



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS



RENNAN PEREIRA DE GUSMÃO

**DESENVOLVIMENTO DE BISCOITO ENRIQUECIDO COM FARINHA DE
ALGAROBA: AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA, SENSORIAL E
ARMAZENABILIDADE**

CAMPINA GRANDE – PB

2015



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS



RENNAN PEREIRA DE GUSMÃO

**DESENVOLVIMENTO DE BISCOITO ENRIQUECIDO COM FARINHA DE
ALGAROBA: AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA, SENSORIAL E
ARMAZENABILIDADE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos como parte das exigências à obtenção do título de Doutor.

Orientadores:

Prof. Dr. Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata

Profa. Dra. Maria Elita Martins Duarte

CAMPINA GRANDE – PB

2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

G982d Gusmão, Rennan Pereira de.
Desenvolvimento de biscoito enriquecido com farinha de algaroba: avaliação tecnológica, sensorial e armazenabilidade / Rennan Pereira de Gusmão. – Campina Grande, 2015.
210 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, 2015.

"Orientação: Prof. Dr. Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti-Mata, Prof.^a Dr.^a Maria Elita Martins Duarte."
Referências.

1. *Prosopis juliflora* (Algarobeira). 2. Farinha Enriquecida. 3. Reologia. 4. Planejamento Experimental. 5. Armazenamento. I. Cavalcanti-Mata, Mário Eduardo Rangel Moreira. II. Duarte, Maria Elita Martins. III. Título.

CDU 620:582.736.1(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS



Tese defendida e aprovada no dia 25 de Março de 2015

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata
Orientador (UAEALi/CTRN/UFCC)

Profa. Dra. Maria Elita Martins Duarte
Orientadora (UAEALi/CTRN/UFCC)

Profa. Dra. Deyzi Santos Gouveia
Examinadora (UAEALi/CTRN/UFCC)

Prof. Dr. Hugo Miguel Lisboa Oliveira
Examinador (UAEALi/CTRN/UFCC)

Dr. Renato Fonseca Aragão
Examinador (UAEALi/CTRN/UFCC)

Dra. Severina de Sousa
Examinadora (Cnpq/UFCC)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a meus pais, Rijaime e Claudia, e a minha esposa, Thaisa, pelo amor, dedicação, companheirismo e ensinamentos que me motivaram a chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por toda força.

Agradeço a minha família, especialmente: meus pais (Rijaime e Claudia), meu irmão (Renê) e minha irmã (Vanessa), pelo apoio, incentivo, amor e paciência.

A minha esposa Thaisa, que me ajudou em todos os momentos desse trabalho, sempre me deu incentivo e força para ir até o final.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata e Profa. Dra Maria Elita Martins Duarte, pela paciência, gentileza, ensinamento, apoio, incentivo, amizade, confiança e credibilidade.

Aos membros da banca examinadora, Profa Dra Deyzi Santos Gouveia, Prof. Dr. Hugo Miguel Lisboa Oliveira, Dr. Renato Fonseca Aragão e Dra Severina de Sousa, pela disponibilidade e sugestões; enfim, por toda contribuição, desde a qualificação até a defesa.

À Universidade Federal de Campina Grande, em especial ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos, pela recepção e oportunidade concedida para realização de mais uma etapa importante na minha vida.

À equipe de professores do programa de pós-graduação em Engenharia de Processos, pelos ensinamentos doados, apoio e incentivo.

À equipe de professores e servidores da Unidade Acadêmica de Engenharia de Alimentos, pelo apoio e incentivo.

Ao SENAI-PB, pela utilização de toda infraestrutura para a produção dos biscoitos.

À empresa Vitamassa, pela doação da lecitina de soja.

À empresa Rei de Ouro, pela doação da gordura de palma.

À secretária do Programa de pós graduação em Engenharia de Processos (Fátima) pela atenção.

A todos que contribuíram, de forma direta e indireta, para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADO A TODOS!

EPÍGRAFE

“Nas grandes batalhas da vida, o primeiro passo para a vitória é o desejo de vencer”

Mahatma Gandhi

SUMÁRIO

LISTA DE SÍMBOLOS	XI
LISTA DE FIGURAS	XIII
LISTA DE TABELAS	XVII
RESUMO	XX
ABSTRACT	XXI
1. APRESENTAÇÃO	1
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	5
CAPÍTULO I – SECAGEM DE ALGAROBA	8
I. RESUMO	9
I. ABSTRACT	10
I.1. INTRODUÇÃO	11
I.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
I.2.1 Algaroba [<i>Prosopis juliflora</i> (Sw) DC].....	13
I.2.2 Secagem.....	16
I.2.3 Cinética de secagem.....	19
I.3. MATERIAL E MÉTODOS	21
I.3.1 Local dos experimentos.....	21
I.3.2 Matéria-prima.....	21
I.3.3 Recepção da matéria-prima.....	21
I.3.4 Limpeza e corte.....	21
I.3.5 Secagem.....	22
I.3.6 Armazenamento.....	25
I.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
I.4.1 Cinética de secagem e aplicação dos modelos matemáticos.....	26
I.5. CONCLUSÕES	37
I.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
I.6.1 Sugestões para trabalhos futuros.....	38
I.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

CAPÍTULO II – DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE FARINHA DE ALGAROBA	48
II. RESUMO	49
II. ABSTRACT	50
II.1. INTRODUÇÃO	51
II.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	53
II.2.1 Farinha.....	53
II.2.2 Farinhas mistas.....	55
II.2.3 Características tecnológicas e reológicas de farinhas.....	57
II.2.3.1 Teor de glúten.....	57
II.2.3.2 Alveografia.....	58
II.2.3.3 Farinografia.....	59
II.2.3.4 Amilografia.....	61
II.3. MATERIAL E MÉTODOS	63
II.3.1 Local dos experimentos.....	63
II.3.2 Obtenção da farinha de algaroba.....	63
II.3.2.1 Recepção da matéria-prima.....	63
II.3.2.2 Moagem.....	63
II.3.2.3 Acondicionamento.....	64
II.3.3 Primeira análise sensorial.....	64
II.3.4 Caracterização granulométrica e morfológica de farinha.....	66
II.3.4.1 Análise granulométrica diferencial.....	66
II.3.4.2 Microscopia eletrônica de varredura.....	67
II.3.5 Caracterização reológica.....	68
II.3.5.1 Teor de glúten.....	68
II.3.5.2 Alveografia.....	68
II.3.5.3 Farinografia.....	69
II.3.5.4 Amilografia.....	70
II.3.6 Caracterização físico química.....	70
II.3.7 Determinação da composição mineral.....	71
II.3.8 Tratamento estatístico dos dados.....	72
II.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	73

II.4.1 Primeira análise sensorial.....	73
II.4.2 Análise granulométrica diferencial.....	74
II.4.3 Microscopia eletrônica de varredura.....	76
II.4.4 Caracterização reológica.....	78
II.4.5 Caracterização físico-química e determinação dos minerais.....	88
II.5. CONCLUSÕES.....	91
II.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	92
II.6.1 Sugestões para trabalhos futuros.....	92
II.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
CAPÍTULO III – DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE SENSORIAL DE BISCOITO ENRIQUECIDO COM FARINHA DE ALGAROBA	104
III. RESUMO.....	105
III. ABSTRACT.....	106
III.1. INTRODUÇÃO.....	107
III.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	109
III.2.1 Desenvolvimento de novos produtos.....	109
III.2.2 Biscoitos.....	109
III.2.3 Planejamento e otimização de experimentos.....	111
III.2.4 Análise sensorial.....	114
III.3. MATERIAL E MÉTODOS.....	117
III.3.1 Produção dos biscoitos.....	117
III.3.2 Planejamento experimental para formulação dos biscoitos.....	118
III.3.3 Descrição das etapas do processamento de biscoitos.....	120
III.3.3.1 Mistura de ingredientes.....	120
III.3.3.2 Laminação.....	121
III.3.3.3 Estampagem e corte.....	121
III.3.3.4 Forneamento.....	121
III.3.3.5 Resfriamento.....	122
III.3.3.6 Armazenamento.....	122
III.3.4 Caracterização dos biscoitos.....	122
III.3.4.1 Cor.....	123

III.3.4.2 Firmeza e fraturabilidade.....	123
III.3.4.3 Atividade de água.....	124
III.3.5 Teste de aceitação sensorial e intenção de compra dos biscoitos.....	124
III.3.6 Análises microbiológicas dos biscoitos.....	125
III.3.7 Tratamento estatístico dos dados.....	126
III.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	128
III.4.1 Planejamento experimental e análise dos resultados.....	128
III.4.2 Avaliação microbiológica dos biscoitos.....	140
III.4.3 Segunda análise sensorial.....	141
III.4.4 Análise de componentes principais.....	146
III.4.5 Mapa de preferência.....	147
III.5. CONCLUSÕES.....	152
III.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	154
III.6.1 Sugestões para trabalhos futuros.....	154
III.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	155
CAPÍTULO IV – ARMAZENABILIDADE E CARACTERIZAÇÃO DE BISCOITO ENRIQUECIDO COM FARINHA DE ALGAROBA	162
IV. RESUMO.....	163
IV. ABSTRACT.....	164
IV.1. INTRODUÇÃO.....	165
IV.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	167
IV.2.1 Parâmetros de qualidade avaliados em biscoitos.....	167
IV.2.2 Atividade de água.....	168
IV.2.3 Textura.....	169
IV.2.4 Cor.....	171
IV.3. MATERIAL E MÉTODOS.....	173
IV.3.1 Monitoramento dos parâmetros de qualidade.....	173
IV.3.2 Caracterização física dos biscoitos.....	174
IV.3.2.1 Espessura, diâmetro e fator de expansão.....	174
IV.3.2.2 Volume específico.....	174
IV.3.3 Caracterização físico-química e determinação dos minerais.....	175

IV.3.4 Tratamento estatístico dos dados.....	175
IV.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	177
IV.4.1 Monitoramento dos parâmetros de qualidade.....	177
IV.4.2 Caracterização física dos biscoitos.....	191
IV.4.3 Caracterização físico-química e determinação dos minerais.....	193
IV.5. CONCLUSÕES.....	197
IV.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	198
IV.6.1 Sugestões para trabalhos futuros.....	198
IV.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	199
APÊNDICE A.....	205
APÊNDICE B.....	206
APÊNDICE C.....	209
APÊNDICE D.....	210

LISTA DE SÍMBOLOS

ABS	Absorção de água	%
a_w	Atividade de água	-
D_{ef}	Difusividade efetiva	$m^2 s^{-1}$
DMS	Desvio mínimo significativo	%
DQM	Desvio médio quadrático	%
EST	Estabilidade da mistura	min
FA	Falta de ajuste	-
F_C	F calculado	-
F_T	F tabelado	-
G	Índice de crescimento	-
ITM	Índice de tolerância à mistura	UF
L	Espessura da amostra	m
L	Extensibilidade	mm
MQ	Média Quadrática	-
ns	Não significativo	-
P	Significância da regressão	-
P	Tenacidade	mmH ₂ O
PC	Ponto Central	-
P/L	Número proporcional	-
R_x	Razão de teor de água	-
$R_{x_{pred}}$	Razão de teor de água predito	-
$R_{x_{exp}}$	Razão de teor de água experimental	-
R^2	Coefficiente de determinação	-
SQ	Soma Quadrática	-
t	Tempo de processo	min
T	Temperatura	°C
TDM	Tempo de desenvolvimento da massa	min
UR	Umidade relativa	%
V	Velocidade do ar	$m s^{-1}$
VC	Valor codificado	-
V_D	Valor predito	-

V_E	Valor observado	-
VR	Valor Real	-
W	Energia de deformação	$10^{-4}J$
X_i	Teor de água inicial	%
X_{eq}	Teor de água de equilíbrio	%
X_t	Teor de água no instante t	%

LISTA DE FIGURAS

	Pág
CAPÍTULO I – SECAGEM DE ALGAROBA	
Figura I.1	A algarobeira..... 14
Figura I.2	Vagens de algaroba..... 15
Figura I.3	Comportamento da secagem..... 18
Figura I.4	Algaroba utilizada na pesquisa..... 21
Figura I.5	Secador convectivo utilizado na pesquisa..... 23
Figura I.6	Curvas obtidas pelo ajuste do Modelo de Fick aos dados experimentais da secagem da algaroba, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C..... 26
Figura I.7	Curvas obtidas pelo ajuste do Modelo de Page aos dados experimentais da secagem da algaroba, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C..... 27
Figura I.8	Curvas obtidas pelo ajuste do Modelo de Cavalcanti Mata aos dados experimentais da secagem da algaroba, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C..... 27
Figura I.9	Curvas obtidas pelo ajuste do Modelo de Henderson & Pabis aos dados experimentais da secagem da algaroba, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C..... 28
Figura I.10	Curvas obtidas pelo ajuste do Modelo Exponencial de Dois Termos aos dados experimentais da secagem da algaroba, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C..... 28
CAPÍTULO II – DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE FARINHA DE ALGAROBA	
Figura II.1	Alveograma..... 59
Figura II.2	Farinograma..... 60

Figura II.3	Moinho de facas.....	64
Figura II.4	Preparação das amostras para análise sensorial.....	66
Figura II.5	Agitador eletromagnético.....	67
Figura II.6	Microscópio eletrônico de varredura.....	67
Figura II.7	Alveógrafo.....	69
Figura II.8	Farinógrafo.....	69
Figura II.9	Amilógrafo.....	70
Figura II.10	Espectrômetro de fluorescência de raios X por energia dispersiva.....	72
Figura II.11	Micrografias da farinha produzida com algaroba seca utilizando-se temperatura de 60°C, com aumento de 50 (A), 100 (B), 200 (C), 500 (D), 1000 (E) e 2000 (F) vezes.....	76
Figura II.12	Farinograma do mix de farinhas de trigo (95%) e algaroba (5%).....	81
Figura II.13	Farinograma do mix de farinhas de trigo (85%) e algaroba (15%).....	82
Figura II.14	Farinograma do mix de farinhas de trigo (75%) e algaroba (25%).....	82
Figura II.15	Amilograma do mix de farinhas de trigo (95%) e algaroba (5%).....	86
Figura II.16	Amilograma do mix de farinhas de trigo (85%) e algaroba (15%).....	86
Figura II.17	Amilograma do mix de farinhas de trigo (75%) e algaroba (25%).....	87

CAPÍTULO III – DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE SENSORIAL DE BISCOITO ENRIQUECIDO COM FARINHA DE ALGAROBA

Figura III.1	Fluxograma para obtenção de biscoito.....	117
Figura III.2	Batedeira planetária.....	120
Figura III.3	Cilindro laminador.....	121
Figura III.4	Matriz para corte manual.....	121
Figura III.5	Forno industrial.....	122

Figura III.6	Colorímetro	123
Figura III.7	Texturômetro	124
Figura III.8	Aqualab.....	124
Figura III.9	Gráfico de Pareto para a variável luminosidade.....	130
Figura III.10	Superfícies de resposta para a variável luminosidade.....	131
Figura III.11	Gráfico de Pareto para a variável firmeza.....	133
Figura III.12	Superfícies de resposta para a variável firmeza.....	134
Figura III.13	Gráfico de Pareto para a variável fraturabilidade.....	136
Figura III.14	Superfícies de resposta para a variável fraturabilidade.....	137
Figura III.15	Gráfico dos valores observados e preditos para a variável luminosidade (A), firmeza (B) e fraturabilidade (C).....	139
Figura III.16	Intenção de compra para os cinco melhores biscoitos.....	146
Figura III.17	Análise de Componentes Principais dos atributos sensoriais utilizados no teste de aceitação.....	147
Figura III.18	Dendograma (A) e mapa de preferência interno (B) para o atributo aparência.....	149
Figura III.19	Dendograma (A) e mapa de preferência interno (B) para o atributo aroma.....	149
Figura III.20	Dendograma (A) e mapa de preferência interno (B) para o atributo sabor.....	149
Figura III.21	Dendograma (A) e mapa de preferência interno (B) para o atributo doçura.....	150
Figura III.22	Dendograma (A) e mapa de preferência interno (B) para o sabor residual.....	150
Figura III.23	Dendograma (A) e mapa de preferência interno (B) para o atributo textura.....	150

CAPÍTULO IV – ARMAZENABILIDADE E CARACTERIZAÇÃO DE BISCOITO ENRIQUECIDO COM FARINHA DE ALGAROBA

Figura IV.1	Relação força e tempo necessários para análise de textura de biscoito.....	169
Figura IV.2	Perfil de textura instrumental.....	170
Figura IV.3	Armazenamento dos biscoitos.....	174
Figura IV.4	Comportamento da variável atividade de água durante o armazenamento, por 120 dias.....	178
Figura IV.5	Comportamento da variável firmeza durante o armazenamento, por 120 dias.....	181
Figura IV.6	Comportamento da variável fraturabilidade durante o armazenamento, por 120 dias.....	184
Figura IV.7	Comportamento da variável luminosidade durante o armazenamento, por 120 dias.....	186
Figura IV.8	Comportamento da variável intensidade de amarelo (+b*) durante o armazenamento, por 120 dias.....	189
Figura IV.9	Comportamento da variável intensidade de vermelho (+b*) durante o armazenamento, por 120 dias.....	190

LISTA DE TABELAS

	Pág
CAPÍTULO I – SECAGEM DE ALGAROBA	
Tabela I.1	Composição físico-química da farinha de algaroba..... 16
Tabela I.2	Modelos matemáticos utilizados para a cinética de secagem..... 24
Tabela I.3	Coefficientes obtidos pelo ajuste do Modelo de Fick aos dados experimentais da secagem de algaroba, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C..... 29
Tabela I.4	Coefficientes obtidos pelo ajuste do Modelo de Page aos dados experimentais da secagem de algaroba, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C..... 29
Tabela I.5	Coefficientes obtidos pelo ajuste do Modelo de Cavalcanti Mata aos dados experimentais da secagem de algaroba, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C..... 30
Tabela I.6	Coefficientes obtidos pelo ajuste do Modelo de Henderson & Pabis aos dados experimentais da secagem de algaroba, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C..... 30
Tabela I.7	Coefficientes obtidos pelo ajuste do Modelo Exponencial de Dois Termos aos dados experimentais da secagem de algaroba, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C..... 31
CAPÍTULO II – DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE FARINHA DE ALGAROBA	
Tabela II.1	Classificação da farinha de trigo quanto à qualidade, avaliada pelo índice de glúten..... 58
Tabela II.2	Formulação base para produção dos biscoitos para primeira análise sensorial..... 65
Tabela II.3	Metodologias utilizadas para caracterização físico-química..... 71
Tabela II.4	Quantitativo de julgadores e níveis de importância dos atributos..... 73
Tabela II.5	Análise sensorial para influência da temperatura de secagem para o atributo sabor..... 74

Tabela II.6	Análise granulométrica da farinha produzida com algaroba secada utilizando-se temperatura de 60°C.....	75
Tabela II.7	Análise de glúten do mix de farinhas de algaroba e trigo.....	78
Tabela II.8	Análise de alveografia do mix de farinhas de algaroba e trigo.....	79
Tabela II.9	Análise de farinografia do mix de farinhas de algaroba e trigo.....	81
Tabela II.10	Características amilográficas do mix de farinhas de algaroba e trigo.....	85
Tabela II.11	Caracterização físico-química e determinação dos minerais da farinha de algaroba.....	88

CAPÍTULO III – DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE SENSORIAL DE BISCOITO ENRIQUECIDO COM FARINHA DE ALGAROBA

Tabela III.1	Formulação base para a produção dos biscoitos do planejamento experimental.....	118
Tabela III.2	Planejamento fatorial completo 2 ³ com 3 pontos centrais para o desenvolvimento dos biscoitos.....	119
Tabela III.3	Resultado das variáveis dependentes do planejamento experimental para formulação dos biscoitos.....	128
Tabela III.4	Análise de variância (ANOVA) do modelo linear para a variável luminosidade (L*).....	129
Tabela III.5	Análise de variância (ANOVA) do modelo linear para a variável firmeza.....	132
Tabela III.6	Análise de variância (ANOVA) do modelo linear para a variável fraturabilidade.....	135
Tabela III.7	Intervalos de valores das variáveis otimizadas.....	138
Tabela III.8	Valores dos coeficientes de regressão polinomial de segunda ordem do modelo estatístico para as variáveis dependentes do planejamento experimental.....	140
Tabela III.9	Análise sensorial das cinco melhores formulações de biscoito enriquecido com farinha de algaroba.....	141
Tabela III.10	Coefficiente de concordância (CC) em percentual para os atributos sensoriais de cada amostra.....	144
Tabela III.11	Intenção de compra para os cinco biscoitos com maior aceitação.....	145

CAPÍTULO IV – ARMAZENABILIDADE E CARACTERIZAÇÃO DE BISCOITO ENRIQUECIDO COM FARINHA DE ALGAROBA

Tabela IV.1	Metodologias utilizadas para caracterização físico-química e determinação dos minerais.....	175
Tabela IV.2	Comportamento da variável atividade de água durante o armazenamento, por 120 dias.....	178
Tabela IV.3	Comportamento da variável atividade de firmeza durante o armazenamento, por 120 dias.....	181
Tabela IV.4	Comportamento da variável fraturabilidade durante o armazenamento, por 120 dias.....	183
Tabela IV.5	Comportamento da variável luminosidade durante o armazenamento, por 120 dias.....	186
Tabela IV.6	Comportamento da variável intensidade de amarelo (+b*) durante o armazenamento, por 120 dias.....	188
Tabela IV.7	Comportamento da variável intensidade de vermelho (+a*) durante o armazenamento, por 120 dias.....	190
Tabela IV.8	Massa (g), diâmetro médio (cm), espessura média (cm), fator de expansão e volume específico ($\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$) dos biscoitos antes e após o forneamento.....	192
Tabela IV.9	Caracterização físico-química e determinação dos minerais dos biscoitos enriquecidos com farinha de algaroba.....	194

RESUMO

GUSMÃO, R.P. **Desenvolvimento de biscoito enriquecido com farinha de algaroba: avaliação tecnológica, sensorial e armazenabilidade.** 2015. 210f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

O segmento de biscoitos é de extrema importância para o Brasil, que se destaca como o 2º maior produtor mundial. A busca por matérias-primas alternativas ao trigo se torna cada vez mais necessária para desenvolvimento de produtos sem glúten, incremento no valor nutricional e redução de custos no setor de panificação. As vagens da algaroba apresentam alto valor nutritivo e podem ser utilizadas como matéria-prima para o desenvolvimento de novos produtos alimentícios. Com esses aspectos, o objetivo deste trabalho foi desenvolver biscoito enriquecido com farinha de algaroba com elevada qualidade nutricional e importância para o desenvolvimento econômico do semiárido nordestino; para tal, foi utilizada a algaroba madura, com teor de água de 20% (b.u) e realizados experimentos de secagem com temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C; os modelos matemáticos de Fick, Page, Cavalcanti Mata, Exponencial de Dois Termos e Henderson & Pabis foram utilizados para ajuste aos dados experimentais; posteriormente, foram desenvolvidos biscoitos com farinha de algaroba e submetidos à análise sensorial. A farinha de algaroba utilizada na formulação do biscoito com maior aceitação, foi submetida à caracterização granulométrica, morfológica, reológica, físico-química, determinação dos minerais e utilizada para produção de biscoitos, mediante planejamento experimental. As cinco melhores formulações de biscoito foram submetidas ao teste de aceitação sensorial; a atividade de água, firmeza, fraturabilidade e cor das três formulações de biscoitos com maior aceitação foram analisadas durante 120 dias de armazenamento; a partir dos resultados obtidos pode-se afirmar que os modelos matemáticos de Fick, Page, Cavalcanti Mata, Exponencial de Dois Termos e Henderson & Pabis, representaram satisfatoriamente os dados experimentais da secagem de algaroba. A farinha de algaroba apresentou características reológicas adequadas à produção de biscoitos. A farinha de algaroba apresentou alta concentração de fibras (15,10 g 100g⁻¹), proteínas (9,12 g 100g⁻¹), cálcio (650,75 mg 100g⁻¹) e fósforo (879,12 mg 100g⁻¹). Os biscoitos elaborados com: 25% de farinha de algaroba, 30% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 4), 5% de farinha de algaroba, 50% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 7) e 15% de farinha de algaroba, 40% de teor de açúcar e 35% de teor de gordura de palma (experimento 9) foram os que tiveram maior aceitação e intenção de compra. Decorrido o período de 120 dias de armazenamento, os biscoitos elaborados com farinha de algaroba tiveram sua atividade de água, fraturabilidade e luminosidade aumentadas, e sua firmeza, intensidade de amarelo e vermelho, diminuídas. Conclui-se que os biscoitos elaborados com farinha de algaroba apresentaram nutrientes, como: cálcio, ferro e fósforo, boa aceitação sensorial e características de qualidade com comportamento similar ao de produtos já existentes no mercado, durante o armazenamento.

Palavras-chave: *Prosopis juliflora*, farinha enriquecida, reologia, planejamento experimental, armazenamento

ABSTRACT

The segment of cookies is extremely important to Brazil, which stands as the 2nd largest producer. The search for alternative raw materials to wheat becomes increasingly necessary for the development of gluten-free products, increase the nutritional value and cost savings in the bakery sector. The mesquite pods have a high nutritional value and can be used as feedstock for the development of new food products. With these aspects, the objective of this study was to develop cookie enriched with mesquite flour which has high nutritional quality and importance to the economic development of the semi-arid northeast. In this work, the mature mesquite was used with a water content of 20% (wb). Drying experiments were performed at temperatures of 50, 60, 70 and 80 ° C. Mathematical models of Fick, Page, Cavalcanti Mata, Exponential Two Terms and Henderson & Pabis were used to fit the experimental data. Later, cookies were developed with mesquite flour and subjected to sensory analysis. The mesquite flour used in the cookie formulation with greater acceptance, was subjected to size grain, morphological, rheological, physico-chemical, determination of the chemical elements and was used for the production of cookies by using experimental design. The five best cookie formulations were subjected to sensory acceptance test. Water activity, firmness, fracture stress and color of all three formulations of cookies with greater acceptance were analyzed for 120 days of storage. From the results obtained, it can be said that the mathematical models Fick, Page, Cavalcanti Mata, Exponential Two Terms and Henderson & Pabis satisfactorily explained the experimental data of drying mesquite. The mesquite flour presented rheological characteristics suitable for production of cookies. The mesquite flour showed high concentration of fibers (15.10 g 100g⁻¹), protein (9.12 g 100g⁻¹), calcium (650.75 mg.100g⁻¹) and phosphorous (879.12 mg.100g⁻¹). The cookies made with 25% mesquite flour, 30% sugar and 45% palm fat content (experiment 4), 5% of mesquite flour, 50% sugar content and 45% content palm fat (experiment 7) and 15% of mesquite flour, 40% sugar and 35% palm fat content (experiment 9) were those who had greater acceptance and purchase intent. After the 120 days of storage, cookies of mesquite flour had their water activity and luminance increased, while its firmness, fracture stress, yellow and red intensity reduced. It is concluded that the cookies, of mesquite flour presented a high nutritional composition, high sensory acceptance, and similar quality characteristics to existing products on the market during storage.

Keywords: *Prosopis juliflora*, enriched flour, rheology, experimental design, storage

**DESENVOLVIMENTO DE BISCOITO ENRIQUECIDO COM FARINHA DE
ALGAROBA: AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA, SENSORIAL
E ARMAZENABILIDADE**

APRESENTAÇÃO

1. APRESENTAÇÃO

É crescente, nos últimos anos, a atenção que tem sido dada ao papel da alimentação na saúde humana uma vez que evidências epidemiológicas apontam para a associação entre uma dieta rica em vegetais e a baixa incidência de doenças crônicas não transmissíveis. Por esta razão, hoje os alimentos não são destinados apenas para satisfazer a fome e fornecer os nutrientes necessários mas também para prevenir doenças relacionadas com a má nutrição e melhorar o bem-estar físico e mental dos consumidores (BETORET et al., 2011).

Mudanças no processamento e a crescente exigência do consumidor por alimentos com qualidade sensorial, nutricional e que tragam benefícios à saúde, incentivam o estudo de novos ingredientes para a indústria de alimentos, que possam atender a essas exigências do mercado (MOSCATTO et al., 2004).

O desenvolvimento de novos produtos é uma alternativa com vista à adequação de tecnologias para matérias-primas que não vêm sendo exploradas. Está em estreita relação com as necessidades e tendências ou modas de consumo da massa consumidora o que traz, como consequência, a necessidade de respostas rápidas das indústrias de alimentos às mudanças do mercado consumidor. Para muitas indústrias a realização de esforços nesta área é um fator estratégico e necessário para continuar atuando no mercado. A implementação de novos produtos sustenta a expectativa das empresas aumentarem sua participação de mercado e melhorar sua lucratividade e rentabilidade (PARASURAMAN & COLBY, 2012).

Com o foco em suprir esta demanda, a indústria de panificação busca constantemente novas tecnologias e novas matérias-primas que originem produtos diferenciados, seja no aspecto sensorial e nutricional ou, ainda que, proporcionem diminuição nos custos de produção, tendo por desafio evitar que as condições de processamento alterem as propriedades funcionais. A importância desta busca consiste no fato de que muitos desses produtos possuem alto valor nutricional ou características altamente desejáveis sendo, assim, dotados de um potencial aumento do seu valor agregado (ANTON & FRANCISCO, 2006).

Os biscoitos são produtos com grande potencial de mercado e, por este motivo, as indústrias investem no desenvolvimento de novos sabores, aromas, formas e

formulações (SIMABESP, 2014). Em 2013 foram produzidos, no Brasil, 1.271 milhões de toneladas de biscoitos, o que representou a segunda posição na escala mundial de produção. Entre os anos de 2011 e 2013 o consumo per capita anual média de biscoito foi de 6kg (ANIB, 2014).

Diversos estudos vêm sendo realizados com a substituição de parte da farinha de trigo por outras fontes de fibras ou proteínas, visando incrementar o valor nutricional de biscoitos como, por exemplo, a adição de fécula de mandioca, polvilho azedo e albedo de laranja (SANTOS et al., 2010, 2011), farinha de aveia e farinha de arroz parboilizado (ASSIS et al., 2009), farinha de sementes de jaca e abóbora (MOURA et al., 2010; BORGES et al., 2006), microalga *Spirulina platensis* (MORAIS et al., 2006), farinha de amaranto (CAPRILES et al., 2006; MARCÍLIO et al., 2005), flocos de aveia e β -glicanas (GUTKOSKI et al., 2007), farinha de bocaiuva (KOPPER et al., 2009) e farinha de jatobá-da-mata (SILVA et al., 2001), entre outras fontes.

A algaroba é uma planta do gênero *Prosopis* de origem andina, altamente resistente à seca, que se adaptou muito bem ao Nordeste do Brasil. Esta planta produz como fruto, uma vagem rica em proteína, gordura, vitaminas, sais minerais e principalmente açúcar (BORGES, 2004). Em razão de todas essas informações as vagens de algaroba têm sido potencial fonte de matéria-prima para o desenvolvimento de uma série de produtos e inovações tecnológicas que estão sendo estudadas por pesquisadores de vários países, a exemplo da farinha integral de algaroba, que é produzida no Quênia, no Brasil, Estados Unidos, Argentina e México e da algarobina Peruana, exportada para vários países (GRADOS et al., 2000; CHOGE et al., 2007).

Com tais aspectos, este trabalho visa elaborar biscoito enriquecido com farinha da algaroba com intuito de que o mesmo possa contribuir para o desenvolvimento de novos produtos com elevada qualidade nutricional, gerando alternativa ao maior aproveitamento da algaroba na alimentação humana, com importância e potencialidade para o desenvolvimento social e econômico do semiárido, com a geração de trabalho e renda para produtores da região Nordeste.

Para atingir o propósito de elaborar um biscoito enriquecido com farinha de algaroba, a pesquisa foi dividida em capítulos, em que no **capítulo I (secagem de algaroba)**, a algaroba foi submetida ao processo de secagem com quatro temperaturas, 50, 60, 70 e 80°C, e utilizados os modelos matemáticos de Fick, Page, Cavalcanti Mata,

Henderson & Pabis e Exponencial de Dois Termos para ajuste aos dados experimentais; visando à determinação do coeficiente de difusão efetivo foi utilizada geometria de placa plana, com espessura da amostra de 6,5mm; no **capítulo II (desenvolvimento e caracterização de farinha de algaroba)**, foi determinado qual atributo sensorial seria o mais importante para a compra de biscoitos e se definiu a temperatura de secagem da vagem de algaroba influenciaria neste atributo, com posterior desenvolvimento e determinação das características granulométricas, morfológicas, reológicas (teor de glúten, farinografia, alveografia, amilografia), físico-químicas (teor de água, cinzas, proteínas, lipídios, açúcares, fibras) e minerais (cálcio, ferro e fósforo) da farinha de algaroba, para substituição parcial da farinha de trigo na produção de biscoitos; no **capítulo III (desenvolvimento e análise sensorial de biscoito enriquecido com farinha de algaroba)** neste capítulo, o biscoito foi formulado mediante planejamento experimental, com variáveis independentes: teor de farinha de algaroba, teor de açúcar e teor de gordura de palma, avaliando-se as respostas: atividade de água, cor, firmeza e fraturabilidade, os cinco melhores biscoitos elaborados a partir da combinação das variáveis independentes foram avaliados sensorialmente por julgadores não treinados (teste de aceitação, índice de concordância, análise de componentes principais e mapas de preferência interno); no **capítulo IV (armazenabilidade e caracterização de biscoito enriquecido com farinha de algaroba)**, os biscoitos com melhores características de cor, firmeza, fraturabilidade, atividade de água e maior aceitação sensorial, foram submetidos à caracterização física (espessura, diâmetro, fator de expansão, volume específico e massa), físico-química (teor de água, cinzas, proteínas, açúcares redutores e totais, lipídios e fibra bruta) e determinação dos minerais (cálcio, fósforo e ferro) e tiveram seus parâmetros de qualidade: atividade de água, cor, firmeza e fraturabilidade monitorados, durante o armazenamento, por 120 dias.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANIB - Associação Nacional das Indústrias de Biscoito. Disponível em: <http://www.anib.com.br/releases_integra.asp?id=2> Acesso em: 21 out. 2014.

ANTON, A.A.; FRANCISCO, A.; HAAS, P. Análise físico-química de pães da cidade de Florianópolis e a situação dos alimentos integrais no Brasil. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.17, n.4, p.381-386 out./dez. 2006.

ASSIS, L. M.; ZAVAREZE, E. R.; RADÜNZ, A. L.; DIAS, A. R. G.; GUTKOSKI, L. C.; ELIAS, M. C. Propriedades nutricionais, tecnológicas e sensoriais de biscoitos com substituição de farinha de trigo por farinha de aveia ou farinha de arroz parboilizado. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 1, p. 15-24, 2009.

BETORET, E.; BETORET, N.; VIDAL, D.; FITO, P. Functional foods development: trends and technologies. **Trends in Food Science and Technology**, v. 22, p. 498–508, 2011.

BORGES, I. F., Obtenção e Caracterização do Melado de Algaroba (*Prosopis juliflora*) e sua Utilização em uma formulação Alimentícia. 2004. 83 p. **Dissertação** (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

BORGES, S. V.; BONILHA, C. C.; MANCINI, M. C. Sementes de jaca (*Artocapus integrifolia*) e de abóbora (*Curcubita moschata*) desidratadas em diferentes temperaturas e utilizadas como ingredientes em biscoitos tipo cookie. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 17, n. 3, p. 317-321, 2006.

CAPRILES, V. D.; COELHO, K. D.; MATIAS, C. G.; ARÊAS, J. A. G. Efeito da adição de amaranto na composição e na aceitabilidade do biscoito tipo cookie e do pão de forma. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 17, n. 3, p. 269-274, 2006.

CHOGE, S.K.; PASIECZNIK, N.M.; HARVEY, M.; WRIGTH, J.; AWAN, S.Z.; HARRIS, P.J.C. Prosopis pods as human food, with special reference to Kenya. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE NUTRITIONAL VALUE AND WATER USE OF INDIGENOUS CROPS FOR IMPROVED LIVELIHOODS HELD. 2006. University de Pretoria. Pretoria. South Africa. **Proceedings...** v. 33. n.3. 2007. ISSN 1816-7950

- GRADOS, N.Y.G. CRUZ, **La algarroba: perspectivas de utilización industrial**. Serie de Química. Universidad de Piura, Piura, Peru, 2000. 2: 22f. (Série de Química).
- GUTKOSKI, L. C.; IANISKI, F.; DAMO, T. V.; PEDÓ, I. Biscoitos de aveia tipo “cookie” enriquecidos com concentrado de β -glicanas. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 10, n. 2, p. 104-110, 2007
- KOPPER, A. C.; SARAVIA, A. P. K.; RIBANI, R. H.; LORENZI, G. M. A. C. Utilização tecnológica da farinha de bocaiuva na elaboração de biscoitos tipo cookie. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 3, p. 463-469, 2009.
- MARCÍLIO, R.; AMAYA-FARFAN, J.; SILVA, M. A. A. P. Avaliação da farinha de amaranto na elaboração de biscoito sem glúten do tipo cookie. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 8, n. 2, p. 175-181, 2005
- MORAIS, M. G.; MIRANDA, M. Z.; COSTA, J. A. V. Biscoitos de chocolate enriquecidos com *Spirulina platensis*: características físico-químicas, sensoriais e digestibilidade. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 17, n. 3, p. 323-328, 2006.
- MOSCATTO, J. A.; PRUDÊNCIO-FERREIRA, S. H.; HAULY, M. C. O. Farinha de yacon e inulina como ingredientes na formulação de bolo de chocolate. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 4, p. 634-640, 2004.
- MOURA, F. A.; SPIER, F.; ZAVAREZE, E. R.; DIAS, A. R. G.; ELIAS, M. C. Biscoitos tipo “cookie” elaborados com diferentes frações de semente de abóbora (*Curcubita maxima*), **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 21, n. 4, p. 579-585, 2010
- PARASURAMAN, A.; COLBY, Charles L. **Marketing para produtos inovadores**. Porto Alegre: Bookman, 2012.
- SANTOS, A. A. O.; SANTOS, A. J. A. O.; SILVA, I. C. V.; LEITE, M. L. C.; SOARES, S. M.; MARCELLINI, P. S. Desenvolvimento de biscoitos de chocolate a partir da incorporação de fécula de mandioca e albedo de laranja. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 21, n. 3, p. 469-480, 2010.
- SANTOS, A. A. O.; SILVA, I. V. C.; SANTOS, J. P. A.; SANTANA, D. G.; ALMEIDA, M. L.; MARCELLINI, P. S. Elaboração de biscoitos de chocolate com substituição parcial da farinha de trigo por polvilho azedo e farinha de albedo de laranja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 3, p. 531-536, 2011.

SIMABESP - Sindicato das Indústrias de Massas Alimentícias e Biscoitos do Estado de São Paulo. Disponível em: www.simabesp.org.br/site/mercado_biscoitos_simabesp.asp. Acesso em: 28 Out. 2014.

SILVA, M. R.; BORGES, S.; MARTINS, K. A. Avaliação química, física e sensorial de biscoitos enriquecidos com farinha de jatobá-do-cerrado e de jatobá-da-mata como fonte de fibra alimentar. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 4, p. 173-170, 2001.

**DESENVOLVIMENTO DE BISCOITO ENRIQUECIDO COM FARINHA DE
ALGAROBA: AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA, SENSORIAL
E ARMAZENABILIDADE**

**CAPÍTULO I
SECAGEM DE ALGAROBA**

I. RESUMO

As vagens da algaroba apresentam alto valor nutritivo, constituindo rica fonte de açúcares, proteínas, sais minerais e fibras que podem ser utilizadas como fonte de matéria-prima para o desenvolvimento de uma série de produtos alimentícios e inovações tecnológicas. Objetivou-se, com este trabalho, estudar a cinética de secagem das vagens de algaroba em camada fina, com 20mm de comprimento e determinar o coeficiente de difusão efetivo, mediante ajuste de modelos matemáticos que se baseiam nos fundamentos da transferência de calor e massa. Para a realização dos experimentos foi utilizada a algaroba madura, com teor de água de 20% (b.u). Foram realizados experimentos de secagem utilizando temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C, com velocidade do ar de secagem de 2 m s⁻¹ e utilizado um secador convectivo com leito fixo e fluxo ascendente de ar. Os modelos matemáticos de Fick, Page, Cavalcanti Mata, Exponencial de Dois Termos e Henderson & Pabis, foram utilizados para ajuste aos dados experimentais; para o cálculo da difusividade efetiva foi utilizada geometria de placa plana, com espessura da amostra de 6,5 mm e, como critério para determinação do modelo que melhor representou os dados experimentais, foram utilizados coeficiente de determinação e o desvio quadrático médio. Com base nos resultados obtidos conclui-se que a perda de água da algaroba ocorreu durante o período de secagem na taxa decrescente; com o aumento da temperatura de secagem ocorreu diminuição do tempo total de processo; o coeficiente de difusão aumentou com a elevação da temperatura de secagem; os modelos matemáticos: teórico (Fick), semiteóricos (Page e Cavalcanti Mata) e empírico (Exponencial de Dois Termos), representaram satisfatoriamente os dados experimentais da secagem de algaroba.

Palavras-chave: *Prosopis juliflora*, difusividade efetiva, modelagem matemática

I. ABSTRACT

The mesquite pods have a high nutritional value, being a rich source of sugars, proteins, minerals and fibers that can be used as a raw material for the development of a number of food products and technological innovations. The objective of this work was to study the mesquite drying kinetics in thin layer, with 2cm length and determine the coefficient of effective diffusion through adjustment of mathematical models that are based on the fundamentals of heat and mass transfer. For the experiments we used the mature mesquite, with a 20% water content (wb). Drying experiments were performed using temperatures of 50, 60, 70 and 80 °C with drying air speed of 2 ms⁻¹. We used a convective dryer with fixed bed and reverse airflow. Mathematical models of Fick, Page, Cavalcanti Mata, Exponential Two Terms and Henderson & Pabis, were used to fit the experimental data. To calculate the effective diffusivity flat plate geometry with sample thickness of 6.5 mm was used. As a criterion for determining the model that best represented the experimental data, we used both the coefficient of determination and the mean square deviation. Based on the results, it was observed that the drying occurred during the falling rate period and with increasing drying temperature total process time is reduced. The diffusion coefficient increased with increasing drying temperature. Mathematical models: theoretical (Fick), semi-theoretical (Page and Cavalcanti Mata) and empirical (Exponential Two Terms), satisfactorily explain the experimental data of drying.

