macaúba reportados na literatura é possível notar uma similaridade. Galvani (2013) encontrou os seguintes parâmetros para farinha da polpa preparada a partir da despulpagem mecanizada: $L^* = 63,28$; $a^* = 6,77$; $b^* = 49,11$; $H^\circ = 82,15$; e $C = 49,5$. Os valores de L^* e a^* são bastante próximos aos determinados nesse estudo e as diferenças entre os b^* e H° podem ser explicadas pelo fato da farinha da torta da polpa de Macaúba passar por processos adicionais de secagem e extração de lipídeos que podem ocasionar a retirada de substâncias responsáveis pela coloração amarelada e/ou alaranjada como por exemplo o β -caroteno. Além disso, Zanatta (2015) investigando a cor de polpas de frutos de Macaúba observou que amostras de polpa de Macaúba submetidas a processos mecânicos apresentaram escurecimento com o aumento da temperatura do processo. O autor destaca ainda a dependência da coloração do fruto com a localização da palmeira.

O parâmetros de cor da farinha de puro malte estão de acordo com os reportados por Santos *et al.* (2017) para bagaço de Malte Pilsen *Château* ($L^* = 55,03$; $a^* = 5,41$; $b^* = 19,72$). As disparidades nos resultados são compreensíveis pois a farinha de bagaço malte em estudo é composta por uma mistura de maltes, *Munich II*, *Pale Malt* e Pilsen, além disso os parâmetros da mosturação variam de acordo com a receita da cerveja e como envolvem mudanças de temperatura podem influenciar a cor final do resíduo.

5. CONCLUSÃO

As farinhas elaboradas neste trabalho apresentaram composição físico-química que as tornam matérias-primas de interesse para a obtenção de novos alimentos. Destacam-se os altos teores de fibras brutas e proteínas encontrados. De acordo com a legislação brasileira as farinhas PM e MS podem ser consideradas alimentos com alto teor de fibras e proteínas e a farinha MC classificada como fonte de proteínas e com alto teor de fibras. As análises de DSC não indicaram a presença de quantidades significativas de amido nas farinhas MC, MS e PM. As farinhas não apresentaram quantidade de amido significativa de acordo com a análise de DSC.

As isotermas de sorção apresentaram comportamento sigmoidal, sendo todas melhor representadas pelo modelo de Oswin. As farinhas MC foi categorizada como altamente

higroscópica, enquanto que as farinhas MS e PM foram classificadas como moderadamente higroscópicas. Para o armazenamento seguro recomenda-se que as farinhas possuam umidade de 4% a 6%.

O teor de compostos bioativos presentes nas farinhas foi intermediário, ainda assim as farinhas apresentam potencial para compor alimentos funcionais, o que ainda necessita ser avaliado de maneira mais aprofundada.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Determinar o teor de amido na farinhas, principalmente na farinha MC;
- Realizar outro tipo de análise de atividade antioxidante como DPPH ou ABTS ou ORAC;
- Realizar análise de fibras alimentares;
- Utilizar a farinha em formulações de bolos, pães e massas;
- Investigar a utilização da farinha da torta polpa como matéria-prima para a produção de pectina, visto que a farinha MC possui teor mais alto de pectina que o bagaço de maçã e albedo de cítricos, comumente utilizados para este fim;
- Investigar o perfil de antioxidantes e compostos fenólicos presentes nas farinhas;
- Investigar a presença de componentes antinutricionais nas farinhas.
- Avaliar os custos de obtenção das farinhas;
- Investigar a capacidade de retenção de óleo e a capacidade emulsificante das farinhas;
- Avaliar a estabilidade das farinhas durante o armazenamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDUL-HAMID, Azizah; LUAN, Yu Siew. Functional Properties of Dietary From Defatted Rice Bran. **Measurement**, v. 68, p. 15–19, 1988.

ALFREDO, Vázquez Ovando *et al.* Physicochemical properties of a fibrous fraction from chia (*Salvia hispanica* L.). **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, n. 1, p. 168–173, 2009.

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

AMARAL, Míriam Trindade Do *et al.* Sistema Cielab para Avaliação da cor de produtos cárneos. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 4, n. 1, 2012. Disponível em: <<http://seer.unipampa.edu.br/index.php/siepe/article/view/649>>. Acesso em: 9 fev. 2019.

Al-Muhtaseb, A.H; McMin, W.A.M; Magee T.R.A. Water sorption isotherms of starch powders: Part 1: mathematical description of experimental data. **Journal of Food Engineering**v. 61, i. 3: p. 297-307, 2004.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS - AACC. **Approved Methods American Association of Cereal Chemists**. 10th ed. Saint Paul: AACC, 2000. v. 2

BEMILLER, James N., Carbohydrate Analysis. In: NIELSEN, S. Suzanne (Ed.). **Food Analysis**. 4. ed. West Lafayette: Springer, 2010. p. 1-130.

Benzie, I., Strain, J. Ferric reducing/antioxidant power assay: Direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. 1999. **Methods in Enzymology**, 299, 15-27

BRASIL. Resolução RDC ANVISA/MS nº. 263, de 22 de setembro de 2005. **Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23set. 2005.

BRASIL. Resolução RDC ANVISA/MS nº. 54, de 12 de novembro de 2012. **Regulamento Técnico para sobre Informação Nutricional Complementar**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 nov. 2012.

BRUNAUER, Stephen *et al.* Theory of Van der Waals Adsorption of Gases. **Journal of the American Chemical Society**, v. 1139, n. 6, p. 1723–1732, 1940.

CANALIS, Soledad María Blanco. **Mejoramiento del perfil nutricional y saludable de productos de panificación**. 2017. Universidad Nacional de Córdoba, 2017.

CHAU, Chi Fai; HUANG, Ya Ling. Comparison of the chemical composition and physicochemical properties of different fibers prepared from the peel of citrus sinensis L. Cv. Liucheng. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 9, p. 2615–2618, 2003.

CHOI, H.W.; BAIK, B.K; Significance of Wheat Flour Particle Size on Sponge Cake Baking Quality. **Cereal Chemistry Journal**, v.90, p.150-156, 2013.

CORDEIRO, Luana Gomes. **Caracterização e viabilidade econômica do bagaço de malte oriundo de cervejarias para fins energéticos**. 2011. 121 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal da Paraíba, 2011.

COSTA, José Maria Correia Da; NEIVA, José Neuman Miranda; RODRIGUEZ, Norberto Mário. Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. **Revista Ciência agrônômica**. v.37, n.1, p.70-76, 2006.

CZUCHAJOWSKA, Z. *et al.* Structure and functionality of barley starches. **Cereal Chemistry**, v. 75, n. 5, p. 747–754, 1998.

DE OLIVEIRA, Alane Cabral *et al.* Total phenolic content and free radical scavenging activities of methanolic extract powders of tropical fruit residues. **Food Chemistry**, v. 115, n. 2, p. 469–475, 2009.

DHINGRA, Devinder *et al.* Dietary fibre in foods: a review. **Journal of Food Science and Technology**, v. 49, n. 3, p. 255–266, 2012.

EIM, Valeria S. *et al.* Effects of addition of carrot dietary fibre on the ripening process of a dry fermented sausage (sobrassada). **Meat Science**, v. 80, n. 2, p. 173–182, 2008.

ELLEUCH, Mohamed *et al.* Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterization, technological functionality and commercial applications: A review. **Food Chemistry**, v. 124, n. 2, p. 411–421, 2011.

FERTONANI, Heloisa Cristina Ramos. **Estabelecimento de um modelo de extração ácida de pectina de bagaço de maçã**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) 2006. 82 f. Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2006.

FIGUEROLA, FERNANDO; HURTADO, MARÍA LUZ; CHIFFELLE, Ítalo; Asenjo Fernando. Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. **Food Chemistry**, v. 91, n.3, p. 395-401, 2005.

GAINES, C.S. Associations among soft wheat flour particle size, protein content, chlorine response, kernel hardness, milling quality, white layer cake volume, and sugar - snap cookie spread. **Cereal Chemistry**, v.62, n.4, p.290-292, 1985

GALVANI, Fábio; SORRILHA, Grazielly Munhões; FAVARO, Simone Palma. Influência da umidade da polpa na composição centesimal de tortas de macaúba. In: 6º SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIOECONÔMICOS DO PANTANAL, 2013, Corumbá. **Simpósio**. Corumbá: Simpan, 2013.

GILI, Renato D. *et al.* Physical characterization and fluidization design parameters of wheat germ. **Journal of Food Engineering**, v. 212, p. 29–37, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.05.011>>.

GOBBO-NETO, Leonardo; LOPES, Norberto P. Plantas Medicinais: Fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 374–381, 2007.

GUILLON, F; CHAMP, M. Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. **Food Research International**, v. 33, n. 3–4, p. 233–245, 1 abr. 2000.

GUIMARÃES, Rita De Cássia Avellaneda *et al.* Study of the proteins in the defatted flour and protein concentrate of baru nuts (*Dipteryx alata Vog*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 32, n. 3, p. 464–470, 2012.

GUO, Changjiang *et al.* Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay. **Nutrition Research**, v. 23, n. 12, p. 1719–1726, 2003.

GUTKOSKI, L.C.; EL-DASH, A.A. Effect of extrusion process variables on physical and chemical properties of extruded oat products. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 54, n. 4, p. 315–325, 1999. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1023/A:1008101209353>>. Acesso em: 22 jan. 2019.

HERCULANO, Kelly Lopes. **Capacidade antioxidante de farinhas alimentícias**. 2014. 108 f. Dissertação (Mestrado em Química e Biotecnologia) – Instituto de Química e Biotecnologia, Programa de Pós-Graduação em Química e Biotecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2014.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Procedimentos e determinações gerais. In: INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 1018 p.

IZYDORCZYK, M. S.; MACGREGOR, A. W.; BILLIADERIS, C. G. Effects of malting on phase transition behaviour of starch in Barley Cultivars with varying amylose content. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 107, n. 2, p. 119–128, 2001.

KOPPER, A. C. *et al.* Utilização tecnológica da farinha de Bociúva na elaboração de biscoitos tipo *cookie*. **Alimentos e Nutrição**, v. 20, p. 463–469, 2009.

KTENIOUDAKI, Anastasia; O'SHEA, Norah; GALLAGHER, Eimear. Rheological properties of wheat dough supplemented with functional by-products of food processing: Brewer's spent grain and apple pomace. **Journal of Food Engineering**, v. 116, n. 2, p. 362–368, 2013.

LEMOS, Danielle Martins *et al.* Isotermas de adsorção de água da farinha de cascas de manga. 2015, Fortaleza: 2015. Disponível em: <http://www.confea.org.br/media/Agronomia_isotermas_de_adsorcao_de_agua_da_farinha_de_cascas_de_manga.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2019.

LEONEL, Magali; SOUZA, Luciana Bronzi De; MISCHAN, Martha Maria. Produção de snacks extrusados à base de polvilho doce e fibra de laranja. **Ciência Rural**, v. 40, n. 6, p. 1411–1417, 2010.

Lopes, R.B.; DEMIATE, I. M. Avaliação granulométrica de frações constituintes de farinhas de trigo tipo 1 obtidas da moagem industrial de cultivares disponíveis no mercado brasileiro. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 9, n. 1: p. 1786-1796, 2015.

LOURENÇO, Maria do Socorro Nahuz. **Estudo comparativo de metodologias aplicadas em análises de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido com gerenciamento de resíduos químicos**. Tese (Doutorado em Zootecnia). 2010. 117 f. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, 2010.

MAGALHÃES, L. M.; SEGUNDO, M. A.; REIS, S.; LIMA, J. L. F. C.; Methodological aspects about in vitro evaluation of antioxidant properties. **Analytica Chimica Acta**, vol. 613, p. 1-19, 2008.

MARTÍNEZ, Ruth; TORRES, Paulina; MENESES, MA. Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate. **Food chemistry**, v. 135, n. 3, p. 1520–1526, 2012.

MENESES, Nuno G T *et al.* Influence of extraction solvents on the recovery of antioxidant phenolic compounds from brewer's spent grains. **Separation and Purification Technology**, v. 108, p. 152–158, 2013.

MIGLIO, Cristiana *et al.* Effects of Different Cooking Methods on Nutritional and Physicochemical Characteristics of Selected Vegetables. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 1, p. 139–147, 2016.

MOREIRA, Teresinha B *et al.* Comportamento das isotermas de adsorção do pó da polpa de manga liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.10, p.1093–1098, 2013.

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

ORTIZ, Daniela Weyrich. **Cascas de frutas: estudo das propriedades nutricionais e tecnológicas**. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos). 2016. 64 f. UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS, 2016.

Öztürk, S., Özboy, Ö., Cavidoğlu, İ. and Köksel, H. Effects of Brewer's Spent Grain on the Quality and Dietary Fibre Content of *Cookies*. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 108, n. 1, p. 23–27, 2002.

POSNER, E.S.; HIBBS, A.N. Wheat Flour Milling. Saint Paul : AACC, 2nd ed. p.251-252, p.344-345, 2005

RAGHAVENDRA, S. N. *et al.* Grinding characteristics and hydration properties of coconut residue: A source of dietary fiber. **Journal of Food Engineering**, v. 72, n. 3, p. 281–286, 2006.

RAHMAN, M. Shafiur. *Food Properties Handbook, Second Edition*. [S.l.]: CRC Press, 2009. v. 20091847. Disponível em: <<https://www.taylorfrancis.com/books/9781420003093>>. Acesso em: 22 jan. 2019. (Contemporary Food Science).

REBELLO, Ligia Portugal Gomes *et al.* Flour of banana (*Musa AAA*) peel as a source of antioxidant phenolic compounds. **Food Research International**, v. 55, p. 397–403, 1 jan. 2014.

RIGO, Maurício *et al.* Physical-chemical and sensory characterization of *cookies* added with brewer`s spent grain flour as fiber supply. **Ambiência**, v. 13, n. 1, 2017.

ROCHA, Marina Souza. **Compostos bioativos e atividade antioxidante (in vitro) de frutos do cerrado piauiense**. 2011. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2011.

SANTA, Francislei *et al.* Isotermas de adsorção de umidade de farinhas de mandioca temperadas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, n. 2, p. 149–155, 2004.

SANTANA, Gabriela Silva *et al.* Características tecnológicas de farinhas vegetais comerciais. **Revista de Agricultura Neotropical**. p. 88–95, 2017.

SANTOS, M et al. Variability of brewer`s spent grain within a brewery. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 80, n. 1, p.17-21, jan. 2003. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0308-8146\(02\)00229-7](http://dx.doi.org/10.1016/s0308-8146(02)00229-7).

SILVEIRA, Márcia Liliane Rippel *et al.* Aproveitamento tecnológico das sementes de goiaba (*Psidium guajava* L.) como farinha na elaboração de biscoitos. **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 34, p. 1–20, 2016.

SIQUEIRA, Priscila Becker. **Caracterização bioquímica e compostos bioativos de macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.)**. 2012. 173 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Ciência de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

SOARES, Marcia *et al.* Compostos Fenólicos E Atividade Antioxidante Da Casca De Phenolic Compounds and Antioxidant Activity in Skin of Niagara. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 1, p. 59–64, 2008.

SONG, Y.; JANE, J. Characterization of barley starches of waxy, normal, and high amylose varieties. **Carbohydrate Polymers**, v. 49, n. 4, p. 365–377, 2002.

SOUSA, Fernanda Teixeira *et al.* Modelagem matemática da secagem e propriedades físicas e funcionais do bagaço de malte. **Global science and technology**, v. 9, n. 3, 30 jan. 2017.

Tabela brasileira de composição de alimentos / NEPA – UNICAMP.- 4. ed. rev. e ampl.. -- Campinas: NEPA- UNICAMP, 2011. 161 p.

TRENTINI, Caroline Portilho *et al.* Low-pressure solvent extraction of oil from macauba (*Acrocomia aculeata*) pulp: characterization of oil and defatted meal. **Ciência Rural**, v. 46, n. 4, p. 725–731, 2016.

VEREDIANO, F. C. **Aproveitamento da torta residual da extração do óleo da polpa da Macaúba para fins alimentícios**. 114p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Escola de Engenharia Química da Universidade Federal Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012.

VIEIRA, L. M. *et al.* Fenóis totais, atividade antioxidante e inibição da enzima tirosinase de extratos de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (Anacardiaceae). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 4, p. 521–527, 2015.

WATERS, Deborah M *et al.* Fibre, protein and mineral fortification of wheat bread through milled and fermented brewer's spent grain enrichment. **European Food Research and Technology**, v. 235, p. 767–778, 2012.

ZANATTA, Samuel. **Caracterização da Macaúba (casca, polpa e amêndoa) e análise sensorial através da educação do gosto**. 2015. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

**CAPÍTULO IV: CARACTERIZAÇÃO DOS BISCOITOS
TIPO *COOKIE*.**

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Resolução nº 263 da ANVISA, biscoitos são os produtos obtidos pela mistura de farinha(s), amido(s) e ou fécula(s) com outros ingredientes, submetidos a processos de amassamento e cocção, fermentados ou não. Podem apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos (BRASIL, 2005a).

Biscoitos são produtos consumidos amplamente em todo o mundo, sendo caracterizados por terem como principais componentes a farinha de trigo, o açúcar, a gordura e por possuírem baixos níveis de água, entre 1% a 5%. Quando esses ingredientes são combinados em diferentes proporções, dão origem a diversos sabores e texturas. Devido à baixa umidade e atividade de água, biscoitos possuem vida de prateleira longa, podendo chegar a vários meses. Suas características sensoriais também são prolongadas, desde sejam conservados em ambientes de baixa umidade (CANALIS, 2017; SILVEIRA, 2014; MORAES *et al.*, 2010).

Em 2017 o Brasil destacou-se como o segundo maior produtor de biscoitos dentro do mercado mundial. Foram produzidos e comercializados mais de 910 mil toneladas de biscoitos, sendo 33 mil toneladas de biscoitos do tipo *cookie*, movimentando mais de 5000 milhões de dólares (ANIB, 2018).

Os ingredientes, a formulação, o método de preparo e a maneira como são assados irão caracterizar o tipo de biscoito produzido e influenciar a qualidade do produto final. Os biscoitos tipo *cookie* são classificados como *short dough* devido à falta de extensibilidade e elasticidade da massa. Apesar da maior quantidade de farinha de trigo ou outros componentes farináceos, a alta concentração de açúcares e gorduras, leva a um desenvolvimento mínimo da rede de glúten. Os eventos mais importantes durante o forneamento são a perda considerável de água e a expansão do biscoito. Tais fenômenos influenciam diretamente a textura e nas reações de *Maillard* que ocorrem na superfície, causando escurecimento e mudanças de cor (PEREIRA; CORREIA; GUINÉ, 2013).

Diante de questões relacionadas à saúde enfrentados pela população, associados à má alimentação, e a maior preocupação dos indivíduos com o valor nutricional dos alimentos processados, vários produtos de panificação e confeitaria vêm sendo utilizados como meios de incorporar nutrientes e compostos bioativos na alimentação humana.

Nesse contexto, os biscoitos têm sido sugeridos como uma boa maneira de usar farinhas compostas, pois são produtos prontos para o consumo, fornecem uma boa fonte de energia,

comportam grande variedade de ingredientes e formulações e são consumidos amplamente em todo o mundo. Por outro lado, os ingredientes utilizados na elaboração de biscoitos afetam fortemente as características e a qualidade dos mesmos. Como, por exemplo, a substituição parcial da farinha de trigo por outras farinhas ricas em proteínas e fibras, pode modificar condições da fabricação e características do produto final, principalmente devido ao aumento da absorção de água. Nesse caso podem ser afetadas as propriedades de mistura da massa, que incluem o tempo de desenvolvimento, a estabilidade, a tolerância à mistura, a elasticidade e extensibilidade, bem como o volume, a cor, a umidade e a dureza do biscoito. Sendo assim, se faz necessária a investigação da influência de farinhas alternativas na estrutura e qualidade dos *cookies* produzidos (MARETI; GROSSMANN; BENASSI, 2010; RAO; BHARGAVI, 2017).

2. OBJETIVO

Avaliar a qualidade tecnológica e sensorial de biscoitos do tipo *cookie* produzidos com formulações com a substituição parcial de farinha de trigo pelas farinhas de Macaúba (MC), de Bagaço misto de Malte e Macaúba (MS) e de Bagaço de Malte (PM) a níveis de 5%, 10% e 15% (m/m).

3. METODOLOGIA

Todas as metodologias descritas a seguir foram realizadas nos Laboratórios do *Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos Córdoba (ICYTAC)* da *Universidad Nacional de Córdoba (UNC)*.

3.1. PREPARO DAS MESCLAS DE FARINHA

Para a elaboração dos biscoitos foram preparadas mesclas de farinha de trigo (comercial do tipo 000 de acordo com a classificação Argentina) com as farinhas de Macaúba (MC), Bagaço de Malte e Macaúba (MS) e de Bagaço de Malte (PM), nas proporções de 5%, 10% e 15% em massa.

3.2. ANÁLISE EM MIXOLAB

O comportamento tecnológico das mesclas das farinhas MC, MS e PM com farinha de trigo nas proporções 5, 10 e 15% foi analisado utilizando-se o equipamento Chopin Mixolab® (Villeneuve-laGarenne, França).

O Mixolab® é um misturador usado para avaliar as propriedades reológicas de massas submetidas a estresse mecânico e térmico. O equipamento mede o torque (em Nm) produzido

pela massa nas duas pás de mistura. O torque, medido em tempo real, indica parâmetros físicos, incluindo a qualidade da rede de proteínas sob estresse térmico; a absorção de água da massa; a atividade enzimática; e o comportamento do amido durante a mistura, aquecimento e resfriamento. Ao final do ensaio, o *software* provê os resultados em forma de gráficos e tabelas. A Figura 1 apresenta um gráfico ilustrativo do ensaio em *Mixolab* com os parâmetros que são fornecidos pelo *software* em função da temperatura e do torque. Na mesma figura estão também identificadas as cinco etapas nas quais o ensaio pode ser subdividido de acordo com a temperatura.