Keywords: *Prosopis juliflora*, effective diffusivity, mathematical modeling

I.1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o país com maior potencial para pesquisa com espécies vegetais do mundo, pois detém a maior e mais rica biodiversidade do planeta distribuída em seis biomas distintos que apresentam cerca de 55.000 espécies catalogadas (LUNA, RAMOS JUNIOR, 2005). Alimentos de origem vegetal são importantes devido ao seu conteúdo de micronutrientes, especialmente vitaminas e minerais, mas também pelos compostos fitoquímicos bioativos com propriedades antioxidantes (BASTOS, ROGERO, AREAS, 2009).

A algaroba foi introduzida no Brasil, em especial no nordeste, há mais de 50 anos, com a finalidade de ocupar as terras áridas e secas dessa região, em virtude da sua rusticidade e por apresentar a importante característica de frutificar na época mais seca do ano quando os estoques de forragens naturais atingem um estágio crítico propiciando, desta forma, um alimento de grande valor nutricional, principalmente para a alimentação de caprinos e bovinos (OLIVEIRA et al., 2010). O Nordeste conta com a maior reserva algarobeira do país ocupando cerca de 500 mil hectares, embora este potencial não seja integralmente aproveitado (FREIRE, 2004).

As vagens da algarobeira estão entre os alimentos mais antigos utilizados pelo homem no Novo Mundo. Durante a época do descobrimento, quando os espanhóis chegaram à América do Sul, observaram o uso das vagens da algaroba na alimentação humana, pelos índios, principalmente nas regiões semidesérticas, que se estendem do sul do Equador ao centro do Chile e da Argentina (FIGUEIREDO et al., 2004).

Os frutos da algarobeira são vagens amarelas, compridas e achatadas e, em geral, levemente curvadas, palatáveis, aromáticas e doces; é nas vagens que está concentrado seu valor nutritivo, constituindo rica fonte de carboidrato (STEIN et al., 2005). A vagem é rica em açúcares, proteínas, sais minerais e fibras que podem ser transformados em matéria-prima na produção de bolos, pães, biscoitos, bebidas, condimentos, geleias, meis, pudins, sopas, papas e outros alimentos saborosos e nutritivos (MUNIZ, 2009).

Em razão de todas essas informações, as vagens de algaroba têm sido potencial fonte de matéria-prima para o desenvolvimento de uma série de produtos e inovações tecnológicas que estão sendo estudadas por pesquisadores de vários países, a exemplo da farinha integral de algaroba, que é produzida no Quênia, no Brasil, Estados Unidos,

Argentina e México e da algarobina Peruana, exportada para vários países (GRADOS et al., 2000; CHOGE et al., 2007).

A secagem é um método de conservação em que o teor de água e a atividade de água de frutas, vegetais e grãos são diminuídos através dos fenômenos de transferência de calor e massa, o que minimiza a degradação química, física, bioquímica e microbiológica desses produtos durante seu armazenamento assegurando sua qualidade e estabilidade (DOYMAZ & ISMAIL, 2011). A secagem também permite determinar algumas propriedades dos produtos agrícolas, tais como a difusividade efetiva, que descreve a velocidade de saída de água dos produtos biológicos e é importante para projeto de secadores (AGHBASHLO et al., 2008).

A representação matemática do processo de secagem de diversos produtos agrícolas vem, há algum tempo, sendo estudada e utilizada na tentativa de prever os fenômenos que ocorrem durante este processo (CORRÊA et al., 2006). Informações referentes ao assunto são de extrema importância para auxiliar no desenvolvimento de equipamentos e adaptações daqueles já existentes visando obter maior rendimento nesta etapa fundamental durante o período pós-colheita.

Considerando a importância do estudo teórico do processo de secagem dos produtos agrícolas e a limitação de informações a respeito dos fenômenos que ocorrem durante a secagem de algaroba, os objetivos deste estudo foram: estudar a cinética de secagem da algaroba com teor de água inicial de 20% (base úmida), em camada fina, utilizando temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C e se ajustando os modelos matemáticos de Fick, Page, Cavalcanti-Mata, Henderson & Pabis e Exponencial de Dois Termos aos dados experimentais e determinar o coeficiente de difusão efetivo utilizando geometria de placa plana, com espessura da amostra de 6,5mm.

I.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

I.2.1 Algaroba [*Prosopis juliflora* (Sw) DC]

A algarobeira (Figura I.1) é uma leguminosa arbórea, não oleaginosa, da família *Mimosaceae* (*Leguminosae*, subfamília *Mimosoideae*), pertencente ao gênero *Prosopis*. O desenvolvimento evolucionário das espécies de algaroba do gênero *Prosopis* originou-se no continente africano (África Tropical), onde persiste a *Prosopis africana*, sua migração para o continente americano ocorreu quando esses continentes eram ligados, envolvendo diferentes espécies adaptadas à dispersão a curta distância mas de difusão efetiva endozoica, através de pássaros e mamíferos (LIMA & MARCONDES, 2002).

A algarobeira é uma xerófila cujo caule tortuoso mede em torno de 6 a 8 metros de altura, podendo chegar a até 18 metros, o caule possui casca grossa, fendada, de cor pardo-avermelhada, sinuosa e retorcida; a copa pode alcançar de 6 a 20 metros de altura e de 0,45 a 1,00 metros de diâmetro, com coloração marrom, armado de espinhos axilares, solitários ou geminados, raramente inermes, alojados em ambos os lados dos nós e dos ramos (LIMA, 2002).

Entre as espécies de algarobeira se destaca a *Prosopis juliflora* Sw (DC), que é um dos maiores sucessos de introdução de plantas xerófilas no semiárido nordestino, contribuindo para o fortalecimento da economia agropecuária da região (SILVA & AZEVEDO, 1998).

Prosopis é um gênero muito antigo com aproximadamente 45 espécies na América do Sul, do Norte e Central, África e Leste da Ásia. A maioria se concentra em zonas áridas e secas da América do Sul, sendo a Argentina o centro de maior diversidade com 27 espécies das quais 8 são árvores e 11 espécies são endêmicas (FAO, 2006).

Estima-se uma produtividade média de frutos de 6 toneladas/ha/ano, dependendo da zona bioclimática em que são cultivados e manejados os algarobais; aos 15 anos de idade podem apresentar uma produção média acima de 70 kg de vagens por árvore (RIBASKI et al., 2009).

A produção anual de vagem da algaroba *in natura* no Nordeste brasileiro pode variar de 0,6 a 1,1 milhão de toneladas (SILVA et al., 2002). Comparando a produtividade da algaroba com o milho, verifica-se que o milho produz, em média, 600 kg/ha (precipitação de 700 mm), enquanto que a algaroba pode variar de 3000 a 8000 kg/ha, com precipitação de 300 mm (SILVA et al., 2003).

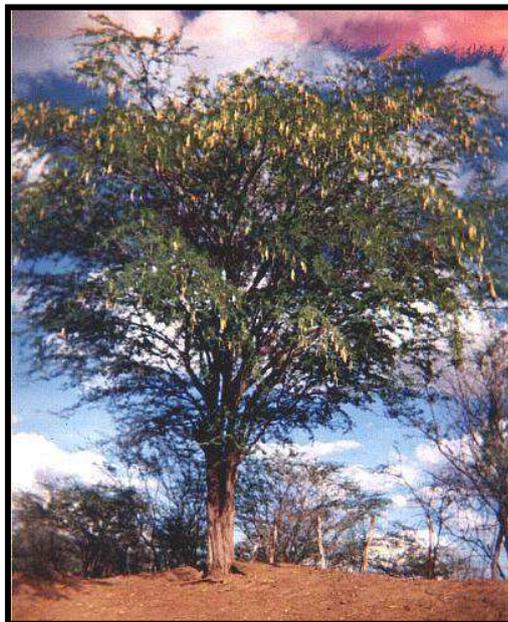


Figura I.1 – A algarobeira (SILVA, 2002)

Em referência às vagens da algaroba (Figura I.2), trata-se de uma matéria-prima que, além da aguardente, pode ser utilizada para produção de uma série de outros produtos, alguns em desenvolvimento por pesquisadores em vários países da América do Sul, África e Ásia, a exemplo da algarobina e da farinha no Peru, Quênia, Brasil, Estados Unidos, Argentina e México (GRADOS et al., 2000; CHOGE et al., 2007).



Figura I.2 – Vagens de algaroba (SILVA, 2007)

As vagens da algarobeira fazem parte dos alimentos usados pelo homem desde a pré-história, nas regiões em que a planta é nativa. São palatáveis, aromáticas (lembrando baunilha) e doces em função do elevado teor de sacarose que pode chegar a 30%. Sua proteína é de quantidade e digestibilidade razoáveis, equiparando-se às da cevada e do milho (FELKER & BANDURSKI, 1977; BECKER & GROSJEAN, 1980; DELL VALLE et al., 1985).

Historicamente, as vagens são trituradas para fazer uma espécie de farinha que serve para preparar um tipo de pão. Deixadas fermentar, graças ao elevado teor de sacarose, dão origem a uma bebida alcoólica. Vagens verdes podem ser cozidas, à semelhança de vagens de feijão; já o extrato aquoso obtido por maceração e cocção de vagens maduras, dá origem a um xarope comercializado em alguns países latino-americanos com o nome de algarobina e que pode ser usado como tônico e adoçante de café e outras bebidas. A partir desse extrato concentrado desenvolve-se uma bebida (à imitação de suco) refrescante, nutritiva e de sabor agradável (MACHADO & FIGUEIREDO, 2000).

SILVA et al. (2007) comprovaram, os aspectos tecnológicos de obtenção da farinha integral de algaroba [*Prosopis juliflora* (Sw) DC] para uso em produtos de panificação, que a farinha de algaroba pode ser obtida após as operações unitárias de secagem, fragmentação e peneiramento das vagens.

Na Tabela I.1 se encontra a composição físico-química da farinha de algaroba, por SILVA et al. (2007).

Tabela I.1 - Composição físico-química da farinha de algaroba

Análises	g.100 g ⁻¹
Teor de água	6,8 ± 0,9
Açúcares totais	56,5 ± 0,4
Açúcares redutores	4,6 ± 0,3
Fibra alimentar total	7,2 ± 0,5
Proteínas	9,0 ± 1,5
Cinzas	3,6 ± 0,1
Extrato etéreo	2,1 ± 1,3
Taninos	0,3 ± 0,0

FIGUEIREDO et al. (2004), pesquisaram a composição da farinha da algaroba e verificaram que a concentração de fósforo, cálcio, magnésio e teor de proteína foi de 140 mg 100 g⁻¹, 410 mg 100 g⁻¹, 150 mg 100 g⁻¹ e 5,58 mg 100 g⁻¹, respectivamente. Esses autores também estudaram também a produção de expandidos à base de farinhas mistas de algaroba e arroz e de algaroba e milho e observaram, para misturas de farinhas de algaroba com arroz na proporção de 1:1 e de algaroba com milho na mesma proporção, processadas por extrusão, com o objetivo de elaborar expandidos de farinhas pré-gelatinizadas dessas misturas que tanto a qualidade tecnológica como a nutricional das farinhas dos extrusados obtidos indicam seu potencial de uso como cereal matinal ou como insumo na formulação de outros alimentos.

GRADOS et al. (2000) obtiveram ao estudar a farinha de algaroba granulometria abaixo de 0,15 mm; de acordo com os autores, esta granulometria é recomendada para ser usada em produtos panificáveis e de pastelaria.

I.2.2 Secagem

A secagem é uma das técnicas mais antigas de preservação de alimentos utilizadas pelo homem. O processo é simples e consiste na eliminação de água do produto por evaporação, com transferência de calor e massa (MELONI, 2003).

Além de ser utilizada como método de conservação, reduzindo a deterioração e perda do valor comercial, objetiva também o aprimoramento do alimento tendo-se, como consequência, a oferta de um novo produto no mercado, o que usualmente vem

motivando os investimentos de produção e beneficiamento agrícola, face aos benefícios monetários que derivam da transformação do produto (SOARES, 2001).

Segundo DIONELLO et al. (2007), o processo envolve custos e volumes menores de acondicionamento, armazenagem e transporte. Em alguns casos, a secagem apresenta a vantagem adicional de colocar ao alcance do consumidor uma variedade maior de produtos alimentícios que podem ser disponibilizados fora da safra, como é o caso das frutas secas (PARK et al., 2002).

A secagem tem a finalidade de eliminar um líquido volátil contido num corpo não volátil, através de evaporação. Portanto, a secagem de nosso interesse é caracterizada pela evaporação da água do material biológico. Durante a secagem é necessário um fornecimento de calor para evaporar o teor de água do material e também deve haver um sorvedor de água para remover o vapor água, formado a partir da superfície do material a ser secado (FIOREZE, 2004).

Este processo de fornecimento de calor da fonte quente para o material úmido, que promoverá a evaporação da água do material e em seguida a transferência de massa, arrastará o vapor formado. Do ponto de vista de fornecimento de calor, os mecanismos básicos de transferência de calor empregados indicam os possíveis equipamentos necessários (FIOREZE, 2004). Ao passo que a retirada do vapor de água formado na superfície do material é analisada do ponto de vista de movimento do fluido. Finalmente, as considerações sobre como a água é transportada do interior do sólido à superfície fundamentam as teorias existentes na secagem (PARK et al., 2007).

Em um produto biológico parte do líquido se encontra de forma relativamente livre, dentro de capilares, enquanto que parte se mantém dentro das células que, durante o processo, vão saindo lentamente por difusão da água através da membrana celular. A superfície do produto pode estar já bastante seca, enquanto que seu interior ainda se encontra com bastante água, causando uma tensão, passível de ocasionar rachaduras no produto, principalmente em grãos.

Neste processo, além das variáveis relacionadas com a mecânica dos fluidos, termodinâmica, velocidade de transferência, há de se levar em conta também as alterações físicas, químicas, bioquímicas e organolépticas que ocorrem no produto (FIOREZE, 2004).

Desta forma, ocorre uma transferência de calor do ar para o produto sob o efeito da diferença de temperatura existente entre eles. No mesmo instante, a diferença de pressão parcial do vapor de água existente entre o ar e a superfície do produto determina uma transferência de matéria (massa) para o ar, na forma de vapor de água (PARK et al., 2002).

Diversos produtos biológicos apresentam, quando estão sendo secados individualmente ou em camada delgada perda de água a uma taxa constante durante o período inicial de secagem, seguida de um período de secagem a taxa decrescente (Figura I.3).

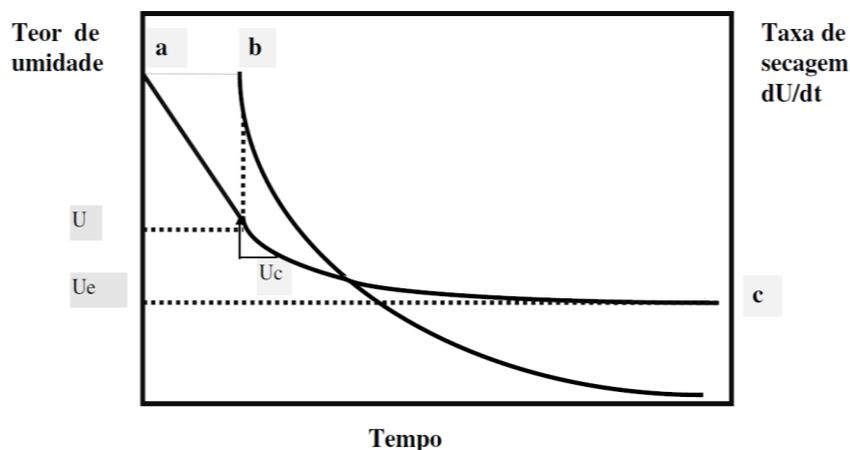


Figura I.3 - Comportamento da secagem de um produto biológico (ab = período de secagem a taxa constante, bc = período de secagem a taxa decrescente) (CAVALCANTI-MATA, 1997)

Segundo FIOREZE (2004), a remoção do teor de água ocorre até que um nível desejado seja alcançado de acordo com a destinação do produto, não implicando em sua remoção total; esta deflexão infere um aumento no tempo de conservação de produtos agropecuários, por reduzir a água disponível para os microrganismos e reações químicas, permitindo também seu transporte e armazenamento sem refrigeração ocorrendo, ainda, uma diminuição considerável nos custos de transporte e manuseio (ARÉVALO-PINEDO & MURR, 2005).

SILVA et al. (2012) estudaram a cinética de secagem dos grãos de algaroba adquiridos na cidade de Cabaçeiros-PB, utilizando temperaturas de 25, 35, 45 e 55°C,

com velocidade do ar de secagem de 1 m s^{-1} , concluindo que este processo ocorreu no período de taxa decrescente.

I.2.3 Cinética de secagem e modelagem matemática

De acordo com CANO-CHUCA et al. (2004), as curvas de secagem permitem prever o momento do processo em que se atinge o teor de água desejado e desta forma se obtém um produto de boa qualidade. VILELA & ARTUR (2008), ainda completam que as informações contidas nas curvas de secagem são de fundamental importância para o desenvolvimento de processos e para o dimensionamento de equipamentos: com elas, pode-se estimar o tempo de secagem de certa quantidade de produtos e, com o tempo necessário para a produção, estima-se o gasto energético que refletirá no custo de processamento e, por sua vez, influenciará no preço final do produto; no dimensionamento de equipamentos pode-se determinar as condições de operação para a secagem e, com isto, a seleção de trocadores de calor, ventiladores e outros.

As curvas de secagem em camada delgada variam com a espécie, variedade, condições ambientais, métodos de preparo pós-colheita, entre outros fatores. Neste sentido, diversos modelos matemáticos têm sido utilizados para descrever o processo de secagem de produtos agrícolas embora na maioria das vezes as relações semiempíricas e empíricas se venham mostrando como melhores opções para prever a secagem de grãos e sementes apesar de sua validade estar restrita às condições sob as quais os dados experimentais foram obtidos (BROOKER et al., 1992).

Segundo VILLAR (1999) as curvas de secagem em taxa decrescente podem ser côncavas, convexas ou se aproximar de uma linha reta, podendo apresentar um ponto de inflexão quando ocorre uma mudança na forma física do material como, por exemplo, quando se produz contração e ruptura e quando se forma uma película na superfície do material parcialmente seco.

De acordo com RESENDE et al. (2010), a modelagem matemática da cinética de secagem é fundamental para o desenvolvimento e o aperfeiçoamento de equipamentos utilizados para a dessecação de alimentos. Por outro lado, os estudos do sistema, como um todo (não só equipamento), o design, a otimização e sua viabilidade para aplicação

comercial, também podem ser obtidos por meio de simulações matemáticas (CORRÊA et al., 2006).

De acordo com as condições do processo, diferentes modelos podem ser ajustados para descrever adequadamente a cinética de secagem de produtos agrícolas (ALVES et al., 2013; DI SCALA & CRAPISTE, 2008; MARTINAZZO et al., 2007; PONTES et al., 2009). Os modelos matemáticos utilizados para a predição da cinética são classificados em três tipos: teóricos, semiteóricos e empíricos.

Muita ênfase se tem dado ao desenvolvimento de modelos empíricos que concorrem para que haja harmonia entre a teoria e a facilidade de uso. Tais modelos se baseiam, de modo geral, na Lei de Newton, para resfriamento aplicado à transferência de massa. Quando se aplica esta Lei presume-se que as condições sejam isotérmicas e que a resistência à transferência de umidade se restrinja apenas à superfície do produto (BROOKER et al., 1992). Entre os semiteóricos alguns dos mais utilizados são: Newton, Page, Henderson & Pabis, Logarítmico, Wang e Sing, Aproximação por difusão. Dentre os teóricos o modelo difusional de Fick (CRANK, 1975) é bastante utilizado na comparação de cinética de secagem de diferentes tratamentos (DI SCALA & CRAPISTE, 2008; PONTES et al., 2009; DOYMAZ, 2013; OLIVEIRA et al., 2006).

SILVA et al. (2012) estudaram a cinética de secagem dos grãos de algaroba em camada fina utilizando os modelos de Page, Exponencial de Dois termos, Newton e Cavalcanti Mata, concluindo que os modelos que melhor se ajustaram aos dados experimentais foram os de Dois termos e o de Cavalcanti Mata, com coeficiente de determinação superior a 99,8%.

I.3. MATERIAL E MÉTODOS

I.3.1 Local dos experimentos

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas da Universidade Federal de Campina Grande, na cidade de Campina Grande - PB.

I.3.2 Matéria-prima

Para a realização dos experimentos foi utilizada a algaroba madura [*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.] (Figura I.4), obtida na cidade de Serra Branca - PB, com teor de água inicial de aproximadamente 20% (b.u).



Figura I.4 – Algaroba utilizada na pesquisa (O AUTOR, 2014)

I.3.3 Recepção da matéria-prima

As amostras de algaroba foram recebidas em sacos de nylon e transportadas para o local dos experimentos onde foram embaladas com filme de polietileno e armazenadas em freezer horizontal, na temperatura de -50°C , visando à preservação de suas características para realização do estudo.

I.3.4 Limpeza e corte

Foi realizada a limpeza da algaroba com pulverização de água clorada a 30ppm; em seguida, ocorreu o enxague com água potável em temperatura ambiente e posterior

secagem (com papel toalha) permitindo, assim, eliminar da superfície sujeiras, tais como: terra, detritos ou impurezas de diversas espécies que viessem a prejudicar a qualidade do produto; posteriormente, a algaroba foi submetida ao corte manual com o intuito de padronizar o produto com aproximadamente 20 mm de comprimento.

I.3.5 Secagem

Experimentos foram realizados utilizando-se temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C, com velocidade do ar de secagem de 2 m s⁻¹, até peso constante. Esses parâmetros foram escolhidos em função do tipo de matéria-prima pois se trata de um produto biológico com componentes termossensíveis; como o objetivo foi de preservar o máximo de nutrientes, não foram utilizadas temperaturas acima de 80°C; temperaturas abaixo de 50°C não são indicadas para o estudo devido ao tempo de secagem muito elevado resultando, assim, em alto custo e gasto energético.

No processo de secagem foi utilizado um secador convectivo (Figura I.5) com leito fixo e fluxo ascendente de ar, dotado de um sistema de aquecimento elétrico de ar e convecção forçada. Na operação de secagem foram utilizadas cestas de alumínio medindo 150mm de comprimento e 200mm de largura, com capacidade de 50g, contendo vagens de algaroba dispostas em uma única camada delgada.

O secador e as resistências elétricas foram ligados até que a temperatura desejada para cada experimento fosse obtida; todo o ajuste das temperaturas foi realizado por um controlador de temperatura e uma sonda PT100. Foram realizadas, também, as medidas das velocidades do ar com auxílio do anemômetro e das temperaturas e umidade relativa do ar, com auxílio do termo-higrômetro.

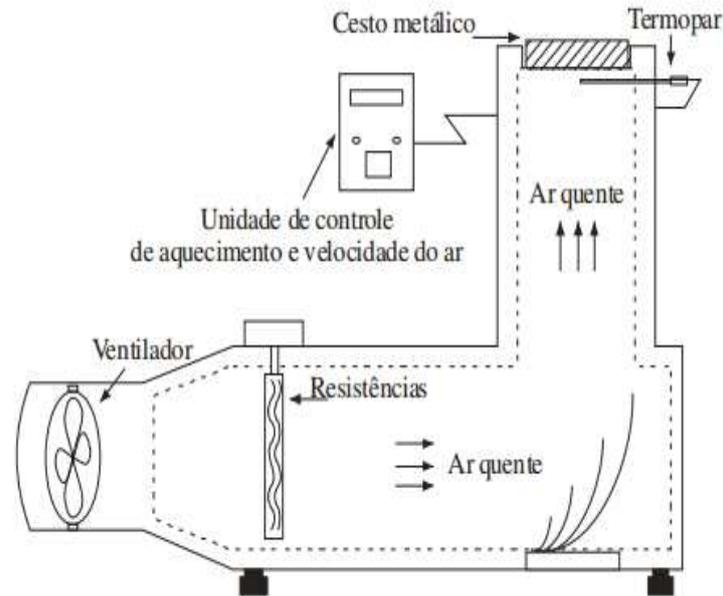


Figura I.5 – Secador convectivo utilizado na pesquisa (O AUTOR, 2014)

Para a determinação da cinética de secagem da algaroba foram realizadas pesagens das cestas com o produto em intervalos pré-determinados até peso constante; todos os experimentos foram realizados em triplicata; os dados experimentais foram expressos na forma de razão de teor de água, calculados pela Equação I.1. Os modelos matemáticos de Fick, Page, Cavalcanti Mata, Exponencial de Dois Termos e Henderson & Pabis, foram utilizados para ajuste aos dados experimentais e se encontram descritos na Tabela I.2. Esses modelos foram escolhidos por serem os mais recomendados por alguns autores (AKPINAR, 2006; CORZO et al., 2008; MIRANDA et al., 2009) para descrever a cinética de secagem de grãos e sementes. Os coeficientes dessas equações foram obtidos mediante ajuste das curvas de secagem aos dados experimentais utilizando-se o software computacional Statistica, versão 7.0.

$$RX = \frac{X_t - X_{eq}}{X_i - X_{eq}} \quad (I.1)$$

Em que:

RX – razão de teor de água, adimensional;

X_t – teor de água no instante t , base seca, bs;

X_{eq} – teor de água de equilíbrio, bs;

X_i – teor de água inicial, bs.

Tabela I.2 - Modelos matemáticos utilizados para cinética de secagem

Modelo	Equação	Referência
Fick	$RX = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left[-\frac{(2n+1)^2 \pi^2 D_{ef} t}{4L^2}\right]$	CRANK (1975)
Page	$RX = \exp(-Kt^n)$	PAGE (1949)
Cavalcanti-Mata	$RX = a_1 \exp(-bt^{a_2}) + a_3 \exp(-bt^{a_4}) + a_5$	CARVALHO (2007)
Henderson & Pabis	$RX = a \exp(-Kt)$	HENDERSON & PABIS (1961)
Exponencial de Dois termos	$RX = a \exp(-k_0 t) + b \exp(-k_1 t)$	HENDERSON (1974)

RX – razão de teor de água (adimensional); t – tempo de secagem (min); n , a , b , a_1 , a_2 , a_3 , a_4 e a_5 – constantes empíricas dos modelos de secagem; D_{ef} – difusividade efetiva ($m^2 s^{-1}$); L - metade da espessura da amostra (m); K , K_0 e K_1 – coeficientes empíricos dos modelos de secagem (s^{-1})

Para o cálculo da difusividade efetiva (D_{ef}) foi utilizada geometria de placa plana, com espessura da amostra de 6,5 mm utilizando-se o modelo de Fick, com primeiro termo da série.

Para tempos de secagem suficientemente longos, o primeiro termo da série da Equação de Fick ($n=0$) apresenta boa estimativa de solução e a Equação I.2 pode ser aplicada para o cálculo da difusividade efetiva.

$$RX = \frac{8}{\pi^2} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left[-\frac{(2n+1)^2 \pi^2 D_{ef} t}{4L^2}\right] \quad (I.2)$$

Linearizando a Equação 3.2 e se plotando o gráfico de $\ln(RX)$ em função do tempo, obtém-se a inclinação (K_0) de acordo com a Equação I.3. A partir da analogia das equações de Page, Cavalcanti Mata e Henderson & Pabis com a Equação de Fick, a difusividade efetiva também foi calculada a partir das Equações I.4 e I.5, para todas as condições de secagem.

$$K_0 = \frac{\pi^2 D_{ef}}{4L^2} \quad (I.3)$$

$$K = \frac{\pi^2 D_{ef}}{4L^2} \text{ (Page e Henderson \& Pabis);} \quad (\text{I.4})$$

$$b = \frac{\pi^2 D_{ef}}{4L^2} \text{ (Cavalcanti Mata)} \quad (\text{I.5})$$

Como critério para determinação do modelo que melhor representou os dados experimentais, foram utilizados coeficiente de determinação (R^2) e o desvio quadrático médio (DQM), descrito na Equação I.6.

$$\text{DQM} = \sqrt{\frac{\sum (RX_{\text{exp}} - RX_{\text{pred}})^2}{N}} \quad (\text{I.6})$$

Em que:

DQM - desvio quadrático médio;

RX_{pred} - razão de teor de água predito;

RX_{exp} - razão de teor de água experimental;

N - número de observações.

I.3.6 Armazenamento

Após o processo de secagem a algaroba foi embalada em filmes flexíveis de BOPP (polipropileno biorientado) e mantida a temperatura ambiente de $25^\circ\text{C} \pm 3,0^\circ\text{C}$.

I.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

I.4.1 Cinética de secagem e aplicação dos modelos matemáticos

Nas Figuras I.6 a I.10 se encontram as curvas obtidas pelo ajuste dos modelos de Fick, Page, Cavalcanti Mata, Exponencial de Dois Termos e Henderson & Pabis aos dados experimentais da secagem de algaroba, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C e nas Tabelas I3 a I7 estão os parâmetros estimados para os referidos modelos com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e desvios médios quadráticos.

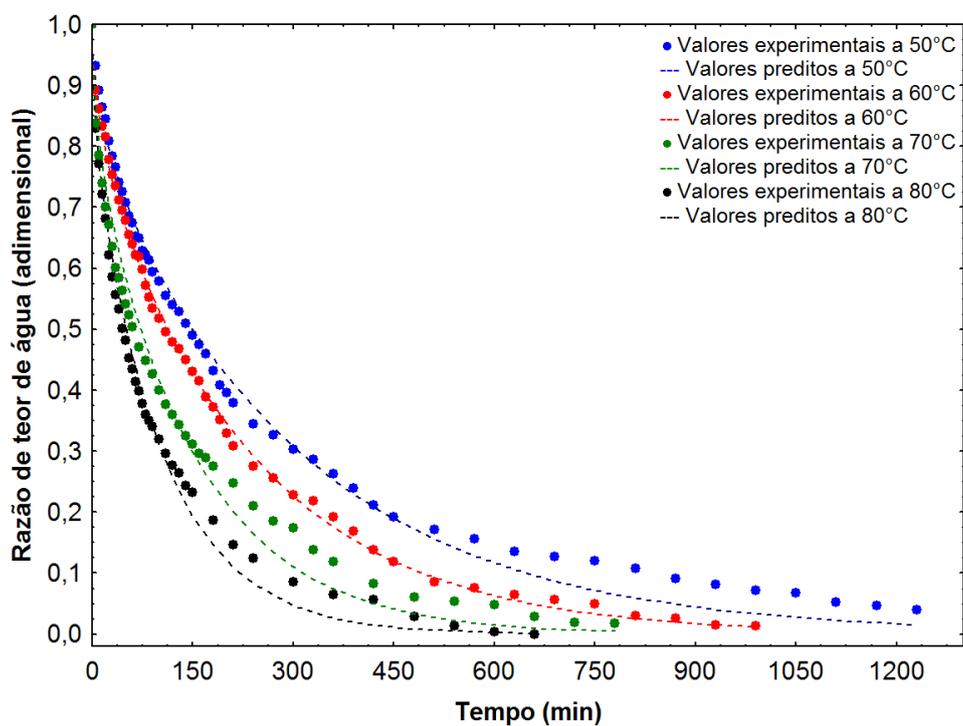


Figura I.6 - Curvas obtidas pelo ajuste do modelo de Fick aos dados experimentais da secagem da algaroba, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C

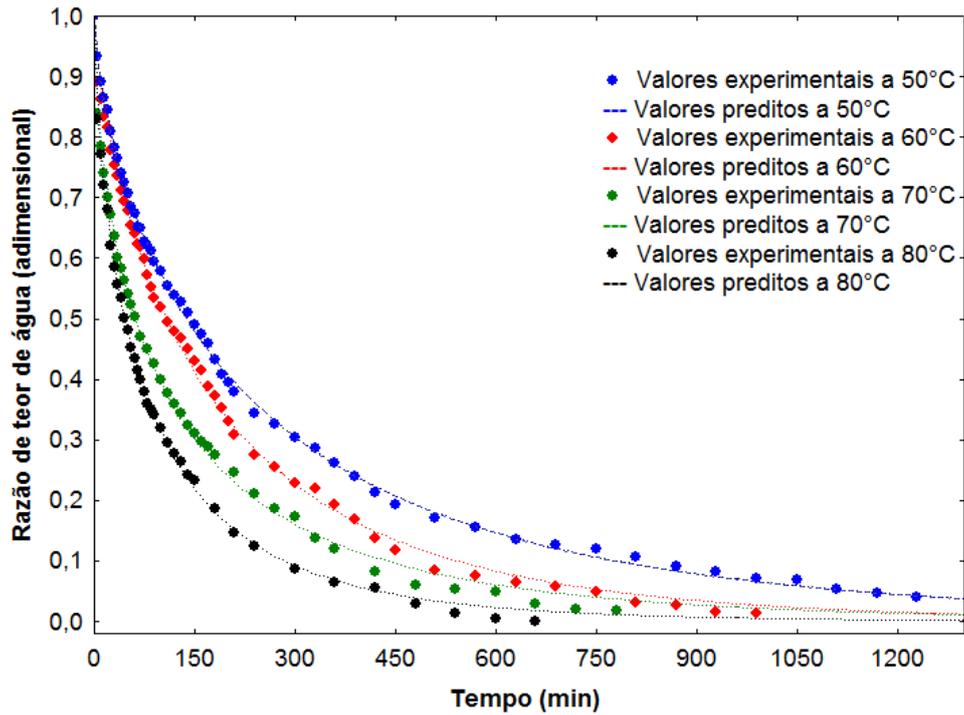


Figura I.7 – Curvas obtidas pelo ajuste do modelo de Page aos dados experimentais da secagem da algaroba, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C

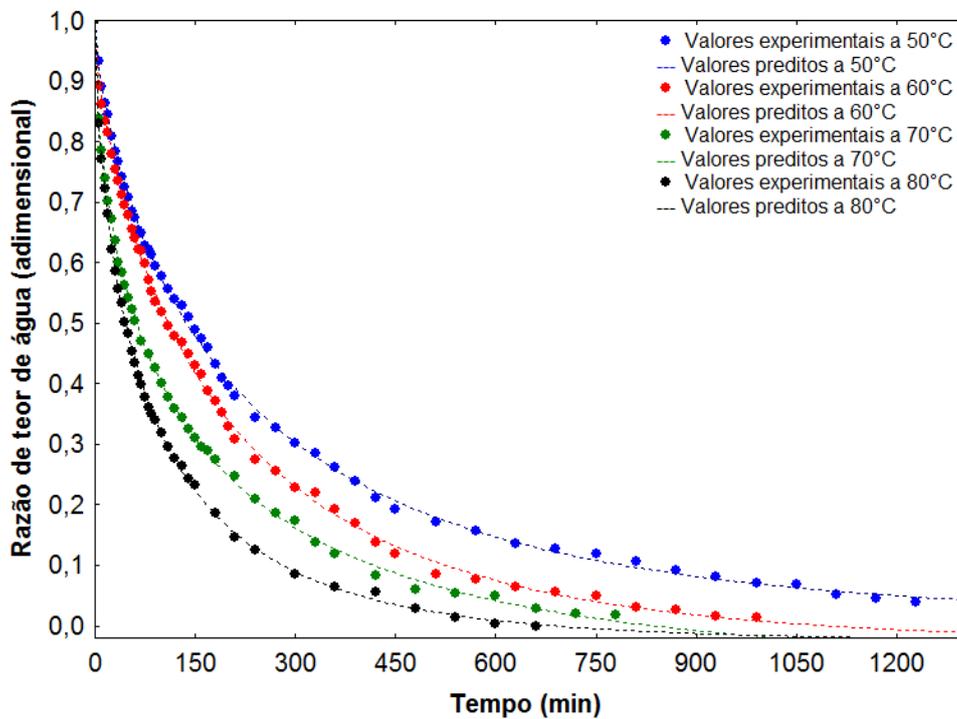


Figura I.8 - Curvas obtidas pelo ajuste do modelo de Cavalcanti Mata aos dados experimentais da secagem da algaroba, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C

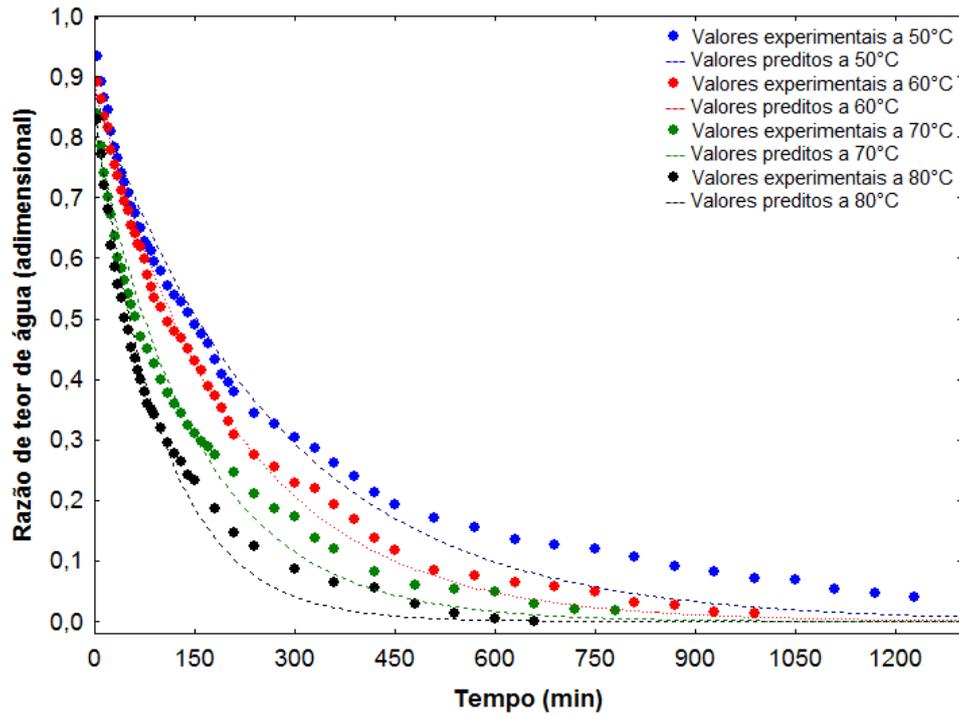


Figura I.9 - Curvas obtidas pelo ajuste do modelo de Henderson & Pabis aos dados experimentais da secagem da algaroba, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C

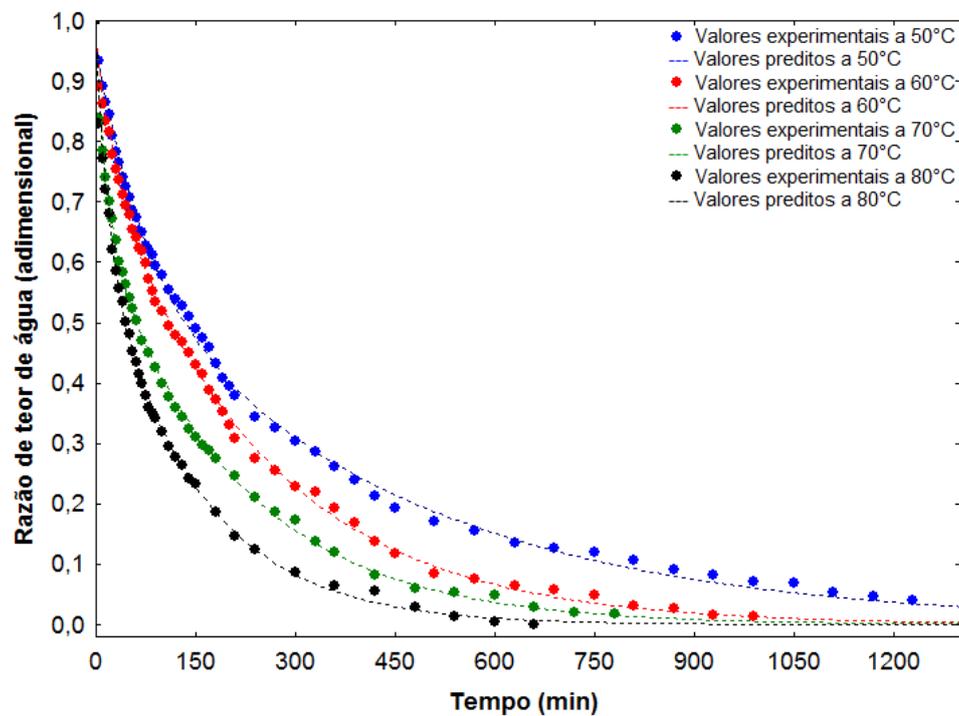


Figura I.10 - Curvas obtidas pelo ajuste do modelo Exponencial de Dois Termos aos dados experimentais da secagem da algaroba, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C

Tabela I.3 – Coeficientes obtidos pelo ajuste do modelo de Fick aos dados experimentais da secagem de algaroba, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C

Modelo de Fick					
$RX = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left[-\frac{(2n+1)^2 \pi^2 D_{ef} t}{4L^2}\right]$					
Temperatura (°C)	Parâmetros				
	L (m)	D_{ef} (m² s⁻¹)	K (s⁻¹)	R² (%)	DQM
50	0,0033	0,92 x 10 ⁻⁹	0,0019	99,24	0,0238
60	0,0033	1,22 x 10 ⁻⁹	0,0028	99,77	0,0133
70	0,0033	2,38 x 10 ⁻⁹	0,0054	99,48	0,0182
80	0,0033	2,87 x 10 ⁻⁹	0,0064	98,86	0,0268

Tabela I.4 – Coeficientes obtidos pelo ajuste do modelo de Page aos dados experimentais da secagem de algaroba, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C

Modelo de Page					
$RX = \exp(-Kt^n)$					
Temperatura (°C)	Parâmetros				
	K (s⁻¹)	n	D_{ef} (m² s⁻¹)	R² (%)	DQM
50	0,0022	0,6933	0,96 x 10 ⁻⁹	99,90	0,0084
60	0,0023	0,7434	1,03 x 10 ⁻⁹	99,78	0,0129
70	0,0055	0,6138	2,44 x 10 ⁻⁹	99,76	0,0123
80	0,0056	0,6565	2,49 x 10 ⁻⁹	99,88	0,0084

Tabela I.5 – Coeficientes obtidos pelo ajuste do modelo de Cavalcanti Mata aos dados experimentais da secagem de algaroba, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C

Modelo de Cavalcanti Mata									
$RX = a_1 \exp(-bt^{a_2}) + a_3 \exp(-bt^{a_4}) + a_5$									
Parâmetros									
Temperatura (°C)	a₁	b	a₂	a₃	a₄	a₅	D_{ef} (m ² s ⁻¹)	R² (%)	DQM
50	0,5064	0,0022	0,6861	0,4834	0,7282	-0,0075	0,95 x 10 ⁻⁹	99,92	0,0076
60	0,5048	0,0024	0,7432	0,5006	0,7433	-0,0285	1,04 x 10 ⁻⁹	99,88	0,0096
70	0,5337	0,0034	0,5652	0,5337	0,5652	-0,0703	1,51 x 10 ⁻⁹	99,94	0,0061
80	0,5124	0,0041	0,6316	0,5124	0,6316	-0,0252	1,81 x 10 ⁻⁹	99,94	0,0063

Tabela I.6 – Coeficientes obtidos pelo ajuste do modelo de Henderson & Pabis aos dados experimentais da secagem de algaroba, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C

Modelo de Henderson & Pabis					
$RX = a \exp(-Kt)$					
Temperatura (°C)	Parâmetros				
	a	K (s⁻¹)	D_{ef} (m² s⁻¹)	R² (%)	DQM
50	0,8732	0,0036	1,60 x 10 ⁻⁹	98,07	0,0381
60	0,8838	0,0049	2,10 x 10 ⁻⁹	99,13	0,0256
70	0,8118	0,0065	2,80 x 10 ⁻⁹	96,94	0,0441
80	0,8476	0,0071	3,14 x 10 ⁻⁹	97,53	0,0394

Tabela I.7 – Coeficientes obtidos pelo ajuste do modelo Exponencial de Dois Termos aos dados experimentais da secagem de algaroba, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C

Modelo Exponencial de Dois Termos						
$RX = a \text{Exp}(-k_0 t) + b \text{Exp}(-k_1 t)$						
Temperatura (°C)	Parâmetros					
	a	K₀	b	K₁	R² (%)	DQM
50	0,6118	0,0023	0,3479	0,0413	99,79	0,0124
60	0,1812	0,0036	0,7848	0,0442	99,84	0,0110
70	0,6550	0,0048	0,3129	0,0559	99,81	0,0111
80	0,3386	0,0054	0,6313	0,0679	99,81	0,0110

Analisando as Figuras I.6 a I.10, pode-se observar que durante a secagem da algaroba e à medida que a temperatura é elevada, ocorre maior remoção de água do produto, além da redução do tempo de secagem, permitindo que o produto atinja o teor de água de equilíbrio mais rápido, o que está de acordo com estudos de secagem realizados com diversos produtos: arroz (JIAO et al., 2014), folhas de menta (AYADI et al., 2014), sementes de abóbora (DIOGENES et al., 2013) e grãos de algaroba (SILVA et al., 2012).