Neste trabalho o protocolo utilizado foi o padrão Chopin+, que corresponde a metodologia da AACC 54 – 60.01(2000). Foram utilizados 75g de amostra, rotação das pás de 80rpm, consistência alvo de 1,1 Nm ($\pm 0,05$ Nm) e tempo de análise de 45 minutos.

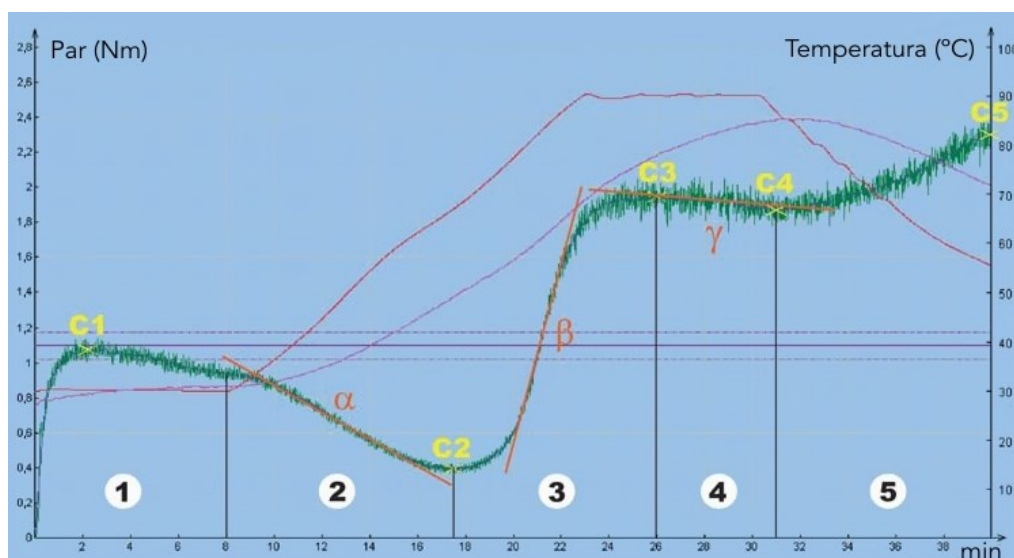


Figura 1 - Gráfico ilustrativo para ensaio no equipamento Mixolab®. Fonte: Adaptado de Chopin Technologies (2012).

Neste trabalho os parâmetros de interesse obtidos nos ensaios em Mixolab® são:

- C1: utilizado para determinar a absorção de água;
- C2: mensura o enfraquecimento da rede proteica como consequência do esforço mecânico e da temperatura;
- C3: mensura a gelatinização do amido;
- C4: mensura a estabilidade do gel formado;
- C5: mensura a retrodegradação do amido na fase de resfriamento;

- Absorção de água – ABS. (%): quantidade de água que a massa pode absorver durante a etapa de temperatura constante (30°C). Essa será a fração de água necessária para que se alcançar a consistência alvo ($C1 = 1,1 \pm 0,05$ Nm);
- Tempo para C1 – TDM (min): tempo necessário para alcançar o ponto C1 (consistência alvo). Quanto mais alto o valor encontrado, mais forte a massa é considerada;
- Estabilidade – EST. (min): tempo durante o qual a consistência da massa é maior que C1–11% (fase a temperatura constante). Esse parâmetro representa a resistência da massa ao amassamento, quanto mais longo o tempo mais forte a massa é considerada;
- Amplitude – AMP. (Nm): amplitude da curva até o ponto C1. Representa a elasticidade da massa. Quanto maior o valor, mais elástica será a massa.

3.3. VISCOSIDADE

Com o objetivo de avaliar o efeito da adição das farinhas MC, MS e PM à farinha de trigo sobre viscosidade final da mescla, foram efetuados ensaios no equipamento *Rapid Visco Analyser* (RVA) (RVA series 4500, Perten Instruments). O RVA permite que se analise o comportamento da pasta em um ciclo de aquecimento e resfriamento sob agitação constante. No ensaio as mudanças de viscosidade do sistema são registradas em função da temperatura e do tempo. Amostras de 3,5g foram colocadas em recipientes de alumínio próprios para a utilização no equipamento, e suspensas em $25 \pm 0,1$ mL de água destilada. O equipamento foi previamente aquecido a 50°C e calibrado com um recipiente de alumínio vazio. As amostras foram mantidas a 50°C durante 1 minuto, em seguida foram aquecidas até 95°C a uma taxa de 12°C/min por 2,5 minutos e por fim o sistema foi resfriado até 50°C a uma taxa de 11,8°C/min. Cada ensaio teve duração de 13 minutos e a rotação da pá foi mantida constante a 160 rpm. Os resultados são calculados e registrados pelo *software* do equipamento, que fornece um resultado gráfico e cinco parâmetros (CANALIS, 2017):

- Viscosidade de Pico (VP): viscosidade máxima alcançada pelo sistema devido ao inchamento dos grânulos de amido da farinha como consequência da absorção de água e aumento da temperatura do sistema;
- Viscosidade Média (VM): viscosidade registrada após o sistema atingir a viscosidade máxima. A diminuição da viscosidade ocorre devido a ruptura dos grânulos de amido e liberação da amilose;

- Viscosidade Final (VF): valor de viscosidade atingido na etapa de resfriamento, quando o valor aumenta em virtude da reassociação de moléculas de amilose;
- *Breackdown* (VP-VM): mensura a facilidade com que os grânulos de amido podem ser desintegrados pela ação de forças de cisalhamento;
- *Setback* (VF-VM): medida da tendência das moléculas de amilose a retrogradar durante a etapa de resfriamento.

3.4. ELABORAÇÃO DOS BISCOITOS TIPO *COOKIE*

Foram elaboradas 10 formulações diferentes: *cookie* padrão apenas com farinha de trigo (FT); *cookies* contendo as farinhas MC, MS e PM em três níveis de substituição da farinha de trigo: 5%, 10% e 15%. As formulações e a metodologia utilizadas foram baseados no descrito por Canalis (2017) com algumas modificações. Os ingredientes, bem como as quantidades utilizadas estão listados na Tabela 1. Foram preparados dois lotes de cada formulação.

Tabela 1 - Ingredientes utilizados na formulação base dos biscoitos tipo *Cookie*.

Ingredientes	Massa (g)	% Mássica
Farinhas (puras ou mesclas)	67,50	44,39
Açúcar impalpável	40,50	26,64
Gordura Vegetal	30,30	19,93
Água	9,00	5,92
Leite em pó integral	3,38	2,22
Bicarbonato de Sódio	0,75	0,49
Sal	0,63	0,41

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Para o preparo da massa os ingredientes secos, açúcar, leite em pó, sal e bicabornato de sódio foram misturados; em seguida a gordura foi adicionada e utilizando-se de uma batedeira ARNO foi efetuada a mistura por 2 minutos, até que um creme liso e esbranquiçado fosse obtido. A água foi então incorporada e homogeneizou-se a mistura, utilizando a batedeira, por mais 2 minutos. Por último a farinha foi adicionada e a massa misturada durante 2 minutos. A massa obtida foi conformada em formato cilíndrico e colocada entre duas hastes de madeira (7mm de altura) separadas umas das outras por cerca de 5cm. A massa foi aberta com bastão de madeira, e, então, cortou-se, com o auxílio de um molde metálico, cilindros de 45mm de diâmetro. Os biscoitos foram assados em forno pré-aquecido a 180°C por 12 minutos. Em cada

lote foram produzidos nove *cookies*, dos quais os quatro com aparência mais homogênea foram selecionados para análise de qualidade.

3.5. ANÁLISE DA QUALIDADE DOS *COOKIES*

3.5.1 Umidade

O teor de umidade dos biscoitos foi determinado utilizando-se duas amostras de cada lote de uma mesma formulação, ou seja com quatro repetições, de acordo com o Método Oficial 44-40.01 (AACC International, 2009).

3.5.2 Características físicas dos biscoitos

O diâmetro e a espessura dos biscoitos foram mensurados com régua de escala milimetrada após o forneamento e resfriamento. O fator de expansão, dado pela Equação 1, foi calculado pela razão entre os comprimentos totais e espessura total dos quatro *cookies* escolhidos de cada lote. Os *cookies* foram colocados um ao lado do outro e mediu-se o comprimento total, D1, entre as extremidades do primeiro e último *cookie*. Em seguida, os *cookies* foram girados 90° e mediu-se o comprimento total (D2). Os *cookies* foram então dispostos um sobre o outro e mensurou-se a altura total (A) (CANALIS, 2017).

$$FE = \frac{(D1 + D2)/2}{A} \quad (1)$$

3.5.3 Cor

A cor superficial dos *cookies* foi determinada após 24 horas do forneamento com espectrofotômetro (Minolta 508d, EUA). Foram avaliadas quatro amostras de cada lote, ou seja oito *cookies* de cada formulação. Os resultados foram expressos de acordo com o Sistema CIELab com referência ao iluminante D65 e um ângulo visual de 10°. Os parâmetros mensurados, em dois pontos distintos de cada biscoito, foram: L* (luminosidade, 0 = preto e 100 = branco), a* (-a* = verde, +a* = vermelho), b* (-b* = azul, +b* = amarelo). O ângulo Hue (H) também foi calculado a partir da Equação 2. Esse parâmetro expressa a tonalidade.

$$H = tg^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (2)$$

3.5.4 Textura

Segundo a Norma ISO (1992), textura é o conjunto de propriedades mecânicas, geométricas e de superfície de um produto, detectáveis pelos receptores mecânicos e tácteis e, eventualmente, pelos receptores visuais e auditivos. As propriedades de textura de um alimento são descritas como um grupo de características físicas que estão relacionadas com a deformação, desintegração e o fluxo do alimento sob a aplicação de uma força. Essa característica do produto pode ser analisada através de testes sensoriais com provadores, utilizando assim a percepção humana, ou através de análises instrumentais que apresentam como principal vantagem a precisão e reprodutibilidade. Em um texturômetro, as características testadas são gravadas e visualizadas em um software por meio de gráficos de força/deformação. Os resultados são apresentados através de parâmetros que descrevam com precisão e de forma repetível a textura de um produto específico, em termos de força, distância e tempo (PEREIRA; CORREIA; GUINÉ, 2013).

A textura dos *cookies* foi analisada 24 horas após o forneamento com um texturômetro: INSTRON (*Universal Testing Machine*, modelo 3342, EUA). Realizou-se um teste de quebra de três pontos. A amostra foi apoiada em dois suportes paralelos, separados por uma distância de 3,6 cm. Uma barra do mesmo material e forma dos suportes foi deslocada verticalmente exercendo uma força de compressão até que houvesse a quebra do biscoito. A velocidade de movimento do braço foi de 0,5 mm/s. Esse procedimento foi realizado em quatro biscoitos de cada lote. Três parâmetros expressam os resultados obtidos experimentalmente: força máxima de ruptura (FM), que representa a dureza do biscoito; módulo de deformabilidade (Def), definido como o tempo decorrido entre o início do teste e o momento em que ocorreu a quebra da estrutura; e o esforço de ruptura (σ), que é a pressão exercida no biscoito para que haja a quebra, calculado de acordo com a Equação 3.

$$\sigma = \frac{3 \times FM \times d}{2 \times b \times h^2} \quad (3)$$

FM: força máxima de quebra (N); d: distância entre os pontos de suporte (cm); b: diâmetro médio do *cookie* (cm); h: espessura média do *cookie* (cm).

3.5.5 Análise da estrutura superficial dos *cookies*

Avaliou-se a estrutura superficial dos *cookies* por meio de análise de imagem, conforme descrito por Canalis (2017). Após 24 horas do forneamento os biscoitos foram escaneados com um *scanner* de fotos (HP Scanjet G3010, EUA). As imagens RGB em formato de arquivo TIFF foram processadas utilizando-se o *software ImageJ* (National Institute of Health, EUA). Utilizando-se a ferramenta ROI, selecionou-se uma área circular central em cada biscoito analisado, de 4,0 cm de diâmetro. A seleção gerou uma nova imagem ampliada que foi convertida em 8 bits (0 preto, 255 branco). A imagem foi processada usando algoritmos para corrigir os problemas com o fundo da imagem (*subtractbackground*) e melhorar o contraste (*enhancecontrast*). Com o algoritmo *RenyiEntropy* (Kapur, Sahoo, e Wong, 1985) a imagem foi segmentada em uma escala de cinza para criar uma imagem binária. Assim, todos os pixels com nível de cinza acima do limiar eram brancos e foram consideradas superfícies lisas, sem trincas, e pixels com nível de cinza abaixo do limiar foram apresentadas em preto sendo consideradas superfícies com trincas. Através da análise de imagem o *software* determinou dois parâmetros: fração da área (FA) que equivale a área superficial do biscoito ocupada por trincas; a dimensão fractal da textura da superfície (D), que mensura a complexidade da textura, sendo utilizando quando a geometria clássica não é suficiente.

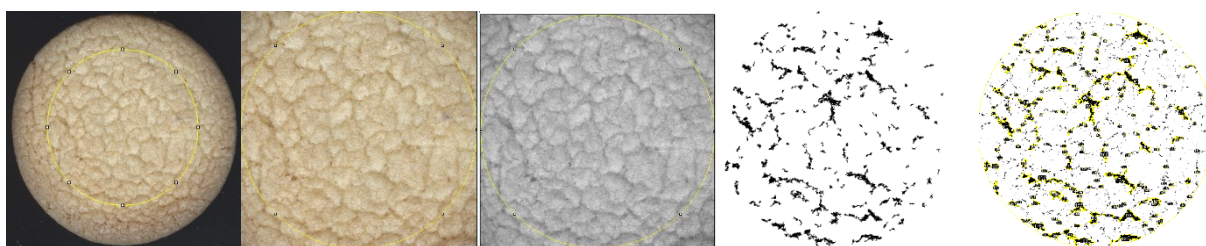


Figura 2 - Etapas da análise da estrutura superficial dos biscoitos. Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

3.5.6 Análise estatística

Todos os resultados quantitativos foram apresentados como média e desvio padrão. As análises estatísticas foram realizadas por meio de análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

4. RESULTADOS

4.1. MIXOLAB

O equipamento Mixolab avalia o comportamento reológico da massa quando sujeita a estresses mecânico e térmico, considerando a interação entre os seus constituintes, como amido, proteínas e enzimas. A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos nos ensaios com

Mixolab.

Tabela 2 - Resultados obtidos nos ensaios com equipamento Mixolab.

Amostra	Hidratação (%)	TDM (min)	ABS. (%)	AMP. (Nm)	EST. (min)
FT	14,30	1,16 ± 0,01 ^a	57,77 ± 3,24 ^c	0,095 ± 0,01 ^a	10,12 ± 0,09 ^a
MC 5%	13,70	3,46 ± 0,06 ^{ab}	66,51 ± 1,30 ^{bc}	0,09 ± 0,00 ^a	4,89 ± 0,08 ^d
MC 10%	12,60	3,56 ± 0,30 ^{ab}	71,58 ± 1,36 ^{ab}	0,11 ± 0,01 ^a	4,67 ± 0,23 ^e
MC 15%	12,70	3,82 ± 0,05 ^{ab}	76,91 ± 0,49 ^a	0,11 ± 0,02 ^a	4,80 ± 0,10 ^e
MS 5%	13,60	4,65 ± 0,01 ^b	59,81 ± 0,79 ^{de}	0,08 ± 0,01 ^a	8,16 ± 0,13 ^b
MS 10%	13,20	4,30 ± 0,04 ^{ab}	63,37 ± 0,00 ^{cde}	0,09 ± 0,00 ^a	6,33 ± 0,00 ^e
MS 15%	12,80	4,70 ± 0,04 ^{ab}	64,38 ± 0,00 ^{cde}	0,10 ± 0,02 ^a	6,51 ± 0,08 ^e
PM 5%	13,80	2,74 ± 0,32 ^{ab}	59,64 ± 1,18 ^{de}	0,09 ± 0,01 ^a	5,22 ± 0,07 ^d
PM 10%	13,30	2,29 ± 0,29 ^{ab}	62,99 ± 2,82 ^{cde}	0,10 ± 0,04 ^a	4,01 ± 0,04 ^f
PM 15%	13,80	1,05 ± 0,62 ^{ab}	60,90 ± 3,28 ^{cde}	0,09 ± 0,04 ^a	3,28 ± 0,86 ^g

Fonte: Elaborada pelo autor (2018). Valores da mesma coluna seguidos por por letras iguais não são significativamente diferentes ($p > 0,05$). TDM: Tempo de desenvolvimento da massa; ABS: absorção de água até o ponto C1; AMP: amplitude; EST: estabilidade.

A absorção de água (Abs) é a quantidade de água necessária para atingir a consistência alvo ($C1 = 1,1 \pm 0,05\text{Nm}$) a temperatura constante. Observa-se que a adição da farinha MC à farinha de trigo alterou a absorção de água significativamente, elevando seu valor. A mistura contendo 15% de farinha MC foi a que apresentou maior absorção de água. As misturas com farinhas MS e PM à farinha de trigo, nas três proporções analisadas, não alteraram significativamente a absorção de água em relação a ABS da farinha de trigo pura.

O parâmetro TDM representa o tempo de desenvolvimento da massa, quanto mais forte a farinha, maior o tempo de desenvolvimento. As amostras avaliadas não mostraram diferença estatística relevante quando comparadas a massa obtida apenas com farinha de trigo.

A estabilidade da massa (EST) é a resistência da mistura, quanto maior o tempo obtido, mais “forte” é a farinha. A estabilidade encontrada para a amostra contendo apenas farinha de trigo (FT) se mostrou estatisticamente superior a todas as outras misturas. Ou seja, a adição de farinhas de MC, MS e PM a farinha de trigo gerou misturas mais brandas. Para a farinha MC, os valores obtidos para as diferentes proporções utilizadas não apresentaram diferença estatística relevante entre si, indicando que a estabilidade obtida para 5%, 10% ou 15% de substituição não foi alterada. Na farinha MS, as amostras com 10% e 15% não apresentaram diferença entre si, mas se mostraram diferentes da amostra com 5%. Para a farinha PM, em todas as quantidades utilizadas a estabilidade é diferenciável.

A amplitude representa a elasticidade da massa, quanto maior o seu valor mais elástica a mistura. Nenhuma amostra apresentou diferença significativa em relação a farinha de trigo pura, o que mostra que a mistura das farinhas não alterou a elasticidade da massa.

4.2. VISCOSIDADE

Para analisar como a adição das farinhas, MC, MS e PM afetam as propriedades reológicas utilizou-se a Análise Rápida de Viscosidade (RVA). Na RVA, o equipamento determina as propriedades de pasta do amido, por meio de um viscosímetro que mede a resistência da amostra durante o aquecimento e o resfriamento. Os resultados são apresentados na Tabela 3 e na Figura 3.

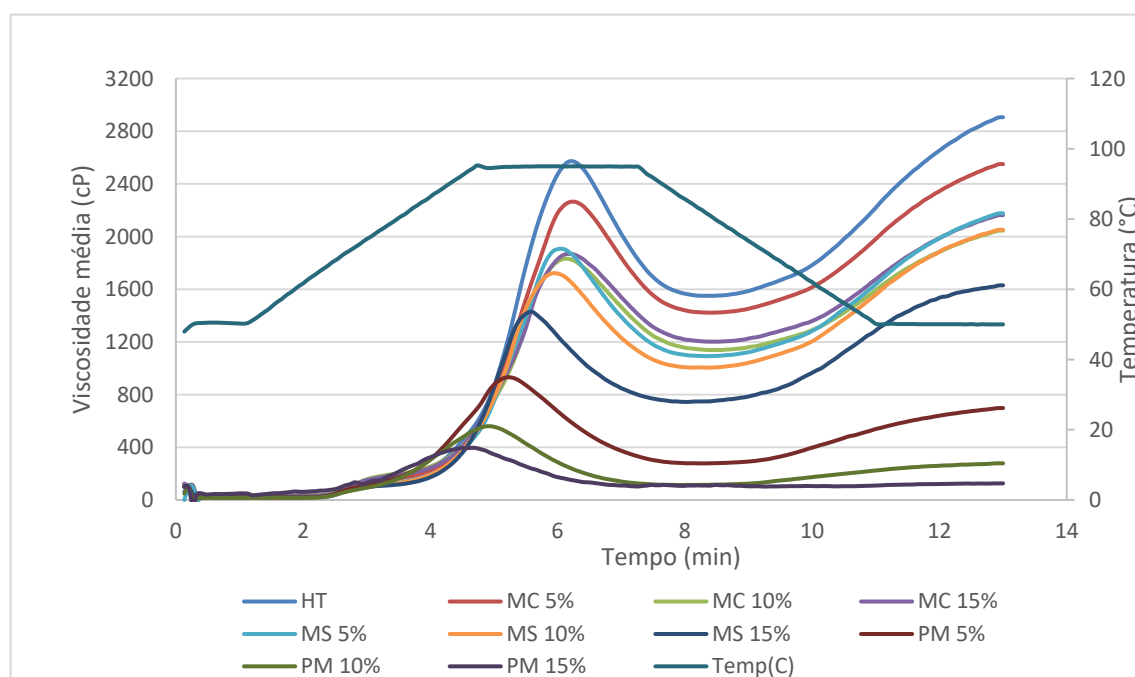


Figura 3 - Resultado gráfico ensaio RVA. Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

É possível notar que a adição das farinhas afeta as propriedades reológicas da farinha de trigo, havendo a redução dos parâmetros analisados. Observa-se que quanto mais alta a substituição mais distante os resultados da amostra controle. A farinha PM mostrou a maior influência sob os resultados.