Ainda analisando as Figuras I.6 a I.10 percebe-se que as secagens ocorreram no período de taxa decrescente; este fenômeno pode ser explicado pois no estudo da secagem de produtos agrícolas, especialmente grãos e sementes, sabe-se que esses produtos apresentam período de taxa constante de secagem muito pequeno ou inexistente, em razão da ocorrência de uma diferença entre o teor de água superficial e o do interior do produto. Isto se deve, basicamente, às diferentes velocidades de migração das moléculas de água do interior para a periferia do produto e de evaporação das moléculas de água da superfície; este fenômeno também foi observado no estudo de secagem de café (CORRÊA et al., 2010).

Percebe-se que a algaroba, com teor de água inicial de 20% (b.u), levou 1230, 990, 780 e 660 minutos para atingir o teor de água de equilíbrio: 7,0, 6,5, 6,0 e 5,5%

(b.u), quando submetida aos processos de secagens com temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C, respectivamente. Observa-se tendência nos valores do teor de água de equilíbrio em diminuir com o incremento da temperatura, fato que pode ser explicado pelo aumento da diferença de pressão parcial de vapor existente entre o ar de secagem e o produto, fazendo com que aumente a taxa de transferência de massa; este acréscimo de energia ao processo resulta em uma excitação maior das moléculas de água, aumentando a distância entre as mesmas e reduzindo suas forças de atração. Esse tipo de comportamento é típico de muitos produtos agrícolas e já foi observado no estudo da secagem de feijão (RESENDE et al., 2010).

O modelo Difusional (2ª Lei de Fick) foi ajustado aos dados experimentais utilizando-se o primeiro termo da série pois a partir desse termo coeficiente de difusão e ajuste das curvas apresentaram valores muito próximos.

Observa-se na Tabela I.3, que os valores do coeficiente de difusão da algaroba nas temperaturas de secagem de 50, 60, 70 e 80°C, variaram de 0,92 a $2,87 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$. Segundo MADAMBA (2003) os valores do coeficiente de difusão para materiais alimentícios se encontram dentro de uma faixa de 10^{-11} a $10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$. SOUZA et al. (2011) obtiveram, estudando a secagem de sementes de nabo forrageiro valores de coeficiente de difusão variando de $3,23 \times 10^{-11}$ a $10,42 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ para as temperaturas de 30 e 70 °C, respectivamente. SIQUEIRA et al. (2012) constataram, ao estudar a difusividade de grãos de pinhão-mansão, valores com magnitude de $9,24 \times 10^{-10}$ a $41,48 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ para as temperaturas de 45, 60, 75, 90 e 105 °C, respectivamente.

A difusividade é entendida como um fenômeno físico em que a água migra do centro para a superfície do material sendo este parâmetro bastante influenciado pela temperatura de secagem, como foi observado neste trabalho, em que: com o aumento da taxa de transferência de calor, ocasionada pela elevação da temperatura de secagem, percebeu-se um coeficiente maior de difusão da algaroba. FARIA et al. (2012) observaram o mesmo comportamento com o aumento do gradiente de temperatura, encontrando faixa de valores de coeficiente de difusividade de 0,181 a $2,90 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ para sementes de crambe, utilizando temperaturas de 30 a 70°C, com teor de água inicial de 22% (b.u). SANTOS et al. (2014) observaram, estudando a difusividade dos grãos residuais de urucum, o mesmo comportamento, encontrando faixa de valores de coeficiente de difusividade de 0,23 a $2,24 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$, utilizando temperaturas de 40 a 70°C e velocidade do ar de 1 m s^{-1} .

Percebe-se que o valor da difusividade na temperatura de secagem de 70°C é aproximadamente duas vezes o valor encontrado para a temperatura de 60°C; esta diferença numérica com a ordem de grandeza de 10^{-9} é justificável por se tratar de um material biológico, em que o fenômeno de secagem não pode ser generalizado uma vez que os mesmos possuem características intrínsecas que podem diferenciá-los entre si.

Na Tabela I.3 constata-se que o modelo de Fick se ajustou satisfatoriamente aos dados experimentais, apresentando coeficientes de determinação maiores que 98% e desvio médio quadrático menor que 0,03, com exceção da temperatura de 80°C cujo coeficiente de determinação foi de 98,86%. MORAIS et al. (2013) também relataram um bom ajuste do modelo de Fick aos dados experimentais da secagem de feijão caupi, nas temperaturas de 35, 45 e 55°C, obtendo um coeficiente de determinação maior que 99% e erro relativo médio menor que 2%, para todas as temperaturas.

Analisando a Tabela I.4, constata-se que os parâmetros “K” e “n” da equação de Page variaram de 0,0022 a 0,0056 e de 0,6138 a 0,7434, respectivamente para as temperaturas de 50 e 80°C e 70 e 60°C. Os valores da constante de secagem “K” apresentaram comportamento crescente com o aumento da temperatura de secagem. MADAMBA et al. (1996) e BABALIS & BELESSIOTIS (2004) consideram que a constante de secagem “K” pode ser utilizada como uma aproximação para caracterizar o efeito da temperatura do ar de secagem no produto e está relacionada à difusividade efetiva no processo de secagem no período decrescente e à difusão líquida que controla o processo. Neste trabalho observa-se que a constante de secagem “K” obtida nas quatro temperaturas para o modelo de Page tem comportamento similar ao coeficiente de difusão encontrado quando aplicado o modelo de Fick.

Observa-se, na Tabela I.4, que existe aumento da constante de secagem obtida na temperatura de 70°C, aproximadamente duas vezes ao valor obtido na secagem com temperatura de 60°C, explicada em função da heterogeneidade do material biológico; outra explicação pode ser dada pela própria energia que envolve a temperatura de 70°C, em que para esta energia existe uma transferência maior entre a pressão parcial de vapor de água da algaroba e do ar de secagem, decorrente de quebras de barreiras estruturais da composição heterogênea do produto.

Analisando ainda a Tabela I.4, percebe-se que o modelo de Page se ajustou satisfatoriamente aos dados experimentais apresentando coeficientes de determinação

variando de 99,76% (70°C) a 99,90% (50°C) e desvio médio quadrático menor que 0,04 para todas as temperaturas.

Na literatura se constata que o modelo de Page é bastante utilizado com sucesso na descrição da cinética de secagem de vários produtos agrícolas visto que diversos autores, entre eles JIAO et al. (2014) também observaram, estudando a cinética de secagem do arroz nas temperaturas de secagem de 70, 80 e 90°C, com velocidade do ar de 1 m s^{-1} , que este modelo expressa satisfatoriamente o fenômeno da secagem, obtendo coeficiente de determinação acima de 99% e desvio médio quadrático menor que 0,05. OLIVEIRA et al. (2012) também relataram bom ajuste do modelo de Page aos dados experimentais da secagem de milho nas temperaturas de 40, 55, 70, 85 e 100°C, obtendo um coeficiente de determinação maior que 99% e erro relativo médio menor que 0,7% para todas as temperaturas.

Percebe-se, na Tabela I.5, que o parâmetro “b” da equação de Cavalcanti Mata variou de 0,0022 a 0,0041. Os valores dessa constante apresentaram comportamento crescente com o aumento da temperatura de secagem. SILVA et al. (2012) observaram o mesmo comportamento do parâmetro “b”, aplicando o modelo de Cavalcanti Mata aos dados experimentais da secagem dos grãos de algaroba, nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70°C. Os parâmetros “a1”, “a2”, “a3”, “a4” e “a5”, utilizados para ajustes matemáticos apresentaram, de maneira geral, comportamento aleatório; contudo, o modelo de Cavalcanti Mata representa os dados experimentais na ordem superior a 99% (coeficientes de determinação) e seus desvios médio quadráticos são menores que 0,01, para todas as temperaturas.

Na equação de Cavalcanti-Mata o valor do parâmetro “b” também representa a difusividade efetiva de vez que a equação deriva do modelo de Fick para 2 termos da série com correção no tempo por meio dos coeficientes potenciais a_2 e a_4 . Há que se indagar qual das difusividades efetivas deve ser considerada ou estaria correta. Nota-se que todos os coeficientes estão na mesma ordem de grandeza. Observa-se, ainda, que no modelo de Cavalcanti-Mata os dados de difusividade são mais coerentes pois não se constata existir valores que sejam o dobro uns dos outros em função da temperatura de secagem existindo uma proporcionalidade entre esses valores, como se observa nas equidistâncias entre as curvas de secagem.

Analisando a Tabela I.6, constata-se que a constante de secagem “K” do modelo de Henderson & Pabis variou de 0,0036 a 0,0071, cujo comportamento foi crescente com a elevação da temperatura de secagem. Este comportamento se assemelha ao observado por GUINÉ (2011), em que os valores do coeficiente “K” aumentaram com a variação da temperatura de 30°C para 70 °C, em estudo com sementes de abóbora.

O parâmetro “a” do modelo de Henderson & Pabis, no caso da vagem de algaroba, variou de 0,8118 a 0,8838 entre as temperaturas de secagem de 50 e 80°C, constatando-se um comportamento aleatório. LOZANO et al. (2013) encontraram, estudando a cinética de secagem de sementes de pomelo, com temperaturas de secagem de 40, 50, 60 e 70°C e velocidade do ar de 0,6, 1 e 1,4 m s⁻¹, valores para o parâmetro “a” variando de 0,849 a 0,882.

Na Tabela I.6, se constata que o modelo de Henderson & Pabis não se ajustou satisfatoriamente aos dados experimentais, apresentando coeficientes de determinação maiores que 96% e desvio médio quadrático menor que 0,05 para todas as temperaturas. SOUZA et al. (2011) relataram bom ajuste do modelo de Henderson & Pabis aos dados experimentais da secagem do nabo forrageiro, nas temperaturas de 50, 60 e 70°C e obtiveram coeficiente de determinação maior que 97% e erro relativo médio menor que 0,7% para todas as temperaturas.

Observa-se, na Tabela I.7, que os parâmetros “K₀” e “K₁” do modelo Exponencial de Dois Termos aumentaram quando a temperatura de secagem aumentou de 50 para 80°C; os parâmetros “a” e “b” do mesmo modelo tiveram comportamento aleatório para todas as temperaturas de secagem da algaroba. SILVA et al. (2012), encontraram valores de “a” e “K₁” aumentando com a temperatura de secagem, estudando a cinética de secagem dos grãos de algaroba.

Na Tabela I.7, se observa que o modelo Exponencial de Dois termos se ajustou satisfatoriamente aos dados experimentais apresentando coeficientes de determinação maiores que 99% e desvio médio quadrático menor que 0,02, para todas as temperaturas. CORRÊA et al. (2011) verificaram, estudando secagem de milho em espiga, nas temperaturas de 45, 55 e 65°C, bom ajuste do modelo Exponencial de Dois termos aos dados experimentais obtendo um coeficiente de determinação maior que 99% e erro relativo médio menor que 3%, para todas as temperaturas. MORAIS et al.

(2013) também relataram um bom ajuste do modelo Exponencial de Dois termos aos dados experimentais da secagem de feijão caupi, nas temperaturas de 25, 35, 45 e 55°C, obtendo um coeficiente de determinação maior que 99% e erro relativo médio menor que 1% para todas as temperaturas.

I.5. CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos sobre a secagem de algaroba, conclui-se que:

- A secagem de algaroba ocorreu durante o período de taxa decrescente e com o aumento da temperatura de secagem ocorreu diminuição do tempo total de processo, atingindo o teor de água de equilíbrio mais rápido, que variou de 7,0 a 5,5%, para temperaturas de 50 e 80°C, respectivamente;
- O coeficiente de difusão, calculado a partir do modelo de Fick, aumentou com a elevação da temperatura de secagem de 50 para 80°C, com valores respectivos de 0,92 a $2,87 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$;
- Os modelos matemáticos: teórico (Fick) e semiteóricos (Page e Cavalcanti Mata), representam satisfatoriamente os dados experimentais da secagem de algaroba com temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C, apresentando coeficientes de determinação maiores que 99% e desvio médio quadrático menor que 0,05, com exceção para o modelo de Fick a temperatura de 80°C, em que o coeficiente de determinação foi de 98,86%;
- O modelo empírico Exponencial de Dois Termos também proporcionou bom ajuste aos dados experimentais apresentando coeficientes de determinação maiores que 99% e desvio médio quadrático menor que 0,05;
- Dos modelos estudados, o modelo de Henderson & Pabis foi o apresentou os menores coeficientes de determinação variando entre 96,94% (70°C) a 99,13% (60°C).

I.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo da secagem de algaroba contribui com o aprimoramento da secagem de matéria-prima pouco utilizada na alimentação humana, com vistas à melhoria da qualidade do produto final e desenvolvimento de novos produtos mediante a investigação de parâmetros importantes no processo, tais como: variedade da algaroba, temperatura de secagem, tempo de secagem, tipo de corte do produto e teor de água de equilíbrio.

I.6.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Verificar o comportamento estrutural da algaroba com microscópio eletrônico de varredura, após o processo de secagem;
- Estudar a cinética de secagem da algaroba utilizando diferentes dimensões e modelos matemáticos.

I.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGHBASHLO, M.; KIANMEHR, M.H.; SAMIMI-AKHJAHANI, H. Influence of drying conditions on the effective moisture diffusivity, energy of activation and energy consumption during the thin-layer drying of beriberi fruit (Berberidaceae). **Energy Conversion and Management**, v.49, n.10, p.2865-2871, 2008.

ALVES, G. E.; ISQUIERDO, E.P.; BORÉM, F. M.; SIQUEIRA, V. C.; OLIVEIRA, P. D.; ANDRADE, E. T. Cinética de secagem de café natural para diferentes temperaturas e baixa umidade relativa. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 2, p.238-247, abr./jun. 2013.

AKPINAR, E. K. Determination of suitable thin layer drying curve model for some vegetables and fruits. **Journal of Food Engineering**, v.73, n.1, p.75-84, 2006.

ARGYROPOULOS, D.; MULLER, J. Effect of convective drying on quality of lemon balm (*melissa officinalis* L.). **Procedia Food Science**, Oxfor, v.1, p.1932-1939, 2011.

ARÉVALO-PINEDO, A.; MURR, F. E. X. Influência da pressão, temperatura e pré-tratamentos na secagem a vácuo de cenoura e abóbora. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 636-643, 2005.

AYADI, M.; MABROUK, S.B.; ZOUARI, I.; BELLAGI, A. Kinetic study of the convective drying of spearmint. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v.13, n.1, p. 1-7, 2014.

BABALIS, S. J.; BELESSIOTIS, V. G. Influence of the drying conditions on the drying constants and moisture diffusivity during the thin-layer drying of figs. **Journal of Food Engineering**, v.65, n.3, p.449-458, 2004.

BAHLOUL, N.; BOUDHRIOUA, N.; KECHAOU, N. Moisture desorption-adsorption isotherms and isosteric heats of sorption of Tunisian olive leaves (*Olea europea* L). **Industrial Crops and Products**, St Martin d'Herès, v. 28, n.2, p. 162-176, 2008.

BASTOS, D.H.M.; ROGERO, M.M.; AREAS, J.A.G. Mecanismos de ação de compostos bioativos dos alimentos no contexto de processos inflamatórios relacionados à obesidade. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 53, n. 5, 2009.

BECKER, R.; GROSJEAN, O. K. A compositional study of pods of two varieties of mesquite (*P. glandulosa*; *P. velutina*). **Journal Agriculture Food Chemistry**, v. 28, n.1, p. 22-25, 1980.

BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. **Drying and storage of grains and oil seeds**. Westport: The Avi Publishing Company, 1992. 450p.

CANO-CHAUCA, M.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C.; MARQUES, J. A.; SILVA, P.I. Curvas de Secagem e avaliação da atividade de água da banana passa. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v.22, n.1, p.121-132, 2004.

CARVALHO, C. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; FREITAS, J. C. O; PAIVA, K. M. R.; GONDIM, M. M. S. Secagem da polpa formulada de umbu-cajá. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36, 2007, Bonito, **Anais...**, Bonito-MS: SBEA, 2007. CD Rom.

CAVALCANTI MATA, M. E. R. M. **Efeitos da secagem em altas temperaturas por curtos períodos de tempo, em camada estacionária, sobre a armazenabilidade de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), variedade “carioca”: Avaliação experimental, modelagem e simulação**. 1997. 229 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

CHOGE, S.K.; PASIECZNIK, N.M.; HARVEY, M.; WRIGTH, J.; AWAN, S.Z.; HARRIS, P.J.C. Prosopis pods as human food, with special reference to Kenya. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE NUTRITIONAL VALUE AND WATER USE OF INDIGENOUS CROPS FOR IMPROVED LIVELIHOODS HELD, v.33, 2006. **Proceedings...**South Africa: Pretoria. v. 33. n.3. 2007. p.1816-7950.

CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; MARTINAZZO, A. P.; GONELI, A. L. D.; BOTELHO, F. M. Modelagem matemática para descrição do processo de secagem do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em camadas delgadas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.501-510, 2007.

CORRÊA, P.C.; OLIVEIRA, G.H.H.; BOTELHO, F.M.; GONELI, A.L.D.; CARVALHO, F.M. Modelagem matemática e determinação das propriedades termodinâmicas do café (*Coffea arabica* L.) durante o processo de secagem. **Revista Ceres**, v. 57, n.5, p.595-601, 2010.

CORRÊA, P.C; BOTELHO, F.M.; OLIVEIRA, G.H.H, GONELI, A.L.D, RESENDE, O.; CAMPOS, S.C. Mathematical modeling of the drying processo of corn ears. **Acta Scientiarum**, Maringá. v.33, n.4, p. 575-581, 2011.

CORZO, O., BRACHO, N., PEREIRA, A., VÁSQUEZ, A. Weibull distribution for modeling air drying of coroba slices. **LWT - Food Science and Technology**, v.41, n.10, p.2023 a 2028, 2008.

CRANK, J. **The mathematics of diffusion**. 2. ed. Oxford: Clarendon Press, 1975.

DELL VALLE, F. R. et al. **Preparation of mesquite (*Prosopis ssp.*) pod Enlanced Protein Produced Fiber Fraction**. [s.l.: s.n.], 1985.

DINANI, S.T.; HAMDAMI, N.; SHAHEDI, M.; HAVET, M. Mathematical modeling of hot air/electrohydrodynamic (EHD) drying kinetics of mushroom slices. **Energy Conversion and Management**, v.76, p.70 – 80, 2014.

DIOGENES, A.M.G.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREDO, R. M. F.; SANTOS, D. C. Cinética de secagem de grãos de abóbora. **Revista Caatinga**, v.26, n.1, p.71-80, 2013.

DIONELLO, R. G.; BERBERT, P. A.; MOLINA, M. A. B.; VIANA, A. P.; CARLESSO, V.O.; QUEIROZ, V. A. V. Desidratação por imersão-impregnação de abacaxi em soluções de sacarose e em xarope de açúcar invertido. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, SP, v. 27, n. 4, p. 701-709, 2007.

DI SCALA, K.; CRAPISTE, G. Drying kinetics and quality changes during drying of red pepper. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, London, v. 41, n. 5, p. 789-795, Jun. 2008.

DOYMAZ, I.; ISMAIL, O. Drying characteristics of sweet cherry. **Food and Bioproducts Processing**. v.89, n.1, p.31-38, 2007.

DOYMAZ, Í. Experimental study on drying of pear slices in a convective dryer. **International Journal of Food Science & Technology**, Oxford, v. 48, n. 9, p. 1909-1915, Sept. 2013.

ESFAHANI, J.A.; MAJDI, H.; BARATI, E. Analytical two-dimensional analysis of the transport phenomena occurring during convective drying: Apple slices. **Journal of Food Engineering**, v.123, n.1, p.87 – 93, 2014.

FARIA, R. Q.; TEIXEIRA, I. R.; DEVILLA, I. A.; ASCHERI, D. P. R.; RESENDE, O. Cinética de secagem de sementes de crambe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.5, p.573-583, 2012.

FARIA, L.J.G. **Análise experimental do processo de secagem de urucum (Bixa orellana L.) em leito fixo**. 1998. 200f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

FELKER, P.; BANDURSKI, R. Protein and aminoacid of tice legume seeds. **Journal Science Food Agriculture**, v. 28, p. 791, 1977.

FIGUEIREDO, A.A.; ASCHERI, J.L.R.; CARVALHO, C.W. Produção de expandidos à base de farinha mista de algaroba e arroz e de algaroba e milho, 19, 2004, Recife. In: CONGRESSO BRASIELIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, **Anais...**Recife: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2004. CD-Rom.

FIGUEIREDO, R. **Princípios de secagem de produtos biológicos**. João Pessoa: Editora Universitária / UFPB, 2004. 229p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **El estado de inseguridad alimentaria en el mundo: La erradicación del hambre en el mundo**. Itália: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2006. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso em: 21 maio 2013.

FREIRE, S. Engenheiro desenvolve aguardente de árvore do semi-árido. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 13 Jan. 2004. Agrofolha, 12f.

GAMBOA-SANTOS, J.; MONTILLA, A.; CARCEL, J.A.; VILLAMIEL, M.; GARCIA-PEREZ, J. Air-borne ultrasound application in the convective drying of strawberry. **Journal of Food Engineering**, v.128, n.9, p.132 – 139, 2014.

GRADOS, N.Y.G. CRUZ, **La Algarroba: perspectivas de utilización industrial**. Serie de Química. Universidad de Piura, Piura, Peru, 2000. 2: 22f. (Série de Química).

GUINÉ, R.P.F.; PINHO, S.; BARROCA, M.J. Study of the convective drying of pumpkin (*Cucurbita maxima*). **Food and Bioproducts Processing**, v.89, n.4, p. 422 – 428, 2011.

HENDERSON, S. M. Progress in developing the thin layerdrying equation. **Transactions of the ASAE**, v. 17, p. 1167-1168, 1974.

HENDERSON, S. M.; PABIS, S. Grain drying theory: temperature effect on drying coefficient. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 6, p. 169-174, 1961.

HOFISKY, V. A.; SILVA, F. L. H.; GOMES, J. P.; SILVA, O. S.; CARVALHO, J. P. D.; LIMA, E. E., Cinética de secagem do resíduo de abacaxi enriquecido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.6, p.640-646, 2013.

KASHANINEJAD, M. et al. Thin-layer drying characteristics and modeling of pistachio nuts. **Journal of Food Engineering**, Londres, v. 78, n. 1, p. 98-108, 2007.

JIAO, A.; XU, X.; JIN, Z. Modelling of dehydration–rehydration of instant rice incombed microwave-hot air drying. **Food and Bioproducts Processing**, v.92, n.3, p.259 –265, 2014.

LIMA, L.R.; MARCONDES, A.A. **Álcool carburante: Uma estratégia brasileira**. Curitiba: Editora UFPR, 248p. 2002.

LUNA, J. V. U.; RAMOS JR, D. S. Banco de germoplasma de fruteiras nativas e exóticas. **Bahia Agrícola**, Salvador: Seagri, v.7, n.1, 2005.

LOZANO-CANTU, D.; VIGANO, J.; LASSMAN, A.A, VALLEJO-CANTU, N.A, ROMERO, J.T. Sorption isotherms and drying kinetics of grapefruit seeds. **Acta Scientiarum**, Maringá. v.35, n.4, p. 717-723, 2013.

MACHADO, R. L. P.; FIGUEIREDO, A. A. **Formulação, composição e características da bebida preparada com extrato aquoso (polpa) das vagens de algarobeira (*Prosopis juliflora*)**, Ceará: [s.n.], 2000.

MADAMBA, P. S. Thin layer drying models for osmotically pré-dried young coconut. **Drying technology**, v.21, n.9, p.1759-1780, 2003.

MADAMBA, P. S.; DRISCOLL, R. H.; BUCKLE, K. A. The thin layer drying characteristic of garlic slices. **Journal of Food Engineering**, v.29, n.1 p.75-97, 1996.

MARTINAZZO, A. P.; CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; MELO, E. C. Análise e descrição matemática da cinética de secagem de folhas de capim-limão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 301-306, jun. 2007.

MELONI, P. L. S. Desidratação de frutas e hortaliças. Fortaleza: **Instituto Frutal**, p. 87, 2003.

MIRANDA, M.; MAUREIRA, H.; RODRIGUEZ, K.; VEJA-GALVEZ, A. Influence of temperature on the drying kinetics, physicochemical properties, and antioxidant capacity of Aloe Vera (*Aloe Barbadensis* Miller) gel. **Journal of Food Engineering**, v.91, n.2, p.297 – 304, 2009.

MORAIS, S. J. S.; DEVILLA, I. A.; FERREIRA, D. A.; TEIXEIRA, I. R. Modelagem matemática das curvas de secagem e coeficiente de difusão de grãos de feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.3, p.455-463, 2013.

MUNIZ, M.B **Processamento das vagens de algaroba (*Prosopis juliflora*) para produção de bioprodutos**. 2009. 145f. Tese (Doutorado) – Engenharia de Processos, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

OLIVEIRA, R. A.; OLIVEIRA, W. P.; PARK, K. J. Determinação da difusividade efetiva de raiz de chicória. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 181-189, jan./abr. 2006.

OLIVEIRA, D. E. C.; RESENDE, O.; SMANIOTTO, T. A. S.; CAMPOS, R. C.; CHAVES, T. N. Cinética de secagem dos grãos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 11, n. 2, p. 190-201, 2012.

OLIVEIRA, J.P.F.; BARRETO, M.J.L.; LIMA JUNIOR, D.M. Algarobeira (*Prosopis*

juliflora): Uma alternativa para alimentação de ovinos no nordeste brasileiro, **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil) v.5, n.2, p. 01 – 04. Abr./jun. 2010.

PAGE, G. E. **Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin layers**. West Lafayette: Purdue University, 1949.

PARK, K. J.; VOHNIKOVA, Z.; BROD, F. P. R. Evaluation of drying parameters and desorption isotherms of garden mint leaves (*Mentha crispa* L.). **Journal of Food Engineering**. Oxford, v. 51, n. 3, p. 193-199, 2002.

PARK, K. J.; COLATO, A.; OLIVEIRA, R. A. Conceitos de processos e equipamentos de secagem. Campinas, v. 1, 2007.

PONTES, S. F. O. et al. Determinação das curvas de secagem em camada delgada de pimenta de cheiro (*capsicum chinense*) a diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 11, n. 2, p. 143-148, 2009.

RESENDE, O.; CORRÊA, P.C.; GONELI, A. L. D.; BOTELHO, F. M.; RODRIGUES, S. Modelagem matemática do processo de secagem de duas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 17-26, 2008.

RESENDE, O.; FERREIRA, L.U.; ALMEIDA, D.P. Modelagem Matemática para descrição da cinética de secagem do feijão adzuki (*Vigna angularis*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 171-178, 2010.

RIBASKI, J.; DRUMOND, M.A.; OLIVEIRA, V.R.; NASCIMENTO, C.E.S. Algaroba (*Prosopis juliflora*): Árvore de uso múltiplo para a região semiárida brasileira. **Colombo, PR**, 2009. (COMUNICADO TÉCNICO, 240).

SANTOS, D.C; QUEIROZ, A.J.M.; FIGUEIREDO, R.M.F, OLIVEIRA, E.N.A. Difusividade efetiva e energia de ativação em farinhas de grãos residuais de urucum. **Comunicata Scientiae**. v.5, n.1, p. 75-82, 2014.

SILVA, S; AZEVEDO, A. R. Algarobeira perguntas e respostas: BN/UFC. In: I CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO DE ANIMAL, 1998, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 1998. p. 103.

SILVA, C.G.; CAVALCANTI-MATA, M.E.R.M.; BRAGA, M.E.D.; QUEIROZ, V.S. Extração e Fermentação do Caldo de Algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) DC) para obtenção de aguardente. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.5, n.1, p. 51-56, 2003.

SILVA, C.G.M. **Processo biotecnológico para conversão de algaroba** (*Prosopis juliflora* Sw D.C.) **em etanol**. Tese (Doutorado em Nutrição). 2007, 104f. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2007.

SILVA, C.G.; CAVALCANTI-MATA, M.E.R.M.; BRAGA, M.E.D.; QUEIROZ, V.S. Extração e Fermentação do Caldo de Algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) DC) para obtenção de aguardente. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 5, n.1, p. 51-56, 2003.

SILVA, L. A.; CAVALCANTI-MATA, M.E.R.M.; DUARTE, M.E.M.; ALMEIDA, R.D., AZEVEDO, H.F. Cinética de secagem dos grãos de algaroba. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 14, n. especial 1, p. 535-542, 2012.

SIQUEIRA, V.C.; RESENDE, O.; CHAVES, T.H. Difusividade efetiva de grãos e frutos de pinhão-manso. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. suplemento 1, p. 2919-2930, 2012.

SOARES, E.C.; OLIVEIRA, G. S. F.; MAIA, G. A.; MONTEIRO, J. C. S.; Silva, A. Jr.; FILHO, M. S. S. Desidratação da polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) pelo processo “Foam-mat”. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 2, p. 164-170, 2001.

SOUZA, K.A.; RESENDE, O; CHAVES, T. H.; COSTA, L. M. Cinética de secagem do nabo forrageiro (*Raphanus sativus*). **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 883-892, 2011.

STEIN, R. B. S.; TOLEDO, L. R. A.; ALMEIDA, F. Q. et al.; Uso do farelo de vagem de algaroba (*Prosopis juliflora* (Swartz) D.C.) em dietas para equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.4, p.1240-1247, 2005.

VILELA, C. A. A.; ARTUR, P. O. Secagem do açafrão (*Curcuma longa* L.) em diferentes cortes geométricos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, n.2, p. 387-394, 2008.

**DESENVOLVIMENTO DE BISCOITO ENRIQUECIDO COM FARINHA DE
ALGAROBA: AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA, SENSORIAL
E ARMAZENABILIDADE**

CAPÍTULO II

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE FARINHA
DE ALGAROBA**

II. RESUMO

O trigo vem sendo um dos campeões de importação da balança comercial brasileira; portanto, a busca por matérias-primas alternativas ao trigo se torna cada vez mais necessária para utilização na indústria de panificação. Em função desses aspectos o objetivo deste trabalho foi desenvolver e determinar as características granulométricas, morfológicas, reológicas (teor de glúten, farinografia, alveografia, amilografia) físico-químicas (teor de água, cinzas, proteínas, lipídios, açúcares, fibras) e minerais (cálcio, ferro e fósforo) da farinha de algaroba. Foram desenvolvidos biscoitos utilizando-se quatro tipos de farinha produzidas com algarobas secadas a 50, 60, 70 e 80°C. Foram utilizados julgadores para determinar qual o atributo sensorial seria o mais importante para a compra de biscoitos e em seguida foi realizada uma análise sensorial para verificar se a temperatura de secagem da algaroba teria influência neste atributo. A farinha utilizada na elaboração do biscoito com maior aceitação foi submetida à caracterização granulométrica, morfológica, reológica, físico-química e determinação dos minerais. Conclui-se que o atributo sabor foi considerado o mais relevante para compra de biscoitos. Os biscoitos elaborados com farinha produzida com algaroba secada a 60°C tiveram maior aceitação. A farinha de algaroba apresentou granulometria indicada para a produção de produtos de panificação (pães, biscoitos, bolos). Não foi possível descrever uma geometria exata para as partículas de farinha de algaroba. A caracterização reológica indicou que a farinha de algaroba tem perfil de farinha com quantitativo de força baixo, ou seja, pode ser utilizada na produção de biscoitos. A farinha de algaroba apresentou concentração de fibras (15,10 g 100g⁻¹), proteínas (9,12 g 100g⁻¹), cálcio (650,75 mg 100g⁻¹) e fósforo (879,12 mg 100g⁻¹). A farinha de algaroba pode ser utilizada como matéria-prima na indústria de panificação devido à sua qualidade nutricional, granulometria e características reológicas.

Palavras-chave: *Prosopis juliflora*, granulometria, morfologia, reologia

II. ABSTRACT

The wheat has been one of import champions of the Brazilian trade balance, therefore, the search for alternative raw materials to wheat becomes increasingly necessary for use in the baking industry. With these aspects, the objective of this study was to develop and determine the particle size distribution, morphological, rheological, physico-chemical and minerals composition of mesquite flour. Cookies were developed using four types of mesquite flour produced with different drying temperatures: 50, 60, 70 and 80 °C. Evaluators were used to determine what sensory attribute would be more important to purchase cookies, and then a sensory analysis was performed to verify if the drying temperature would influence that attribute. Afterwards, the flour used in preparing the cookie with greater acceptance, was characterized for its size grain, morphological, rheological, physical chemistry and determination of minerals. It was observed that the flavor attribute was considered the most important to buy cookies. Therefore, cookies produced with dried flour mesquite at 60 ° C had a higher acceptance. Mesquite flour particles, while not presenting an exact geometry, showed a suitable size for the production of bakery products. The rheological characterization indicated that mesquite flour can be used in the production of cookies. The mesquite flour showed high concentration of fibers (15.10 g.100g⁻¹), protein (9.12 g 100g⁻¹), calcium (650.75 mg 100g⁻¹) and phosphorous (879.12 mg.100g⁻¹). It is concluded that the mesquite flour can be used as a raw material in the baking industry due to its high nutritional quality, particle size, and rheological characteristics.

Keywords: *Prosopis juliflora*, particle size, morphology, rheology

II.1. INTRODUÇÃO

Historicamente, o trigo vem sendo um dos campeões de importação da balança comercial brasileira e a Argentina continua sendo o nosso maior fornecedor do grão. Entretanto, o Brasil está sujeito a crises de abastecimento devido às constantes instabilidades econômicas da Argentina; com isto, sempre há a necessidade de se buscar novos parceiros a fim de suprir a demanda interna. Nos últimos anos novas relações estão sendo consolidadas, como com o Paraguai e Uruguai, com aumento ano a ano do total de trigo importado, além de recorrer também a outros países exportadores históricos (Estados Unidos e Canadá) (MONTENEGRO, 2011).

A demanda do Brasil continua em um patamar estável de 10 milhões de toneladas por ano, que tem permanecido inalterada nos últimos dez anos. A produção interna é bastante variável e depende dos preços praticados e da disponibilidade de trigo de nossos parceiros para se definir a área a ser plantada para a safra seguinte, além da concorrência com outras culturas, o que aumenta ainda mais a disputa pelas áreas livres disponíveis. Em 2014 a produção de trigo no Brasil foi de aproximadamente 6,3 milhões de toneladas (ABITRIGO, 2015).

A busca por matérias-primas alternativas ao trigo se torna cada vez mais necessária a fim de se propor alternativas viáveis tecnologicamente. Farinhas provenientes de diferentes grãos e sementes têm sido amplamente utilizadas em pães, bolos, massas alimentícias e biscoitos devido aos seus benefícios à saúde que, além das fibras alimentares, os produtos elaborados com essas farinhas podem fornecer ainda vitaminas, proteínas, minerais, carboidratos, o que contribui para a redução do risco de várias doenças, como câncer, diabetes, obesidades e doenças cardiovasculares (CHANG, 2007).

O desenvolvimento de novos produtos é uma alternativa para adequação de tecnologias para matérias-primas que não vêm sendo exploradas. O aproveitamento da algaroba é uma grande possibilidade de obtenção de geração de emprego e renda para pequenos produtores. A algaroba pode ser utilizada para a produção de farinha visando ao consumo humano, apresentando alto valor nutritivo, rica fonte de carboidratos, açúcares, proteínas, sais minerais, fibras e outras substâncias que podem ser transformadas em matéria-prima na produção de bolos, pães, biscoitos, bebidas,

condimentos, geleias, meis, pudins, sopas, papas e outros alimentos saborosos e nutritivos (MUNIZ, 2009).

Todos os ingredientes na panificação desempenham funções específicas na formação da massa mas as características da farinha de trigo, raízes e de outros cereais, são fundamentais na determinação de qualidade do produto obtido, principalmente em formulações de pães, biscoitos e massas. Em função da qualidade do grão determinada por ensaios físicos, químicos e funcionais realizados em laboratório, é definida a utilização final da farinha (GUTKOSKI et al., 2008). Assim, se para obter produtos com características aceitáveis é necessário que as matérias-primas e os produtos obtidos sejam estudados quanto às suas características físico-químicas, nutricionais, tecnológicas e reológicas.

Com esses aspectos, os objetivos deste capítulo foram: determinar qual atributo sensorial seria o mais importante para a compra de biscoitos, produzir biscoitos com substituição da farinha de trigo por quatro tipos de farinha de algaroba (elaboradas com vagens secadas nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C) e determinar se a temperatura de secagem influenciaria no atributo de maior importância, e determinar as características granulométricas, morfológicas, reológicas (teor de glúten, farinografia, alveografia, amilografia), físico-químicas (teor de água, cinzas, proteínas, lipídios, açúcares, fibras) e minerais (cálcio, ferro e fósforo) da farinha de algaroba utilizada na produção dos biscoitos com maior aceitação.

II.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

II.2.1 Farinha

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, farinhas “são os 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 seguros para produção de alimentos” (BRASIL, 2005a). A farinha de trigo constitui o principal ingrediente das formulações de produtos de panificação pois fornece a matriz em torno da qual os demais ingredientes são misturados para formar a massa (MORAES et al., 2010).

Para efeito de comercialização são empregados parâmetros de qualidade, estabelecidos para atender às especificações de farinha de trigo exigidas pelos diferentes segmentos da cadeia (indústrias de moagem e de produto final). Com base na legislação vigente o trigo pode ser classificado em 3 classes, que diferem entre si, por exemplo, em relação ao nível de danos sofridos e à presença de impurezas, sendo o tipo 2 o que possui o maior percentual de grãos avariados e a menor pureza. Paralelamente, também existem normas voltadas para a farinha de trigo. De acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Farinha de Trigo, esta pode ser classificada em tipo 1, tipo 2 e integral, de acordo com o teor máximo de cinzas e o teor mínimo de proteína (BRASIL, 2001; BRASIL, 2005b; EMBRAPA TRIGO, 2010). A farinha tipo 1 é, particularmente, a mais facilmente encontrada nos centros comerciais urbanos.

O tipo de trigo do qual a farinha é originada exerce grande influência nas suas características tecnológicas e é determinante na sua composição. Existem diversas variedades de trigo sendo o *Triticum aestivum* o cultivar mais comum. Os grãos originados dessas plantas podem ser classificados em duro, semiduro, branco e mole, sendo mais indicados para pães, macarrão, bolos e biscoitos, respectivamente. Esta diferenciação é consequência, basicamente, do seu teor de proteínas, que é maior nos dois primeiros tipos e menor nos dois últimos, tal como da capacidade de formação de glúten (ABITRIGO, 2013).

O glúten, por sua vez, é uma rede gerada a partir de proteínas insolúveis denominadas gliadinas e gluteninas, mediante a adição de água e trabalho mecânico cuja presença em quantidade expressiva ocorre no grão de trigo em detrimento dos

demais cereais. Farinhas obtidas de outros grãos produzem, quando fermentadas, gás, e a massa cresce mas ao ser levada ao forno, o gás escapa e o produto se achata, ficando “solado”. Por outro lado, quando a farinha de trigo é utilizada o glúten forma uma rede que retém os gases produzidos na fermentação, sustentando a massa. Consequentemente, as características viscoelásticas do glúten influenciam na força e na extensibilidade das massas de panificação; assim, sua importância comercial (RAE, 2011; ESPINOSA et al., 2013).

A produção nacional de trigo (em grão) para a safra de 2013 foi estimada em 5.512.627 toneladas, sofrendo aumento de 25,9% em relação ao obtido em 2012 (IBGE, 2013). Em 2010 particularmente a safra chegou a quase 6 milhões de toneladas (IBGE, 2011). Por outro lado, neste mesmo ano se estima também que tenham sido consumidos, no Brasil, aproximadamente 7,6 milhões de toneladas de farinha de trigo, produzidas internamente e 0,7 milhões importados da Argentina; posteriormente observa-se, na safra de trigo 2012/2013 uma produção de 4,30 milhões de toneladas e um consumo maior que o dobro desta quantidade (ABIMA, 2013; RAE, 2011). Esses dados indicam que o Brasil não consegue produzir trigo suficiente para panificação.

O Brasil é, portanto, considerado um dos principais importadores de trigo e a previsão é que isso se mantenha até 2018 (FAO, 2010). Segundo a Organização das Nações Unidas, o Brasil importa cerca de 60% do trigo que consome e em 2012 foi observado um aumento relevante no seu preço, aproximando-se do pico que ocorreu em 2008 (FAO, 2012). Devido ao aumento do uso do trigo para alimentação humana, rações e biocombustíveis, a demanda por trigo provavelmente se manterá elevada afetando, assim, seu preço, cuja tendência também é permanecer aumentando (FAO, 2010). Recentemente, o preço do atacado da farinha de trigo no Brasil tem-se apresentado superior ao de alguns países vizinhos na América do Sul. Entre os meses de março e maio de 2013, por exemplo, o preço do trigo no Brasil ficou acima de países como Equador, Peru e Bolívia (FAO, 2013).