A viscosidade de pico (VP) é um parâmetro relacionado à capacidade do amido em absorver água, e, conseqüentemente ao grau de intumescimento dos grânulos de amido durante o aquecimento. O valor mais alto encontrado para a VP foi na amostra controle de farinha de trigo, 2572,50cP. As pastas compostas por farinhas de trigo e MC não apresentaram diferença significativa em relação a amostra controle. As mesclas compostas por trigo, MS e PM apresentaram valores menores para o pico de viscosidade. A mescla de farinha de trigo e PM

foi a que obteve menores valores de viscosidade, sendo possível notar o decréscimo na viscosidade de pico com o aumento da porcentagem de PM na mistura.

A viscosidade média é uma medida da estabilidade da pasta e também está relacionada às propriedades do amido. Apenas a mescla de trigo com 5% de MC não mostrou diferença significativa em relação a farinha de trigo pura. Todas as outras amostras alcançaram resultados mais baixos para a VM, sendo as mesclas com PM as que registraram os menores valores.

O *Breakdown* (BD) diz respeito a resistência da pasta em função da presença de grânulos de amido. Quanto maior o valor de BD menor a resistência da massa. O maior valor encontrado foi o para a amostra controle, farinha de trigo pura. Apenas as amostras com MC e MS, 5%, se mostraram semelhantes estatisticamente a amostra FT.

O *Setback* é definido como a viscosidade final menos o Pico de Viscosidade (VF-VP). Valores mais altos indicam texturas mais firmes e geralmente estão associadas a teores mais elevados de amilose. Apenas a amostra contendo 5% de MC não apresentou diferença significativa em relação a amostra controle. O valor mais alto para o *setback* foi obtido para a farinha de trigo pura (1355,50cP), enquanto que o valor mais baixo foi o da mistura contendo 15% de PM (38,50cP).

A viscosidade final é registrada na etapa de resfriamento. Apenas a amostra com 5% de farinha MC não apresentou diferença estatisticamente relevante em relação a farinha de trigo. Mais uma vez o valor mais alto para o parâmetro foi o da amostra controle (2905,05cP) e a mescla com 15% de PM a que atingiu menor valor (126,00cP).

O tempo até que o Pico de Viscosidade fosse alcançado sofreu uma redução devido a mistura das farinhas MS (15%) e PM (5%, 10% e 15%). Em relação a temperatura em que ocorreu o pico de viscosidade, os valores encontrados foram mais altos para amostras contendo menores concentrações de MC e MS. As amostras contendo PM, em todas as concentrações, e MC e MS, 5%, apresentaram temperatura de pico semelhante à obtida para a farinha de trigo.

Tabela 3 – Efeito da adição das farinhas MC, MS e PM às propriedades reológicas da farinha de trigo.

	Viscosidade de Pico (cP)	Viscosidade média (cP)	Breakdown (cP)	Viscosidade Final (cP)	Setback (cP)	Tempo do pico (min)	Temperatura de Pico (°C)
FT	2572,50 ± 9,19 ^a	1550,00 ± 1,41 ^a	1022,50 ± 10,61 ^a	2905,05 ± 2,12 ^a	1355,50 ± 0,71 ^a	6,20 ± 0,00 ^a	69,83 ± 0,53 ^b
MC 5%	2265,50 ± 16,26 ^{ab}	1422,00 ± 4,24 ^{ab}	843,50 ± 12,02 ^{ab}	2550,00 ± 5,66 ^{ab}	1128,00 ± 1,41 ^{ab}	6,23 ± 0,04 ^a	86,83 ± 0,53 ^a
MC 10%	1853,50 ± 71,42 ^{ab}	1138,50 ± 61,52 ^{bc}	695,00 ± 9,90 ^{bc}	2045,00 ± 106,10 ^{bc}	906,50 ± 44,55 ^{bc}	6,13 ± 0,09 ^a	79,08 ± 12,62 ^{ab}
MC 15%	1873,00 ± 1,41 ^{ab}	1201,50 ± 31,82 ^{bc}	671,50 ± 33,23 ^{bc}	2162,50 ± 40,31 ^{bc}	961,00 ± 8,49 ^{bc}	6,20 ± 0,09 ^a	70,20 ± 0,00 ^b
MS 5%	1911,00 ± 62,23 ^{bc}	1092,00 ± 42,43 ^{bcd}	819,00 ± 19,80 ^{ab}	2176,50 ± 45,96 ^{bc}	1084,50 ± 3,54 ^{bc}	6,03 ± 0,05 ^a	87,25 ± 0,00 ^a
MS10%	1755,50 ± 409,41 ^{bc}	1004,00 ± 263,04 ^{cd}	751,50 ± 146,37 ^b	2051,50 ± 440,53 ^{bc}	1047,50 ± 177,48 ^{bc}	5,90 ± 0,24 ^{ab}	87,20±0,00 ^a
MS 15%	1447,00 ± 97,58 ^{cd}	744,00 ± 11,31 ^d	703,00 ± 108,89 ^{bc}	1629,50 ± 36,06 ^c	885,50 ± 47,38 ^c	5,53 ± 0,09 ^{bc}	87,63 ± 0,53 ^a
PM 5%	933,00 ± 28,28 ^{de}	655,00 ± 2,83 ^e	655,00 ± 25,46 ^{bc}	698,00 ± 5,66 ^d	420,00 ± 2,83 ^d	5,23 ± 0,05 ^{cd}	82,73 ± 0,67 ^{ab}
PM 10%	563,50 ± 50,20 ^e	113,50 ± 13,44 ^e	450,00 ± 36,77 ^{cd}	219,00 ± 38,89 ^d	165,00 ± 25,46 ^e	4,93 ± 0,09 ^{de}	81,98 ± 0,53 ^{ab}
PM 15%	397,00 ± 107,48 ^e	397,00 ± 34,65 ^e	309,50 ± 72,83 ^d	126,00 ± 8,49 ^d	38,50 ± 26,16 ^e	4,67 ± 0,00 ^e	68,60 ± 0,05 ^b

Fonte: Elaborado pelo autor (2018). Valores da mesma coluna seguidos por letras iguais não são significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Os resultados encontrados, em relação a todos os parâmetros analisados, são justificáveis pela presença das farinhas que diminuem a quantidade de amido disponível para a gelatinização. Além disso, as farinhas, MC, MS e PM, possuem alto conteúdo de fibras que são capazes de absorver a água, reduzindo a quantidade de água disponível para o intumescimento dos grânulos de amido (CANALIS, 2017; SCIARINI *et al.*, 2010). Outros autores relataram o mesmo comportamento da viscosidade pela adição de compostos com capacidade de absorção de água a farinha de trigo (CANALIS, 2017; JARIYAH WIDJANARKO; YUNIANITA ESTIASIH; SOPADE, 2014; ORO, 2013; SCIARINI *et al.*, 2010).

4.3. UMIDADE E CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS BISCOITOS

O diâmetro, a espessura e a expansão de biscoitos tipo *cookie* têm sido utilizados para prever a qualidade desse tipo de produto. O fator de expansão é o principal parâmetro usado para avaliar a qualidade dos *cookies*. Considera-se que um *cookie* é de boa qualidade quanto maior o seu diâmetro e menor a sua espessura, tal que as farinhas que possam originar *cookies* macios e com maiores fatores de expansão são consideradas melhores matérias-primas para esse tipo de produto (CANALIS, 2017). Do ponto de vista industrial, *cookies* com fator de expansão muito alto ou muito baixo podem causar problemas, resultando em produtos com tamanho pequeno ou peso muito elevado. (MORAES *et al.*, 2010).

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos para o Fator de Expansão (FE) a redução percentual do FE em relação ao *cookie* padrão, o diâmetro e altura média obtida em cada formulação. Os valores de FE variaram de 4,30 (MC 15%) a 7,10 (FT). Os *cookies* contendo farinha PM não mostram diferença significativa em relação ao FE, a altura e ao diâmetro quando comparados ao *cookie* padrão, FT. A adição de farinha de Macaúba nas formulações resultou em *cookies* com menor diâmetro e maior altura, conseqüentemente com menor FE. O *cookie* com 15% de farinha MC foi o que obteve maior redução percentual do FE, 39%. Para as formulações com farinha MS, o FE de todas as formulações apresentou diferença estatística significativa quando comparados a FT.

Tabela 4 - Umidade e características físicas dos *cookies* produzidos a partir das diferentes mesclas de farinha.

	FE	Redução (%)	Diâmetro (cm)	Espessura (cm)	Umidade b.s. (%)
FT	7,10 ± 0,44 ^a	-	6,11 ± 0,00 ^a	0,86 ± 0,21 ^c	5,16 ± 2,19 ^a
MC 5%	5,17 ± 0,14 ^{de}	27,22	5,62 ± 0,25 ^c	1,09 ± 0,07 ^{ab}	5,43 ± 0,16 ^a
MC 10%	5,01 ± 0,27 ^{de}	29,41	5,44 ± 0,11 ^{cd}	1,09 ± 0,21 ^{ab}	5,53 ± 0,09 ^a
MC 15%	4,30 ± 0,23 ^e	39,39	5,16 ± 0,11 ^d	1,20 ± 0,29 ^a	5,07 ± 0,48 ^a
MS 5%	5,91 ± 0,11 ^{bcd}	16,79	5,98 ± 0,04 ^{ab}	1,01 ± 0,07 ^{bc}	4,97 ± 0,74 ^a
MS 10%	6,61 ± 0,13 ^{abc}	6,94	6,19 ± 0,04 ^a	0,94 ± 0,07 ^{bc}	5,21 ± 0,30 ^a
MS 15%	5,71 ± 0,12 ^{cd}	19,60	5,71 ± 0,32 ^{bc}	1,00 ± 0,14 ^{bc}	4,86 ± 0,45 ^a
PM 5%	6,47 ± 0,08 ^{abc}	8,84	5,99 ± 0,28 ^a	0,93 ± 0,00 ^{bc}	4,78 ± 0,55 ^a
PM 10%	6,53 ± 0,38 ^{abc}	7,97	6,04 ± 0,45 ^a	0,93 ± 0,14 ^{bc}	4,64 ± 1,29 ^a
PM 15%	6,60 ± 0,71 ^{abcd}	7,03	6,08 ± 0,74 ^{ab}	0,93 ± 0,28 ^{bc}	4,80 ± 0,15 ^a

Fonte: Elaborado pelo autor (2018). Valores seguidos por letras iguais não são significativamente diferentes ($p > 0,05$).

O valor mais alto para o diâmetro médios, foi observado para os *cookies* controle, 6,11cm. Apenas formulações com farinha MC, em todos os níveis de substituição, alcançaram diâmetros que foram estatisticamente diferentes da formulação controle. O menor diâmetro valor foi encontrado para o *cookie* preparado com a farinha MC 15%, 5,16cm.

Em relação a espessura dos *cookies*, todas as formulações contendo a farinha MC apresentaram diferença significativa em relação ao *cookie* de controle. Os *cookies* produzidos a partir das farinha MS e PM, em todas as concentrações analisadas, não mostraram diferença estatisticamente relevante. A menor espessura foi observada no *cookie* controle, 0,86cm, e a maior no *cookie* com 15% de farinha MC, 1,20cm, aproximadamente 40% maior do que a do *cookie* controle.

De acordo com a análise estatística a umidade dos *cookies* não foi afetada pela adição das diferentes farinhas as formulações. A umidade dos *cookies* com farinha PM está de acordo com o relatado por Ferreira (2017) que encontrou valores de umidade variando entre 5% e 7% para biscoitos elaborados com farinha de bagaço de malte. Para os *cookies* com farinha MC, a umidade também foi condizente com os resultados mostrados por Kopper *et al.* (2009), que encontrou valores de 4,47% e 3,82% para substituição da farinha de trigo por farinha da polpa de Macaúba, a níveis de 10% e 15%, respectivamente.

De acordo com Miller e Hosney (1997) qualquer componente que influencie na absorção de água pode reduzir o fator de expansão dos *cookies*. A taxa de expansão do biscoito está fortemente ligada a viscosidade da massa. Os autores sugerem ainda que a viscosidade da

massa é determinada pela quantidade de água na formulação, que age como um solvente. Quanto maior a quantidade de água disponível na massa, melhor a dissolução do açúcar durante a mistura, o que reduz a viscosidade inicial da massa e confere ao biscoito a capacidade de se expandir mais rápido durante o aquecimento. Componentes de farinha que absorvem grandes quantidades de água reduzem a quantidade de água que está disponível para dissolver o açúcar na fórmula. Assim, a viscosidade inicial da massa é maior e o biscoito se torna menor durante o cozimento. Farinhas com baixas propriedades de hidratação produzem biscoitos com maior dispersão.

Vários autores reportaram a correlação negativa entre altas concentrações de fibra e a taxa de expansão dos *cookies* no forneamento (BLANCO CANALIS *et al.*, 2017; ORDORICA-FALOMIR; PAREDES-LÓPEZ, 2007; YOUSAF *et al.*, 2013). Todas as farinhas são consideradas com alto teor de fibras, ainda assim, nota-se que nos *cookies* contendo as farinhas MS, com substituição de 10%, e PM, todos os níveis de substituição, o fator de expansão não foi influenciado negativamente, ou seja, não apresentou valor significativamente menor que o FE da amostra padrão. Jeltema, Zabik e Thiel, (1983) investigaram a influência de fibras, como pentosanas, pectina, hemicelulose, lignina e celulose provenientes de diferentes fontes na qualidade de *cookies*. Em todos os casos, o aumento na concentração fibras levou a menor expansão dos biscoitos, porém a natureza de cada fibra teve níveis diferentes de influência no fator de expansão, no diâmetro e na espessura dos *cookies*.

No caso da farinha MC, que apresentou o menor fator de expansão, seu alto conteúdo de pectina pode ter um papel fundamental nesse resultado. Segundo Larrea, Chang e Martinez-Bustos (2005) o alto teor de pectina pode prejudicar a expansão dos *cookies* porque além da alta capacidade de absorção de água esse tipo de fibra irá competir pela água livre encontrada no massa.

4.4. COR

A cor de um alimento é uma das primeiras impressões registradas pelo consumidor exercendo forte influência na aceitabilidade do produto. Em produtos assados, o desenvolvimento da cor é atribuído principalmente as reações de Maillard. Essa reação é do tipo não-enzimática e ocorre entre os aminoácidos das proteínas e os açúcares redutores dos carboidratos dando origem a melanoidinas. Devido à grande quantidade de açúcar presente nos *cookies* a caramelização do açúcar também pode ter influência sobre a cor dos biscoitos (CANALIS, 2017). Kulthe, Thorat e Lande (2017) citam ainda outros fatores que podem

contribuiu com a cor final do produto: composição dos ingredientes, tempo de cozimento e a umidade dentro do forno.

Na Tabela 5 são apresentados os valores dos parâmetros CIELab, a^* , b^* , L^* e H° determinados para caracterizar a cor dos *cookies*.

Tabela 5 - Parâmetros CIELab - cor dos *cookies*.

Amostra	L^*	a^*	b^*	H°
FT	69,41 ± 1,02 ^a	5,93 ± 0,67 ^d	27,19 ± 1,04 ^a	77,72 ± 0,98 ^a
MC 5%	64,42 ± 1,70 ^{bc}	7,00 ± 0,62 ^{abc}	23,61 ± 1,03 ^{cd}	73,50 ± 0,90 ^c
MC 10%	60,93 ± 1,17 ^{de}	7,50 ± 0,46 ^a	23,00 ± 1,03 ^{cd}	71,94 ± 0,39 ^d
MC 15%	58,81 ± 0,59 ^c	7,90 ± 0,43 ^a	22,76 ± 0,63 ^{cd}	70,86 ± 0,58 ^d
MS 5%	64,14 ± 1,24 ^{bc}	6,12 ± 0,80 ^{cd}	24,58 ± 1,57 ^{bc}	76,06 ± 1,10 ^b
MS 10%	60,39 ± 0,74 ^{de}	7,21 ± 0,55 ^{ab}	24,22 ± 0,92 ^{bcd}	73,44 ± 0,73 ^c
MS 15%	62,31 ± 2,60 ^{cd}	5,84 ± 0,47 ^d	22,55 ± 1,20 ^d	75,45 ± 1,30 ^b
PM 5%	65,24 ± 0,98 ^b	6,33 ± 0,70 ^{bcd}	25,78 ± 0,92 ^{ab}	76,20 ± 0,61 ^b
PM 10%	63,45 ± 0,61 ^{bc}	6,00 ± 0,33 ^d	23,34 ± 0,87 ^{cd}	75,59 ± 0,55 ^b
PM 15%	60,39 ± 1,89 ^{de}	7,06 ± 0,77 ^{ab}	24,04 ± 1,91 ^{bcd}	73,63 ± 0,76 ^b

Fonte: Elaborado pelo autor (2018). Valores da mesma coluna seguidos por letras iguais não são significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Os valores L^* de todas as formulações foram significativamente menores que o da amostra de controle, indicando que a cor mais escura dos *cookies* com adição das farinhas MC, MS e PM em qualquer concentração. Como esperado, os biscoitos com maiores níveis de substituição da farinha de trigo apresentaram coloração mais escura. Todas os *cookies* com MC e PM obtiveram luminosidade, L^* , diferenciáveis entre si, sendo as amostras com 15% de substituição as que se mostraram mais escuras. Em relação aos biscoitos com farinha MS, as amostras preparadas com 5% são mais claras, enquanto que aquelas preparadas com 10% e 15% não apresentam diferença estatisticamente relevante entre elas.

Todas as amostras apresentaram valores positivos para as coordenadas cromáticas a^* e b^* , partes dos eixo que representam vermelho e amarelo respectivamente. Os valores variaram de 5,93 (FT) a 7,90 (MC 15%) para a^* ; e de 22,5 (MS 15%) e 27,19 (FT). Os valores de H° encontram-se entre 70,86° (MC 15%) e 77,72° (FT), mostrando a tendência geral do *cookies* ao tom mais amarelo/dourado.

Segundo Canalis (2017, apud LEÓN 1995; RIBOTTA *et al*, 2002) *cookies* que apresentam valores de L* e b* maiores que 55-57 e 20-22, respectivamente, são considerados aceitáveis. Todos os valores de L* e b* relatados no presente encontram-se acima dessa faixa, sendo considerados adequados.

Os resultados encontrados para os *cookies* com PM estão de acordo com o exposto por Petrovic *et al.*(2017), que investigou as características e a qualidade de *cookies* produzidos com a substituição de 15%, 25% e 50% da farinha de trigo por farinha de bagaço de malte. Não foram encontrados estudos que reportassem a cor, no sistema CIELab, para biscoitos produzidos com farinha de Macaúba e Mista (Macaúba e Malte).

4.5. TEXTURA

A textura, o sabor e a aparência dos alimentos são os atributos mais importantes para a aceitação dos consumidores. A textura dos alimentos está relacionada às suas propriedades físicas e ao resultado de sua composição química. Biscoitos doces apresentam uma estrutura granular levemente compactada, na qual o ar é aprisionado entre os vários grânulos de uma maneira não uniforme. São ricos em açúcar e gordura, possuindo uma estrutura coesa e frágil. Em relação a textura, o que se espera de um biscoito é que ele seja crocante e ao mesmo tempo fácil de morder. Mudanças nos ingredientes e no processamento influenciam fortemente a textura do produto final (CANALIS, 2017; PEREIRA; CORREIA; GUINÉ, 2013).

A Tabela 6 contém os resultados obtidos para os *cookies* preparados com diferentes concentrações de cada farinha. Foram avaliados três parâmetros: o Módulo de deformação (Def); dureza ou força máxima de quebra (FM); e o esforço de ruptura (σ).

Tabela 6 - Parâmetros de análise de textura dos *cookies* produzidos com diferentes mesclas de farinhas.

	FM (N)	% FM	Def (seg)	%Def	σ (MPa)	% σ
FT	56,48 ± 6,68 ^d	-	0,18 ± 0,03 ^d	-	0,67 ± 0,08 ^{cd}	-
MC 5%	125,85 ± 11,42 ^b	122,82	0,31 ± 0,03 ^b	73,76	1,02 ± 0,09 ^b	52,47
MC 10%	117,54 ± 17,17 ^b	108,11	0,26 ± 0,03 ^{bc}	45,39	0,99 ± 0,14 ^b	46,98
MC 15%	176,05 ± 24,98 ^a	211,71	0,41 ± 0,05 ^a	133,33	1,28 ± 0,18 ^a	90,90
MS 5%	73,24 ± 8,88 ^{cd}	29,68	0,21 ± 0,02 ^{cd}	19,86	0,65 ± 0,08 ^d	-3,83
MS 10%	61,03 ± 8,15 ^d	8,07	0,20 ± 0,02 ^d	15,60	0,61 ± 0,08 ^d	-9,73
MS 15%	89,97 ± 12,33 ^c	59,30	0,23 ± 0,03 ^{cd}	28,37	0,85 ± 0,12 ^{bc}	-6,10
PM 5%	55,71 ± 5,93 ^d	-1,37	0,19 ± 0,02 ^d	8,51	0,59 ± 0,06 ^d	-12,46
PM 10%	61,52 ± 6,16 ^d	8,92	0,19 ± 0,03 ^d	8,51	0,64 ± 0,06 ^d	-4,13
PM 15%	60,93 ± 14,09 ^d	7,88	0,21 ± 0,03 ^{cd}	19,86	0,63 ± 0,15 ^d	-5,72

Fonte: Elaborado pelo autor (2018). Valores seguidos por letras iguais não são significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Pode-se notar que a adição de farinha MC a formulação alterou consideravelmente a força necessária para a quebra dos biscoitos. Além disso, a maior concentração de MC na formulação do *cookie* levou ao aumento da dureza dos biscoitos. Para o *cookie* com 15% de farinha MC, FM foi de cerca de 3 vezes maior que para o *cookie* controle. As formulações contendo PM, em todas as concentrações, e MS, nas concentrações de 5% e 10%, não apresentaram diferença estatística em relação ao *cookie* controle. Os *cookies* com 15% de farinha MS se mostraram mais duros que o *cookie* controle, sendo a FM cerca de 1,6 vezes maior para essa amostra. De acordo com McWaters et al. (2003) o aumento da dureza dos biscoitos pode ser atribuído aumento do conteúdo de proteína e sua interação dos componentes da mesma durante o desenvolvimento da massa e seu forneamento. Outros autores afirmam, ainda, que a granulometria da farinha e sua capacidade de absorção de água exercem influência sobre a textura do produto final (CANALIS, 2017). A farinha PM possui conteúdo mais alto de proteínas e maior capacidade de absorção de água, entretanto esses fatores não parecem ter influenciado a dureza dos *cookies* obtidos com essa farinha. Investigações mais profundas em relação aos componentes da farinha MC serão necessárias para que se afirme com precisão o que pode levar ao aumento da dureza dos seus *cookies*.