Neste sentido, a substituição parcial da farinha de trigo por outros tipos de farinha é uma alternativa econômica que pode ser adequada desde que não ocasione prejuízo à qualidade dos produtos elaborados. GUILHERME & JOKL (2005), por exemplo, empregaram farinha mista composta apenas por fubá e farinha de trigo em biscoitos. Segundo o autor, o custo final de misturas com farinhas deve ser igual ou inferior ao preço final da farinha de trigo pura. Já SANTANA et al. (2011), formularam

biscoitos incorporando farinha mista de casca de maracujá e fécula de mandioca à farinha de trigo.

II.2.2 Farinhas Mistadas

SEIBEL (2007) define farinhas mistas ou compostas como sendo a mistura de farinhas de tubérculos, ricos em amido (mandioca, inhame, batata doce) e/ou farinhas ricas em proteínas provenientes de sementes oleaginosas (farinha de soja e amendoim), e/ou farinhas de outros cereais (milho, arroz, milheto, sorgo, centeio, triticale), com ou sem farinha de trigo.

Muitas vezes, as farinhas mistas ou compostas são confundidas com as prémisturas de farinhas que normalmente são comercializadas por moinhos. As prémisturas, além das farinhas que as caracterizam, também contêm todos os ingredientes não perecíveis da formulação final; já as farinhas mistas ou compostas, são apenas as misturas das farinhas puras. Nas décadas de 60 e 70 as farinhas mistas ou compostas receberam as atenções das comunidades de pesquisas do Brasil e internacionais, em que na maioria dos estudos havia financiamento da FAO – *Food and Agriculture Organization*, organização para alimentos e agricultura das Nações Unidas (SEIBEL, 2007).

Devido ao aumento da população nos países em desenvolvimento e também às mudanças nos hábitos alimentares, o consumo de um produto básico, como o biscoito, também tem aumentado ano a ano. Para a maior parte desses países o trigo ou a farinha de trigo tem que ser importado, desde que as condições locais não permitem seu crescimento. Com isto, esta dificuldade vem ocasionando um efeito adverso na balança comercial interna. Em virtude desta dificuldade real e cada dia mais presente, a FAO e vários países em desenvolvimento vêm estudando diversas possibilidades de substituir o trigo necessário para a produção de produtos, como pão e biscoito, parcial ou totalmente, por produtos alternativos ao trigo que cresçam sem dificuldades nesses locais de grande necessidade e agreguem algum tipo de benefício, seja nutricional ou tecnológico, ao consumidor (JISHA et al., 2008).

Dentre as fontes possíveis e que vêm sendo estudadas desde então, pode-se destacar os tubérculos, como a mandioca, inhame e batata doce, as farinhas ricas em proteínas, como as farinhas de soja, amendoim, grão de bico e os outros cereais, como

milho, arroz, milheto, sorgo e também o triticale (GUILHERME & JOKL, 2005; EL DASH et al., 1994).

As farinhas provenientes de fontes diferentes do trigo, chamadas não panificáveis, são aquelas cuja massa formada através da mistura com água e pelo batimento mecânico, não forma a estrutura viscoelástica do glúten e, desta forma, seus produtos não apresentam qualidade idêntica à dos produtos produzidos com farinha de trigo. Para o aproveitamento dessas farinhas é necessário misturar a farinha de trigo com predominância desta última nas proporções da mistura (FREITAS et al., 1997).

A formulação de uma farinha mista para uso em panificação e confeitaria deve considerar alguns aspectos para que seja viável sua aplicação. Dentre os vários aspectos se destacam as propriedades reológicas da massa e as características físicas, sensoriais e nutricionais das matérias-primas empregadas na formulação (EL DASH et al., 1994).

Inúmeros estudos têm sido realizados no sentido de substituir, parcialmente, o trigo na elaboração de produtos de panificação devido às restrições econômicas, exigências comerciais, enriquecimento nutricional, novas tendências de consumo e hábitos alimentares específicos. Várias farinhas podem ser misturadas à farinha de trigo para uso em produtos de panificação denominando-se tal mistura de farinha mista ou composta (EL DASH & GERMANI, 1994; COLLAR et al., 2007; ANGIOLONI & COLLAR, 2009).

Segundo BENASSI & WATANABE (1997) é possível substituir parcialmente a farinha de trigo em determinada formulação, até um limite em que não sejam comprometidas as características tecnológicas da massa e sensoriais dos produtos derivados. A percentagem de farinha de trigo necessária para garantir bons resultados em farinhas mistas, depende da qualidade e da quantidade da proteína do trigo, bem como das características da farinha adicionada. É necessário, portanto, que as matérias-primas escolhidas para compor farinhas mistas sejam pesquisadas quanto à composição química, características físicas, tecnológicas e nutricionais para o desenvolvimento de tecnologia que permita seu uso de forma eficiente, sobremaneira em produtos “exigentes”, como o biscoito (SILVA, 1997).

A perda da força da massa, decorrente do uso de sucedâneos da farinha de trigo, pode ser explicada pela mudança na estrutura do glúten (NICOLAS et al., 2003). Desta forma, estudos são necessários para determinar a composição das diferentes matérias-

primas disponíveis e compreender os mecanismos pelos quais seus constituintes interferem no desenvolvimento do glúten e nas características reológicas e físico-químicas da massa de maneira a favorecer a aplicação de medidas corretivas que melhorem as qualidades tecnológicas e sensoriais dos produtos elaborados com farinhas mistas.

II.2.3 Características tecnológicas e reológicas de farinhas

Na farinha de trigo os parâmetros de qualidade são principalmente químicos e reológicos, sendo comumente verificados teor de água, acidez, cinzas, proteína, número de queda, teor e força de glúten, absorção de água, propriedades de mistura, capacidade elástica e extensível da massa e características de panificação (PYLER, 1988).

A avaliação das características físico-químicas e reológicas é de vital importância para a indústria de panificação ajudando a predizer as características de processamento da massa e a qualidade dos produtos finais. Entre as determinações disponíveis para avaliar objetivamente as propriedades da massa e definir o uso final da farinha de trigo na panificação se incluem as características de mistura (farinografia e mixografia), características de extensão (extensografia, alveografia e consistografia), viscosidade (amilografia e viscoamilografia) e de produção ou retenção de gás (reofermentografia e maturografia) (QUEJI et al., 2006; GUTKOSKI et al., 2008). A avaliação reológica da farinha é parte de um conjunto de análises no qual necessariamente deve estar incluído o teste de panificação (GUTKOSKI & NETO, 2003). A definição de uso final de uma farinha deve ser feita após a avaliação conjunta desses resultados.

II.2.3.1 Teor de Glúten

Os métodos para determinação do glúten em farinhas de trigo, se baseiam na insolubilização do glúten na água e na propriedade que o mesmo possui de se aglomerar formando uma massa elástica quando manuseada sob uma corrente de água com a finalidade de eliminar os outros constituintes da farinha. O glúten assim obtido, contém glutenina e gliadina (IAL, 2005). Segundo POMERANZ (1988) o glúten da farinha de trigo apresenta uma capacidade constante de absorção de água, aproximadamente 2,8 vezes o conteúdo de glúten seco. Já a qualidade do glúten é determinada pelo glúten index, o qual tem, como resultado, glúten fraco, médio ou forte. Quanto mais próximo

de 100 a resposta, mais tenaz é o glúten. As proteínas formadoras do glúten são as principais responsáveis pela qualidade panificável da farinha de trigo (AWB, 2015).

A qualidade da farinha pode ser avaliada quanto ao seu índice de glúten, podendo ser classificada como pode ser observado na Tabela II.1.

Tabela II.1 – Classificação da farinha quanto à qualidade avaliada pelo índice de glúten

Índice de glúten (IG)	Classificação da farinha
$IG \geq 90$	Muito boa
$60 \leq IG < 90$	Boa
$40 \leq IG < 60$	Média
$IG < 40$	Fraca

Fonte: PIZZINATTO (1999)

II.2.3.2 Alveografia

A alveografia é um teste reológico empregado para avaliar as características viscoelásticas da massa de farinha de trigo e a expressão da força de glúten. É utilizada para avaliar a maior ou menor capacidade da farinha sofrer um tratamento mecânico ao ser misturada com água. Também é associada à maior e menor capacidade de absorção de água pelas proteínas formadoras de glúten que, combinadas à capacidade de retenção do gás carbônico, resultam em produtos de panificação com volume e textura aceitáveis (DOBRSZCZYK & MORGENSTERN, 2003).

O alveógrafo é um equipamento utilizado para determinar as características de tenacidade, extensibilidade e de força da farinha. É composto de três partes: do misturador o qual contém as pás para mistura da farinha e uma passagem para extrusão da massa produzida; uma câmara para repouso da massa antes da análise e o aparato onde se realiza a análise.

O alveógrafo Chopin é um aparelho que mede as propriedades viscoelásticas de uma massa em que, sob pressão constante, uma quantidade de ar suficiente para a formação de uma bolha de massa até sua extensão total e ruptura (GERMANI, 2003).

A pressão da bolha é medida por um manômetro registrador obtendo-se o alveograma no qual é feita a leitura do teste. Os principais parâmetros utilizados na alveografia são o P/L e W, em que o P (tenacidade) é a tradução da resistência que a massa oferece ao ser esticada e a extensibilidade (L) é a capacidade da massa em se esticar. O trabalho, ou força (W) é relacionado com a energia requerida para a deformação da massa indicando força da farinha. Para os valores de P e L, deve existir uma proporcionalidade (P/L) e, associados ao valor de W, expressarem um bom potencial de panificação (GRANOTEC DO BRASIL, 2015). Segundo ICTA (2015), uma farinha para a produção de biscoitos deve apresentar uma relação P/L entre 0,2-0,9 e força do glúten (W) entre 100 a 200 x 10⁻⁴ J.

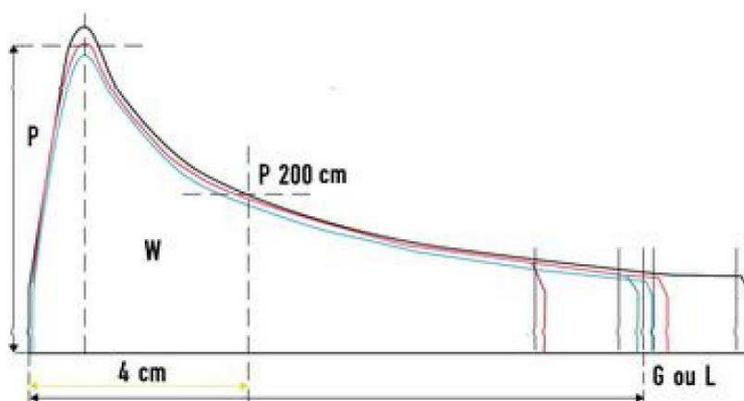


Figura II.1 – Alveograma

O alveógrafo é utilizado para avaliar o potencial do trigo e da farinha na panificação e pastifício, para verificar a ação de diversos agentes melhoradores nas farinhas e também como ferramenta industrial no acompanhamento da produção de uma farinha de qualidade pré-especificada (CHOPIN, 2015).

O alveógrafo trabalha massas com hidratação constante, ainda que todos os transformadores de farinha trabalhem sua massa com consistência constante, o que se torna um ponto crítico porém contornável da análise (CARVALHO, 1999).

II.2.3.3 Farinografia

O princípio do Farinógrafo é demonstrar a resistência da massa mediante uma ação mecânica (QUAGLIA, 1991). O aparelho é composto por um malaxador que mistura a farinha de trigo, uma bureta milimetrada para auxiliar na adição de água destilada e um registrador que elabora um diagrama conhecido como farinograma, o

qual oferece os seguintes parâmetros: absorção de água, tempo de desenvolvimento da massa, estabilidade, índice de tolerância à mistura e tempo de quebra.

A resistência oferecida à massa pelas pás do misturador é transmitida através de um dinamômetro para uma caneta que traça uma curva resposta (Figura II.2). A parte ascendente, início do gráfico, mostra um aumento na resistência com o tempo de mistura e é interpretada como o tempo de desenvolvimento da massa (TDM). O ponto de máxima resistência é identificado como o desenvolvimento ótimo da massa e é seguido de uma diminuição na consistência e resistência à mistura (POMERANZ, 1988).

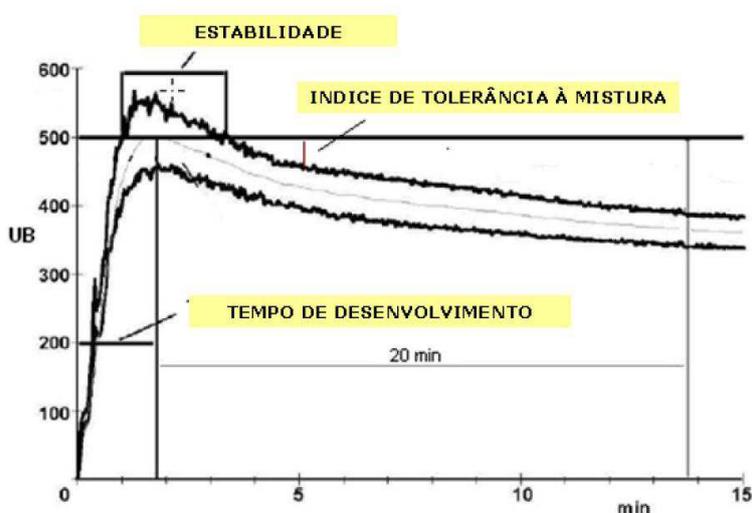


Figura II.2 – Farinograma

Segundo EL-DASH & GERMANI (1994), os componentes da farinha que influenciam na sua capacidade de absorção de água, são: proteínas, açúcares, quantidade de amido, quantidade de amido danificado (formado durante o processo de moagem), granulometria da farinha e fibras. Dentre esses, o constituinte mais importante da farinha que afeta a absorção de água é o glúten, que tem a capacidade de absorver 2,8 vezes seu peso seco enquanto os grânulos de amido não danificados podem absorver apenas 35% do seu peso.

Outros componentes da farinha, como celulose, hemicelulose e pentosanas, também tendem a ter uma alta capacidade de absorção mas seu papel na farinha é limitado, em virtude da presença em pequenas quantidades.

As farinhas mais finas têm uma área de superfície total maior, com conseqüente maior grau e capacidade de absorção enquanto as farinhas com tamanho da partícula

maior irão expor menor área de superfície e terão, portanto, menor absorção. Uma farinha boa para a produção de biscoitos deve apresentar uma absorção de água menor que 55% (ICTA, 2015).

A estabilidade de uma massa é reconhecida como um parâmetro indicador de maior resistência ao amassamento e melhor qualidade tecnológica. Os valores de estabilidade de massas dependem, em grande parte, do número de ligações cruzadas entre as moléculas de proteínas presentes no glúten e da força dessas ligações. As pontes de hidrogênio e as ligações de enxofre desempenham grande importância na formação da estrutura do glúten pois formam uma rede tridimensional relacionada à extensibilidade, impermeabilidade ao gás, elasticidade e ao alto poder de absorção de água da massa (INDRANI & RAO, 2007).

O tempo de estabilidade, medido em minutos, fornece alguma indicação da tolerância à mistura que a farinha apresentará, além de permitir comparar farinhas entre si, uma vez que quanto maior o tempo de estabilidade mais forte e melhor é a farinha para panificação. Uma boa farinha de trigo para biscoitos deve apresentar um tempo de estabilidade entre 2 e 4 minutos (ICTA, 2015).

IZYDORCZYK et al. (2008) estudaram as propriedades farinográficas de farinhas mistas de trigo e frações de cevada, ricas em fibra, obtendo aumento significativo na absorção de água pela massa, redução no tempo de desenvolvimento da massa, na estabilidade e aumento do índice de tolerância à mistura. Resultados semelhantes foram observados por COUTO (2007) para absorção de água, estabilidade e índice de tolerância, além de comprometimento da força e extensibilidade do glúten em farinhas de trigo e farinha de casca de pequi.

II.2.3.4 Amilografia

A amilografia é um teste realizado no amilógrafo, utilizado para a determinação do efeito da enzima α -amilase na farinha. O equipamento é ligado a um computador que fornece as curvas de viscosidade. A capacidade de aquecimento e resfriamento linear do equipamento associada ao estável controle de temperatura, permite monitorar cuidadosamente o cozimento do material enquanto são registradas continuamente as mudanças na viscosidade.

À medida que se procedem aos testes sob alta temperatura e rotação controlada, o amido é gelatinizado com conseqüente aumento na viscosidade podendo-se verificar sua estabilidade nessas condições. O resfriamento subsequente fornece uma indicação do setback (ganho de viscosidade) durante a geleificação. Dentre os parâmetros que podem ser determinados, tem-se: temperatura de pasta, viscosidade máxima, tempo de viscosidade máxima, temperatura na viscosidade máxima e viscosidade final, no resfriamento.

A viscosidade da farinha é influenciada pela ação combinada da quantidade de amido danificado e não danificado e das enzimas alfa-amilases; a quantidade de amido danificado é afetada pelas condições do processamento durante a moagem sendo a atividade de alfa-amilase afetada pelas condições que prevalecem durante a estocagem (EL-DASH et al., 1982).

A importância da verificação da atividade e do efeito da alfa-amilase se dá devido ao fato de que a mesma exerce a função de quebrar a molécula de amido, que é um polissacarídeo, em partes menores, isto é, em açúcares diretamente fermentescíveis, o que gera maior produção de gases na fermentação e, conseqüentemente, maior volume específico. Portanto, as farinhas devem ter uma atividade diastática (enzimática) mediana, longe dos extremos. Além disto, farinhas com alta atividade diastática podem gerar massas moles (depois de prontas) e, em contrapartida, as farinhas com baixa atividade diastática geram massas duras, o que interfere diretamente na textura e na uniformidade do produto final (ICTA, 2015).

II.3. MATERIAL E MÉTODOS

No capítulo I foram utilizadas quatro temperaturas para secagem de algaroba, 50, 60, 70 e 80°C. Devido ao teor de água inicial de 20% (b.u) e por ser uma matéria-prima muito higroscópica, utilizou-se o teor de água final de 7% (b.u) para algaroba destinada à produção de farinha; este teor de água foi escolhido em virtude de ser o teor de água de equilíbrio da algaroba na menor temperatura de secagem (50°C), e por se adequar ao padrão de teor de água de farinhas, estabelecido pelo Ministério da Agricultura, que não deve ser superior a 15% (b.u). Através de experimentos preliminares utilizando-se farinha de algaroba com teor de água final acima de 7% (b.u), constatou-se inviabilidade tecnológica para as condições de estudo desta pesquisa.

Foram considerados os tempos médios de secagem da algaroba, obtidos no Capítulo I, para uma redução do teor de água com média de 20% (b.u) para 7% (b.u) nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C, de: 1230, 720, 500 e 370 minutos, respectivamente.

II.3.1 Local dos experimentos

Os experimentos foram realizados nos Laboratórios de Engenharia de Alimentos; Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas; Laboratórios de Engenharia de Materiais, ambos da Universidade Federal de Campina Grande e também no Laboratório do Centro Regional de Treinamento em Moagem e Panificação – SENAI-CE.

II.3.2 Obtenção da farinha de algaroba

II.3.2.1 Recepção da matéria-prima

As algarobas secadas a temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C foram recebidas e transportadas para o local dos experimentos.

II.3.2.2 Moagem

Após o término das secagens as amostras de algaroba foram submetidas à operação unitária de moagem, em processo de batelada (10g), no moinho de facas, fabricante Tecnal (Figura II.3), com seu conjunto de facas regulado para 1mm, utilizando-se peneira de 10 Mesh. Foram produzidos quatro tipos de farinha (FA1, FA2,

FA3, FA4 – elaboradas com algarobas secas utilizando-se temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C, respectivamente).



Figura II.3 – Moinho de facas (O AUTOR, 2014)

II.3.2.3 Acondicionamento

Após a moagem, as farinhas de algaroba (FA1, FA2, FA3, FA4) foram acondicionadas em embalagens herméticas de polietileno, mantidas em temperatura ambiente de $25^{\circ}\text{C} \pm 3,0^{\circ}\text{C}$.

II.3.3 Primeira análise sensorial

Foram desenvolvidos biscoitos seguindo formulação base da Tabela II.2, utilizando-se quatro tipos de farinha de algaroba (FA1, FA2, FA3, FA4), com mesmo teor de água (7% b.u), e concentração variando de 5, 15 e 25% para cada tipo de farinha de algaroba, totalizando doze formulações. Os ingredientes utilizados para elaboração dos biscoitos, foram: farinha de trigo sem fermento (M. DIAS BRANCO S.A, Fortaleza - CE), açúcar refinado comum (ALEGRE, Mamanguape - PB), amido de milho (MAIZENA, Igarassu - PE), bicarbonato de sódio (KITANO, São Bernado do Campo - SP), bicarbonato de amônia (PANTEC, São Paulo - SP), pirofosfato de sódio (PLURY QUÍMICA, São Paulo - SP), gordura vegetal de palma (AGROPALMA, Belém - PA), lecitina de soja (PLURY QUÍMICA, São Paulo - SP), aveia (NESTLÉ, São Paulo - SP) e água filtrada. As porcentagens dos ingredientes foram calculadas tendo-se, como base a quantidade de farinha de trigo (100%). Todos os biscoitos foram submetidos à primeira análise sensorial.

Tabela II.2 - Formulação base para a produção dos biscoitos para primeira análise sensorial

Ingrediente	(% base de farinha)*
Farinha de trigo**	100 - ***
Farinha de algaroba	***
Gordura vegetal de palma	40,0
Lecitina de soja	0,5
Aroma de baunilha	0,5
Aveia	5,0
Sal comum	1,0
Bicarbonato de sódio	1,5
Bicarbonato de amônia	2,0
Açúcar refinado comum	35,0
Amido de milho	14,0
Pirofosfato de sódio	0,8

* Em relação ao total de farinha de trigo;

** A farinha de trigo foi substituída nos experimentos pela farinha de algaroba, nas proporções de 5, 15 e 25%;

***Foram utilizadas as farinhas (FA1, FA2, FA3, FA4) com teor de água de 7% (b.u), produzidas com algarobas secas utilizando-se temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C

Para a análise sensorial foi realizada uma seleção de pessoas através de um questionário (APÊNDICE A) considerando-se: gênero, grau de escolaridade, idade, frequência de consumo de biscoitos e qual o atributo: sabor, aparência, doçura, textura e aroma seria o mais importante na escolha do produto; em seguida, os biscoitos foram avaliados quanto à aceitação sensorial, para verificar se a temperatura de secagem da algaroba teria influência neste atributo.

Para a primeira análise sensorial foi realizado um teste de aceitação utilizando-se uma escala hedônica verbal de 9 pontos, com escores variando de 9 (gostei extremamente) até 1 (desgostei extremamente). As amostras foram servidas a temperatura ambiente, em porções de aproximadamente 6g (uma unidade de biscoito) apresentadas em guardanapos codificados com número de três dígitos, de forma balanceada e em blocos completos (Figura II.4). Um copo com água filtrada em

temperatura ambiente foi fornecido para enxague da boca entre as avaliações; o teste foi aplicado em cabines individuais sob luz branca. As amostras de biscoito foram avaliadas em duas sessões sendo servidas seis amostras na primeira sessão e seis amostras na segunda.

Após a análise sensorial foi determinado qual biscoito teve a maior aceitação dentre os biscoitos elaborados com os quatro tipos de farinha de algaroba (FA1, FA2, FA3 e FA4) e selecionada a farinha utilizada na sua elaboração, para caracterização granulométrica, morfológica, reológica, físico-química e determinação dos minerais.



Figura II.4 – Preparação das amostras para análise sensorial (O AUTOR, 2014)

II.3.4 Caracterização granulométrica e morfológica de farinha

II.3.4.1 Análise granulométrica diferencial

A análise granulométrica foi realizada através do peneiramento de 50 g de farinha de algaroba, caracterizado pelas pesagens das peneiras com as frações por medidas diretas utilizando-se uma série de peneiras padronizadas na faixa de 32 a 150 Mesh, com agitador eletromagnético (Figura II.5), fabricante Bertel, para peneiras redondas. A superfície de peneiramento das peneiras (malha) é constituída por aberturas quadradas formadas por fios trançados perpendicularmente; enfim, as aberturas estão relacionadas entre si por uma progressão geométrica, possibilitando a comparação dos resultados da análise; o tempo total de cada análise foi de 10 minutos.



Figura II.5 – Agitador eletromagnético (O AUTOR, 2014)

II.3.4.2 Microscopia eletrônica de varredura

As avaliações morfológicas foram realizadas por Microscópio Eletrônico de Varredura – MEV (Figura II.6), modelo SSX-550, fabricante Shimadzu. Inicialmente, a amostra de farinha foi fixada em uma placa metálica com fita de carbono, em seguida, foi colocada em uma câmara metalizadora para que ocorresse o recobrimento de ouro; logo depois foram levadas para o MEV que operou com 15kV. Foram obtidas ampliações de 50, 100, 200, 500, 1000 e 2000 vezes.



Figura II.6 – Microscópio Eletrônico de Varredura (O AUTOR, 2014)

II.3.5. Caracterização reológica

Três misturas de farinha de trigo (FT) e farinha de algaroba (FA), foram elaboradas nas seguintes proporções: FT (95%) e FA (5%), FT (85%) e FA (15%), e FT (75%) e FA (25%) e determinados o teor de glúten, as características alveográficas, farinográficas e amilográficas das amostras com o intuito de avaliar a influência da concentração da farinha de algaroba nos parâmetros tecnológicos e de reologia no mix de farinhas.

II.3.5.1 Teor de glúten

Realizou-se a determinação do glúten úmido e índice, através da lavagem da amostra (10 g) com solução de cloreto de sódio a 2% seguida por separação das proteínas insolúveis formadoras do glúten (gliadinas e gluteninas), utilizando-se aparelho “Glutomatic e Glutork” (fabricante Perten Instruments, Huddinge, Suécia). A porcentagem de glúten foi obtida na base de 13% de teor de água calculando-se a relação entre o peso total do glúten úmido e o teor de água da amostra, segundo método 38-12.02 (AACC, 2010).

II.3.5.2 Alveografia

Com o teor de água da farinha conhecido foram utilizados $250 \pm 0,5$ g de farinha com solução salina de NaCl a 2,5%. As características alveográficas foram analisadas em triplicata no equipamento alveógrafo (Figura II.7), fabricante Chopin, Villeneuve-la-Garenne, França, segundo método 54-30.02 da AACC (2009), permitindo avaliação da resistência à extensão de forma biaxial, ou seja, ao longo de um paralelo e ao longo de um meridiano, avaliando os seguintes parâmetros: tenacidade (P), extensibilidade (L), número proporcional (P/L), índice de crescimento (G) e a energia de deformação da massa (W); o tempo total da análise foi de 8 minutos.



Figura II.7 – Alveógrafo (CERTREM, 2014)

II.3.5.3 Farinografia

As características farinográficas foram determinadas conforme o método 54-21 da AACC (2002) em que as amostras de farinha foram analisadas em dois estágios: no primeiro, chamado curva de titulação, foram pesados 300 g de farinha em função do teor de água conhecido; com o farinógrafo em movimento foi se adicionando água com auxílio da bureta até atingir 500 unidades farinográficas no diagrama; no segundo estágio foi traçado o farinograma para o qual foram pesados 300g de farinha adicionando-se novamente água, com aparelho em movimento, pelo período de 20 min. Utilizou-se farinógrafo (Figura II.8), fabricante Brabender, modelo NR8101, sendo obtidos parâmetros de: estabilidade da massa (EST), em minutos (min), o tempo de desenvolvimento da massa (TDM), em minutos (min) e o índice de tolerância à mistura (ITM), em unidades farinográficas (UF).



Figura II.8 – Farinógrafo (CERTREM, 2014)

II.3.5.4 Amilografia

Foram utilizados 100 gramas do mix de farinhas de trigo e algaroba, adicionados a 360 mL de solução tampão diluído para ajustar a mistura a 14 % de umidade. A viscosidade foi registrada sempre que a temperatura aumentou de 30 para 95 °C, sendo incrementada 1,5 °C por minuto. Foi utilizado amilógrafo (Figura II.9), fabricante Brabender, modelo Amilograph NR8, conforme o método ICC 126 da AACC (2002), sendo obtidos os parâmetros de viscosidade máxima e mínima, em unidades amilográficas (UA), a temperatura da pasta (°C) e a temperatura de viscosidade máxima (°C).



Figura II.9 – Amilógrafo (CERTREM, 2014)

II.3.6 Caracterização físico-química

As determinações: teor de água, cinzas, proteínas, lipídeos, teor de açúcares redutores, totais e fibra bruta, foram realizadas segundo metodologias descritas na Tabela II.3. As análises foram realizadas em triplicata; portanto, o valor final de cada análise correspondeu à média das três repetições.

Tabela II.3 – Metodologias utilizadas para caracterização físico-química

Caracterização	Metodologia
Teor de água, cinzas, proteínas, açúcares redutores e totais	IAL, BRASIL (2005)
Lipídios	BLIGH E DYER (1959)
Fibra bruta	HORWITZ (2005)

II.3.7 Determinação da composição mineral

Visando à determinação do resíduo mineral fixo (cinzas), um cadinho de porcelana foi aquecido a 105°C em estufa durante 30 minutos; em seguida, o mesmo foi resfriado em dessecador e pesado; foram pesados aproximadamente 5 gramas da amostra, a qual foi carbonizada; posteriormente, as amostras foram incineradas a 550°C em forno mufla durante 24 horas até obter cinzas com ausência de matéria orgânica. Resfriou-se em dessecador e logo em seguida se realizou a pesagem em balança analítica. O percentual de cinzas foi determinado dividindo-se o peso das cinzas (massa do cadinho com a amostra após incineração menos o peso do cadinho vazio) pelo peso da amostra, antes da incineração se e multiplicando o resultado por 100 (BRASIL, 2005b).

Os minerais foram quantificados por fluorescência de raios-X por energia dispersiva, a partir das cinzas obtidas. O espectrômetro de fluorescência de raios X utilizado foi o modelo EDX-720, fabricante Shimadzu (Figura II.10). De acordo com o princípio da técnica, o analisador irradia raios-X na amostra e o sistema detecta os sinais de fluorescência gerados. A energia de excitação utilizada foi de 50 kV e detector operando a -176°C; a amostra foi colocada em cubeta coberta por um filme de polipropileno de 5µm de espessura.



Figura II.10 – Espectrômetro de fluorescência de raios X por energia dispersiva (O AUTOR, 2014)

II.3.8 Tratamento estatístico dos dados

Os resultados da primeira análise sensorial, da caracterização reológica, físico-química e determinação dos minerais, foram avaliados por meio do desvio-padrão e análise de variância entre as repetições. Aplicou-se um delineamento inteiramente casualizado (DIC), para a análise comparativa das médias pelo Teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade, através do software Assistat, versão 7.7.

II.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

II.4.1 Primeira análise sensorial

Dos julgadores que participaram da primeira etapa da análise sensorial deste estudo, 52,8% eram do sexo feminino e 47,2% do sexo masculino, com frequência de idade de 30,2% de 17 até 20 anos, 50,9% de 21 até 30 anos e 18,9% acima de 30 anos. Os julgadores apresentaram grau de escolaridade de 79,2% cursando o ensino superior e 20,7% dos julgadores com ensino superior completo. Com relação à frequência de consumo de biscoitos, 28,3% dos julgadores consumiam, pelo menos uma vez por semana, esse tipo de produto; 30,2% o consumiam de duas a três vezes por semana; 26,4% o consumiam diariamente e 15,1% o consumiam 1 ou 2 vezes por mês.

Ao serem questionados sobre qual atributo é mais importante na compra de biscoitos (Tabela II.4), 28 julgadores (47%) atribuíram 100% como percentual de escolha para o atributo sabor seguido dos atributos: aroma, com 8 julgadores (13%); doçura, com 7 julgadores (11%); aparência, com 7 julgadores (11%) e textura com 7 julgadores (11%); isto prova que a avaliação do sabor separadamente é de suma importância quando se deseja analisar a aceitação para o desenvolvimento de biscoitos.

Tabela II.4 – Quantitativo de julgadores e níveis de importância dos atributos

Atributo	Níveis											
	0%		20%		40%		60%		80%		100%	
	J	%	J	%	J	%	J	%	J	%	J	%
Sabor	-	-	-	-	-	-	9	15	23	38	28	47
Textura	1	2	3	6	13	21	11	19	25	42	7	11
Doçura	1	2	2	4	9	15	28	47	13	21	7	11
Aparência	1	2	2	4	13	21	20	34	16	28	7	11
Aroma	2	4	3	6	9	15	20	34	16	28	8	13

J – número de julgadores

Devido o “sabor” ter sido o atributo mais importante para a escolha do produto e segundo a avaliação dos julgadores, foi realizada uma análise sensorial a fim de verificar se a temperatura utilizada na secagem da algaroba influenciaria este atributo; os resultados desta análise sensorial se encontram na Tabela II.5.

Tabela II.5 - Análise sensorial para influência da temperatura de secagem para o atributo sabor

Temperatura (°C)	5% FA	15% FA	25% FA
50	6,15 ^b	5,65 ^c	5,95 ^a
60	7,15 ^a	7,08 ^{ab}	6,43 ^a
70	5,48 ^b	7,30 ^a	4,88 ^b
80	6,13 ^b	6,28 ^{bc}	5,75 ^a

FA – farinha de algaroba.

Análise realizada com 60 julgadores não treinados utilizando escala hedônica de nove pontos variando de 1 – desgostei extremamente a 9 – gostei extremamente. Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente ($P \leq 0,05$) do padrão, segundo teste de Tukey a 5% de significância.

Os biscoitos elaborados com farinha produzida com algaroba seca utilizando-se temperatura de 60°C, foram os mais aceitos em relação ao sabor, para todas as percentagens de farinha de algaroba; por este motivo referida farinha foi submetida à caracterização granulométrica, morfológica, reológica, físico-química e à determinação dos minerais.

II.4.2 Análise granulométrica diferencial

A Tabela II.6 contém os resultados da análise granulométrica para farinha produzida com algaroba secada utilizando-se temperatura de 60°C.

Tabela II.6 – Análise granulométrica de farinha produzida com algaroba secada utilizando-se temperatura de 60°C

Sistema Tyler (Mesh)	Abertura da peneira (mm)	Massa da peneira vazia (g)	Massa da peneira com produto (g)	Massa do produto (g)	Quantitativo de partículas (%)
32	0,500	337,0	382,7	45,7	51,0
35	0,425	366,1	369,4	3,3	9,0
60	0,250	338,8	346,3	7,5	15,0
80	0,180	351,5	354,1	2,6	8,0
100	0,150	327,6	328,7	1,1	11,0
150	0,106	331,4	332,7	1,3	6,0

De acordo com a Tabela II.6, a fração granulométrica de farinha de algaroba que teve o maior quantitativo, foi na peneira de 32 Mesh, com valor maior que 50%. Observou-se que o menor quantitativo foi na peneira de 150 Mesh, correspondendo a 6% de partículas retidas. Outros autores, como KIM & SHIM (2014) estudaram a influência do tamanho de partículas de farinha de arroz na produção de cupcake glúten-free e encontraram um quantitativo de partículas maior que 40% na peneira de 200 Mesh. Já BREWER et al. (2014) encontraram um quantitativo de 48% de partículas retidas na peneira de 200 Mesh, estudando a influência do tamanho das partículas nas propriedades extrativas, fitoquímicas e antioxidantes de partículas finas de farelo de trigo.

Ainda analisando a Tabela II.6, percebe-se que a farinha de algaroba produzida apresentou granulometria apropriada para diversos produtos: pães, bolos, biscoitos e massas, variando o tamanho de partículas de 0,106 a 0,5mm. A capacidade da farinha em absorver água está relacionada à distribuição do tamanho das partículas sendo que as partículas menores da farinha absorvem mais água, e mais rapidamente, que as partículas maiores. A uniformidade na granulometria é mais importante que o próprio tamanho das partículas, sendo um aspecto relevante na panificação, pois favorece uma distribuição melhor da água pela massa, reduz o tempo de mistura e melhora algumas características sensoriais (aparência, sabor e textura) (HOSENEY, 2010).

II.4.3 Microscopia eletrônica de Varredura

Na Figura II.11 podem ser visualizadas as micrografias de farinha produzida com algaroba seca utilizando-se temperatura de 60°C, obtidas com aumento de 50, 100, 200, 500, 1000 e 2000 vezes, respectivamente.

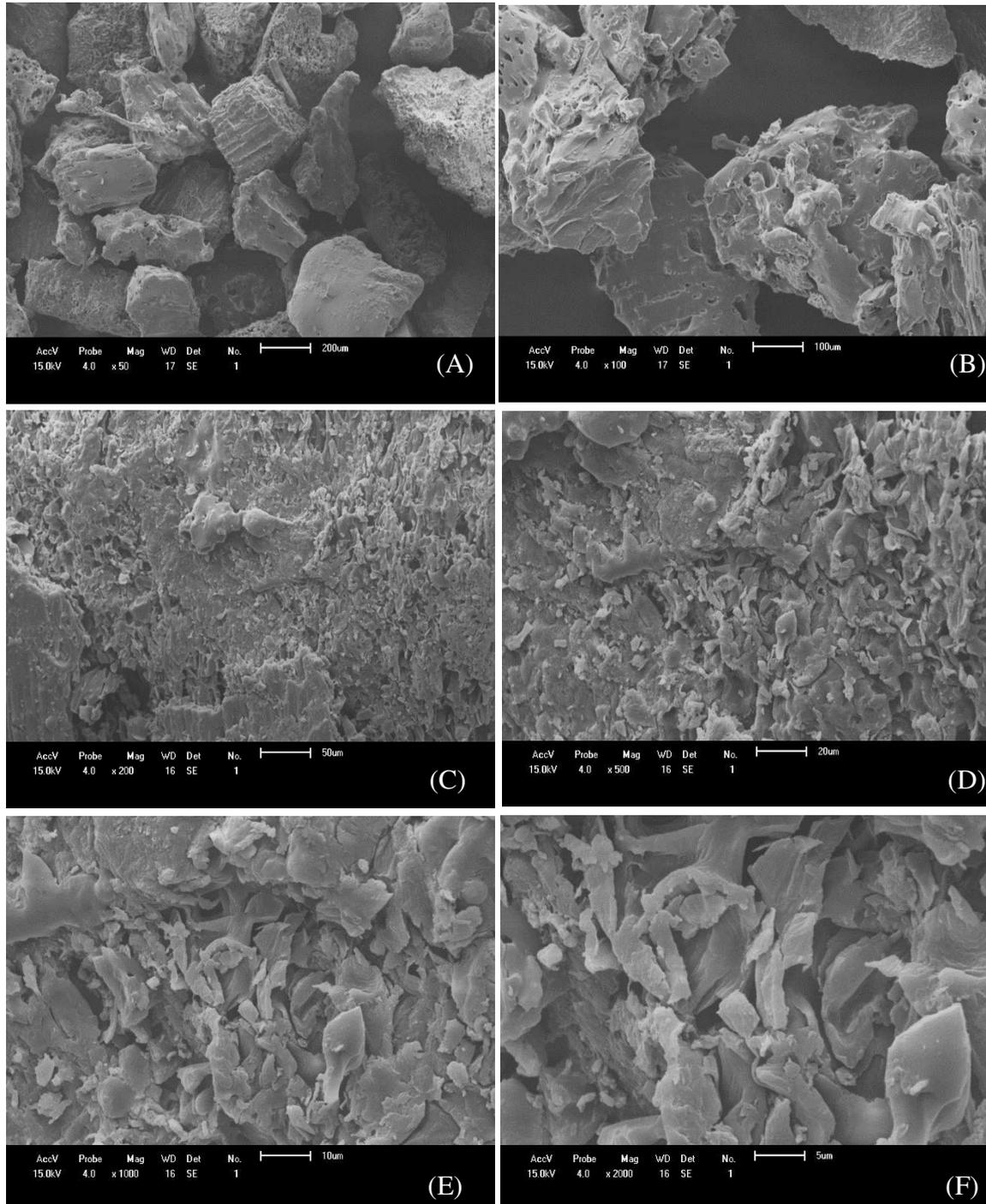


Figura II.11- Micrografias de farinha produzida com algaroba seca utilizando-se temperatura de 60°C, com aumento de 50 (A), 100 (B), 200 (C), 500 (D), 1000 (E) e 2000 (F) vezes

De acordo com a Figura II.11 percebe-se, em todas as ampliações, os diferentes formatos e tamanhos dos grãos de farinha de algaroba, com superfícies irregulares, variando com partes lisas e estriadas. SANTOS et al. (2012), avaliaram o comportamento morfológico de misturas proteicas mistas com farinha parcialmente desengordurada de castanha-do-brasil e isolado proteico de soja, também notaram estruturas irregulares de formatos indefinidos com cavidades e espaços.

Na micrografia com aumento de 100 vezes (B) percebe-se a presença de algumas cavidades. A partir da ampliação de 200 vezes (C), é possível verificar a sobreposição de algumas partículas sobre os grãos podendo-se observar, também, o isolamento de determinadas partículas. Ainda na ampliação de 200 vezes, as partículas de farinha de algaroba apresentou formato esponjoso. Nas ampliações de 1000 vezes (E) e 2000 vezes (F) foi possível visualizar fissuras nos grãos em decorrência de operações de secagem e trituração anteriormente aplicadas. FERREIRA (2012) estudou as farinhas de grãos quebrados de arroz *in natura* (FA) e farinha modificada enzimaticamente e seca (FMS), com aumento nas visualizações de 80, 2000 e 4000 vezes, e constatou que os grãos da farinha (FA) se apresentaram soltos porém com sua integridade preservada, e os grãos da farinha (FMS) com aspecto de erosão e pela falta de uniformidade, que também pode ser observada nos grãos de farinhas analisadas.

Analisando a Figura II.11, pode-se visualizar grandes diferenças estruturais entre os grãos das farinhas de algaroba não podendo, assim, descrever uma geometria exata para essas partículas; também não foi possível distinguir grânulos de amido de materiais não amiláceos. BEZERRA et al. (2013), avaliaram a influência da temperatura de secagem utilizando o secador leito de jorro em farinha de banana verde, com ampliações de imagens de: 250, 1400, 1500, 3000, 1000, 15000 e 30000 vezes, e também notaram que não houve diferença entre a morfologia das partículas; já REIS (2013), estudou a influência do armazenamento na extração sequencial de micronutrientes e elementos traço em farinha de resíduo de frutas e hortaliças, com ampliações de 37, 60, 90, 230, 600 e 800 vezes e percebeu partículas de diferentes tamanhos e estrutura com formas arredondadas, após armazenamento de 60 dias da farinha, diferente das amostras deste estudo.