Def é a medida de quanto se deforma a peça antes do rompimento da estrutura. Apenas os *cookies* preparados com a farinha MC apresentaram diferença significativa quando comparados ao *cookie* padrão, sendo que o aumento da concentração da farinha MC levou a uma maior deformação da estrutura antes do rompimento.

Para o esforço de ruptura (σ) apenas os *cookies* contendo MC, em todas as concentrações, obtiveram resultados significativamente distintos da amostra controle. Os resultados encontrados variaram de 0,61 a 1,02MPa. Os *cookies* contendo 15% de farinha MC foram aqueles que apresentaram valor mais elevado para σ , 1,5 vezes maior que o valor encontrado para a *cookie* padrão. O esforço de ruptura aumentou com a maior concentração da farinha MC na formulação.

4.6. ANÁLISE DA ESTRUTURA SUPERFICIAL DOS COOKIES

Um dos parâmetros importantes na determinação da qualidade dos biscoitos tipo *cookie* é o grau e a uniformidade das trincas em sua superfície. Um *cookie* considerado de boa qualidade apresenta alto grau de expansão e de trincamento (CANALIS, 2017). Embora os

cookies geralmente possuem baixa quantidade de água em sua formulação há um gradiente de umidade no seu interior. O maior teor de umidade encontra-se no centro da biscoito. Durante fase de secagem, levando-se em consideração o fenômeno de transferência de massa, a evaporação da água só é possível a partir da superfície do biscoito, o que aumenta o gradiente de umidade. A difusão da água combinada a cristalização da sacarose gera tensões na estrutura ocasionando a formação de trincas na superfície (CANALIS, 2017; CHEVALLIER *et al.*, 2002).

A estrutura superficial dos *cookies* foi avaliada através de dois parâmetros: a Fração de Área (FA) e a Dimensão Fractal (D). Os valores obtidos são apresentados na Tabela 7. FA é um parâmetro que indica a proporção da superfície do biscoito que contém trincas. A utilização de FA para a descrição da qualidade de biscoitos ainda não é muito difundida. A maioria dos autores utilizam esse fator como referência para a análise da qualidade de pão de forma, em que FA representa a fração da área total ocupada por alvéolos (CANALIS, 2017). Uma maneira de quantificar a textura das superfícies geradas a partir das imagens digitais é através da dimensão fractal (D). A geometria fractal descreve e trata as estruturas irregulares e descontínuas da natureza.

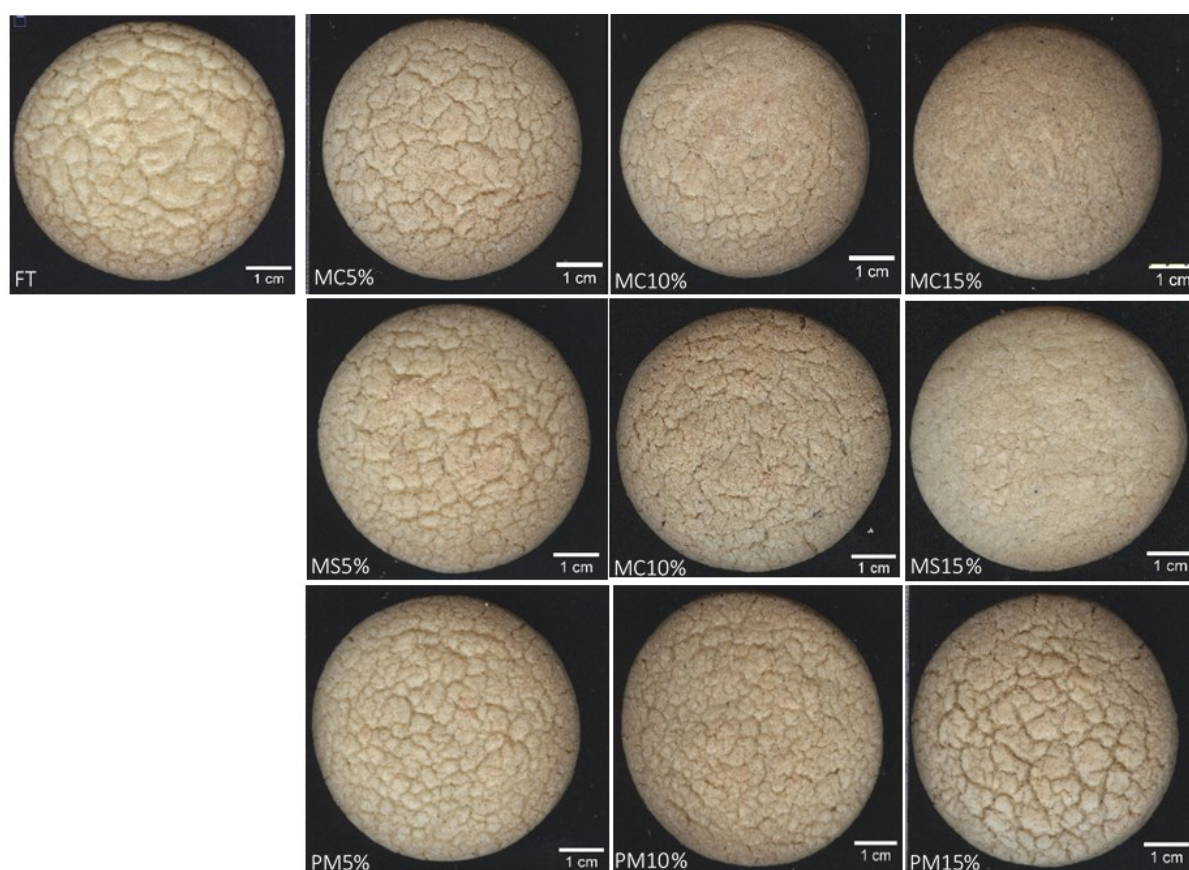
Através dos resultados obtidos nota-se que apenas as formulações com concentração mais alta de MC e MS, 15%, alcançaram valores significativamente menores de D que o *cookie* controle. Em relação a FA, observou-se que os *cookies* contendo MC (15% e 10%) e MS (15%) mostraram diferença estatisticamente relevante quando comparados a amostra controle. A redução de FA do *cookie* MC 15% e MS 15% em relação a FT foi de aproximadamente 82% e 68%, respectivamente.

Tabela 7 - Resultados da análise da estrutura superficial dos *cookies* produzidos com diferentes mesclas de farinhas.

Amostra	D	FA
FT	1,45 ± 0,11 ^a	8,20 ± 3,46 ^a
MC 5%	1,46 ± 0,04 ^a	7,80 ± 1,73 ^a
MC 10%	1,34 ± 0,05 ^{ab}	2,95 ± 0,73 ^b
MC 15%	1,25 ± 0,09 ^c	1,50 ± 1,13 ^b
MS 5%	1,45 ± 0,11 ^a	8,18 ± 4,72 ^a
MS 10%	1,37 ± 0,09 ^{ab}	4,70 ± 1,19 ^{ab}
MS 15%	1,28 ± 0,11 ^{bc}	2,65 ± 2,23 ^b
PM 5%	1,44 ± 0,06 ^a	5,32 ± 3,56 ^{ab}
PM 10%	1,40 ± 0,07 ^{ab}	3,83 ± 2,38 ^{ab}
PM 15%	1,42 ± 0,09 ^{ab}	5,10 ± 4,68 ^{ab}

Fonte: Elaborado pelo autor (2018). Valores seguidos por letras iguais não são significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Através da Figura 4 é possível observar a estrutura superficial de todas as formulações.



Analisando os resultados alcançados para D e FA é possível relacionar a presença da Macaúba com a diminuição de ambos os fatores. A torta da polpa de Macaúba presente nessas duas formulações possui compostos que retêm a água prejudicando assim o processo de

expansão dos *cookies* e perda da água durante o forneamento, o que reduz o aparecimento das trincas e estruturas complexas e irregulares na superfície do biscoito.

As amostras de biscoitos se mostraram heterogêneas dado o desvio encontrado em relação à média para FA e D. Todos os lotes de biscoitos foram preparados de acordo com a metodologia estabelecida, entretanto a dispersão dos resultados pode ser atribuída a erros sistemáticos durante o processo de fabricação e pela diferentes posições ocupadas pelos biscoito durante o forneamento.

5. CONCLUSÃO

A partir dos ensaios realizados, pode-se afirmar que a incorporação das farinhas MC, MS e PM altera as propriedades reológicas das massas, a qualidade dos biscoitos e suas características tecnológicas e sensoriais. No entanto, o grau do efeito depende do tipo e do nível de substituição da farinha.

Os parâmetros reológicos e tecnológicos da massa foram mais afetados pela presença da farinha PM, em que foram encontrados menores valores para o perfil de viscosidade. Em relação a caracterização dos *cookies*, a presença da farinha MC mostrou maior influência sobre a expansão, cor e textura das amostras. Os biscoitos com farinha MC obtiveram menor expansão e se mostraram mais escuros, mais duros com menor quantidade de trincas superficiais. Acredita-se que a capacidade de retenção de água da farinha MC exerceu forte influência sobre os resultados obtidos. A umidade dos biscoitos não foi afetada pela presença das farinhas.

Os testes instrumentais são fundamentais para que se conheça o produto detalhadamente, mas para que se analise a aceitação mercadológica faz-se necessária a realização da análise sensorial com provadores.

Este estudo mostrou que as farinhas MC, MS e PM podem ser utilizados em formulações alimentícias, como os *cookies*, principalmente pelo seu potencial de melhorar a qualidade nutricional do produto.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Realizar a análise sensorial dos *cookies*;
- Determinar a composição centesimal dos *cookies* e assim avaliar a contribuição de cada farinha para o valor nutricional dos *cookies*;

- Determinar a atividade antioxidante dos *cookies*, a fim de verificar se a presença das farinhas, mesmo após a preparação, eleva o conteúdo de compostos bioativos nos biscoitos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMAPI - Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados. Disponível em: <https://www.abimapi.com.br/>. Acesso em: 02 de dezembro de 2018.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS - AACC. **Approved Methods American Association of Cereal Chemists**. 10th ed. Saint Paul: AACC, 2000. v. 2

BLANCO CANALIS, María S. *et al.* Effect of different fibers on dough properties and biscuit quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 5, p. 1607–1615, 2017.

BRASIL. Resolução RDC ANVISA/MS nº. 263, de 22 de setembro de 2005. **Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23set. 2005.

BRASIL. Resolução CNNPA ANVISA/MS nº. 12, de 1978. **Normas Técnicas Especiais**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1978.

CANALIS, Soledad María Blanco. **Mejoramiento del perfil nutricional y saludable de productos de panificación**. Tese (Mestrado). 2017. Universidad Nacional de Córdoba, 2017.

CHEVALLIER, S. *et al.* Structural and chemical modifications of short dough during baking. **Journal of Cereal Science**, v. 35, n. 1, p. 1–10, 2002.

CHOPIN TECHNOLOGIES. **Mixolab Applications Handbook**. [S.l: s.n.], 2012.

MORAES, Kessiane Silva de *et al.* Avaliação tecnológica de biscoitos tipo *cookie* com variações nos teores de lipídio e de açúcar Technological evaluation of *cookies* with lipid and sugar content variations. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 5003752, p. 233–242, 2009.

FERREIRA, Marina Barcelos Silva. **Elaboração De Biscoito Integral Empregando Resíduo Da Indústria Cervejeira Na Formulação**. 2017. 58 f. Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.

JARIYAH WIDJANARKO, S. B.; YUNIANITA ESTIASIH, T.; SOPADE, P. A. Jarayah.pdf. **International Food Research Journal**, p. 2161–2167, 2014.

JELTEMA, M.A., ZABIK, M.E., THIEL, L. J. Prediction of *cookie* quality from dietary fiber components. **Cereal Chemistry**, v. 60, p. 227–230, 1983.

Kapur, J., Sahoo, P. & Wong, A., 1985. A new method for gray level picturing thresholding using the entropy of the histogram. **Graphical models of image processing**, 29, pp.273–285.

KOPPER, A. C. *et al.* Utilização tecnológica da farinha de Bociáúva na elaboração de biscoitos tipo *cookie*. **Alimentos e Nutrição**, v. 20, p. 463–469, 2009.

KULTHE, A. A.; THORAT, S.S.; LANDE, S.B. Evaluation of Physical and Textural Properties of *Cookies* Prepared from Pearl Millet Flour. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 6, n. 4, p. 692–701, 2017.

LARREA, M. A.; CHANG, Y. K.; MARTINEZ-BUSTOS, F. Some functional properties of extruded orange pulp and its effect on the quality of *cookies*. **LWT - Food Science and Technology**, v. 38, n. 3, p. 213–220, 2005.

SILVEIRA, Ana Luisa Machado. **Aproveitamento da torta residual proveniente da extração do óleo da amêndoa de macaúba (*Acrocomia aculeata*) para produção de farinha destinada à alimentação humana**. 2014. Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

MARETI, Mirian Cristina; GROSSMANN, Maria Victória Eiras; BENASSI, Marta de Toledo. Características físicas e sensoriais de biscoitos com farinha de soja e farelo de aveia. **Food Science and Technology**, v. 2009, n. 003562, p. 878–883, 2010.

MILLER, R. A.; HOSENEY, R. C. Factors in hard wheat flour responsible for reduced *cookie* spread. **Cereal Chemistry**, v. 74, n. 3, p. 330–336, 1997.

MORAES, Kessiane Silva De *et al.* Avaliação tecnológica de biscoitos tipo *cookie* com variações nos teores de lipídio e de açúcar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, p. 233–242, 2010.

ORDORICA-FALOMIR, C.; PAREDES-LÓPEZ, O. Effect of safflower protein isolates on *cookie* characteristics. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 26, n. 1, p.

39–43, 28 jun. 2007. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2621.1991.tb01139.x>>. Acesso em: 2 dez. 2018.

ORO, Tatiana. **Adaptação de métodos para avaliação da qualidade tecnológica de farinha de trigo integral**. 2013. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos). 195 f. Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.

PEREIRA, Daniela; CORREIA, Paula M. R.; GUINÉ, Raquel P. F. Analysis of the physical-chemical and sensorial properties of Maria type *cookies*. **Acta Chimica Slovaca**, v. 6, n. 2, p. 269–280, 2013.

PETROVIC, Jovana *et al.* Quality properties of *cookies* supplemented with fresh brewer's spent grain. **Food and Feed Research**, v. 44, n. 1, p. 57–63, 2017.

RAO, B Dayakar; BHARGAVI, G. Technology Involved in Quality of Biscuits: Influence of Factors and Impact on Processing-A Critical Review. **Int. J. Pure App. Biosci**, v. 5, n. 4, p. 532–542, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.18782/2320-7051.5096>>.

SCIARINI, Lorena S. *et al.* Influence of Gluten-free Flours and their mixtures on Batter Properties and Bread Quality. **Food Bioprocess Technology**, v. 91, p. 577–585, 2010.

YOUSAF, Ali A. *et al.* Nutritional and functional evaluation of wheat flour *cookies* supplemented with gram flour. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 64, n. 1, p. 63–68, 2013.

ANEXO I

Page 1 of 2


Receita Teste - Alessandra

Receita Teste - Alessandra

Fruit Beer (20 A)

Type: 100% Grão
Batch Size: 20,00 l
Boil Size: 25,35 l
Boil Time: 60 min
End of Boil Vol: 21,84 l
Final Boiling Vol: 19,55 l
Fermentation: Ale, Two Stage

Date: 12/07/18
Brewer: TECDEF - Tecnologia em Fermentados e Destilados
Asst Brewer:
Equipment: LADEF
Efficiency: 74,00 %
Est Mash Efficiency: 77,7 %
Taste Rating: 30,0



Taste Notes:

Prepare for Brewing

Clean and Prepare Brewing Equipment
 Total Water Needed: 29,58 l

Mash or Steep Grains

Ingredientes Mostura

Qtd	Nome	Tipo	#	%IBU
3,75 kg	CHATFAU PALE ALE (3,0 EBC)	Grão	1	67,1 %
1,35 kg	PILSER (3,3 EBC)	Grão	2	32,9 %

Passos da Mostura

Nome	Descrição	Temperatura	Tempo
Saccharification	Adicionar 15,07 l de água até 75,3 C	68,9 C	60 min
Mash Out	Aqueça até 75,6 C por 10 min	75,6 C	10 min

Lavagem com 15,91 l de água a 75,6 C
 Add water to achieve boil volume of 25,35 l
 Estimated pre-boil gravity is 1,049 SG

Ingredientes Fervura

Qtd	Nome	Tipo	#	%IBU
13,29 g	Perle (8,00 %) - Fervura 60,0 min	Lúpulo	3	20,2 IBUs
1,00 l/ma	Whistler Tablet (Fervor 15,0 min)	Refinamento	4	-
27,90 g	Fuggles (4,50 %) - Fervura 9,0 min	Lúpulo	5	10,0 IBUs

Estimated Post Boil Vol: 21,84 l and Est Post Boil Gravity: 1,049 SG

Cool and Transfer Wort

Cool wort to fermentation temperature
 Transfer wort to fermenter
 Add water if needed to achieve final volume of 20,00 l

Pitch Yeast and Measure Gravity and Volume

Ingredientes da Fermentação

Qtd	Nome	Tipo	#	%IBU
1,8 pkg	Beigen Golden Ale (White Labs #WLPST0) (35,49 ml)	Levedura	0	-

Measure Actual Original Gravity _____ (Target: 1,049 SG)
 Measure Actual Batch Volume _____ (Target: 20,00 l)
 Add water if needed to achieve final volume of 20,00 l

Fermentation

12/07/18 - Fermentação Primária (7,00 dias a 20,0 C terminando em 20,0 C)
 19/07/18 - Fermentação Secundária (3,00 dias a 23,0 C terminando em 23,0 C)

Dry Hop and Bottle/Keg

dia 06/09/18 (Sa. final)
 George Math II

ANEXO II

Macaúba 20,0% como Grits - Sem Aveia

Page 1 of 2

Macaúba 20,0% como Grits - Sem Aveia

Fruit Beer (20 A)

Type: 100% Grão**Batch Size:** 20,00 l**Boil Size:** 25,35 l**Boil Time:** 60 min**End of Boil Vol:** 21,84 l**Final Bottling Vol:** 19,55 l**Fermentation:** Ale, Two Stage**Taste Notes:****Date:** 12/07/18**Brewer:** Matheus Miki**Asst Brewer:****Equipment:** LADEF**Efficiency:** 74,00 %**Est Mash Efficiency:** 77,7 %**Taste Rating:** 30,0

Prepare for Brewing

- Clean and Prepare Brewing Equipment
- Total Water Needed: 29,68 l

Mash or Steep Grains

Ingredientes Mostura

Qtd	Nome	Tipo	#	%/IBU
0,84 kg	Grits (1,0 SRM)	Adjunto	1	20,0 %
1,68 kg	CHATEAU PALE ALE (2,0 SRM)	Grão	2	40,0 %
1,68 kg	PILSEN (2,0 SRM)	Grão	3	40,0 %

Passos da Mostura

Nome	Descrição	Temperatura	Tempo
Saccharification	Adicionar 14,00 l de água até 74,2 C	68,9 C	60 min
Mash Out	Aqueça até 75,6 C por 10 min	75,6 C	10 min

- Lavagem com 15,68 l de água a 75,6 C
- Add water to achieve boil volume of 25,35 l
- Estimated pre-boil gravity is 1,042 SG

Ingredientes Fervura

Qtd	Nome	Tipo	#	%/IBU
19,20 g	Perle [8,00 %] - Fervura 60,0 min	Lúpulo	4	20,0 IBUs
1,00 Items	Whirlfloc Tablet (Ferver 15,0 mins)	Refinamento	5	-
27,00 g	Fuggles [4,50 %] - Fervura 0,0 min	Lúpulo	6	0,0 IBUs

- Estimated Post Boil Vol: 21,84 l and Est Post Boil Gravity: 1,050 SG

Cool and Transfer Wort

- Cool wort to fermentation temperature
- Transfer wort to fermenter
- Add water if needed to achieve final volume of 20,00 l

Pitch Yeast and Measure Gravity and Volume

Ingredientes da Fermentação

Qtd	Nome	Tipo	#	%/IBU
1,0 pkg	Belgian Golden Ale (White Labs #WLP570) [35,49 ml]	Levedura	7	-


- Measure Actual Original Gravity _____ (Target: 1,050 SG)
- Measure Actual Batch Volume _____ (Target: 20,00 l)
- Add water if needed to achieve final volume of 20,00 l

Fermentation

- 12/07/18 - Fermentação Primária (7,00 dias a 20,0 C terminando em 20,0 C)
- 19/07/18 - Fermentação Secundária (3,00 dias a 23,0 C terminando em 23,0 C)

Dry Hop and Bottle/Keg

ANEXO III

 **Brazilian Journal of Food Technology**

[# Home](#)

[/ Author](#)

Submission Confirmation

[Print](#)

Thank you for your submission

Submitted to
Brazilian Journal of Food Technology

Manuscript ID
BJFT-2019-0033

Title
CARACTERIZAÇÃO DE BISCOITOS TIPO COOKIE ENRIQUECIDOS COM FARINHAS DE BAGAÇO DE MALTE E TORTA DA POLPA DA MACAÚBA

Authors
de Avila Goncalves, Sayeny
Vilaça, Alessandra
de Andrade, Maria

Date Submitted
05-Feb-2019

[Author Dashboard](#)