II.4.4 Caracterização reológica

Teor de glúten

A Tabela II.7 contém os valores do teor de glúten úmido, glúten index e teor de água do mix de farinhas de algaroba e trigo.

Tabela II.7 – Análise de glúten do mix de farinhas de algaroba e trigo

Amostra	Teor de água (%)	Glúten úmido (%)	Glúten index (%)
95%FT+5%FA	13,55 ± 0,10 ^a	24,7 ± 0,30 ^a	98,1 ± 0,05 ^a
85%FT+15%FA	13,50 ± 0,15 ^b	24,7 ± 0,42 ^a	98,3 ± 0,11 ^a
75%FT+25%FA	13,85 ± 0,13 ^b	24,9 ± 0,37 ^a	98,3 ± 0,09 ^a

Em uma mesma coluna médias com letras em comum, não diferem significativamente ($p < 0,05$).

Para as misturas de farinha de algaroba e trigo estudadas, os teores de água variaram de 13,50% a 13,85%, demonstrando que todas se encontravam em nível adequado para sua conservação, fazendo com que as reações comuns de deterioração, como reações químicas, enzimáticas e crescimento microbiano, não fossem aceleradas. O Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos – Resolução RDC/ANVISA n.º 263 de 22 de setembro de 2005 (BRASIL, 2005a) e a Instrução Normativa n.º 8 de 2005 do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2005b), estabelecem o valor máximo de 15% para o teor de água para farinhas.

Pelos resultados obtidos, houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as misturas estudadas, a mistura com maior porcentagem de farinha de algaroba apresentou um teor de água maior, 13,85%; tal valor pode ser justificado pela alta higroscopicidade da farinha de algaroba.

A incorporação de até 25% de farinha de algaroba não proporcionou diferenças significativas ($p < 0,05$), em relação à farinha de trigo pura, para os teores de glúten úmido, glúten index. Segundo PIZZINATTO (1999) a farinha de trigo pode ser classificada quanto à qualidade do glúten para panificação em: muito boa (glúten index > 90), boa (90 > glúten index > 60), média (60 > glúten index > 40) e fraca (glúten index

<40). Desta forma, as misturas de farinhas de algaroba e trigo utilizadas podem ser consideradas boas para panificação, uma vez que apresentaram glúten índice acima de 90% (Tabela II.7). O teor de glúten úmido variou de 24,7 a 24,9%, podendo-se afirmar que este teor de glúten é exclusivo da farinha de trigo presente na mistura e que a farinha de algaroba não contém glúten, sendo indicada sua utilização, de maneira isolada, para consumidores com doença celíaca; inclusive, a interação da farinha de algaroba e farinha de trigo sugere um efeito positivo desta mistura já que não houve redução do teor de glúten total podendo a mesma ser utilizada com maiores proporções.

Alveografia

Na Tabela II.8 se encontram os resultados de alveografia para as misturas de farinhas de algaroba e trigo, utilizadas neste estudo.

Tabela II.8 – Análise de alveografia do mix de farinhas de algaroba e trigo

Amostra	Alveografia				
	P (Tenacidade) (mmH ₂ O)	L (Extensibilidade) (mm)	G (índice de crescimento)	W (Energia de deformação) (10 ⁻⁴ J)	P/L (Número proporcional)
95%FT+5%FA	127 ± 1,4 ^a	38 ± 5,7 ^b	13,7 ± 8,3 ^b	211 ± 16,0 ^a	3,34 ± 0,1 ^a
85%FT+15%FA	84 ± 2,8 ^b	69 ± 4,2 ^a	18,5 ± 7,2 ^a	206 ± 11,0 ^b	1,22 ± 0,2 ^b
75%FT+25%FA	65 ± 1,9 ^c	34 ± 3,9 ^b	13,0 ± 6,3 ^c	95 ± 18,0 ^c	1,91 ± 0,6 ^c

Em uma mesma coluna médias com letras em comum, não diferem significativamente ($p < 0,05$).

Para os resultados de tenacidade (P), extensibilidade (L), G (índice de crescimento), energia de deformação (W) e número proporcional (P/L) (Tabela II.8) houve diferença estatística entre as formulações; verifica-se, desta forma, que a farinha de algaroba nas concentrações de 5%, 15% e 25% interferiu de forma significativa nas propriedades alveográficas das massas.

A tenacidade (P) variou de 65 a 127 mmH₂O, diminuindo com a elevação do teor de farinha de algaroba de 5 a 25%; para a extensibilidade (L), ocorreu variação de 34 a 38 mm, com perfil aleatório, não apresentando diferença significativa entre a concentração de 5% ou 25% de farinha de algaroba na mistura. Percebe-se uma redução na extensibilidade, na proporção de farinha de trigo de 15 a 25%. A redução da

tenacidade e extensibilidade com o aumento da concentração da farinha de algaroba, pode ser explicada pelo enfraquecimento proteína glutenina (proteína responsável pela extensibilidade e elasticidade). MEDEIROS et al. (2012) estudaram as propriedades alveográficas da mistura de farinhas de casca de pupunha e trigo constatando que a substituição do trigo pela casca de pupunha melhorou a extensibilidade e a tenacidade das massa, com valores de P entre 124 e 172 mmH₂O e valores de L entre 25 e 33 mm.

A energia de deformação da massa (W) variou de 95 a 211 x 10⁻⁴ J, para a formulação com 25% de farinha de algaroba e 75% de farinha de trigo e a formulação de 5% de farinha de algaroba e 95% de farinha de trigo. Esses resultados demonstram que com o aumento da concentração da farinha de algaroba nas misturas ocorreu diminuição na energia de deformação da massa resultando em uma farinha mais fraca. A força de uma farinha pode ser relacionada com a quantidade e a qualidade das proteínas; ao analisar o teor de glúten nas misturas percebe-se que o conteúdo não foi alterado com o aumento da concentração de farinha de algaroba; assim, pode-se explicar que o enfraquecimento do mix de farinhas foi resultado da diminuição da qualidade das proteínas em virtude da diminuição da interação entre a gliadina e a glutenina, com o aumento do teor de farinha de algaroba. PIEKARSKI et al. (2008) analisaram os parâmetros de alveografia em farinha mista contendo folha de abóbora em pó em substituição à farinha de trigo, nas proporções de 0% (controle), 2,5%, 5% e 10% e observaram que, quanto maior a concentração de folha de abóbora em pó na mistura, mais tenaz (P) e menos extensível (L) se tornou a massa em relação ao controle, além de apresentar diminuição na energia de deformação da massa (W). Segundo LI (2013), o parâmetro W entre 75 e 105 é ideal para a produção de biscoitos mostrando, assim, que o mix de 25% de farinha de algaroba e 75% de farinha de trigo é adequado para a produção de biscoitos.

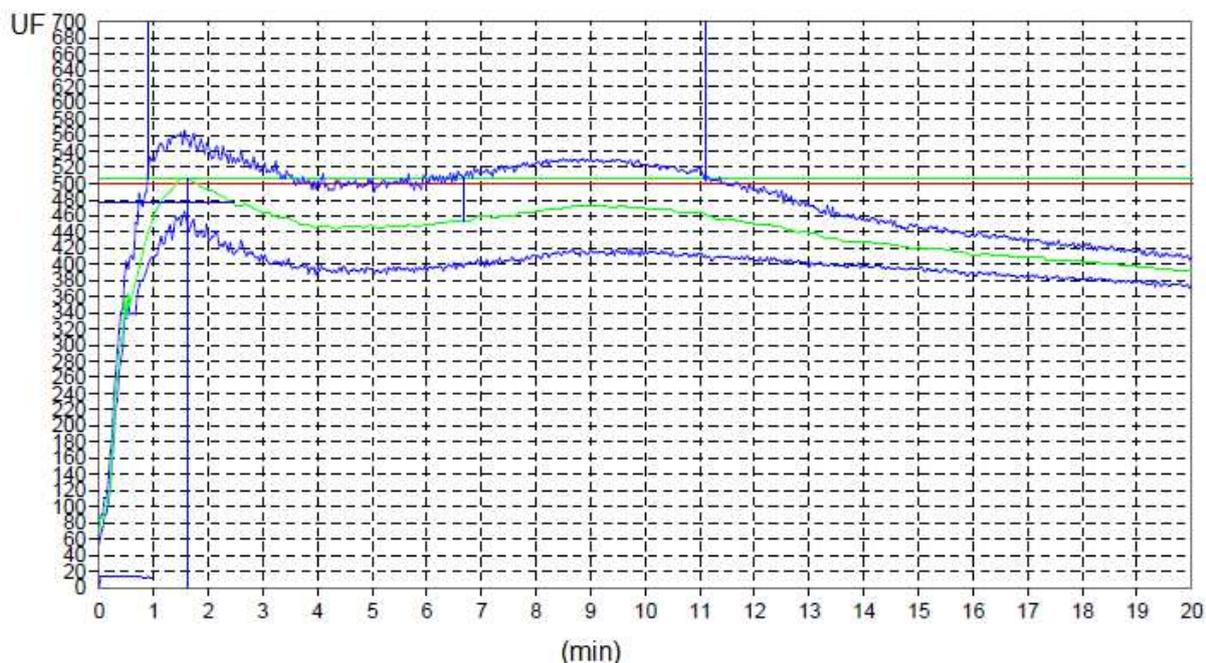
Farinografia

A Tabela II.9 e as Figuras II.12 a II.14 apresentam os resultados de farinografia das misturas de farinhas de algaroba e trigo utilizadas neste estudo.

Tabela II.9 – Análise de farinografia do mix de farinhas de algaroba e trigo

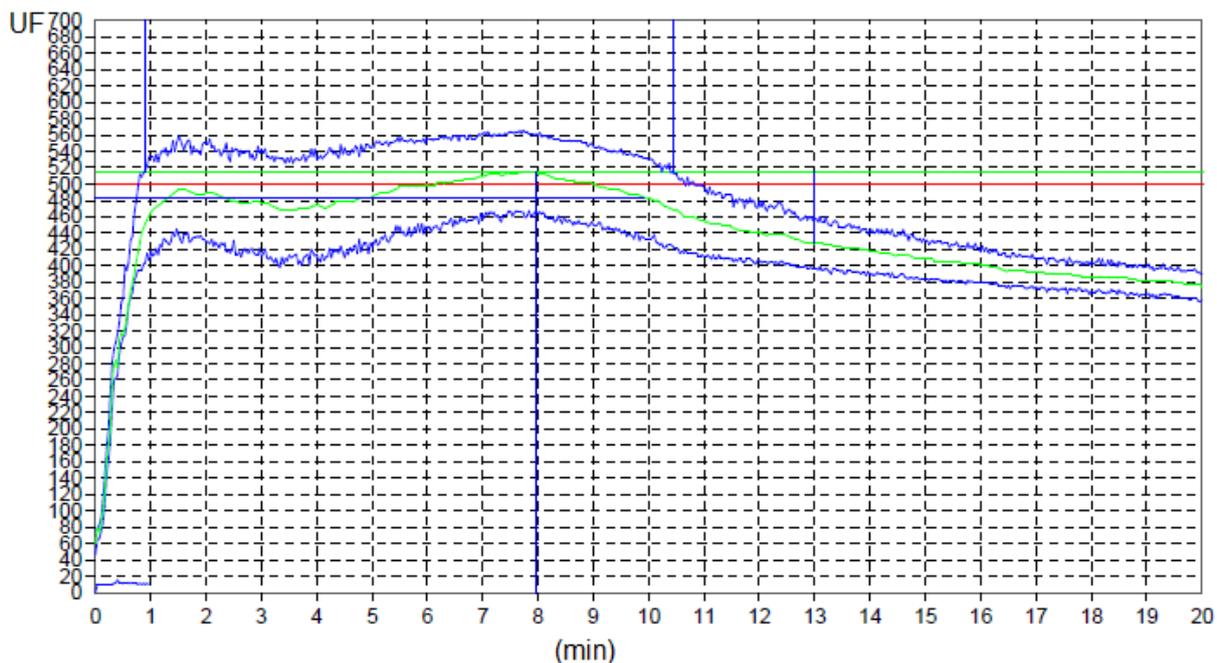
Amostra	Farinografia			
	Absorção de água (%)	Estabilidade (min)	Tempo de desenvolvimento da massa (min)	Índice de tolerância a mistura (UF)
95%FT + 5%FA	57,2 ± 0,0 ^a	10,2 ± 0,8 ^b	1,7 ± 0,1 ^c	52 ± 1,0 ^b
85%FT + 15%FA	51,4 ± 0,2 ^b	9,5 ± 1,0 ^c	8,0 ± 0,4 ^b	87 ± 1,3 ^a
75%FT + 25%FA	45,8 ± 0,0 ^c	8,0 ± 0,6 ^a	8,5 ± 0,5 ^a	42 ± 2,0 ^c

Em uma mesma coluna médias com letras em comum não diferem significativamente ($p < 0,05$)



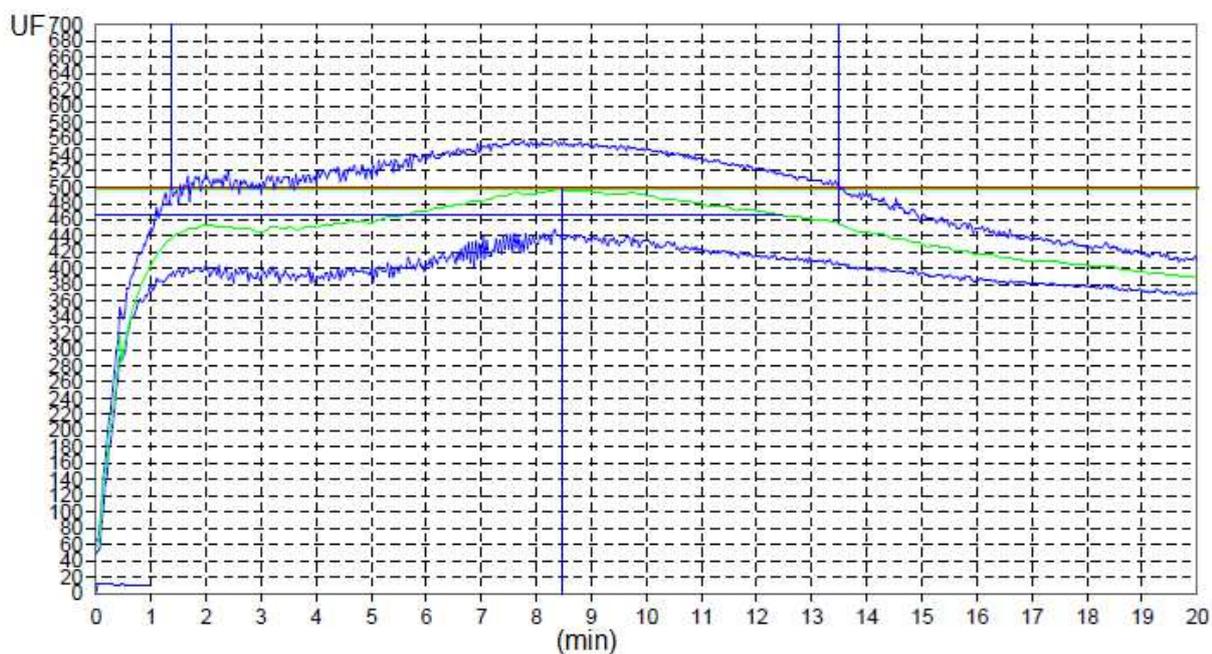
*Curvas com valores mínimos, máximos e média.

Figura II.12 – Farinograma do mix de farinhas de trigo (95%) e algaroba (5%)



*Curvas com valores mínimos, máximos e média.

Figura II.13 – Farinograma do mix de farinhas de trigo (85%) e algaroba (15%)



*Curvas com valores mínimos, máximos e média.

Figura II.14 – Farinograma do mix de farinhas de trigo (75%) e algaroba (25%)

Após a análise dos resultados percebe-se que os parâmetros: absorção de água, tempo de desenvolvimento da mistura, estabilidade da massa e índice de tolerância à mistura (Tabela II.9) apresentaram diferença estatística entre as formulações;

verifica-se, desta forma, que a farinha de algaroba nas concentrações de 5%, 15% e 25% interferiu de forma significativa nas propriedades farinográficas das massas.

Pelos resultados obtidos pode-se verificar que a absorção de água diminuiu à medida que foi aumentada a concentração de farinha de algaroba nas misturas, com valores de 45,8 a 57,2%; esta variação foi estatisticamente significativa ($p < 0,05$), e pode ser explicada pela presença de fibras insolúveis na constituição da algaroba. Segundo PIZZINATTO (1999), para a produção de biscoitos o valor da absorção de água das farinhas deve ser menor que 60%. Esses resultados são diferentes dos encontrados por ARMEHD et al. (2013), que justificaram o aumento da absorção de água com o acréscimo do teor de fibras solúveis devido os grupos hidroxilas presentes interagirem com o hidrogênio da água. Este aumento da absorção de água também foi verificado por (GOLDSTEIN et al., 2010; MÍS et al., 2012; SUDHA et al., 2007) estudando a influência da concentração de farelo de trigo em misturas com farinha de trigo; no entanto, em estudos semelhantes desenvolvidos por PERESSINI & SENSIDONI (2009), fibras insolúveis como a inulina reduziram a absorção de água. A absorção de água é afetada pela fonte de fibra, estrutura, método de determinação, porosidade e tamanho da partícula.

A estabilidade da massa é um parâmetro que indica a força da farinha, uma estabilidade mais alta indica uma farinha mais forte. A partir da análise dos resultados, pôde-se observar que a estabilidade da massa variou de 8,0 a 12,1 minutos, para a concentração de farinha de algaroba de 5 a 25%, com diferença significativa ($p < 0,05$). Segundo ICTA (2015), a estabilidade da farinha apropriada para produção de biscoitos deve ser menor que 12 min; a menor estabilidade foi verificada com maior concentração de farinha de algaroba; A redução da estabilidade com acréscimo da concentração de algaroba, não pode ser explicada pela variação do teor de glúten pois foi constatado, na análise de glúten, que, com variação do teor de algaroba, a quantidade de glúten das misturas não sofreu diferença. O menor valor de estabilidade obtido com a concentração de farinha de algaroba de 25%, pode ser explicado pela redução da força de ligação entre as proteínas gliadina e glutenina, resultante da substituição da farinha de trigo por farinha de algaroba.

Com variação de 5 a 25% de farinha de algaroba na mistura, é possível visualizar uma redução da estabilidade que condiz com os resultados verificados nos parâmetros alveográficos pois remetem à redução na força da farinha (parâmetro W),

diminuindo a tolerância ao amassamento ou à ação mecânica das massas com maiores proporções de farinha de algaroba na mistura. KAMINSKI et al. (2011) encontraram relação entre a menor estabilidade e a redução na força em mistura de farinhas de trigo e centeio, variando a concentração de centeio de 10 a 75%; uma diminuição da estabilidade da massa foi verificada por (ARMEHD et al., 2013; MÍS et al., 2012), estudando o enriquecimento da farinha de trigo com fibras insolúveis com concentração de 5 e 10%, indicando menor resistência ao amassamento e menor qualidade tecnológica.

Pelos resultados obtidos pode-se verificar que o tempo de desenvolvimento da massa aumentou à medida que a farinha de algaroba foi incorporada às misturas, com valores variando de 1,7 a 8,5 minutos. Este aumento no tempo de desenvolvimento pode ser explicado pela presença de fibras na farinha de algaroba; para fins de produção de alimentos enriquecidos com farinha de algaroba, este aumento no tempo de desenvolvimento da massa representa uma desvantagem visto que, no preparo de alimentos, tais como: biscoitos e bolos, o tempo de mistura da massa é baixo.

No geral, o tempo de desenvolvimento da massa é aumentado à medida que a farinha de trigo é substituída por outros tipos de farinha, conforme constatado por alguns autores. KOCA & ANIL (2007) observaram um aumento do tempo de desenvolvimento da massa com o aumento de utilização da farinha de semente de linhaça sendo que uma substituição de 15% gerou um tempo de desenvolvimento de 8,85 min. Esses resultados se encontram próximos aos encontrados neste experimento para as farinhas mistas contendo trigo e algaroba. Estudos que avaliaram farinhas originadas de novas cultivares de trigo ou o comportamento de propriedades farinográficas de misturas com outros tipos de farinhas, têm feito uso de uma farinha de trigo controle com valores de tempo de desenvolvimento (TDM) mínimo de 6,5 minutos reforçando os resultados obtidos para farinha de algaroba, nas proporções até 25% (PACHECO-DELAHAYE & TESTA, 2005; GUTKOSKI et al., 2008; OZTURK et al., 2009).

Com relação ao índice de tolerância à mistura, percebe-se que variou de 42 a 87%, para a concentração de 15 e 25% de farinha de algaroba. Segundo PIZZINATTO (1999), para a produção de biscoitos o valor do índice de tolerância à mistura de farinhas deve ser maior que 60%; este parâmetro teve, no geral, comportamento aleatório, com diferença estatisticamente significativa em todas as concentrações de

farinha de algaroba; verificou-se um aumento no índice de tolerância à mistura, com elevação da concentração de farinha de algaroba de 5 e 15%; considerando que o índice de tolerância à mistura consiste na capacidade em que a massa apresenta a resistir à mistura, esses resultados sugerem possível enfraquecimento da proteína gliadina (proteína responsável pela coesividade) pela adição de concentrações crescentes de farinha de algaroba. ARMEHD et al. (2013) e MÍS et al. (2012) obtiveram redução do índice de tolerância à mistura quando adicionaram fibras insolúveis e farinha de linhaça a farinha de trigo.

Amilografia

A Tabela II.10 e as Figuras II.15 a II.17 apresentam os resultados de amilografia das misturas de farinhas de algaroba e trigo utilizadas neste estudo.

Tabela II.10 – Características amilográficas do mix de farinhas de algaroba e trigo

Amostra	Amilografia			
	Viscosidade máxima (UA)	Viscosidade mínima a 95°C (UA)	Temperatura da pasta (°C)	Temperatura da viscosidade máxima (°C)
95%FT + 5%FA	1440 ± 1,0 ^a	920 ± 2,0 ^a	64,5 ± 0,5 ^b	91,5 ± 0,9 ^b
85%FT + 15%FA	1210 ± 6,0 ^b	720 ± 7,0 ^b	67,5 ± 0,5 ^a	93,0 ± 0,8 ^a
75%FT +25%FA	920 ± 4,0 ^c	680 ± 9,0 ^c	67,5 ± 0,6 ^a	91,5 ± 0,9 ^b

UA – unidade amilográfica;

Em uma mesma coluna médias com letras em comum não diferem significativamente (p<0,05)

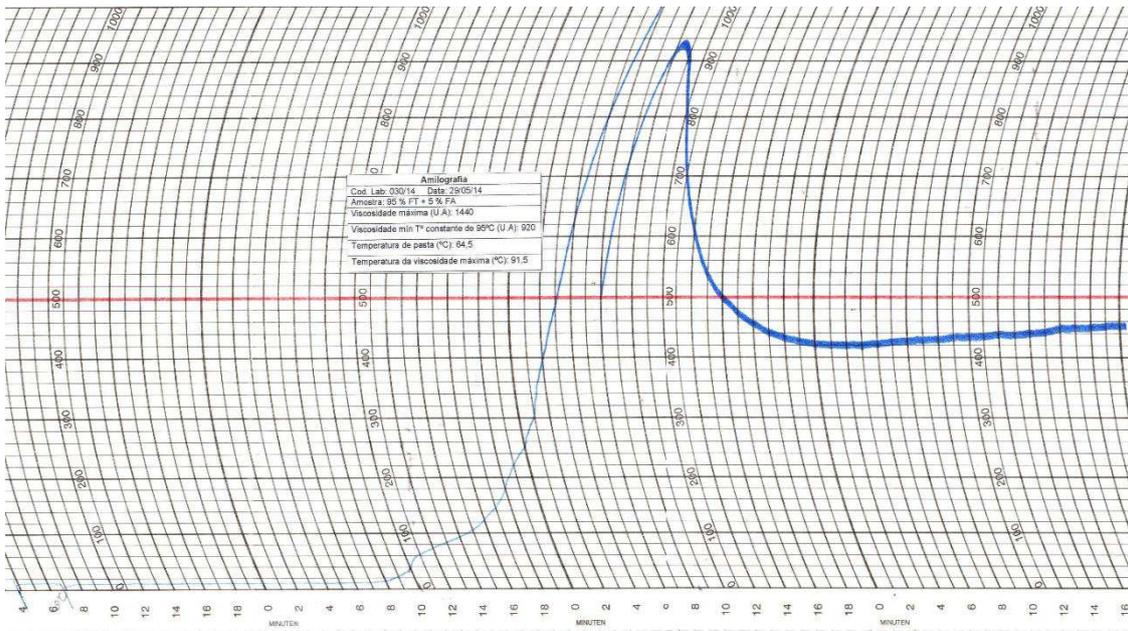


Figura II.15 - Amilograma do mix de farinhas de trigo (95%) e algaroba (5%)

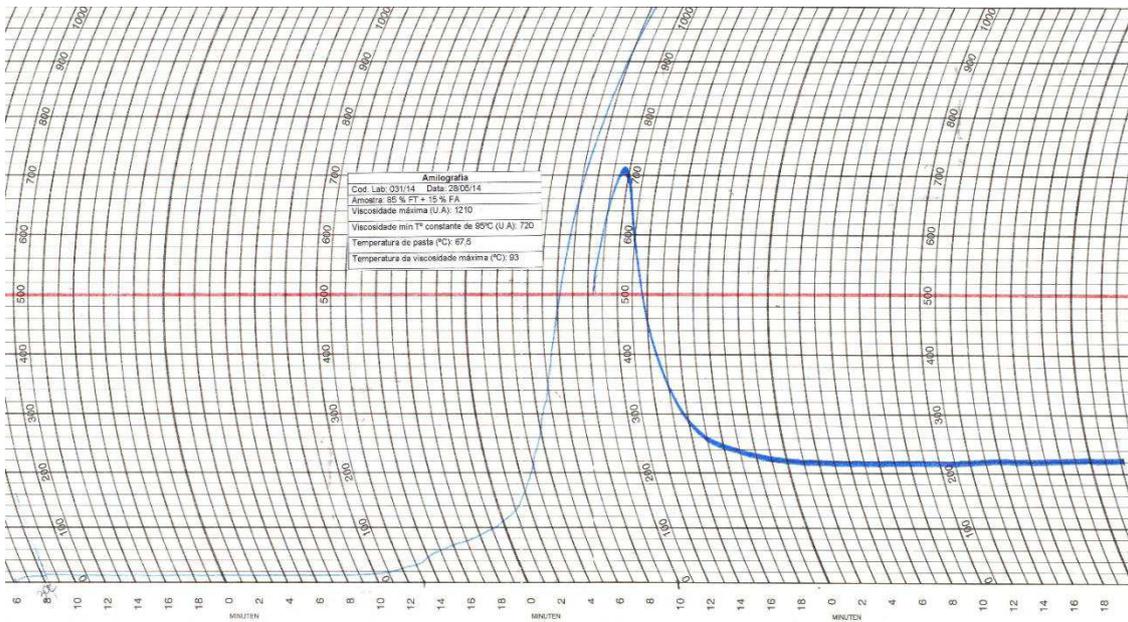


Figura II.16 - Amilograma do mix de farinhas de trigo (85%) e algaroba (15%)

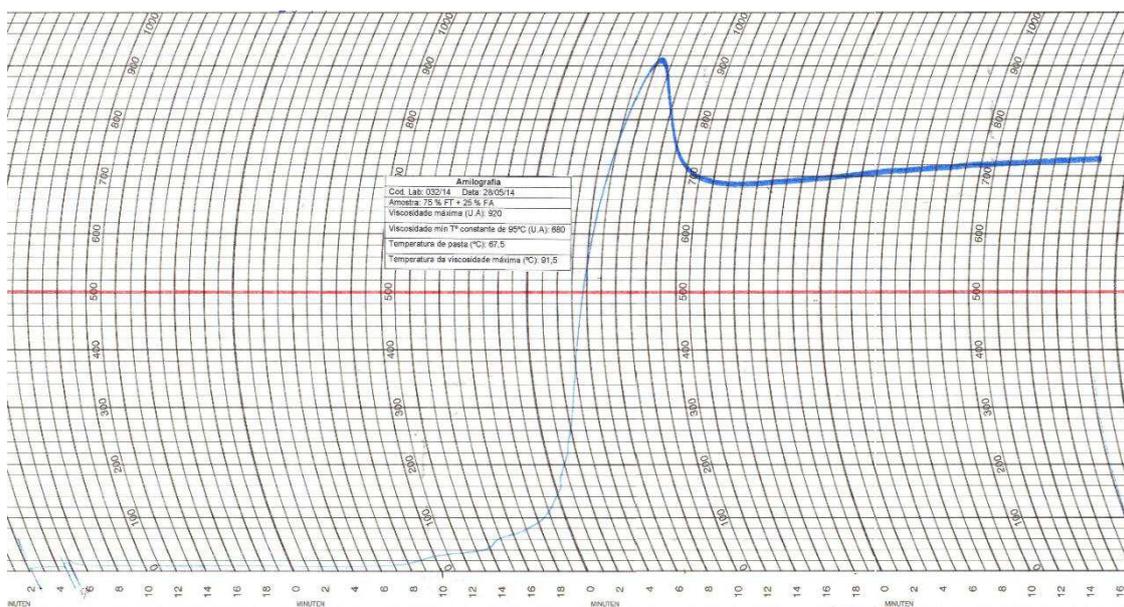


Figura II.17 - Amilograma do mix de farinhas de trigo (75%) e algaroba (25%)

Analisando a Tabela II.10 percebe-se que os valores de viscosidade máxima e mínima diminuíram com o aumento da concentração da farinha de algaroba, variando de 920 a 1440 unidades amilográficas e 680 a 920 unidades amilográficas, respectivamente; esta diminuição da viscosidade com o aumento da concentração de farinha de algaroba, é explicada pelo enfraquecimento e ruptura das ligações de hidrogênio e amido permitindo maior penetração de água, que serve de plastificante promovendo, assim, maior escoamento entre as macromoléculas de amido causando, como consequência, uma queda na viscosidade; a viscosidade é um parâmetro muito importante para o controle de qualidade da farinha sendo alterada pelo tipo, pela quantidade e pela temperatura de gelatinização do amido.

O decréscimo no valor da viscosidade máxima implica em uma atividade maior da enzima alfa amilase na mistura; tal atividade foi potencializada com substituição da farinha de trigo por farinha de algaroba em função do alto valor de açúcares presente na algaroba.

Com o aumento da concentração de farinha de algaroba ocorreu a redução da viscosidade máxima, que pode ser relacionada a diminuição da absorção de água detectada na análise de farinografia. O aumento da atividade enzimática comprovada pela redução da viscosidade, também justifica a redução na absorção de água. ASSIS et al. (2009) avaliaram a influência da substituição da farinha de trigo por farinha de aveia,

variando de 25 a 75% e relacionaram o aumento da viscosidade máxima ao aumento da absorção devido ao conteúdo de fibras e proteínas presente na aveia.

Os resultados da caracterização reológica das misturas de farinhas de algaroba e trigo analisadas demonstraram que a partir do aumento da concentração de farinha de algaroba, a força da mistura vai diminuindo, o que pode ser explicado pela redução da estabilidade, da energia de deformação da massa, tenacidade, extensibilidade e menor absorção de água indicando que a farinha de algaroba apresenta características adequadas à produção de biscoitos.

II.4.5 Caracterização físico-química e determinação dos minerais

Os resultados da caracterização físico-química e da determinação dos minerais da farinha de algaroba estão apresentados na Tabela II.11.

Tabela II.11 – Caracterização físico-química e determinação dos minerais da farinha de algaroba

Determinação	Valor médio \pm desvio padrão
Teor de água (g 100g ⁻¹)	7,17 \pm 0,01
Cinzas (g 100g ⁻¹)	2,50 \pm 0,05
Proteínas (g 100g ⁻¹)	9,12 \pm 0,10
Lipídios (g 100g ⁻¹)	1,28 \pm 0,15
Carboidratos (g 100g ⁻¹)	74,50 \pm 0,01
Fibras (g 100g ⁻¹)	15,10 \pm 0,20
Açúcares totais (g 100g ⁻¹)	60,50 \pm 0,08
Cálcio (mg 100g ⁻¹)	650,75 \pm 1,17
Fósforo (mg 100g ⁻¹)	879,12 \pm 2,42
Ferro (mg 100g ⁻¹)	10,20 \pm 1,87

Analisando a Tabela II.11 percebe-se um teor de cinzas da farinha de algaroba de $2,50 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$. MORAES et al. (2010) encontraram um teor de cinzas da farinha de trigo comum de $0,78 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$; o teor de cinzas da farinha de trigo comercial é utilizado como um dos parâmetros de tipificação pela atual legislação. De acordo com a legislação brasileira do Ministério da Agricultura para farinha de trigo (BRASIL, 1996), a farinha de trigo comum deve apresentar teor de cinza entre $0,66$ e $1,35 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$, em base seca. Analisando os resultados observa-se que o teor de cinzas encontrado está acima deste valor. SANTOS (2013) encontrou, estudando a farinha da casca do albedo do maracujá, um teor de cinzas de $2,95 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$, valor maior do que o encontrado para a farinha de algaroba.

A farinha algaroba apresentou teor de proteína de $9,12 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$, sendo indicada para a produção de biscoitos. Segundo GUTKOSKI et al. (2003), biscoitos de boa qualidade são obtidos a partir da farinha de trigo mole, de baixo teor de proteína bruta, entre 8 e $11 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$. SILVA (2009) encontrou, estudando a utilização da farinha do resíduo da algaroba, $6,67 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ de teor de proteína.

Em relação ao teor de lipídios, o valor encontrado para farinha de algaroba foi de $1,28 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$, valor superior ao obtido por SOUZA (2012) estudando a caracterização da farinha de banana verde, com valor de $0,58 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$; já FERNANDES et al. (2008) encontraram um valor superior ao encontrado para farinha de algaroba estudando a composição físico-química da farinha de batata com um teor de lipídios de $1,61 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$.

O teor de carboidratos encontrado para a farinha de algaroba, foi de $4,50 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$, valor superior ao obtido por FERREIRA et al. (2012) estudando a farinha da casca de jabuticaba, que encontraram teor de carboidratos de $58,70 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$.

O teor de fibras da farinha de algaroba foi de $15,10 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$, valor muito acima de $2,49 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ encontrado por SILVA et al. (2012) estudando a composição físico-química da farinha de soja integral. Os valores de fibras totais encontrados na presente pesquisa são extremamente favoráveis para seu uso em enriquecer alimentos com carência deste nutriente ou até mesmo para o consumo da farinha isolada de vez que a mesma apresenta quantidades de fibras bem elevadas. Pelo seu elevado teor de fibras pode-se afirmar que a farinha de algaroba é essencial para a obtenção de efeitos benéficos relacionados ao trato gastrointestinal, como aumento do bolo fecal e

evacuação adequada das fezes auxiliando também na prevenção da obesidade, câncer de colo, elevados níveis de colesterol e glicose sanguínea além de possível aumento da saciedade por reduzir o trânsito gastrointestinal (MONTAGNE et al., 2003; PIMENTEL et al., 2005; VUSKAN, 2007).

O teor de açúcares totais encontrados na farinha de algaroba foi de 60,50 g 100g⁻¹, valor superior ao referido por SILVA et al. (2007) que encontraram teor de açúcares totais de 56,50 g 100g⁻¹, estudando a composição físico-química e microbiológica da farinha da algaroba.

Com relação aos minerais, a farinha de algaroba apresentou teor de cálcio, fósforo e ferro de 650,75 mg 100g⁻¹, 879,12 mg 100g⁻¹ e 10,20 mg 100g⁻¹, respectivamente. RODRIGUES et al. (2011) encontraram, estudando a caracterização química da farinha de yacon, um teor de cálcio e fósforo de 50 mg 100g⁻¹ e 210 mg 100g⁻¹, respectivamente e MENDES (2013) também encontrou, a composição físico-química e a determinação dos minerais das farinhas de casca de abacaxi e manga, o teor de 10 mg 100g⁻¹ para os dois tipos de farinha.

II.5. CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, conclui-se que:

- O atributo sabor foi considerado o mais importante para a compra de biscoitos, com 28 julgadores (47%) atribuindo o percentual de 100% de importância;
- Os biscoitos elaborados com farinha produzida com algaroba seca utilizando temperatura de 60°C obtiveram maior aceitação, com média de notas de 6,43 a 7,15;
- A fração granulométrica presente em maior quantitativo, foi a que ficou retida na peneira de 32 Mesh;
- Não foi possível descrever uma geometria exata para as partículas de farinha de algaroba que contêm diferentes formatos e tamanhos, com superfícies irregulares, variando com partes lisas e estriadas;
- A farinha de algaroba não contém glúten;
- Os valores de tenacidade e extensibilidade do mix de farinhas de algaroba e trigo foram reduzidos com o aumento da concentração de farinha de algaroba, de 127 para 65 mmH₂O e 69 para 34 mm, respectivamente;
- À medida que ocorreu aumento do teor de farinha de algaroba com concentração de 5 para 25%, percebeu-se uma diminuição na força reduzindo a energia de deformação de 211 x 10⁻⁴J para 95 x 10⁻⁴J, e estabilidade das misturas, diminuindo de 10,2 para 8 minutos;
- A absorção de água diminuiu e o tempo de desenvolvimento da massa aumentou com a elevação da concentração de farinha de algaroba, de 57,2% para 45,8% e 1,7min para 8,5 min, respectivamente;
- A farinha de algaroba apresentou teor de proteínas, carboidratos, fibras, cálcio e fósforo, com valores de 9,12 g 100g⁻¹, 74,50 g 100g⁻¹, 15,10 g 100g⁻¹, 650,75 mg 100g⁻¹ e 879,12 mg 100g⁻¹, respectivamente.

II.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir deste estudo pode-se afirmar que o processo de produção de farinha de algaroba é viável para as condições operacionais utilizadas. Através da caracterização da farinha de algaroba percebe-se que se trata de um produto com características reológicas importantes para a produção de produtos de panificação. O processo simples e o baixo custo para produção da farinha de algaroba demonstraram ser uma grande oportunidade para o incremento de renda para os produtores da região Nordeste.

II.6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Determinar as propriedades térmicas da farinha de algaroba utilizando calorimetria exploratória diferencial e termogravimetria;
- Realizar testes de panificação experimentais utilizando a farinha de algaroba.

II.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMA, Estatísticas: Mercado de Trigo. São Paulo: Associação Brasileira das Indústrias

de Massas Alimentícias, 2013. Disponível em: <http://www.abima.com.br/estatistica_trigo.php>. Acesso em: 11 set. 2014.

ABITRIGO. Associação Brasileira da Indústria do Trigo, 2015. Consumo mundial de trigo. Disponível em: <<http://www.abitrigo.com.br/index.php?mpg=09.01.00>>. Acesso em: 21 Jan. 2015.

ABITRIGO. **O que é o trigo**. São Paulo: Associação Brasileira da Indústria do Trigo, 2013. Disponível em: <<http://www.abitrigo.com.br/index.php?mpg=02.00.00>>. Acesso em: 29 Ago. 2014.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 12806 – Análise sensorial dos alimentos e bebidas**. São Paulo: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1993.

AHMED, J.; ALMUSALLAM, A.; AL-HOOTI, S. N. Isolation and characterization of insoluble date (*Phoenix dactylifera* L.) fibers. **LWT - Food Science and Technology**, v.50, n.2, p.414 a 419, 2013.

ANGIOLONI, A.; COLLAR, C. Gel, dough and fibre enriched fresh breads: Relationships between quality features and staling kinetics. **Journal of Food Engineering**, v.91, n. 4, p.526-532, Apr. 2009.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (AACC). **Approved methods of AACC**. 9 ed. Saint Paul, 2002, v.1 e 2.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved Methods**. 10 ed. Saint Paul: AACC, 2009.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS - AACC. **Approved Methods of Analysis**. AACC, 2010.

ASSIS, L. M.; ZAVAREZE, E. R.; RADUNZ, A. L.; DIAS, A. R. G.; GUTKOSKI, L. C.; ELIAS, M.C. Propriedades nutricionais, tecnológicas e sensoriais de biscoitos com

substituição de farinha de trigo por farinha de aveia ou farinha de arroz parboilizado. **Alimentos e Nutrição**, v.20, n.1, p.15-34, 2009.

AWB. Quality data testing Australia.2015. Disponível em:<<http://www.awb.com.au/growers>>. Acesso em: 15 jan 2015.

BECKER, R; GROSJEAN, O. K. A compositional study of pods of two varieties of mesquite (*P. glandulosa*; *P. veluntina*). **Journal Agriculture Food Chemistry**, v. 28, n.1, p. 22-25, 1980.

BENASSI, V.T.; WATANABE, E. **Fundamento da tecnologia de panificação**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA, 1997. 60 p

BEZERRA, C.V.; AMANTE, E. R.; OLIVEIRA, D.C.; RODRIGUES, A.M.C.; SILVA, L.H.M. Green banana (*Musa cavendishii*) flour obtained in spouted bed – Effect of drying on physico-chemical, functional and morphological characteristics of the starch. **Industrial Crops and Products**, v. 41, n.1, p. 241-249, 2013.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal Biochemistry Physiology**, n.37, p.911-917, 1959.

BRASIL - Ministério da Saúde. Agência de Vigilância Sanitária. Resolução N° 263 de 22 de setembro de 2005. **Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 de setembro de 2005a.

BRASIL - Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos** / Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília: Ministério da Saúde, 2005b. 1018p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC n° 12, de 02 de janeiro de 2001. **Dispõe sobre os princípios gerais para o estabelecimento de critérios e padrões microbiológicos para alimentos**.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 354, de 18 de julho de 1996. Norma técnica referente à farinha de trigo. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 22 jul. 1996. Seção 1, p. 13557-13558.

BREWER, L.R.; KUBOLA, J.; SIRIAMORNPUN, S.; HERALD, T.; SHI, Y.C. Wheat bran particle size influence on phytochemical extractability and antioxidant properties. **Food Chemistry**, v.152, n.1, p.483–490, 2014.

BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. **Drying and storage of grains and oil seeds**. Westport: The Avi Publishing Company, 1992. 450p.

CARVALHO, D. **Controle de qualidade de trigo e derivados e tratamento e tipificação de farinhas**. Granotec do Brasil, Curitiba, 1999 (Apostila).

CHANG, Y. K. Aplicação das fibras em panificação e seus benefícios a saúde. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS (SLACA), 7., 2007, Campinas. **Palestra Técnica**. Campinas: FEA, 2007, p. 39.

CHOPIN. Chopin Technologies. Alveograph. France, 2015. Disponível em:<<http://www.chopin.fr/fr/alveographe--id43.php>>. Acesso em: 16 jan 2015.

COLLAR, C.; SANTOS, E.; ROSELL, M.C. Assessment of rheological profile of fibre-enriched bread doughs by response surface methodology. **Journal of Food Engineering**, v.78, n.3, p.820–826, 2007.

COUTO, M.E. **Utilização da farinha de casca de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) na elaboração de pão de forma**. 2007. 107f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

DOBRA SZCZYK, B.J.; MORGENSTERN, M.P. Rheology and the breadmaking process. **Journal of Cereal Science**, v.38, n.2, p.229-245, 2003.

EL-DASH, A.; GERMANI, R. **Tecnologia de farinhas mistas: uso de farinha mista de trigo e milho na produção de pães**. Brasília: EMBRAPA - SPI, v. 2, 1994. 81 p.

EL-DASH, A. **Standardized mixing and fermentation procedure for experimental baking test**. *Cereal Chemistry*, Saint Paul, v.55, n.4, p.436-446, Jul./Ago. 1982.

EMBRAPA TRIGO. Documentos online 126. **Aspectos relacionados à legislação**. Passo Fundo: Empresa Brasileira de Agropecuária, 2010. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do126_12.htm>. Acesso em: 25 jul. 2013.

ESPINOSA, N. A. et al. Contribución de combinaciones de gluteninas a las características del gluten en poblaciones recombinantes de trigo. **Revista Fitotecnia Mexicana**, Chapingo, v. 36, n. 1, p. 45-51, mar. 2013.

FAO. **Agribusiness handbook: wheat flour**. Rome: Food and Agriculture Organization of United Nations, 2010. Disponível em: <<http://www.fao.org/investment/tci-pub/jointpublications/faoebrd/en/>>. Acesso em: 23 Ago. 2014.

FAO. **Global food price monitor**. Rome: Food and Agriculture Organization of United Nations, 2012. Disponível em:<http://www.fao.org/gIEWS/english/gfpm/GFPM_12_2012.pdf>. Acesso em: 22 Ago. 2014.

FAO. **Global food price monitor**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013. Disponível em:<http://www.fao.org/gIEWS/english/gfpm/GFPM_06_2013.pdf>. Acesso em: 15 Ago. 2014.

FERNANDES, A. F.; PEREIRA, J.; GERMANI, R.; OIANO NETO, J. Effect of the partial replacement of wheat flour for potato skin flour (*Solano Tuberosum* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, p.56-65, 2008.

FERREIRA, S. M. **Modificação enzimática da farinha de grãos quebrados de arroz para produção de alimento sem glúten**. 2012. 168 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

FERREIRA, A. E.; FERREIRA, B. S.; LAGES, M. M. B.; RODRIGUES, V. A. F.; THÉ, P. M. P.; PINTO, N. A. V. D. Caracterização e uso da casca de jabuticaba. **Alimentos e Nutrição**, v. 23, n. 4, p. 603-607, 2012.

FREITAS, E. de F.; STERTZ, S. C.; WASZCZYNSKYJ, N. Viabilidade da produção de pão, utilizando farinha mista de trigo e mandioca em diferentes proporções. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos - CEPPA**, v. 15, n. 2, p. 197-208, jul./dez.1997.

GERMANI, R. Qualidade de farinha de trigo e panificação. In: SEMANA ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS, 9, 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, UFRuralRJ, 2003. 74 p.

GIMÉNEZ, A.; VARELA, P.; SALVADOR, A.; ARES, G.; FISZMAN, S.; GARITTA, L. Shelf life estimation of brown pan bread: A consumer approach. **Food Quality and Preference**, v. 18, p. 196–204, 2007.

GOLDSTEIN, A.; ASHRAFI, L.; SEETHARAMAN, K. Effects of cellulosic fibre on physical and rheological properties of starch, gluten and wheat flour. **International Journal of Food Science and Technology**, v.45, p.1641 – 1646, 2010.

GRANOTEC – NUTRIÇÃO E BIOTECNOLOGIA: **Controle de Qualidade de Trigo**. Curitiba – PR, 2015. Disponível em: <<http://www.granotec.com.br/>>. Acesso em: 22 jan. 2015.

GUILHERME, F.F.P.; JOKL, L. Emprego de fubá de melhor qualidade protéica em farinhas mistas para produção de biscoitos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.1, p. 63-71, jan.-mar. 2005.

GUTKOSKI, L.C.; NODARI, M.L.; NETO, R.J. Avaliação de farinhas de trigos cultivados no Rio Grande do Sul na produção de biscoitos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, n. suplementar 1, p.91-97, dez. 2003.

GUTKOSKI, L.C.; DURIGON, A.; MAZZUTTI, S.; SILVA, A.C.T.; ELIAS, M.C. Efeito do período de maturação de grãos nas propriedades físicas e reológicas de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, n.4, p.888-894, out.-dez. 2008.

HORWITZ, W.; LATIMER JUNIOR, G.W. **Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists International**. 18th ed. Gaythersburg: AOAC International, 2005.

HOSENEY, R.C. **Principles of cereal science and technology**. St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists, Inc., 3rd Edition, 2010, 288p.

IAL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4 ed. Brasília, 2005.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2009. População. Indicadores sociais. Disponível em:< www.ibge.gov.br >. Acesso em: 08 Jul. 2013.

IBGE. **Estatística da Produção Agrícola**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2013. Disponível em:<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/estProdAgr_201305.pdf> Acesso em: 02 jul. 2014.

IBGE. **Estatística da Produção Agrícola**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011. Disponível em:<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201102.pdf> Acesso em: 12 jul. 2014.

ICTA - **Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Avaliação da Qualidade Tecnológica/Industrial da Farinha de Trigo**. 2015. Disponível em: <<http://thor.sead.ufrgs.br/objetos/avaliacao-farinha-trigo/index.php>>. Acesso em: 22 jan. 2015.

INDRANI, D.; RAO, G. V. Rheological characteristics of wheat flour dough as influenced by ingredients of Parotta. **Journal of Food Engineering**, v. 17, n. 1, p. 110-105, 2007.

IZYDORCZYK, M.S.; CHORNICK, T.L.; PAULLEY, F.G.; EDWARDS, N.M.; DEXTER, J.E. Physicochemical properties of hull-less barley fibre-rich fractions varying in particle size and their potential as functional ingredients in two-layer flat bread. **Food Chemistry**, v.108, n.2, p.561-570, may 2008.

JISHA, S.; PADMAJA, G.; MOORTHY, S.N.; RAJESHKUMAR, K. Pre-treatment effect on the nutritional and functional properties of selected cassava-based composite flours. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.9, p.587–592, 2008.

LI, J.; HOU, G.G.; CHEN, Z.; CHUNG, A.L.; GEHRING, K. Studying the effects of whole-wheat flour on the rheological properties and the quality attributes of whole-wheat saltine cracker using SRC, alveograph, rheometer, and NMR technique. **LWT-Food Science and Technology**, v.55, n.1, p. 43–50, 2013.

KAMINSKI, T.A.; SILVA, L.P.; NASCIMENTO JÚNIOR, A.; FERRÃO, T.S. Atributos nutricionais, tecnológicos e sensoriais de macarrões de centeio. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.14, n.2, p.137-144, 2011.

KIM, J.M.; SHIN, M. Effects of particle size distributions of rice flour on the quality of gluten-free rice cupcakes. **LWT- Food Science and Technology**, v.59, n.1, p. 526–532, 2014.

KOCA, A. F.; ANIL, M. Short communication effect of flaxseed and wheat flour blends on dough rheology and bread quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.87, p. 1172-1175, 2007.

MEDEIROS, G. R.; KWIATKOWSKI, A.; CLEMENTE, E. Características de qualidade de farinhas mistas de trigo e polpa de pupunha (*Bactris Gasipaes* Kunth). **Alimentos e Nutrição**, v. 23, n. 4. p. 655-660, out/dez. 2012.

MENDES, B. A. B. **Obtenção, caracterização e aplicação de farinha das cascas de abacaxi e de manga**. 2013. 77f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, , Itapetinga, 2013.

MIS, A.; GRUNDAS, S.; DZIKI, D.; LASKOWSKI, J. Use of farinograph measurements for predicting extensograph traits of bread dough enriched with carob fibre and oat wholemeal. **Journal of Food Engineering**, v.108, n.1, p. 1 – 12, 2012.

MONTAGNE, L.; PLUSKE, J.R.; HAMPSON, D.J. A review of interaction between dietary fibre and the mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. **Animal Feed Science and Technology**, Rennes Cedex, v. 108, n. 1/4, p. 95-117, 2003.

MONTENEGRO, F. M. **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TECNOLÓGICO DE MISTURAS DE FARINHAS DE TRITICALE E TRIGO EM PRODUTOS DE PANIFICAÇÃO**. 2011. 94f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

MORAES, K. S.; ZAVAREZE, E.R.; MIRANDA, M.Z.; SALAS-MELLADO, M.M. Avaliação tecnológica de biscoitos tipo cookie com variações nos teores de lipídio e de açúcar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n.1, p. 233-242, 2010.

MUNIZ, M.B **Processamento das vagens de algaroba (*Prosopis juliflora*) para produção de bioprodutos**. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos). 2009, 145f. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

NICOLAS, Y.; SMIT, R.J.M.; VAN AALST, H.; ESSELINK, F.J.; WEEGELS, P.L.; AGTEROF, W.G.M. Effect of storage time and temperature on rheological and microstructural properties of glúten. **Cereal Chemistry**, v.80, n.4, p. 371-377, 2003.

OZTURK, S.; KOKSEL, H.; PERRY, K.W.NG. Farinograph properties and bread quality of flours supplemented with resistant starch. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**. v.60, n.6. p. 449-457. 2009.

PACHECO-DELAHAYE, E.; TESTA, G. Evaluacion nutricional, física y sensorial de panes de trigo y plátano verde. **Interciencia**, v.30, n.5, p.300-304. mayo 2005.

PERESSINI, D.; SENSIDONI, A. Effect of soluble dietary fibre addition on rheological and breadmaking properties of wheat doughs. **Journal of Cereal Science**, v.49, p.190 – 201, 2009.

PIEKARSKI, F. V. B. W.; WASZCZYNSKYJ, N.; FREITAS, R. J. S. de Análises físico-químicas e reológicas na mistura de farinha de trigo com folha de abóbora em pó, para o uso em produtos de panificação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 21., 2008, Belo Horizonte. **Anais e Palestras**. Belo Horizonte: SBCTA, 2008. CD-ROM.

PIMENTEL, B.M.V.; FRANCKI, M.; GOLLÜCKE, B.P. **Alimentos funcionais: introdução as principais substâncias bioativas em alimentos**. São Paulo: Editora Varela, 2005. 95p.

PIZZINATTO, A. **Qualidade da farinha de trigo: conceito, fatores determinantes e parâmetros de avaliação e controle**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos-ITAL, 1999.

POMERANZ, Y. **Modern cereal science and technology**. New York: VHC Publishers, 1987. 486 p.

POMERANZ, Y. **Wheat: chemistry and technology**. 3 ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, v. 2, 1988, 562p.

PYLER, E.J. **Baking: science & tecnologia**. 3rd ed. Kansas: Sosland Publ., 1988. v.2.

QUEJI, M.F.D.; SCHEMIN, M.H.; TRINDADE, J.L.F. Propriedades reológicas da massa de farinha de trigo adicionada de alfa-amilase. UEPG. **Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, v.12, n.2, p.21-29, 2006.

QUAGLIA, G. **Ciencia y tecnología de la panificación**. Zaragoza: Acribia, 1991. 485p.

RAE, R. P. **O Triticulor e o Mercado**: cartilha de 2011. São Paulo: Associação Brasileira da Indústria do Trigo, 2011. 44 p. Disponível em: <<http://www.abitrigo.com.br/index.php?mpg=02.05.00>>. Acesso em: 20 Ago. 2013.

REIS, L. S. **Influência do armazenamento na extração sequencial de micronutrientes e elementos traço em farinha de resíduo de frutas e hortaliças**. 2013. 70 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

RODRIGUES, F.C.; CASTRO, A.S.B.; MARTINO, H. S. D.; FERREIRA, C. L.L.F.;. Farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius*): produção e caracterização química. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 70, n. 3, p. 290-295, 2011.

ROSS, A. S.; WALKER, C. E.; BOOTH, R. I.; ORTH, R. A.; WRIGLEY, C. W. The rapid visco-analyzer: a new technique for the estimation os sprout damage. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 32, n. 11, p. 827-829, 1987.

SANTANA, F. C. et al. Desenvolvimento de biscoito rico em fibras elaborado por substituição parcial da farinha de trigo por farinha da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* flavicarpa) e fécula de mandioca (*Manihot esculenta* Crants). **Alimentos e Nutrição**, v. 22, n. 3. p. 391-399, set. 2011.

SANTOS, O. V. et al. Avaliação de misturas proteicas mistas com farinha parcialmente desengordurada de castanha-do-brasil e isolado proteico de soja: comportamento térmico e morfológico. **Sinergia**, v. 13, n. 1, p. 35-41, 2012.

SANTOS D. A. M. **Formulação de biscoito tipo cookie a partir da substituição percentual de farinha de trigo por farinha de casca de abóbora (*Curcubita maxima*) e albedo de maracujá amarelo (*Passiflora edulis flavicarpa*)**. 2013. 76f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

SEIBEL, W. Composite Flour. In: L. Popper, W. Schäfer, W. Freund (Eds.). **Future of flour - A Compendium of flour improvement**. Kansas City: Sosland Publishing Co., U.S.A. 2007.

SILVA, M.R. **Caracterização química e nutricional da farinha de jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.): desenvolvimento e otimização de produtos através de testes sensoriais afetivos**. 1997. 154p. Tese (Doutorado em Ciência da Nutrição) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SILVA, C.G. **Otimização do processo de produção da aguardente e aproveitamento dos resíduos sólidos em produtos alimentares**. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos). 2009, 232f. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

SILVA, L.H.; COSTA, P. F. P.; NOMIYAMA, W.; SOUZA, I.P.; CHANG, Y.K. Caracterização físico-química e tecnológica da farinha de soja integral fermentada com *Aspergillus oryzae*. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas. v.15, n.4, p.300-306, out./dez. 2012.

SILVA, C.M.; MELO FILHO, A.B.; PIRES, E.F.; STAMFORD, T.L.M. Caracterização físico-química e microbiológica da farinha de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC). **Ciência e Tecnologia Alimentos**, Campinas, v.27, n.4, p.733-736, 2007.

SOUZA, R.M.S. **Secagem convectiva da banana verde pacovan (*Musa sapientum*) e sua aplicação na elaboração de cookies isentos de glúten**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). 2012, 107f. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

SUDHA, M. L.; VETRIMANI, R.; LEELAVANTHI, K. Influence of fibre from diferente cereals on the rheological characteristics of wheat flour dough and on biscuit quality. **Food Chemistry**, v.100, n.4, p. 1365 – 1370, 2007.

VUKSAN, V.; WHITHAM, D.; SIEVENPIPER, J.L.; JENKINS, A.L.; ROGOVIK, A.L.; BAZINET, R.P.; VIDGEN, E.; HANNA, A. Supplementation of conventional therapy with the novel grain Salba (*Salvia hispanica* L.) improves major and emerging cardiovascular risk factors in type 2 diabetes: results of a randomized controlled trial. **Diabetes Care**. Toronto, v.30, n. 11, p. 2804-2810, 2007.

**DESENVOLVIMENTO DE BISCOITO ENRIQUECIDO COM FARINHA DE
ALGAROBA: AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA, SENSORIAL
E ARMAZENABILIDADE**

CAPÍTULO III

**DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE SENSORIAL DE BISCOITO
ENRIQUECIDO COM FARINHA DE ALGAROBA**

III. RESUMO

Os biscoitos apresentam grande consumo, longa vida de prateleira e boa aceitação e têm sido formulados com a intenção de torná-los fortificados com fontes de fibras, proteínas e minerais, devido ao apelo nos dias atuais, buscando a melhoria da qualidade da dieta dos consumidores. Como a cada dia esses produtos são mais procurados no mercado consumidor, este trabalho teve, como objetivo, desenvolver biscoitos com adição de farinha de algaroba, mediante planejamento experimental e avaliar a aceitação sensorial do produto. O processo de obtenção do biscoito enriquecido com farinha de algaroba foi estudado mediante planejamento experimental fatorial completo 2^3 com 3 experimentos no ponto central, sendo as variáveis independentes (teor de farinha de algaroba, teor de açúcar e teor de gordura de palma). As variáveis dependentes do planejamento foram: cor, firmeza, fraturabilidade e atividade de água. Foram escolhidas as cinco melhores formulações de biscoito para teste de aceitação sensorial; concluiu-se que as cinco melhores formulações de biscoitos foram obtidas das combinações de: 25% de farinha de algaroba, 30% de teor de açúcar e 25% de teor de gordura de palma, 25% de farinha de algaroba, 30% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma, 5% de farinha de algaroba, 50% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma, 25% de farinha de algaroba, 50% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma, 15% de farinha de algaroba, 40% de teor de açúcar e 35% de teor de gordura de palma. Os biscoitos elaborados com: 25% de farinha de algaroba, 30% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 4), 5% de farinha de algaroba, 50% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 7) e 15% de farinha de algaroba, 40% de teor de açúcar e 35% de teor de gordura de palma (experimento 9), foram os que apresentaram os melhores atributos sensoriais, maior aceitação e intenção de compra; o biscoito formulado com farinha de algaroba apresentou bom potencial de mercado com produção viável e boa aceitação por parte dos julgadores.

Palavras-chave: enriquecimento de alimentos, planejamento experimental, aceitação sensorial

III. ABSTRACT

Cookies exhibit great consumption, long shelf life, good acceptance, and have recently been formulated with the intent of making them better sources of fiber, proteins, and minerals due to the recent appeal for improving the quality of consumers diet. As these products have their popularity increasing day by day, this study aimed to develop cookies with addition of mesquite flour by experimental design and evaluate the acceptance of the product. The process of making cookie enriched with mesquite flour was studied by a full factorial design 2^3 with 3 experiments in the central point, and the independent variables (mesquite flour content, sugar content and palm fat). The dependent variables in the experimental planning were: color, firmness, fracturability and water activity. It was determined by sensory analysis that the five best formulations of cookies were obtained from the combinations of: 25% mesquite flour, 30% sugar and 25% palm fat content, mesquite 25% flour, 30% of theory sugar and 45% palm fat, 5% mesquite flour, 50% sugar and 45% palm fat content, mesquite 25% flour, 50% sugar content and 45 % palm fat, 15% of mesquite flour, 40% sugar and 35% palm fat. The cookies made with 25% mesquite flour, 30% sugar and 45% palm fat content (experiment 4), 5% of mesquite flour, 50% sugar content and 45% content palm fat (experiment 7) and 15% of mesquite flour, 40% sugar and 35% palm fat content (experiment 9), showed the best sensory attributes, greater acceptance and intention to purchase. Cookie made with mesquite flour showed good market potential, with viable production and was well accepted by the judges.

Keywords: food fortification, experimental design, sensory acceptance

III.1. INTRODUÇÃO

A baixa ingestão de fibras, vitaminas e minerais, é uma constante na população brasileira. Na tentativa de se elevar o consumo desses nutrientes várias alternativas têm sido propostas, dentre elas a produção de novos itens alimentícios que possam ter valor nutricional superior ao alimento original mas que sejam, ao mesmo tempo, acessíveis às classes economicamente menos favorecidas. Uma alternativa para este problema é o emprego de novos ingredientes que possam atuar, elevando o valor nutricional de alimentos tradicionais (VORAGEN, 2010).

A algarobeira é uma leguminosa arbórea que concentra a maior parte do seu valor nutritivo nas vagens (frutos), constituindo-se rica fonte de carboidratos e proteínas. Nos últimos anos diversos trabalhos foram desenvolvidos sobre a composição e a utilização das vagens na elaboração de novos produtos. As vagens de algaroba podem ser processadas para produzir xarope, farinha, café, bebidas alcoólicas e sorvete, entre outros. SILVA et al. (2007) trabalharam os aspectos tecnológicos da farinha integral de algaroba para produtos de panificação e comprovaram que a farinha de algaroba pode ser obtida após as operações de secagem, fragmentação e o peneiramento das vagens de algaroba.

A utilização de farinhas mistas se expandiu sendo utilizada na fabricação de biscoitos já que este é um produto altamente aceito e consumido por pessoas de todas as faixas etárias. Tais características, aliadas à sua enorme diversidade se apresentam como nova opção para o estudo de diferentes tipos de farinhas e suas propriedades físicas, químicas e sensoriais, possibilitando o aumento das propriedades tecnológicas e funcionais (KOPPER et al., 2009).

Os biscoitos apresentam grande consumo, longa vida de prateleira e boa aceitação e têm sido formulados com a intenção de torná-los fortificados com, ou de torná-los fontes, de fibras ou proteínas, devido ao grande apelo nos dias atuais para a melhoria da qualidade da dieta (JAMES et al., 2011).

O Brasil registrou uma marca histórica nos embarques de biscoitos no ano passado. As vendas externas do produto cresceram 9%, somando US\$ 111 milhões, segundo dados da Associação Nacional das Indústrias de Biscoitos; em volume, as vendas somaram 60,5 mil toneladas entre janeiro e outubro de 2014. Em relação ao

mesmo período de 2013, ocorreu um crescimento de 17% no volume de suas exportações. A produção de biscoitos abastece tanto o mercado interno brasileiro quanto o externo, exportando para cerca de 120 países (ANIB, 2015).

A qualidade do alimento compreende três aspectos fundamentais: nutricional, sensorial e microbiológico. Com certeza o aspecto de qualidade sensorial é o mais intimamente relacionado à escolha do produto alimentício. Com os avanços ocorridos na produção de alimentos tornou-se necessária a criação de métodos que descrevessem as interações entre o homem e sua percepção das características dos alimentos. Assim, a análise sensorial vem-se desenvolvendo juntamente com as tecnologias de fabricação de alimentos, como ciência capaz de fornecer informações decisivas que definam até que nível pode variar a qualidade de um produto sem que sua imagem seja prejudicada perante o mercado consumidor. Atualmente, a maioria das publicações e estudos na área de alimentos inclui avaliações sensoriais (MINIM, 2013).

Como a cada dia esses produtos são mais procurados no mercado consumidor, este trabalho objetivou desenvolver biscoitos com adição de farinha de algaroba, mediante planejamento fatorial completo, sendo as variáveis independentes (teor de farinha de algaroba, teor de açúcar e teor de gordura de palma), com variáveis dependentes cor (L^* , $+a^*$ e $+b^*$), firmeza, fraturabilidade e atividade de água, e avaliar a aceitação sensorial do produto (teste de aceitação sensorial, índice de concordância entre os julgadores, análise de componentes principais, mapas de preferência interno).

III.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

III.2.1 Desenvolvimento de novos produtos

O desenvolvimento de novos produtos alimentícios se torna cada vez mais desafiador à medida que procura atender à demanda dos consumidores por produtos que sejam saudáveis e atrativos. Conseqüentemente, a alimentação de indivíduos com estilo de vida saudável tende a ser um ato prazeroso e que, ao mesmo tempo, visa à saúde e ao bem-estar (KOMATSU et al., 2008).

Os alimentos não são mais vistos unicamente como forma de saciar a fome ou de suprir os nutrientes necessários ao bom funcionamento do corpo. A dieta tem sido reconhecida como ferramenta importante na prevenção de diversas doenças crônicas não-transmissíveis, e inúmeros estudos são, atualmente, elaborados para verificar a eficácia de certos produtos alimentícios na prevenção de doenças (MARUYAMA, 2006).

Vários estudos têm sido relacionados no sentido de substituição parcial da farinha de trigo na elaboração de biscoitos e afins, tendo em vista principalmente as crescentes restrições econômicas e exigências comerciais, novas tendências de consumo, hábitos alimentares específicos e a necessidade de diversificação e/ou inovação desses produtos (SOUZA et al., 2001).

Muitos dos alimentos de consumo regional, convencionais ou não, são importantes do ponto de vista nutricional e particularmente como fonte de vitaminas, minerais e fibra alimentar. A divulgação dessas qualidades pode propiciar um aumento na aplicação tecnológica desses alimentos e o enriquecimento das dietas habituais (KOPPER, 2009).

III.2.2 Biscoitos

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, 2005a). A palavra

biscoito vem do termo francês "*biscuit*", que significa "duas vezes cozido". Hoje em dia, porém, a maioria dos biscoitos é cozida apenas uma vez (CHOWDHURY et al., 2012).

Sabe-se que a farinha trigo é um ingrediente fundamental no processamento de biscoitos; contudo, na triticultura se estabeleceu um conceito errôneo cuja ideia é de que uma farinha que não se preste à panificação, automaticamente seria adequada a biscoitos, o que não faz sentido já que o mercado de biscoitos é ocupado por grandes empresas, muitas das quais multinacionais, que estabelecem requisitos bastante precisos para reologia e acompanham os padrões de primeiro mundo (RAE, 2011).

Outros ingredientes também influenciam na qualidade dos biscoitos; o açúcar, por exemplo, contribui tanto para a textura, o sabor e a doçura como para a cor do biscoito. Além disso, influencia na conservação do produto, pelo seu poder de reter água (MORAES et al., 2010). Variando os teores de lipídios e açúcar, MORAES et al. (2010) observaram que os biscoitos com concentrações elevadas de açúcar, entre 44 e 57%, apresentaram maior fator de expansão; por outro lado, os biscoitos com concentrações elevadas de gordura, entre 30 e 38%, apresentaram menor força de quebra.

O lipídio, por sua vez, também é um dos componentes básicos da formulação de biscoitos apresentando-se em níveis relativamente altos, de acordo com JACOB & LEELAVATHI (2007). Os autores deste estudo testaram diferentes tipos de gordura sobre a reologia da massa de biscoitos e o observaram, por exemplo, que o óleo oferece maior resistência à mistura, conferindo uma textura mais rígida ao biscoito ao passo que a gordura de padaria confere uma consistência mais suave à massa; paralelamente, a massa de biscoito contendo margarina se apresenta pouco elástica porém é mais suave, exigindo menor força de compressão; por outro lado, MAMAT et al. (2010) observaram, avaliando produtos comerciais, que os biscoitos com menor conteúdo de gordura se mostraram mais rígidos comparados àqueles com teor de gordura normal cujos resultados evidenciam, porém, que tanto a fonte quanto a quantidade de lipídio utilizada influenciam nas características de qualidade da preparação.

Devido à sua composição, os biscoitos estão entre os alimentos processados de menor custo e maior praticidade. Constituídos basicamente por farinha, açúcar e gordura, esses produtos possuem baixo teor de umidade e baixa atividade de água apresentando uma longa vida de prateleira, com duração de seis meses ou mais. Isto

permite que esses produtos sejam facilmente transportados sendo consumidos tanto dentro como fora de casa (CHOWDHURY et al., 2012).

Dados do Sindicato das Indústrias de Massas Alimentícias e Biscoitos do Estado de São Paulo (SIMABESP, 2014) indicam que o Brasil produziu 1.271 milhões de toneladas de biscoito, sendo o segundo maior produtor mundial. Entre os anos de 2011 e 2013 o consumo *per capita* anual de biscoito foi de 6 kg, sendo que 30% correspondem aos biscoitos recheados, 25% crackers e água e sal, 10% wafers, 10% maria e maisena, 8% doces secos, 7% amanteigados, 6% salgados, 2% rosquinhas e 2% outros. As principais razões para o sucesso comercial e elevado consumo dos biscoitos se referem tanto à sua boa aceitação como à sua diversidade de formulações (FEDDERN et al., 2011; MOURA et al., 2010)

Cabe lembrar também que existe bastante competição no mercado, o que estimula a busca por ingredientes que conferem funcionalidade aos produtos, conforme discutido por SANTOS (2013). Neste estudo, se desenvolveu biscoito contendo farinha mista de trigo, farinha da casca da abóbora e farinha do albedo do maracujá amarelo, resultando em aumento elevado no conteúdo de fibra e boa aceitabilidade. Benefícios como esses impulsionam, então, a criação de novas formulações de biscoitos.

Neste sentido, AQUINO et al. (2010) utilizaram farinha obtida de resíduo do processamento da polpa de acerola, composto por casca e sementes, para preparar biscoitos tipo *cookies*. Foram elaboradas formulações com 0% (padrão), 10% (tipo I) e 20% (tipo II) de farinha de resíduos de acerola em substituição parcial da farinha de trigo. Os biscoitos preparados com farinha de resíduos obtiveram menores notas na impressão global (5,34 - tipo I e 4,14 - tipo II) em comparação com a formulação padrão (6,62). O autor conclui que é possível a substituição pela farinha de resíduos de acerola na formulação de *cookies* para agregar valor nutricional; no entanto, são sugeridos estudos para melhoramento das formulações a fim se de obter produtos com maior aceitação.

III.2.3 Planejamento e otimização de experimentos

O alto desenvolvimento tecnológico nas indústrias e a grande competitividade no mercado tornam, mais difícil pensar, a cada momento, em desenvolvimento de produtos e processos sem a utilização de planejamentos experimentais. Baseada nos

fundamentos estatísticos, esta metodologia é, sem dúvida alguma, uma ferramenta “poderosa” para se conhecer as condições otimizadas de um processo, em prol do desenvolvimento da formulação de produtos dentro das especificações desejadas ou, simplesmente, para investigar os efeitos que as variáveis independentes têm nas saídas desejadas (RODRIGUES & IEMMA, 2009).

O planejamento dos experimentos consiste em projetar um experimento, de forma que ele seja capaz de fornecer exatamente o tipo de informação que se procura. Para tal, precisamos saber o que é que estamos procurando e utilizar técnicas apropriadas para este propósito, como é o caso da metodologia da superfície de resposta (RSM) (BARROS NETO et al., 2003).

A metodologia de superfície de resposta é empregada desde a década de 50; é uma técnica baseada no emprego de planejamentos fatoriais e que até hoje tem sido largamente utilizada com bastante sucesso na modelagem de diversos processos industriais (BOX & HUNTER, 1978).

De acordo com BARROS NETO et al. (2003), a metodologia de superfície de resposta é composta de duas etapas: da modelagem e do deslocamento; ambas podem ser repetidas quantas vezes forem necessárias, até que se atinja uma região ótima (máximo ou mínimo), da superfície estudada. A primeira é conseguida ajustando-se modelos lineares ou quadráticos a resultados experimentais obtidos a partir de planejamentos e a segunda ocorre em busca do caminho de máxima inclinação de determinado modelo, que é o caminho no qual a resposta varia de forma mais pronunciada.

O método do planejamento experimental é baseado na seleção de níveis (nível superior + e nível inferior -) para cada variável de entrada (variável independente) e na execução de experimentos para todas as prováveis combinações. Se n fatores (variáveis controladas pelo experimentador) estão envolvidos no estudo de um sistema, o planejamento necessita de 2^n experimentos diferentes, que é o número mínimo para obtenção de um planejamento fatorial completo; outros experimentos podem ser adicionados ao experimento na forma de repetições a fim de se calcular o erro experimental; com os resultados obtidos pode-se calcular os efeitos principais e de interação das variáveis independentes sobre as respostas (variáveis dependentes), determinando quais os efeitos mais significativos para o processo em estudo.

Para a obtenção dos modelos empíricos através de regressões lineares e não lineares, BOX & HUNTER (1978) afirmam que, primeiro, é necessário realizar uma análise de variância (ANOVA), utilizando dois parâmetros muito importantes: coeficiente de correlação R^2 e o valor estimado para o teste F.

Para que o uso da metodologia atinja resultados desejados, é preciso haver uma interação entre o processo, a estatística e o bom senso.

Um planejamento experimental apresenta as seguintes vantagens:

1. Reduz o número de experiências ou repetições e melhora a qualidade da informação obtida através dos resultados;
2. Os fatores são analisados simultaneamente;
3. É possível otimizar mais de uma resposta ao mesmo tempo;
4. Permite calcular e avaliar o erro experimental;
5. Depende mais da competência do profissional em sua área de atuação que de seus conhecimentos em estatística.

MARANGONI (2007) optou por usar dois tipos de farinha com características diferentes. Em seu trabalho, o autor utilizou a metodologia de superfície de resposta com duas variáveis independentes para o desenvolvimento de biscoito: concentrações de farinha de Yacon e de aveia em flocos; os produtos foram, então, analisados quanto à textura e cor instrumental, densidade da massa e volume específico, além das propriedades sensoriais, sendo essas as variáveis dependentes empregadas; a superfície de resposta indicou, portanto, que a concentração recomendada de incorporação de farinha de Yacon seria 3,45% e a de aveia de 6,82%, considerando-se a faixa de valores estudada.

De forma similar, SANTOS et al. (2010), desenvolveram biscoitos com adição de fécula de mandioca e albedo de laranja a partir de um planejamento fatorial 2^3 adotando, como variáveis independentes as concentrações de fécula de mandioca, de açúcar e de farinha de albedo de laranja e, como variáveis respostas, os atributos sensoriais aparência, aroma, sabor, textura e impressão global, quantificadas pelo teste

de aceitação. Foi considerada ideal a formulação que apresentou as concentrações de farinha mista de 27,5% de fécula e 7,5% de albedo de laranja.

III.2.4 Análise sensorial

A qualidade do alimento compreende três aspectos fundamentais: nutricional, sensorial e microbiológico. Com certeza, o aspecto de qualidade sensorial é o mais intimamente relacionado à escolha do alimento; desta maneira, as características de qualidade sensorial precisam ser monitoradas desde o momento da percepção e escolha desta qualidade, por meio de estudos de consumidor. Precisamos lembrar, sempre, que qualidade sensorial não é uma característica própria do alimento e, sim, o resultado da interação entre alimento/homem, com suas características intrínsecas, interagindo com as condições fisiológicas, psicológicas e sociológicas do indivíduo (DUTCOSKY, 2013).

A análise sensorial, segundo a NBR 12.806 (ABNT, 1993) é definida como uma disciplina científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações das características dos alimentos e materiais como são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição.

Um alimento, além de seu valor nutritivo, deve produzir a satisfação de ser agradável ao consumidor, resultando no equilíbrio de diferentes parâmetros de qualidade sensorial. No desenvolvimento de um produto é imprescindível otimizar parâmetros, como forma, cor, aparência, aroma, sabor, textura, consistência e a interação dos diferentes componentes com a finalidade de alcançar um equilíbrio integral que se traduza em uma qualidade excelente e seja de boa aceitabilidade (BARBOZA et al., 2003).

A análise sensorial é uma ferramenta aplicável em todas as etapas da tecnologia de alimentos, desde a concepção de um novo produto alimentício até a padronização e avaliação do nível de qualidade do produto; para tanto, dispõe-se de diferentes tipos de teste: discriminativos, afetivos e descritivos. Os discriminativos medem atributos específicos pela discriminação simples indicando, por comparações, se existem ou não diferenças estatísticas entre amostras tendo, como exemplo, o triangular, o duo-trio, o de ordenação, o de comparação pareada e o de comparação múltipla. Já os testes afetivos possibilitam que o julgador expresse seu estado emocional ao escolher um produto pelo

outro; é a forma usual de se medir a opinião de um grande número de consumidores com respeito às suas preferências. As escalas mais empregadas são: de intensidade, a hedônica, do ideal e de atitude ou de intenção. Os julgadores não precisam ser treinados bastando apenas que sejam consumidores frequentes do produto em avaliação (DUTCOSKY, 2013).

A qualidade sensorial de biscoitos, é comumente avaliada por meio de Análise Descritiva e pelo teste de aceitação, este último considerado o mais importante por fornecer dados sobre a percepção do produto pelo consumidor com relação à aceitação ou à preferência, permitindo observar variações devidas à idade, gênero, classe social e cultura, tornando-se indispensável no processo de desenvolvimento de novos produtos no melhoramento de processos e na substituição de ingredientes. Em ambos os testes o biscoito é avaliado principalmente quanto à aparência, textura, aroma e sabor (PURLIS, 2012).

A escala hedônica é uma das técnicas mais utilizadas para avaliar a aceitação sensorial de produtos, na qual o consumidor expressa sua aceitação seguindo uma escala previamente estabelecida que pode ser mista, não estruturada e facial e que varia gradativamente com base nos termos “gosta” e “desgosta” (STONE & SIDEL, 1993).

A escala hedônica estruturada de nove pontos com escores variando de 1 “desgostei muitíssimo” a 9 “gostei muitíssimo”, é simples e de fácil uso e compreensão por parte dos julgadores, motivo pelo qual é um dos testes de aceitação mais utilizados. Além disto, é possível avaliar os resultados da escala hedônica por meio de análises multivariadas obtendo-se representações gráficas da preferência dos julgadores e dos grupos de julgadores em relação aos alimentos testados (STONE & SIDEL, 1993).

Em geral, o produto é aceito nesse teste quando alcança escore médio acima de 5,0 (BÁRCENAS & ROSELL, 2009); no entanto, alguns autores consideram as amostras aceitas somente quando alcançam escore igual ou superior a 6,0 (ROCHA & SANTIAGO, 2009) ou acima de 7,0 (CAPRILES & ÁREAS, 2005).

Segundo DUTCOSKY (2013), é importante a realização de uma análise sensorial determinante, visto que, além de atuar como instrumento de garantia de qualidade do resultado final do produto, é capaz de detectar peculiaridades que não podem ser percebidas por outros instrumentos, ou seja, revela a individualidade existente para a preferência de certos sabores, aromas, cores, luzes e formas, sendo que

essas variações podem ser reforçadas pela personalidade, educação pela estrutura cultural e pelo nível social.

Pesquisas sobre a avaliação da aceitação de biscoitos já foram realizadas. FASOLIN et al. (2007) avaliaram a aceitação sensorial de três amostras de biscoitos produzidos com farinha de banana integral comercial e as mesmas foram igualmente aceitas pelos consumidores. SANTOS et al. (2011) avaliaram duas amostras de biscoitos enriquecidos com farinha de buriti com e sem adição de aveia e as amostras apresentaram aceitação superior a 80%. HUSAIN (2006) adicionou farinha de linhaça em cookies e observou que os percentuais mais aceitos com relação ao sabor foram com 10% e 15%. Em um estudo semelhante feito por RAMCHARITAR et al. (2006) com adição de 11,6% de farinha de linhaça, o biscoito sem adição de semente de linhaça foi preferido pelos julgadores.

Comparando a aceitação de biscoitos formulados com farinha de subprodutos vegetais, MAURO et al. (2010) testaram, sensorialmente, duas formulações de biscoito doce, uma utilizando farinha de talo de couve e outra farinha de talo de espinafre, ambas empregadas a um nível de substituição de 15%. Ao avaliar o aspecto global, aroma, textura e sabor, os autores obtiveram médias que variaram de 5,91 (aroma) a 7,07 (sabor) para ambas as formulações. JÚNIOR et al. (2009) obtiveram, por sua vez, ao formular biscoitos com 12,5% de farinha de casca de pequi, médias inferiores tanto para aparência (6,71), como para aroma (6,88).

Outros trabalhos realizados com diferentes tipos de biscoito têm demonstrado forte tendência das indústrias e pesquisadores em promover o enriquecimento de biscoitos pois, por se tratar de um produto de baixo custo, podem facilmente ser consumidos pelas classes sociais menos privilegiadas. De acordo com SANTUCCI et al. (2003), a mistura de farinhas de produtos não convencionais com a farinha de trigo, melhora a qualidade nutricional de biscoitos e pode, até, melhorar sua palatabilidade tornando-o mais aceito pelos consumidores. BORGES et al. (2006) tiveram como resultado, ao realizar um teste de intenção de compra de biscoitos cookies elaborados com farinha de semente de abóbora (com substituição de 30%), um percentual de 77% de julgadores dispostos a comprar o produto; este dado também aponta para a viabilidade de comercialização de cookies formulados com farinhas mistas contendo resíduos vegetais.

III.3. MATERIAL E MÉTODOS

Após a avaliação dos resultados da primeira análise sensorial a farinha utilizada na formulação do biscoito com a maior aceitação (produzida com algaroba seca utilizando temperatura de 60°C) foi escolhida para a próxima etapa do estudo. Foram realizados onze experimentos, segundo planejamento experimental, e escolhidas as cinco melhores formulações de biscoito em função das melhores respostas: cor (L^* , $+a^*$ e $+b^*$), firmeza, fraturabilidade e atividade de água; esses biscoitos foram submetidos a segunda análise sensorial.

III.3.1 Produção dos biscoitos

Os biscoitos foram produzidos conforme fluxograma (Figura III.1), seguindo formulação base da Tabela III.1, variando os teores de farinha de algaroba, teor de açúcar e teor de gordura de palma, de acordo com a matriz do planejamento experimental (Tabela III.2). Foram utilizados os mesmos ingredientes dos biscoitos produzidos para a primeira análise sensorial (Capítulo II).

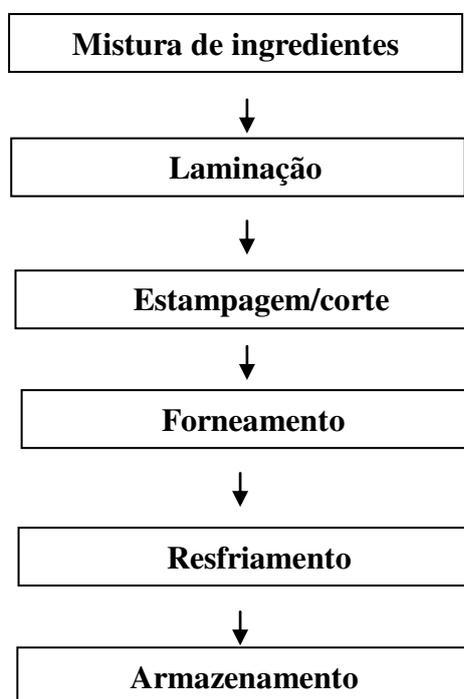


Figura III.1 – Fluxograma para obtenção do biscoito

Tabela III.1 - Formulação base para a produção dos biscoitos do planejamento experimental

Ingrediente	(% base de farinha)*
Farinha de trigo**	100 - ***
Farinha de algaroba	***
Gordura vegetal de palma	***
Lecitina de soja	0,5
Aroma de baunilha	0,5
Aveia	5,0
Sal comum	1,0
Bicarbonato de sódio	1,5
Bicarbonato de amônia	2,0
Açúcar refinado comum	***
Amido de milho	14,0
Pirofosfato de sódio	0,8

* Em relação ao total de farinha de trigo;

*** Variou de acordo com o planejamento experimental

III.3.2 Planejamento experimental para obtenção dos biscoitos

O processo de obtenção do biscoito enriquecido com farinha de algaroba foi estudado mediante planejamento experimental fatorial completo 2^3 com 3 experimentos no ponto central, sendo as variáveis independentes (teor de farinha de algaroba, teor de açúcar e teor de gordura de palma), avaliadas em dois níveis (-1 e +1), totalizando 11 experimentos. As variáveis dependentes do planejamento foram: cor (L^* , $+a^*$ e $+b^*$), firmeza, fraturabilidade e atividade de água; a Tabela III.2 contém a matriz do planejamento utilizada para o estudo.

Tabela III.2 - Planejamento fatorial completo 2^3 com 3 pontos centrais para o desenvolvimento dos biscoitos

Experimento	Teor de farinha de algaroba (%)	Teor de açúcar (%)	Teor de gordura de palma (%)
1	5 (-1)	30 (-1)	25 (-1)
2	25 (+1)	30 (-1)	25 (-1)
3	5 (-1)	30 (-1)	45 (+1)
4	25 (+1)	30 (-1)	45 (+1)
5	5 (-1)	50(+1)	25 (-1)
6	25 (+1)	50(+1)	25 (-1)
7	5 (-1)	50(+1)	45 (+1)
8	25 (+1)	50(+1)	45 (+1)
9	15 (0)	40(0)	35 (0)
10	15 (0)	40(0)	35 (0)
11	15 (0)	40(0)	35 (0)

Através desse estudo foi possível obter modelos estatísticos capazes de prever o comportamento das variáveis dependentes (respostas) em função das faixas adotadas para as variáveis independentes.

As faixas utilizadas no trabalho para teor de farinha de algaroba, teor de açúcar e teor de gordura de palma, foram baseadas em experimentos preliminares e também na literatura sobre produção de biscoitos.

Assumiu-se existir uma função matemática “y” para cada resposta ξ (cor, firmeza, fraturabilidade e atividade de água,) em função das três variáveis independentes (teor de farinha de algaroba, teor de açúcar e teor de gordura de palma) conforme equação III.1 (KHURI & CORNELL, 1996).

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum \sum \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \quad (\text{III.1})$$

Em que β corresponde ao coeficiente da equação e os subíndices 0, i, j, k, ij, ik, jk correspondem ao valor médio da função y, teor de farinha de algaroba, teor de

gordura de palma, teor de açúcar, interação entre teor de farinha de algaroba e teor de gordura de palma, interação entre teor de farinha de algaroba e teor de açúcar e teor de gordura de palma e teor de açúcar, respectivamente.

A fim de se obter os coeficientes da Equação III.1 foi realizada uma análise de variância (ANOVA) para cada resposta utilizando-se o pacote estatístico Statistica 7.0 (STATSOFT, 2004).

O objetivo do estudo foi obter uma maximização da cor, maior firmeza, menor fraturabilidade, juntamente com minimização do conteúdo de atividade de água do produto.

III.3.3 Descrição das etapas do processamento de biscoitos

III.3.3.1 Mistura de ingredientes

A mistura de ingredientes foi realizada em duas fases na batedeira planetária (Figura III.2), modelo BP-18, fabricante Prática Technipan; na primeira fase foram misturados: açúcar refinado comum, bicarbonato de sódio, bicarbonato de amônia, gordura vegetal de palma e lecitina de soja; na segunda fase, foram adicionados ao material obtido na primeira fase: farinha de algaroba, farinha de trigo, amido de milho, pirofosfato de sódio e água; Este método foi utilizado para obtenção de melhor homogeneidade da massa; o tempo de mistura total (primeira fase mais segunda fase) foi de aproximadamente 10 minutos para todos os experimentos.



Figura III.2 – Batedeira planetária (O AUTOR, 2014)

III.3.3.2 Laminação

Após a mistura a massa foi laminada horizontalmente com cilindro laminador (Figura III.3), fabricante Perfecta, até espessura de $0,5 \pm 0,05$ cm, visando à formação de biscoitos com mesmo padrão.



Figura III.3 – Cilindro laminador (O AUTOR, 2014)

III.3.3.3 Estampagem e corte

Após a obtenção do padrão de espessura da massa a mesma foi formatada por uma matriz (Figura III.4), que definiu as dimensões de: 5 mm de espessura, 34 mm de diâmetro e o formato circular do biscoito, por meio de corte.



Figura III.4 – Matriz para corte manual (O AUTOR, 2014)

III.3.3.4 Forneamento

O forneamento foi realizado em forno industrial (Figura III.5), com 4 câmaras a lastro, fabricante Perfecta, modelo Millenium; nesta etapa foi utilizada temperatura de $200^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ na zona central do forno; após a estabilização da temperatura do forno, os

biscoitos foram dispostos em esteira metálica no interior do forno, pelo tempo de 20 minutos.



Figura III.5 – Forno industrial (O AUTOR, 2014)

III.3.3.5 Resfriamento

Após a etapa de forneamento os biscoitos foram resfriados a temperatura ambiente em bandejas adequadas, por aproximadamente 2 horas, para evaporação da água remanescente, adquirindo consistência firme e seca; foi necessário um cuidado especial para evitar corrente de ar frio ou ar insuflado diretamente sobre os biscoitos, prevenindo aparecimento do *cracking* ou trincas.

III.3.3.6 Armazenamento

O armazenamento é a última etapa do processo e de grande importância haja vista que interfere na vida útil do biscoito, que necessita ser embalado logo após o resfriamento, em embalagens com barreiras de proteção à luz, vapor de água e oxigênio evitando oxidação das gorduras e absorção de água; após o resfriamento os biscoitos foram embalados em filmes metalizados associados a uma camada de filmes flexíveis de BOPP (polipropileno biorientado) e mantidos a temperatura ambiente de $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$.

III.3.4 Caracterização dos biscoitos

As amostras de cada experimento do planejamento foram analisadas no dia seguinte ao processamento, conforme procedimentos de análise descritos nos itens 3.4.1 (cor), 3.4.2 (firmeza e fraturabilidade) e 3.4.3 (atividade de água).

III.3.4.1 Cor

A análise de cor foi realizada utilizando-se colorímetro Mini Scan Hunter Lab XE Plus (Figura III.6), Reston, VA, EUA, sendo determinada de acordo com Sistema CIE-L*a*b* (Commision Internationale L'Eclairage) em que foram obtidos os parâmetros luminosidade (L*), intensidade de vermelho (+a*) e intensidade de amarelo (+b*) conforme metodologia de ALTAMIRANO-FORTOUL, ROSELL (2011).



Figura III.6 – Colorímetro (O AUTOR, 2014)

III.3.4.2 Firmeza e Fraturabilidade

A análise da firmeza e da fraturabilidade dos biscoitos foi realizada no dia seguinte ao processamento dos biscoitos; a firmeza e a fraturabilidade instrumental foram avaliadas em texturômetro (Figura III.7), modelo TA-XT2 (Stable Micro Systems, Surrey, Reino Unido). O probe utilizado foi o HDP/3PB (three point bending Rig), plataforma HDP/90. Os parâmetros utilizados nos testes foram: velocidade pré-teste = 1,0 mm/s, velocidade de teste = 3,0 mm/s, velocidade pós-teste = 10,0 mm/s, distância 4,0 mm, com medida de força em compressão. Os resultados de firmeza e fraturabilidade foram expressos em Newton (N) e milímetros (mm), respectivamente e representaram a média aritmética de 10 determinações para amostras provenientes de um mesmo experimento.



Figura III.7 – Texturômetro (O AUTOR, 2014)

III.3.4.3 Atividade de água

O biscoito foi macerado cerca de 1 g inserido em cápsulas de polietileno e colocado no equipamento para medida direta da atividade de água, com tempo de análise de aproximadamente 20 minutos para cada amostra. A análise de atividade de água foi realizada em equipamento Aqualab, fabricante Decagon Devices, modelo 3TE, Pullman, EUA, na temperatura constante ($25,0 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$) (Figura III.8). Esta metodologia tem, por princípio, a medida do ponto de orvalho da amostra; a análise foi realizada em triplicata, conforme metodologia (BRASIL, 2005).

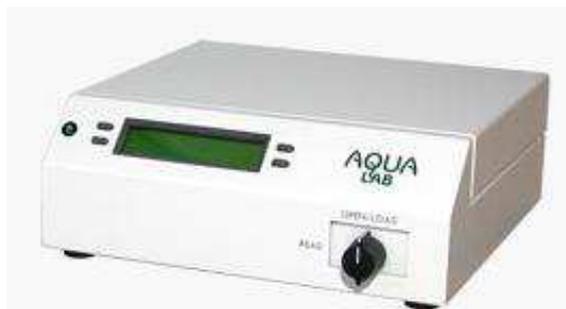


Figura III.8 – Aqualab (O AUTOR, 2014)

III.3.5 Teste de aceitação sensorial e intenção de compra dos biscoitos

As análises sensoriais foram realizadas no Laboratório de Análise Sensorial da Universidade Federal de Campina Grande-UFCG; cada um dos testes afetivos realizados contou com a participação de 60 julgadores não treinados cuja população era constituída por discentes, docentes e funcionários. Os julgadores com idade inferior a

16 anos e superior a 65 anos, julgadores com alergias ou intolerâncias alimentares, resfriados e outras alterações de saúde com comprometimento de paladar foram excluídos da pesquisa.

Os testes sensoriais foram realizados com prévia aprovação do Comitê de Ética em pesquisa com seres humanos (CAAE- 134964854/2014), para atender às exigências éticas e científicas dispostas na resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (CNS, 2012). Os julgadores estavam cientes dos objetivos da pesquisa, segundo o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE B).

Foram realizados onze experimentos, segundo planejamento experimental, nos quais foram escolhidas as cinco melhores formulações de biscoito em função das melhores respostas: cor (L^* , $+a^*$ e $+b^*$), firmeza, fraturabilidade e atividade de água; as cinco melhores formulações de biscoito foram submetidas à análise microbiológica.

Os cinco melhores biscoitos, obtidos a partir dos resultados do planejamento experimental, foram submetidos ao teste de aceitação sensorial com 60 julgadores não treinados. Os atributos avaliados foram: aparência, aroma, sabor, doçura, sabor residual e textura, utilizando-se escala hedônica de nove pontos, que variou de gostei extremamente (9) a desgostei extremamente (1) conforme descrito na ficha de avaliação sensorial (APÊNDICE C). Os biscoitos foram considerados aceitos quando tiveram médias $\geq 6,0$, equivalentes ao termo hedônico “gostei ligeiramente” (GIMÉNEZ et al., 2007). Foi avaliada também a intenção de compra, em que os julgadores assinalaram na escala estruturada verbal de cinco pontos (5- Certamente compraria a 1- Certamente não compraria).

Foram seguidos os mesmos critérios e mantidas as mesmas condições empregadas durante o preparo e apresentação das amostras da primeira análise sensorial (Capítulo II).

Os escores numéricos gerados nas avaliações com duas escalas foram analisados estatisticamente para determinar a diferença no grau de preferência entre os produtos.

III.3.6 Análises microbiológicas dos biscoitos

Foram realizados os controles microbiológicos estabelecidos pela legislação para produtos de panificação, segundo RDC nº 12 de 02 de Janeiro de 2001 (BRASIL, 2001), que aprova o regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para

alimentos. Foram determinados: número mais provável de coliforme totais e termotolerantes e *Salmonella* sp.

- **Coliformes Totais e Termotolerantes:** O número mais provável foi quantificado a partir da metodologia descrita pela American Public Health Association (APHA, 2001). A amostra foi preparada diluindo-se 25g da amostra em 225ml de água peptonada (10^{-1}) e seguintes diluições (10^{-2} , 10^{-3}). O teste presuntivo foi realizado em tubos com caldo LST- Lauril Sulfato Triptose incubados a 35°C por 24-48h. Em cada tubo com presença de gás foi transferida uma alçada para a realização do teste confirmativo em tubos contendo caldo E.coli-EC (Coliformes Termotolerantes) incubados em banho-maria a 45,5°C por 24h, e em tubos caldo Verde Brilhante – VB (Coliformes Totais) incubados em estufa a 35°C por 24-48h; os resultados foram expressos em Número Mais Provável por grama (NMP/g) a partir da tabela de referência.

- ***Salmonella* sp:** A quantificação da presença de *Salmonella* sp foi realizada pelo método do Food and Drug Administration (FDA, 2011), que consiste, inicialmente, no pré-enriquecimento da amostra utilizando-se caldo lactosado a 35°C, por 24h, seguido por etapa de enriquecimento seletivo com caldo Tetrionato e caldo Selenito Cistina. A próxima etapa foi inocular, em Ágar Bismuto Sulfito e Ágar Xilose Lisina Desoxicolato. As colônias típicas foram isoladas e submetidas a testes bioquímicos confirmatórios.

III.3.7 Tratamento estatístico dos dados

Os resultados obtidos a partir do planejamento experimental fatorial foram analisados estatisticamente através da análise de variância (ANOVA) e método de superfície de resposta utilizando-se software Statistica 7.0.

Os resultados da escala hedônica estruturada de nove pontos foram comparados por meio de análise de variância seguida do teste de Tukey e as diferenças foram consideradas significativas para valores de $p \leq 0,05$. A concordância entre os julgadores foi avaliada pela metodologia sugerida por SILVA et al. (2010), através do programa computacional Consensor; as respostas sensoriais foram avaliadas pela metodologia da Análise de Componentes Principais (ACP); também foram elaborados mapas de preferência interno para cada atributo sensorial; para isto, realizou-se a análise de agrupamento (“cluster analysis”) para as amostras seguida da análise de escala

multidimensional. Essas análises foram realizadas no programa Statistica 7.0. Foram realizadas, também, análises através de histogramas de frequência.

III.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

III.4.1 Planejamento experimental e análise dos resultados

De acordo com o planejamento experimental, a Tabela III.3 ilustra os resultados das variáveis dependentes: cor (L^* , $+a^*$ e $+b^*$), atividade de água, firmeza e fraturabilidade para os biscoitos enriquecidos com farinha de algaroba.

Tabela III.3 – Resultado das variáveis dependentes do planejamento experimental para formulação dos biscoitos

Exp	TFA (%)	TA (%)	TGP (%)	Cor			Atividade de água	Firmeza (N)	Fraturabilidade (mm)
				L^*	$+a^*$	$+b^*$			
1	5	30	25	66,49±1,0	12,30±4,1	33,69±3,5	0,27±0,0	53,30±8,0	0,77±7,6
2	25	30	25	45,59±2,0	14,29±1,8	34,15±2,7	0,30±0,0	48,91±9,0	0,49±4,8
3	5	30	45	65,00±2,9	12,46±1,2	32,96±2,5	0,25±0,1	24,94±8,5	0,67±11,0
4	25	30	45	43,19±5,0	11,02±0,9	35,09±1,8	0,26±0,2	26,39±4,3	0,45±8,6
5	5	50	25	64,59±2,1	9,27±1,7	31,76±1,3	0,31±0,2	38,57±2,5	0,51±8,7
6	25	50	25	54,91±2,4	11,76±1,4	36,23±2,5	0,38±0,1	31,60±6,7	0,31±6,9
7	5	50	45	60,81±0,9	12,02±3,6	33,81±1,1	0,27±0,0	21,51±9,4	0,37±6,5
8	25	50	45	47,83±3,2	13,20±1,9	34,87±2,7	0,31±0,1	25,75±9,2	0,30±4,3
9	15	40	35	62,00±3,9	11,17±1,5	32,98±0,9	0,35±0,3	27,08±10,0	0,44±3,9
10	15	40	35	61,20±1,5	11,26±1,2	32,80±1,5	0,35±0,2	27,09±6,2	0,41±7,2
11	15	40	35	61,00±2,0	11,38±2,2	32,74±3,1	0,35±0,1	27,08±9,3	0,43±7,8

Exp – Experimento; TFA – Teor de farinha de algaroba; TA – Teor de açúcar;

TGP – Teor de gordura de palma;

Experimentos 9, 10 e 11 são os pontos centrais (PC);

Média das repetições ± desvio padrão

Através dos resultados obtidos para cada resposta foram calculados dois parâmetros muito importantes: coeficiente de correlação R^2 e o valor estimado para o teste F; as Análises de Variância (ANOVA) de Regressão, foram realizadas sem os experimentos em estrela ($-\alpha$ e $+\alpha$).

Para a cor, variável luminosidade (L^*), houve influência estatística das variáveis sendo possível estabelecer modelos significativos; os dados encontrados variaram de 43,19 a 66,49 para os experimentos 4 e 1, respectivamente, com teores de farinha de algaroba de 25% e 5% (Tabela 4.1). MOGOL et al. (2014), encontraram valores para

luminosidade variando de 65,9 a 81,5 substituindo farinha de trigo por farinha de castanha nas concentrações de 0, 0,05 e 1%; já SCIARINI et al. (2013) observaram, avaliando as propriedades de cookies produzidos com açúcares instantâneos, a faixa de luminosidade de 67,8 a 70,5.

A Análise de Variância (ANOVA) do modelo linear para a variável luminosidade (L^*) está na Tabela III.4.

Tabela III.4 – Análise de variância (ANOVA) do modelo linear para a variável luminosidade (L^*)

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Média Quadrática	Teste F
Regressão	627,630475	6	104,6050792	6,57
Resíduo	63,693925	4	15,92348125	-
Falta de Ajuste	63,1339	2	31,5669625	1,98
Erro Puro	0,5600	2	0,28	-
Total	691,3244	10	-	-
R^2	0,9079	-	-	-
$F_{tab_{0,95,6,4}}$	-	-	-	6,16
$F_{tab_{0,95,2,2}}$	-	-	-	19,0

Como se observa na Tabela III.4, o modelo apresentou regressão significativa em nível de 95% de confiança ($F_{calculado}$ superior ao $F_{tabelado}$) com R^2 igual a 0,9079 evidenciando que o modelo explicou 90,79% da variação dos dados experimentais. A razão entre F calculado e F tabelado foi 1,1. Segundo BARROS NETO et al. (2003) para que o modelo tenha validade estatística, de acordo com o Teste F, o valor da razão F calculado em relação a F tabelado deve ser acima de 1,0. A falta de ajuste não foi significativa ($F_{calculado}$ menor que o $F_{tabelado}$), e mostra que os dados experimentais se ajustaram ao modelo de 1ª ordem.

Foi constatado após análise dos resultados que os coeficientes do modelo: teor de farinha de algaroba (%), teor de açúcar (%), teor de gordura de palma (%), a interação entre farinha de algaroba e açúcar e a interação entre gordura e açúcar, foram estatisticamente significativos a nível de 5% ($p < 0,05$). Os coeficientes do modelo estão

apresentados na Tabela III.8, com os coeficientes estatisticamente significativos em negrito.

A Figura III.9 apresenta o gráfico de Pareto com nível de 95% de confiança para a estimativa dos efeitos sobre a variável luminosidade (L^*).

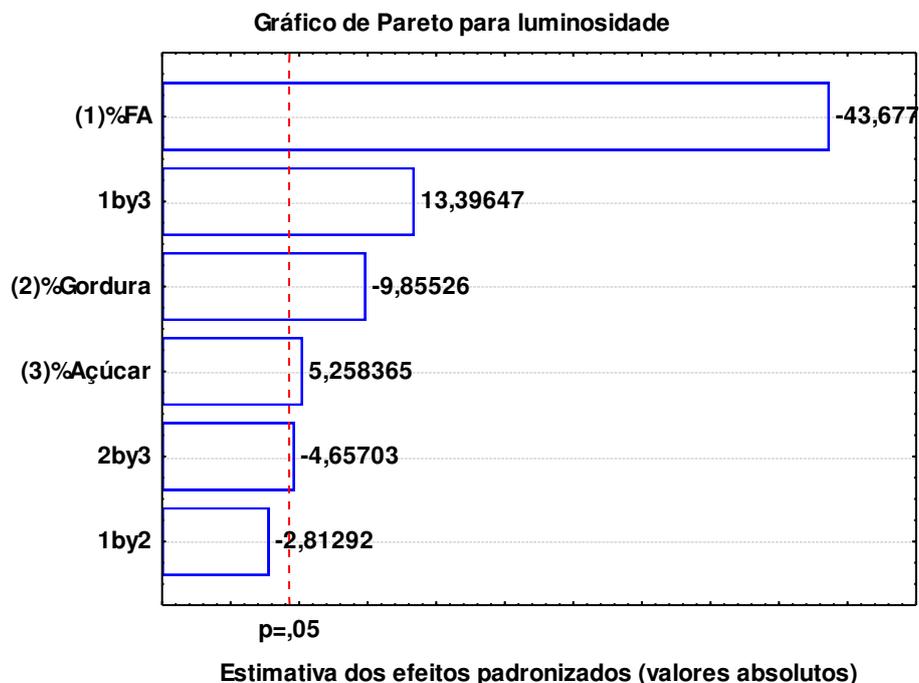


Figura III.9 – Gráfico de Pareto para a variável luminosidade

Analisando os efeitos principais das variáveis teor de farinha de algaroba, teor de gordura de palma e teor de açúcar sobre a variável luminosidade (L^*) da Figura III.9, percebe-se que a variável que mais influenciou foi o teor de farinha de algaroba, sendo cerca de aproximadamente 5 vezes a influência que o teor de gordura de palma exerceu, constituindo um efeito inversamente proporcional (sinal negativo) a uma cor menos intensa; este efeito pode ser explicado pela cor mais intensa da farinha de algaroba ($L^* = 55$), em relação à cor menos intensa da farinha de trigo ($L^* = 90$).

Com relação aos efeitos de interação, ou secundários, o que mais influenciou a variável luminosidade (L^*) foi a interação entre o teor de farinha de algaroba e o teor de açúcar, simultaneamente, sendo cerca de aproximadamente 3 vezes o efeito de interação do teor de açúcar e o teor de gordura de palma exercendo um efeito diretamente proporcional (sinal positivo) a uma cor menos intensa, explicado pela coloração menos intensa do açúcar ($L^* = 95$).

A Figura III.10 representa o gráfico das superfícies de resposta geradas com base na variável dependente (variável resposta) luminosidade (L^*).

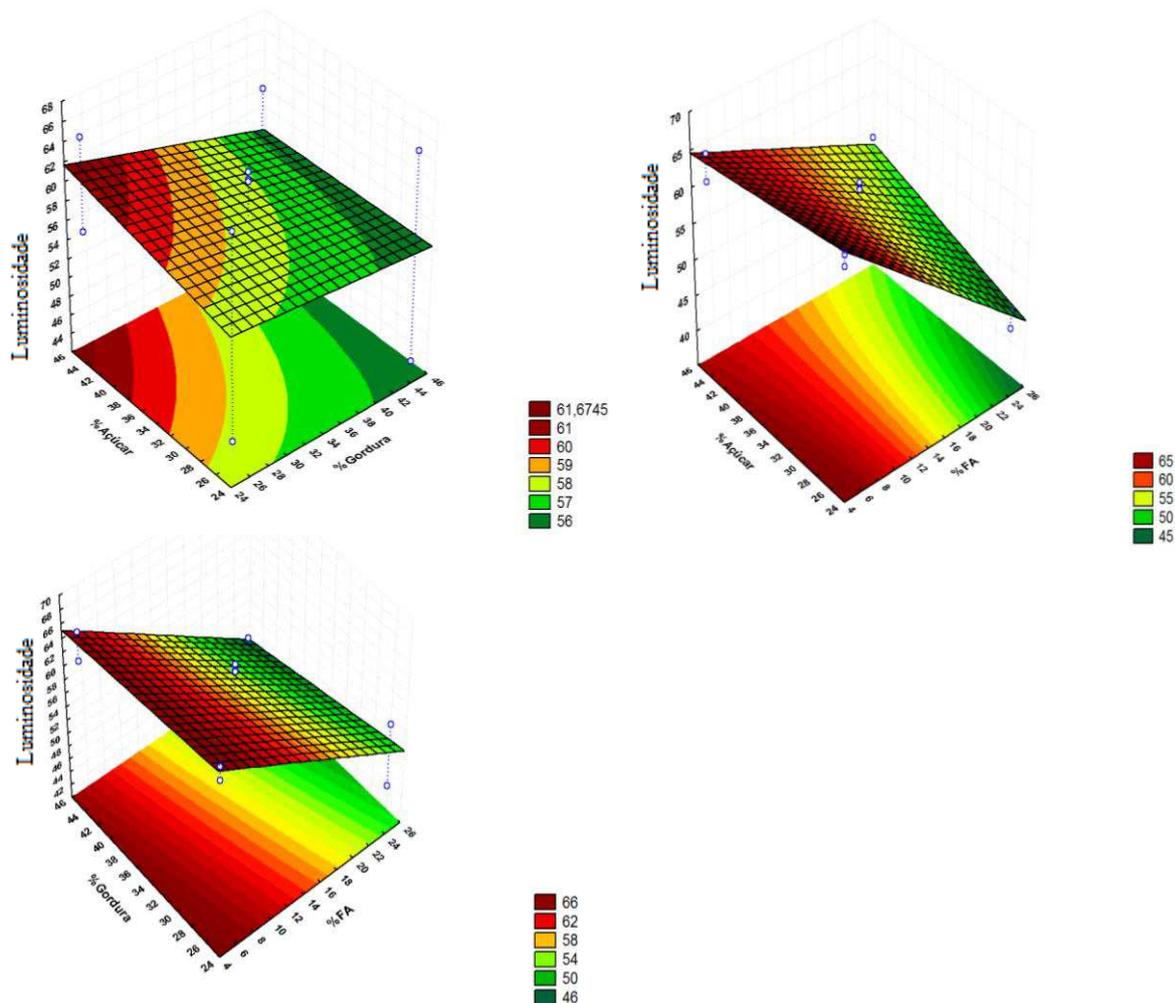


Figura III.10– Superfícies de resposta para a variável luminosidade (L^*)

Analisando as superfícies de resposta (Figura III.10) tem-se que, aumentando o teor de gordura de palma e o teor de farinha de algaroba e diminuindo o teor de açúcar, obtem-se um valor menor para a luminosidade (L^*), ou seja, uma coloração mais intensa nos biscoitos justificado pela coloração da gordura de palma ($L^* = 85$) associado à farinha de algaroba ($L^* = 55$) e redução do teor de açúcar ($L^* = 95$). O painel sensorial definiu que uma coloração dos biscoitos muito clara não seria desejável para a aceitação das amostras.

Para a variável firmeza, houve influência estatística das variáveis sendo possível estabelecer modelos significativos. Os dados encontrados variaram de 24,94 a 53,30N para os experimentos 3 e 1, respectivamente (Tabela III.3). O parâmetro firmeza está

diretamente relacionado à dureza, ao morder os biscoitos. TARACÓN et al. (2014) encontraram valores de firmeza variando de 15,39 a 23,51N, avaliando o efeito da substituição de gordura por emulsões de celulose na produção de biscoitos.

A Análise de Variância (ANOVA) para o modelo linear está na Tabela III.5.

Tabela III.5 – Análise de variância (ANOVA) do modelo linear para a variável firmeza

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Média Quadrática	Teste F
Regressão	951,171075	6	158,5285125	24,55
Resíduo	25,824398	4	6,456099432	-
Falta de Ajuste	25,8243	2	12,91216553	1,99
Erro Puro	0,0001	2	0,00005	-
Total	976,9955	10	-	-
R ²	0,9736	-	-	-
F _{tab} _{0,95,6,4}	-	-	-	6,16
F _{tab} _{0,95,2,2}	-	-	-	19,0

Como se observa na Tabela III.5, o modelo apresentou regressão significativa em nível de 95% de confiança ($F_{\text{calculado}}$ superior ao F_{tabelado}) com R^2 igual a 0,9736, evidenciando que o modelo explicou 97,36% da variação dos dados experimentais; a razão entre F calculado e F tabelado, foi 3,98; a falta de ajuste não foi significativa ($F_{\text{calculado}}$ menor que o F_{tabelado}), indicando, que os dados experimentais se ajustaram ao modelo de 1ª ordem.

Foi constatado, após análise dos resultados, que os coeficientes do modelo: teor de farinha de algaroba (%), teor de açúcar (%), teor de gordura de palma (%) e a interação entre esses, foram estatisticamente significativos a nível de 5% ($p < 0,05$); os coeficientes do modelo estão apresentados na Tabela III.8, com os coeficientes estatisticamente significativos em negrito.

A Figura III.11 apresenta o gráfico de Pareto com nível de 95% de confiança para a estimativa dos efeitos sobre a variável firmeza.

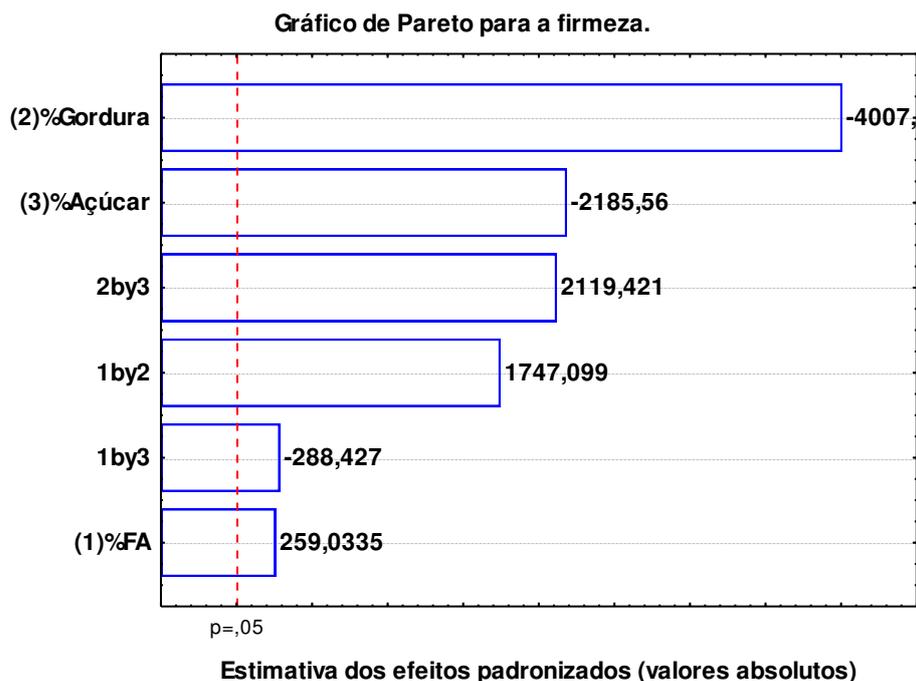


Figura III.11 – Gráfico de Pareto para a variável firmeza

Analisando os efeitos principais das variáveis teor de farinha de algaroba, teor de gordura de palma e teor de açúcar sobre a variável firmeza da Figura III.11, percebe-se que a variável que mais influenciou foi o teor de gordura de palma, sendo cerca de aproximadamente 2 vezes a influência que o teor de açúcar exerceu, sendo um efeito inversamente proporcional (sinal negativo) a variável firmeza. Com aumento no teor de gordura de palma, ocorreu redução no desenvolvimento do glúten devido à formação de barreira entre a água e as proteínas da farinha de trigo, reduzindo a ligação entre eles, deixando o biscoito mais macio.

A gordura na formulação de biscoitos tem capacidade de reduzir o tempo de mistura e a energia exigidos, pois envolve os grânulos de açúcar e as partículas de farinha de trigo. Também cumpre a função do controle e do desenvolvimento excessivo do glúten, tornando o produto final mais macio (BUENO, 2005).

Com relação aos efeitos de interação, ou secundários, o que mais influenciou a variável firmeza foi a interação entre o teor de gordura de palma e o teor de açúcar, simultaneamente, exercendo efeito diretamente proporcional (sinal positivo) à variável firmeza. O aumento da concentração de açúcar, com granulometria menor que 0,1mm, reduziu o efeito do teor de gordura de palma; o açúcar pode ter solubilizado na água,

formando uma massa vítrea que endureceu ao resfriar, podendo ter contribuído com a alta firmeza.

Em relação à firmeza do biscoito pode-se dizer que a granulometria grosseira do açúcar utilizado na formulação, está relacionada com o produto macio e a fina com o produto mais resistente; isto é evidente e está na dependência da quantidade de água disponível na formulação (MORETTO, 1999).

A Figura III.12 representa o gráfico das superfícies de resposta geradas com base na variável dependente (variável resposta) firmeza.

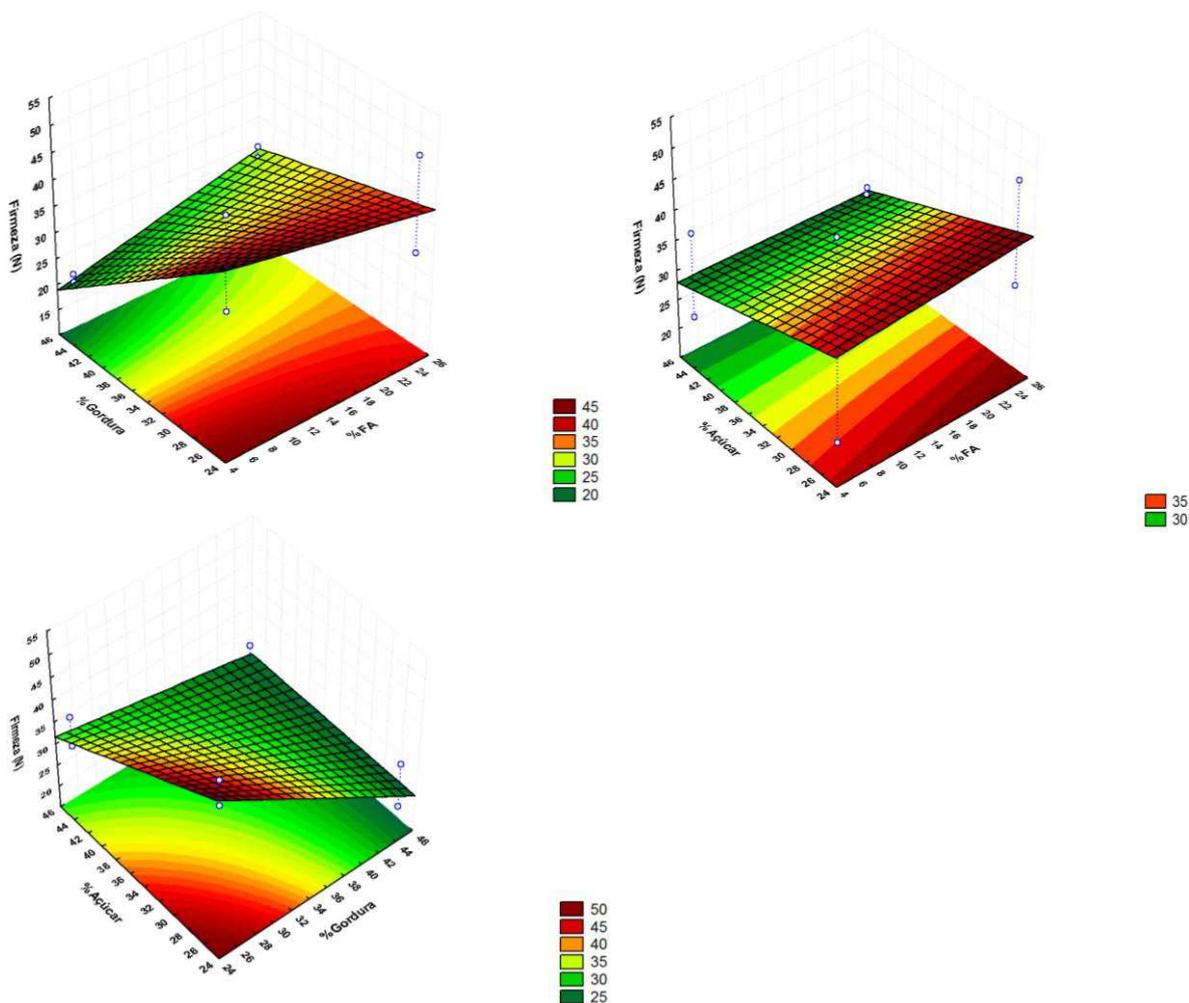


Figura III.12 – Superfícies de resposta para a variável firmeza

Analisando as superfícies de resposta (Figura III.12) tem-se que, aumentando o teor de farinha de algaroba, há um aumento da firmeza dos biscoitos; a farinha de algaroba contém baixo teor de lipídios, o que pode ter gerado o aumento na firmeza dos biscoitos; as variáveis teor de açúcar e teor de gordura de palma também apresentaram influência significativa para a variável firmeza. Tal interação foi inversamente

proporcional à firmeza, ou seja, maiores valores das duas variáveis resultaram em menores valores de firmeza.

Para a fraturabilidade, houve influência estatística das variáveis sendo possível estabelecer modelos significativos; os dados encontrados variaram de 0,30 a 0,77 mm para os experimentos 8 e 1, respectivamente (Tabela III.3). O parâmetro fraturabilidade está diretamente relacionado à crocância dos biscoitos. GARNOKAR & JAIN (2014) encontraram valores de fraturabilidade entre 0,54 e 0,67 mm produzindo biscoitos enriquecidos com linhaça.

A Análise de Variância (ANOVA) do modelo linear para a variável fraturabilidade, está na Tabela III.6.

Tabela III.6 – Análise de variância (ANOVA) do modelo linear para a variável fraturabilidade

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Grau de Liberdade	Média Quadrática	Teste F
Regressão	0,077950	6	0,012991667	10,18
Resíduo	0,005105	4	0,001276136	-
Falta de Ajuste	0,004638	2	0,002318939	1,82
Erro Puro	0,000467	2	0,000233333	-
Total	0,083055	10	-	-
R^2	0,9385	-	-	-
$F_{tab_{0,95,6,4}}$	-	-	-	6,16
$F_{tab_{0,95,2,2}}$	-	-	-	19,0

Verifica-se na Tabela III.6, que o modelo apresentou regressão significativa em nível de 95% de confiança ($F_{calculado}$ superior ao $F_{tabelado}$) com R^2 igual a 0,9385, evidenciando que o modelo explicou 93,85% da variação dos dados experimentais; a razão entre F calculado e F tabelado, foi 1,65; a falta de ajuste não foi significativa ($F_{calculado}$ menor que o $F_{tabelado}$), sinal de que os dados experimentais se ajustaram ao modelo de 1ª ordem.

Foi constatado, após análise dos resultados que os coeficientes do modelo: farinha de algaroba (%), teor de açúcar (%), teor de gordura de palma (%) foram

estatisticamente significativos a nível de 5% ($p < 0,05$); os coeficientes do modelo estão apresentados na Tabela III.8, com os coeficientes estatisticamente significativos em negrito.

A Figura III.13 apresenta o gráfico de Pareto com nível de 95% de confiança para a estimativa dos efeitos sobre a variável fraturabilidade.

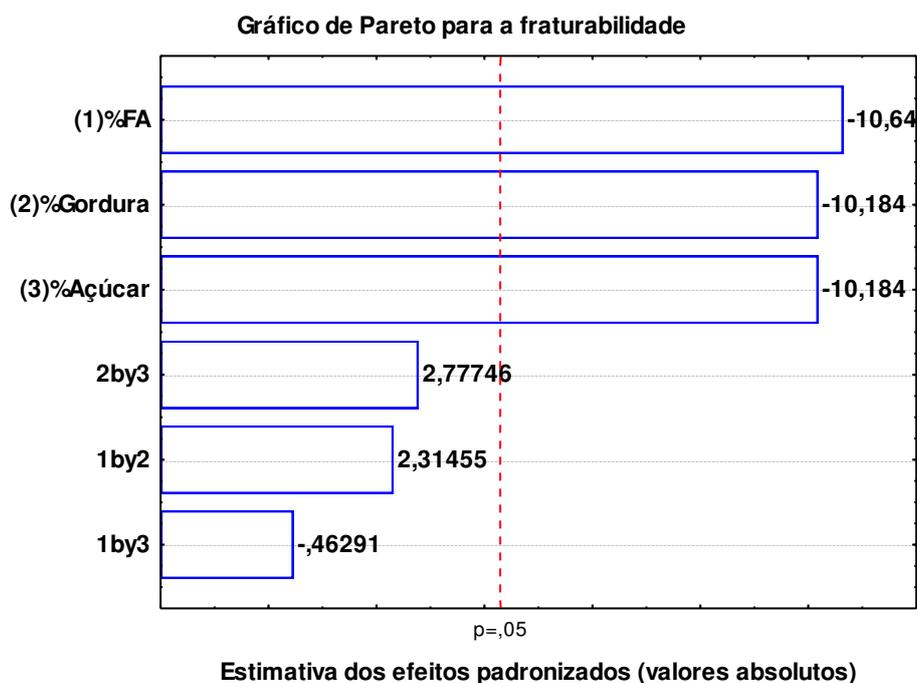


Figura III.13 – Gráfico de Pareto para a variável fraturabilidade

Analisando os efeitos principais das variáveis teor de farinha de algaroba, teor de gordura de palma e teor de açúcar sobre a variável fraturabilidade da Figura III.13, percebe-se que todas as variáveis obtiveram um efeito bem próximo, inversamente proporcional (sinal negativo), ou seja, à medida que essas variáveis independentes aumentam, a fraturabilidade diminui, o que pode estar relacionado à redução da proporção de glutenina e gliadina presente na mistura visto que suas propriedades produzem massas extensíveis e coesas; portanto, com menores valores fraturabilidade.

Quanto aos efeitos de interação, ou secundários, nenhuma interação teve efeito significativo com relação à variável fraturabilidade.

A Figura III.14 representa o gráfico das superfícies de resposta geradas com base na variável dependente (variável resposta) fraturabilidade.

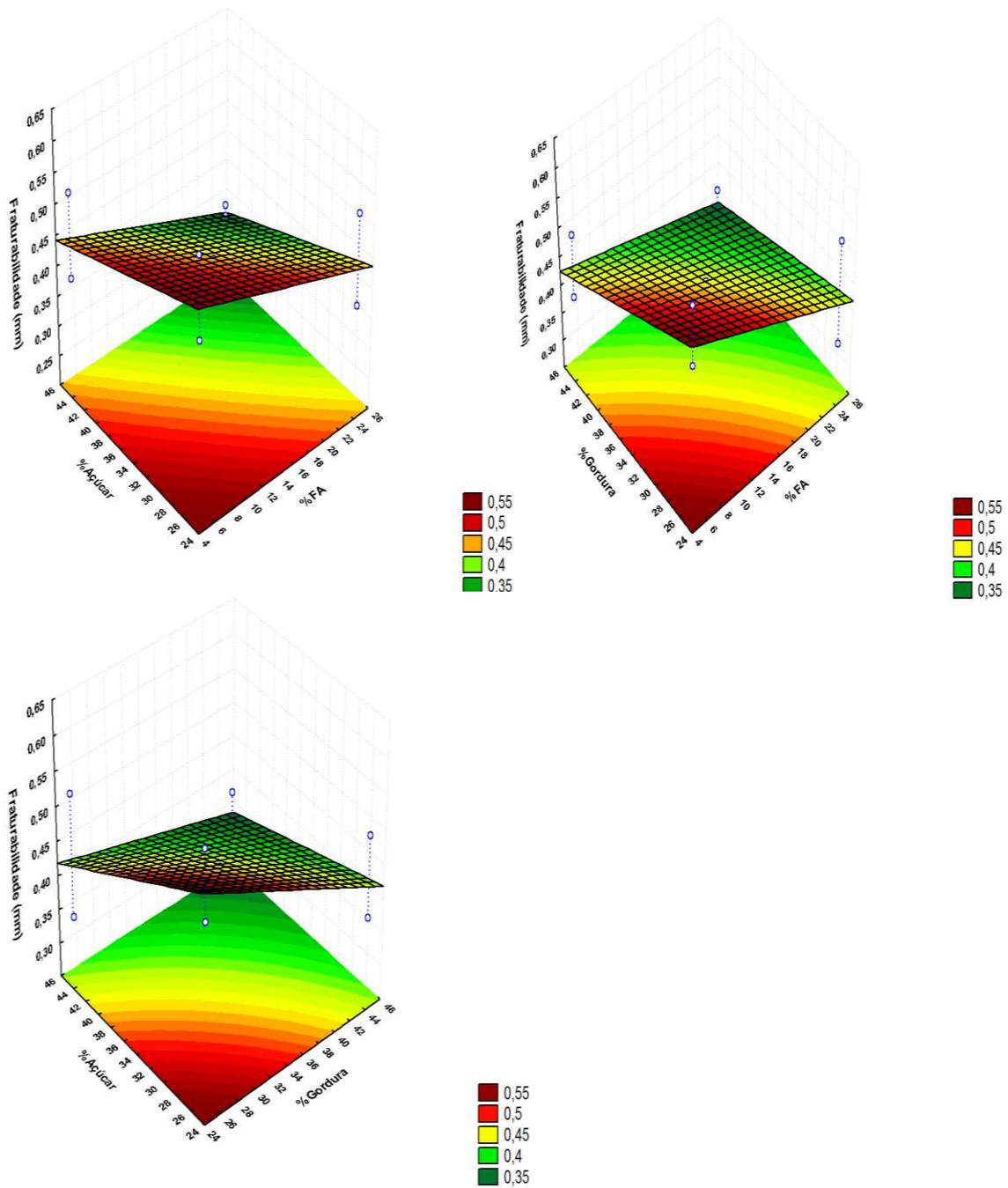


Figura III.14 – Superfícies de resposta para a variável fraturabilidade

A Figura III.14 contém as superfícies de resposta que relacionam a variável fraturabilidade com as variáveis teor de farinha de algaroba, teor de açúcar e teor de gordura de palma; observa-se que a fraturabilidade dos biscoitos foi menor quando os teores de farinha de algaroba, teor de açúcar e teor de gordura de palma, aumentaram.

Para os parâmetros atividade de água, intensidade de vermelho (+a*) e intensidade de amarelo (+b*), não foi possível estabelecer modelos significativos, ou

seja, os dados experimentais não se ajustaram ao modelo (1ª ordem); este resultado indica que, apesar das variações do teor de farinha de algaroba, teor de açúcar e teor de gordura de palma, estas não influenciaram na atividade de água, intensidade de vermelho (+a*) nem na intensidade de amarelo (+b*) dos biscoitos, obtendo-se um produto uniforme para os tratamentos estudados. Ainda analisando a Tabela III.3, pôde-se verificar que os valores de atividade de água variaram de 0,25 a 0,38, para os experimentos 3 e 6, respectivamente; os valores de intensidade de vermelho (+a*) variaram de 9,27 a 14,29 para os experimentos 5 e 2; os valores de intensidade de amarelo (+b*) variaram de 31,76 a 36,23, para os experimentos 5 e 6.

O objetivo desse estudo foi obter uma maximização da cor e da firmeza, juntamente com uma minimização da fraturabilidade e atividade de água dos biscoitos. Para facilitar a compreensão dos resultados, a Tabela III.7 apresenta os intervalos de otimização de todas as variáveis resposta estudadas de qualidade dos tratamentos. A escolha dos melhores intervalos foi realizada a fim de se encontrar a região que melhor atendesse aos objetivos do presente estudo.

Tabela III.7 - Intervalos de valores das variáveis otimizadas

Variáveis dependentes	Variáveis independentes		
	Teor de farinha de algaroba (%)	Teor de açúcar (%)	Teor de gordura de palma (%)
Luminosidade	15-25	30-40	35-45
Firmeza	15-25	30-40	25-35
Fraturabilidade	15-25	30-40	35-45
Atividade de água	ns*	ns*	ns*
Intensidade de vermelho	ns*	ns*	ns*
Intensidade de amarelo	ns*	ns*	ns*

*ns - Não significativo ($p < 0,05$)

Para abranger o maior número de atributos otimizados possível, foi necessário manter os níveis de teor de farinha de algaroba entre 15 e 25% com o teor de açúcar entre 30 e 40% e o teor de gordura palma entre 35-45%.

De acordo com a Figura III.15, uma dispersão baixa observada, implica em um bom ajuste ao modelo estatístico.

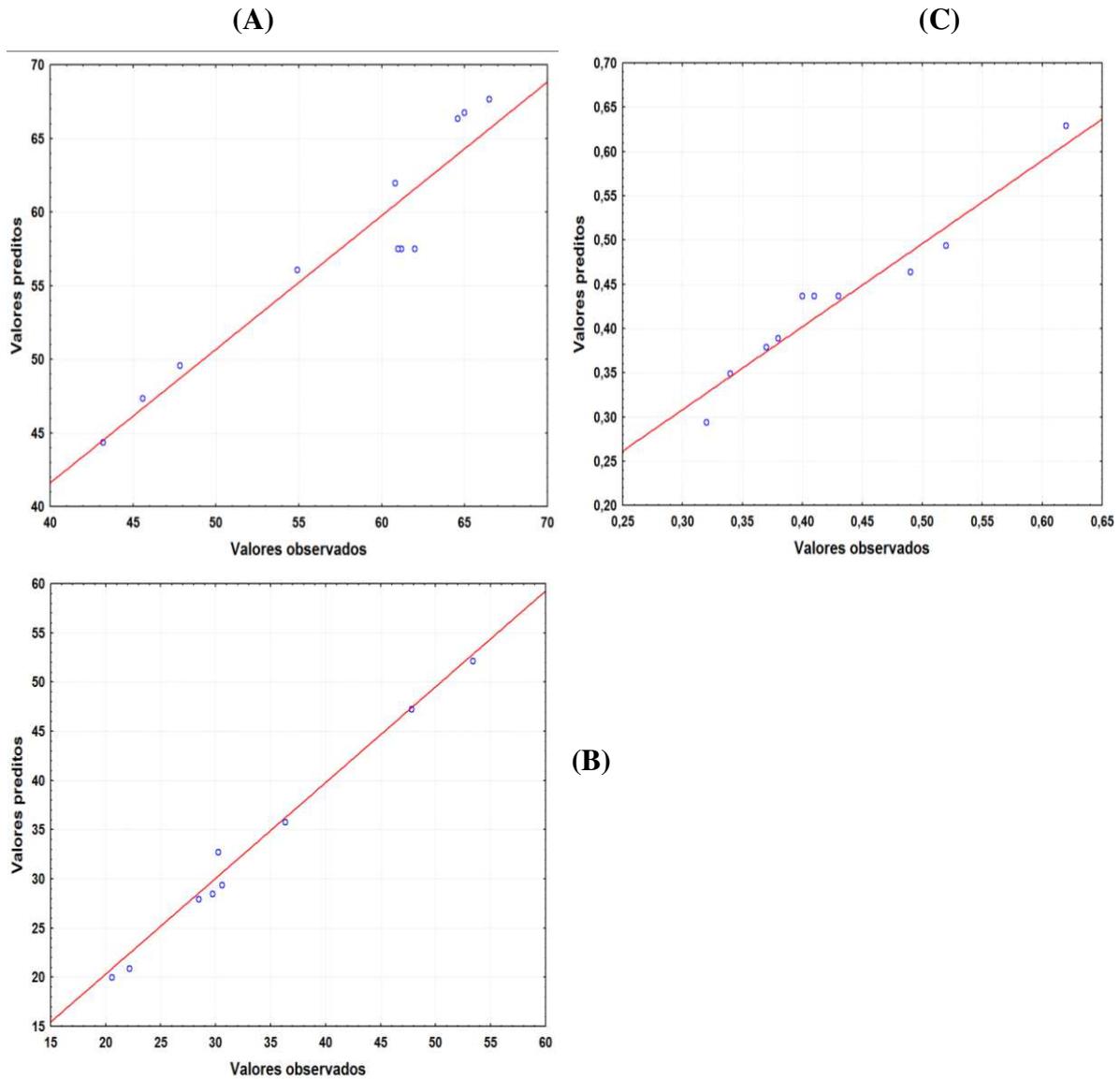


Figura III.15 – Gráfico dos valores observados e preditos para a variável luminosidade (A), firmeza (B) e fraturabilidade (C)

Na Tabela III.8 se encontram os coeficientes do modelo estatístico das variáveis teor de farinha de algaroba, teor de gordura de palma e teor de açúcar e suas respectivas interações; os coeficientes estatisticamente significativos estão em negrito.

Tabela III.8- Valores dos coeficientes de regressão polinomial de segunda ordem do modelo estatístico para as variáveis dependentes do planejamento experimental

Símbolos	Coeficientes firmeza	Coeficientes fraturabilidade	Coeficientes luminosidade
β_0	32,71455	0,436364	57,51000
β_i	0,52875	-0,057500	-8,17125
β_{ii}	-8,18125	-0,055000	-1,84375
β_{iii}	-4,46125	-0,055000	0,98375
β_{ij}	3,56625	0,012500	-0,52625
β_{ik}	-0,58875	-0,002500	2,50625
β_{jk}	4,32625	0,015000	-0,87125

β_0 – média, β_i – teor de farinha de algaroba, β_j – teor de gordura de palma, β_k – teor de açúcar, I_j – teor de farinha de algaroba e gordura, ik – farinha de algaroba e açúcar e jk – teor de gordura de palma e teor de açúcar.

Em função dos resultados obtidos das variáveis dependentes: cor, firmeza, fraturabilidade e atividade de água do planejamento experimental foram escolhidos, como os cinco melhores biscoitos, os elaborados com: 25% de farinha de algaroba, 30% de teor de açúcar e 25% de teor de gordura de palma (experimento 2), 25% de farinha de algaroba, 30% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 4), 5% de farinha de algaroba, 50% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 7), 25% de farinha de algaroba, 50% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 8), 15% de farinha de algaroba, 40% de teor de açúcar e 35% de teor de gordura de palma (experimento 9 ou ponto central), sendo os mesmos submetidos à segunda análise sensorial.

III.4.2 Avaliação microbiológica dos biscoitos

As amostras dos biscoitos elaborados a partir dos experimentos 2, 4, 7, 8 e 9 foram submetidas à análise microbiológica e consideradas livres de contaminação, de acordo com o item “10.f.” da Resolução RDC nº 12 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde (BRASIL, 2001). A contagem de coliformes totais e termotolerantes (<10 UFC/g) foi inferior à dos valores máximos permitidos e a pesquisa de *Salmonella sp* indicou ausência em 25 g, em todos os biscoitos estando, assim, aptos

para o consumo humano; os resultados da avaliação microbiológica estão apresentados no APÊNDICE D.

III.4.3 Segunda análise sensorial

As melhores formulações dos biscoitos enriquecidos com farinha de algaroba (experimentos: 2, 4, 7, 8 e 9) foram submetidas a uma segunda análise sensorial para avaliação dos atributos: aparência, aroma, sabor, doçura, sabor residual e textura; dentre os julgadores que participaram deste estudo, 66% eram do gênero feminino e 34% do gênero masculino, nos quais 96,4% estavam compreendidos na faixa etária de 17 a 30 anos e 3,9% acima de 31 anos.

Na Tabela III.9 estão apresentadas as médias de aceitação por atributos da análise sensorial das cinco melhores formulações de biscoito enriquecido com a farinha de algaroba.

Tabela III.9 - Análise sensorial das cinco melhores formulações de biscoito enriquecido com farinha de algaroba

Experimento	Aparência	Aroma	Sabor	Doçura	Sabor residual	Textura	Índice de aceitabilidade (%)
2	6,42 ^b	6,32 ^a	5,92 ^b	5,70 ^c	5,58 ^c	6,42 ^b	67,43
4	7,02 ^a	6,57 ^a	6,59 ^b	6,11 ^{bc}	5,73 ^{bc}	7,02 ^{ab}	72,30
7	7,26 ^a	6,62 ^a	6,96 ^a	6,92 ^a	6,68 ^a	7,26 ^a	77,22
8	7,00 ^a	6,23 ^a	6,09 ^b	5,75 ^c	5,64 ^{bc}	7,00 ^a	69,74
9	7,32 ^a	6,66 ^a	6,68 ^{ab}	6,59 ^{ab}	6,34 ^{ab}	7,32 ^a	75,76

Análise realizada com 60 julgadores não treinados utilizando-se escala hedônica de nove pontos variando de 1 – desgostei extremamente a 9 – gostei extremamente. Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente ($P \leq 0,05$) do padrão segundo teste de Tukey a 5% de significância.

Constatou-se que todos os biscoitos tiveram boa aceitação sensorial; os experimentos 4, 7 e 9 foram os que apresentaram maior aceitação 72,30, 77,22 e 75,76 %, respectivamente. Segundo PASCHOAL (2002) para que um produto possa ser considerado aceitável é necessário que se obtenham resultados com no mínimo de 70% de aprovação.

Os valores médios da maioria dos atributos variaram de 5,58 a 7,32, equivalentes aos termos hedônicos de “nem gostei, nem desgostei” a “gostei moderadamente”. Ressalta-se que a nota 6 (gostei ligeiramente) foi considerada ponto de corte já que as amostras com médias superiores a 6 foram consideradas aceitas. A maioria dos julgadores atribuiu valores iguais ou maiores a 6, para todas as amostras (Tabela III.9); quanto ao atributo sabor residual, os experimentos 2, 4 e 8 obtiveram escore médio abaixo de 6,0.

Os escores médios obtidos para o atributo doçura demonstraram que o experimento 2, com menor teor de açúcar (25%) foi o menos aceito, diferindo significativamente dos experimentos 4, 7 e 9, que obtiveram melhores resultados. O experimento 8 não diferiu significativamente do experimento 2, embora tenha teor maior de açúcar (45%), porém também apresenta maior teor de gordura (45%) em relação ao experimento 2, o que pode ter mascarado a doçura do biscoito.

Em relação ao atributo aparência, todas as amostras foram bem aceitas, os experimentos 4, 7, 8 e 9 não diferiram estatisticamente entre si mas diferiram estatisticamente do experimento 2; o mesmo pode ser observado para o atributo textura.

A percepção visual-tátil interfere diretamente na aceitação dos consumidores (LASSOUED et al., 2008). Portanto, os atributos relativos ao biscoito, em especial a aparência geral, são importantes e despertam o interesse e o desejo de consumo.

De acordo com ESTELLER et al. (2004), a dureza ou firmeza de biscoitos está relacionada com a força aplicada para ocasionar deformação ou rompimento da amostra, avaliada por texturômetros mecânicos e correlacionada com a mordida humana durante a ingestão dos alimentos. A força máxima avaliada para produtos panificados é dependente da formulação (qualidade da farinha, quantidade de açúcares, gorduras, emulsificantes, enzimas), umidade da massa e da conservação (tempo de fabricação do produto e embalagem).

Alguns estudos sobre biscoitos enriquecidos obtiveram boa aceitação pelos julgadores, como UMESHA et al. (2014) ao elaborar biscoitos enriquecidos com óleo de agrião (ômega-3) microencapsulado, os quais foram considerados aceitos pelos julgadores pois obtiveram escores médios acima de 7,7 (“gostei moderadamente”). MOHSEN et al. (2009) observaram médias de aceitabilidade de 7,05 a 8,33, em biscoitos suplementados com concentrações de 5% a 20% de isolado proteico de soja. A

aceitabilidade aumentou com o acréscimo do isolado proteico e o biscoito padrão apresentou a menor média, sem diferença significativa entre as formulações.

SANTOS et al. (2011) avaliaram, sensorialmente, biscoitos elaborados com farinha de buriti com e sem adição de aveia e verificaram boa aceitação em relação aos atributos de sabor, textura, aroma e impressão global sendo que os biscoitos com adição de aveia obtiveram valores maiores em todas as características citadas, em comparação aos sem aveia.

Outros ingredientes podem ser utilizados para preparar biscoitos e melhorar as características do produto final como, por exemplo, as características físicas, nutricionais, sensoriais e tecnológicas. Com base nos estudos apresentados sugere-se que o enriquecimento de biscoitos com produtos não convencionais pode melhorar sua palatabilidade, tornando-o mais aceito.

Por outro lado, GIAMI et al. (2005), observaram uma redução nos escores de aceitabilidade com aumento da concentração de farinha da semente de abóbora desengordurada. Em biscoitos elaborados com até 15% desta farinha, os autores obtiveram valores superiores a 7 (gostei moderadamente). Biscoitos com concentrações de 20% e 25% apresentaram escores próximos a 5 (nem gostei, nem desgostei).

Os testes de aceitação com amostras representativas de consumidores da população alvo podem indicar as perspectivas do produto no mercado ou se ele necessita de algum aperfeiçoamento. Por ter sido realizado com julgadores potenciais do produto em número significativo, o teste afetivo de aceitação fornece resultados que sugerem que biscoitos enriquecidos com a farinha de algaroba foram bem aceitos e podem ser viáveis, em termos de aceitação pelo mercado consumidor.

Na Tabela III.10 estão os coeficientes de concordância calculados pelo programa Consensor, para os atributos aparência, aroma, sabor, doçura, sabor residual e textura.

Tabela III.10 - Coeficiente de concordância (CC) em percentual para os atributos sensoriais de cada amostra

Experimento	CC para Aparência (%)	CC para Aroma (%)	CC para Sabor (%)	CC para Doçura (%)	CC para Sabor Residual (%)	CC para Textura (%)
2	30,67	31,08	30,01	25,47	31,45	30,67
4	37,54	38,33	18,10	22,09	23,24	37,54
7	36,18	31,32	36,84	31,70	32,08	36,18
8	39,37	29,88	25,70	23,58	21,54	39,37
9	39,36	36,95	32,45	35,85	33,42	39,36

*CC - Coeficiente de Concordância

O valor dos coeficientes de concordância é a quantificação da dispersão das notas dos julgadores (SILVA et al., 2010). O coeficiente de concordância se baseia em que a consistência de avaliações está condicionada à concordância entre os julgadores e indica preferências divergentes entre o grupo de julgadores. Pode-se observar na Tabela III.10, que a menor concordância ocorreu no julgamento dos atributos sabor, doçura e sabor residual e para os experimentos 4 e 8, ou seja, um número menor de julgadores concordou com a nota atribuída ao teste sensorial.

Os atributos com a maior concordância foram a textura e a aparência, com bom coeficiente para todos os experimentos, com exceção para o experimento 2, que teve um valor menor dentre os demais; os experimentos 7 e 9 obtiveram os maiores coeficientes para todos os atributos avaliados e, conseqüentemente, foram os que apresentaram os maiores índices de aceitabilidade (Tabela III.9).

Esses resultados estão coerentes com a maior e a menor variância dessas propriedades apontadas pelo Mapa de preferência interno (Figuras III.18 a III.23B).

Seguida do teste de aceitação, foi utilizada uma escala de intenção de compra. Pode-se utilizá-la como indicativo de provável venda do produto; os resultados obtidos pelos julgadores podem ser observados na Tabela III.11.

Tabela III.11 – Intenção de compra para os cinco biscoitos com maior aceitação

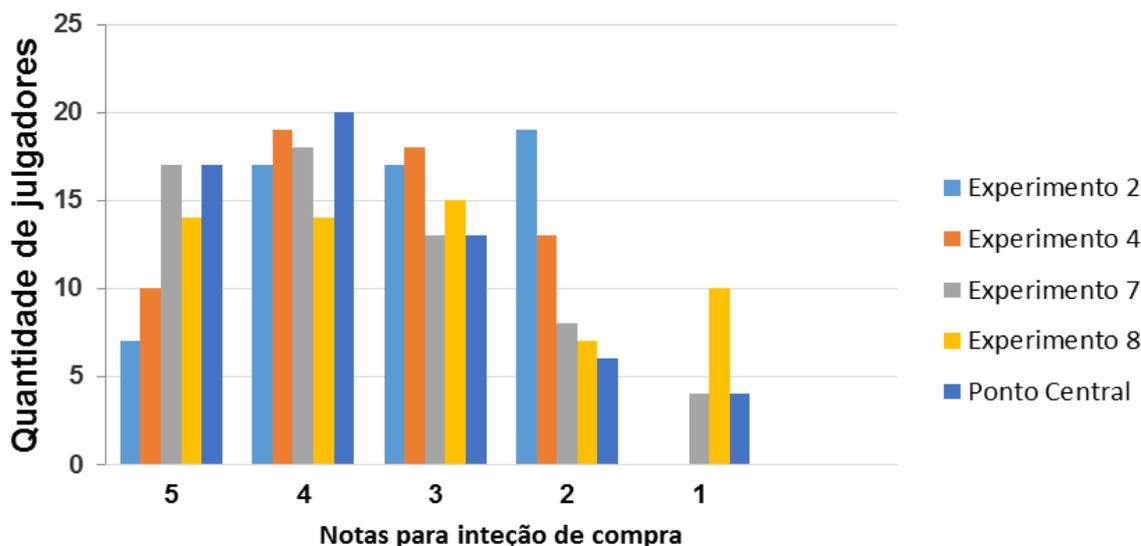
Experimento	Farinha de algobora (%)	Teor de açúcar (%)	Teor de gordura de palma (%)	Intenção de compra
2	25	30	25	2,91 ^c
4	25	50	25	3,12 ^{abc}
7	5	50	45	3,64 ^{ab}
8	25	50	45	3,02 ^{bc}
9	15	40	35	3,70 ^a

Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente ($P \leq 0,05$) do padrão segundo teste de Tukey a 5% de significância

Conforme os escores demonstrados na Tabela III.11, os biscoitos 4, 7 e 9 apresentaram intenção aceitável de compra pelos julgadores pois suas notas ficaram entre 3,12 e 3,70 representando as escalas ‘talvez comprasse/ talvez não comprasse’ e ‘possivelmente compraria’, respectivamente.

A Figura III.16 ilustra a distribuição de frequência das notas referentes à escala utilizada para o teste de intenção de compra das formulações de biscoito enriquecido com farinha de algobora.

Nos experimentos 2 e 8 foi observado predomínio para a frequência de notas possivelmente não compraria, demonstrando que essas formulações foram menos preferidas pelos julgadores em relação às demais; para o escore 5 (certamente compraria) e escore 4 (possivelmente compraria), os experimentos 4, 7 e 9 foram os preferidos, ou seja, tiveram maior aceitação de acordo com a avaliação dos julgadores.



Nota: 5 (certamente compraria); 4 (possivelmente compraria); 3 (talvez comprasse/ talvez não comprasse); 2 (possivelmente não compraria); 1 (certamente não compraria)

Figura III.16 – Intenção de compra para os cinco melhores biscoitos

III.4.4 Análise de componentes principais

A análise de componentes principais permitiu observar quais atributos melhor caracterizam as amostras. No gráfico da ACP (Figura III.17) cada amostra de biscoito é representada por um ponto, em que cada ponto corresponde ao valor médio atribuído pelos julgadores da análise sensorial.

Observa-se que a discriminação das amostras foi alta já que a primeira e a segunda componentes principais explicam, respectivamente, 85,77 e 9,24 % da variação observada, ou seja, 95,01 % no total.

A distância entre as amostras no espaço indica se as mesmas são semelhantes ou distintas quanto à análise sensorial e são caracterizadas pelos atributos que se lhes apresentam mais próximos. Pela Figura III.17, observa-se que as amostras apresentam características sensoriais diferentes entre si, visto que estão situadas em quadrantes diferentes. Os experimentos 2 e 8 não foram expostos por nenhum dos atributos sensoriais, já que ambas as amostras estão afastadas dos atributos no espaço vetorial e em quadrantes opostos, o que indica correlação negativa em relação aos atributos sensoriais; já o experimento 7 foi discriminado dos demais biscoitos quanto ao sabor, sabor residual, doçura e aroma; enfim, os experimentos 4 e 9 (ponto central) foram discriminados pela aparência.

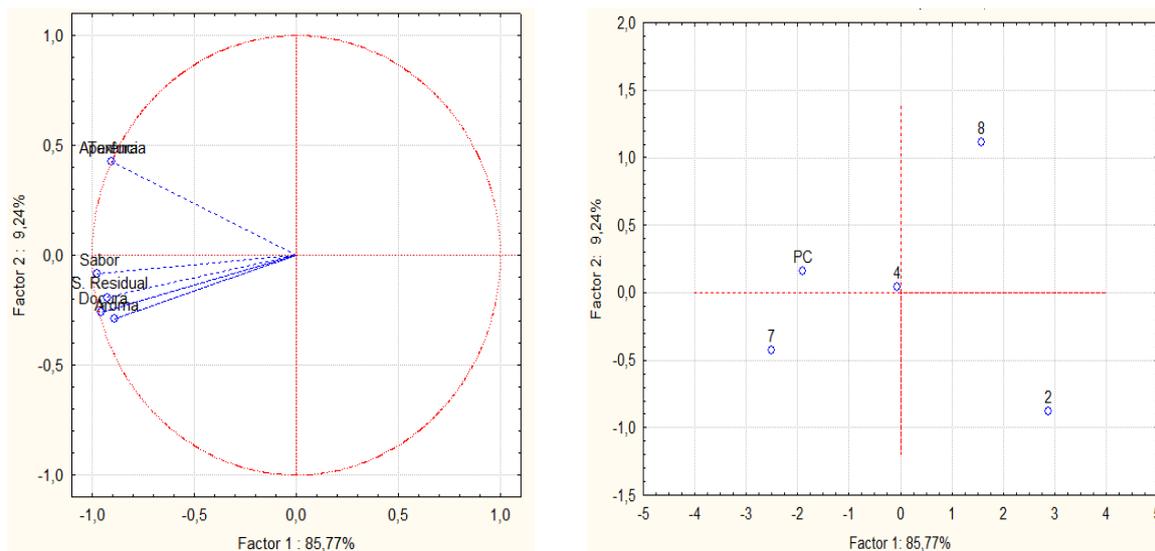


Figura III.17 - Análise de componentes principais dos atributos sensoriais utilizados no teste de aceitação

III.4.5 Mapa de preferência

A técnica mapa de preferência interno tem, como objetivo, aprimorar a análise das respostas hedônicas geradas pelos julgadores fornecendo informações acerca de como os julgadores são segmentados em função de suas preferências em relação aos produtos avaliados, considerando-se as respostas individuais de cada consumidor.

As respostas individuais geraram um espaço sensorial multidimensional representado por dimensões que explicam a variação total das respostas. Foram utilizadas a primeira e a segunda dimensão geradas que, juntas, explicaram cerca de 65 % da variabilidade das respostas, percentual reduzido, mas comumente citado na literatura em mapas de preferência (NORONHA, 2003).

No espaço sensorial afetivo as amostras estão representadas por números enquanto os julgadores foram representados por pontos, que simbolizam a ponta de um vetor que indica a direção de preferência em relação ao conjunto de amostras; assim, os julgadores se encontram alocados próximo às amostras que representam suas preferências individuais; os julgadores situados próximo ao centro do gráfico, não fizeram distinção entre as amostras.

As Figuras III.18 a III.23 apresentam os dendogramas e os mapas de preferência internos para a aparência, aroma, sabor, doçura, sabor residual e textura dos biscoitos; a escala multidimensional, que resulta no mapa de preferência interno, apresenta a

dispersão espacial dos consumidores em relação às preferências pelos biscoitos sendo que cada consumidor é representado como ponto no espaço.

Numa tentativa de explorar melhor as informações fornecidas pela representação gráfica do Mapa de Preferência, foi realizada uma Análise de Agrupamento (Cluster Analysis), que resulta em um dendograma que agrupa as amostras de acordo com as preferências do consumidor.

A aplicação da escala multidimensional pode ser avaliada pelo “stress value”, valor este que, quando menor 0,01, indica que o modelo obtido está bem ajustado aos dados (JOHNSON & WICHERN, 1992; KRUSKAL & WISH, 1978). O “stress value”, neste trabalho, foi igual a 0,0000 para todos os atributos sensoriais.

Observa-se, nas Figuras III.18A a III.23^a, que para todos os atributos, com exceção do atributo aroma, houve formação dos mesmos 2 grupos ou clusters: 1 grupo para os experimentos 2, 4, 8 e 9 (ponto central) e um grupo para o experimento 7; para o atributo aroma, houve formação de quatro grupos distintos.

Em todos os mapas de preferência interno (Figura III.18B a III.23B) houve semelhança nas preferências. É possível observar uma preferência pelos experimentos 4, 7, 8 e 9 devido à maior quantidade de julgadores próximos a estas amostras, apesar da distribuição dispersa dos pontos ao redor das amostras; além de que existem alguns julgadores que não preferiram nenhum dos biscoitos, o que é demonstrado pelos pontos afastados de todas as amostras; nos resultados obtidos anteriormente com o teste de médias, o experimento 2 havia apresentado diferença significativa das amostras 4, 7 e 9 em relação ao atributo aparência.

Os julgadores também foram separados em dois grupos distintos: o primeiro, situado à direita, que preferiu os experimentos 2 e 8 e o segundo, situado à esquerda, que manifestou preferência pelos experimentos 4, 7 e 9 (ponto central).

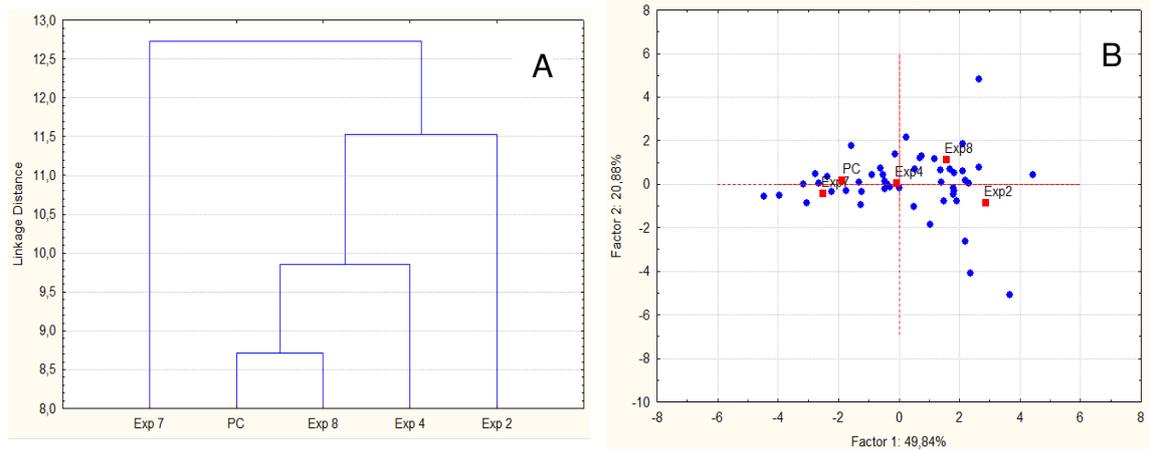


Figura III.18- Dendrograma (A) e mapa de preferência interno (B) para o atributo aparência

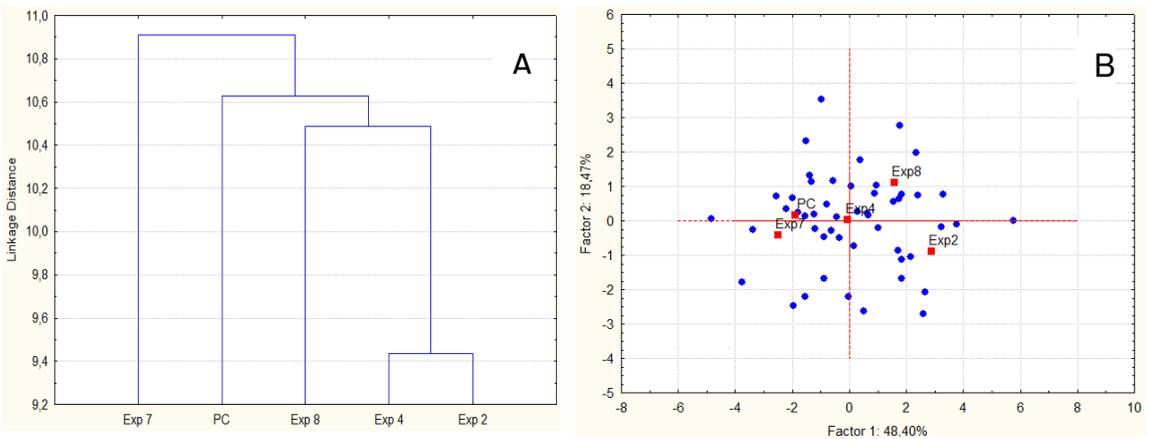


Figura III.19- Dendrograma (A) e mapa de preferência interno (B) para o atributo aroma

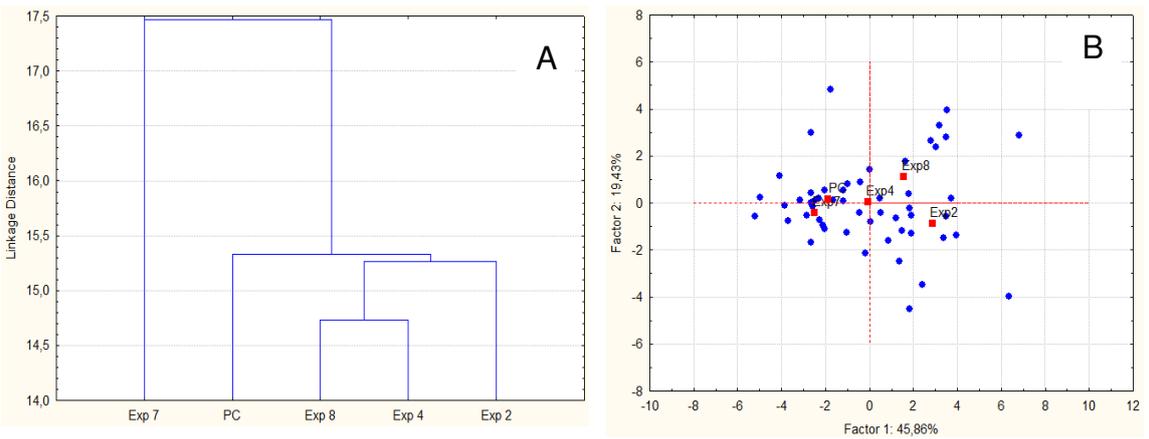


Figura III.20- Dendrograma (A) e mapa de preferência interno (B) para o atributo sabor

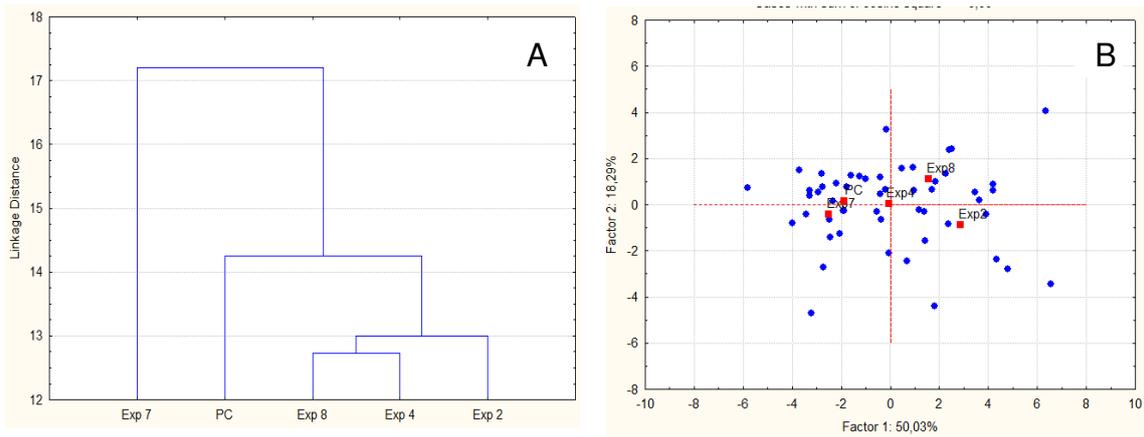


Figura III.21- Dendrograma (A) e mapa de preferência interno (B) para o atributo doçura

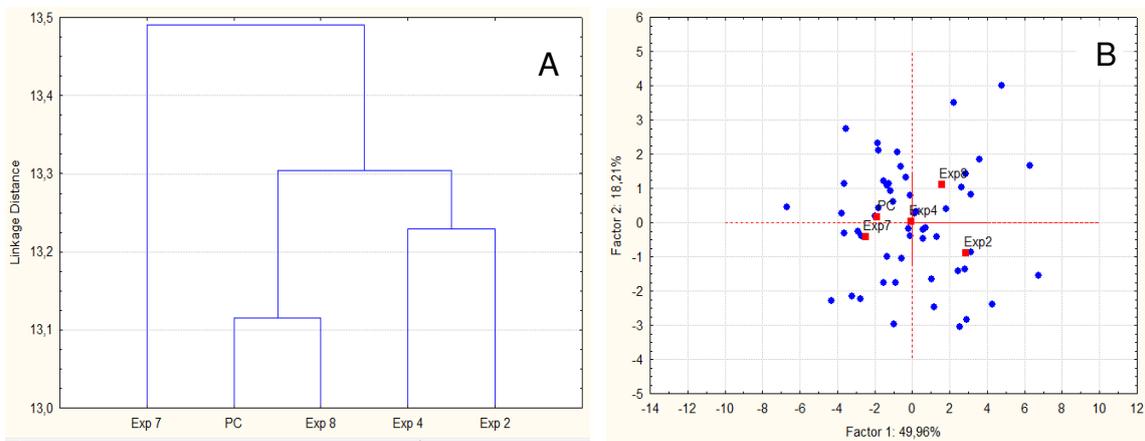


Figura III.22- Dendrograma (A) e mapa de preferência interno (B) para o atributo sabor residual

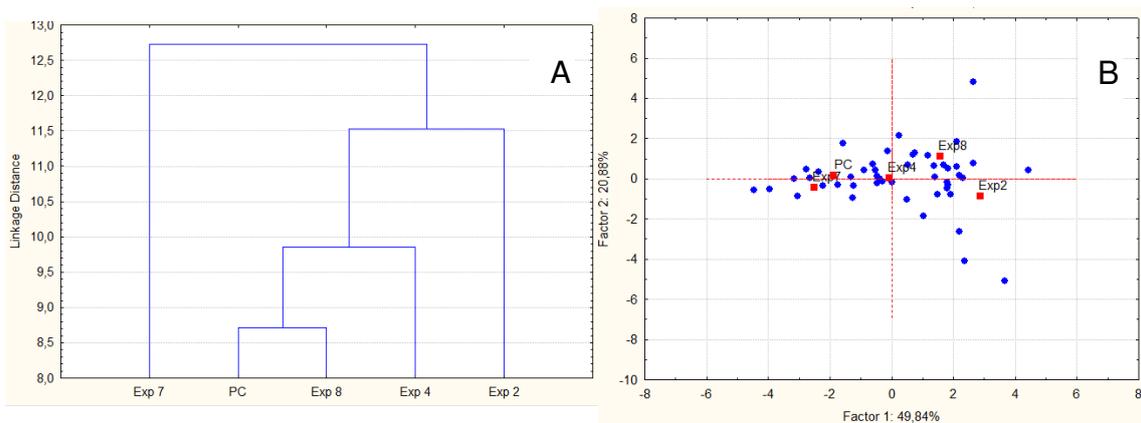


Figura III.23- Dendrograma (A) e mapa de preferência interno (B) para o atributo textura

Após a avaliação dos resultados da segunda análise sensorial, os biscoitos elaborados com: 25% de farinha de algaroba, 30% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 4), 5% de farinha de algaroba, 50% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 7) e 15% de farinha de algaroba, 40% de teor de açúcar e 35% de teor de gordura de palma (experimento 9 ou ponto central) foram os que apresentaram os melhores atributos e maior aceitação.

III.5. CONCLUSÕES

A partir da análise dos resultados obtidos, conclui-se que:

- Os melhores valores atribuídos à firmeza, fraturabilidade e luminosidade, foram obtidos para os biscoitos elaborados com: 25% de farinha de algaroba, 30% de teor de açúcar e 25% de teor de gordura de palma (experimento 2), 25% de farinha de algaroba, 30% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 4), 5% de farinha de algaroba, 50% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 7), 25% de farinha de algaroba, 50% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 8), 15% de farinha de algaroba, 40% de teor de açúcar e 35% de teor de gordura de palma (experimento 9), variando entre 21,51 a 48,91 N, 0,37 a 0,49 mm e 43,19 a 62, respectivamente;
- Para os parâmetros de atividade de água, intensidade de amarelo e intensidade de vermelho, não foi possível estabelecer um modelo significativo; os valores de atividade de água, intensidade de amarelo e intensidade de vermelho, variaram de 0,250 a 0,380, 31,76 a 36,21 e 9,27 a 14,29, respectivamente;
- Para abranger o maior número de atributos otimizados foi possível manter os níveis de teor de farinha de algaroba entre 15 e 25% com o teor de açúcar entre 30 e 40% e o teor de gordura palma entre 35-45%;
- Os biscoitos elaborados com: 25% de farinha de algaroba, 30% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 4), 5% de farinha de algaroba, 50% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 7) e 15% de farinha de algaroba, 40% de teor de açúcar e 35% de teor de gordura de palma (experimento 9) foram os que apresentaram os melhores atributos e maior aceitação, acima de 72,30%, na segunda análise sensorial;
- Os biscoitos elaborados com: 25% de farinha de algaroba (experimento 4), 5% de farinha de algaroba (experimento 7) e 15% de farinha de algaroba (experimento 9) foram os que tiveram os maiores escores: 5 (certamente compraria) e escore 4 (possivelmente compraria) para a análise de intenção de compra;

- Com relação à análise de componentes principais, as variáveis mais significativas para discriminação dos biscoitos elaborados com 5% de farinha de algaroba (experimento 7) foram o sabor, sabor residual, doçura e aroma; para os biscoitos elaborados com: 25% e 15% de farinha de algaroba foi à aparência; também foi possível observar uma preferência maior pelos biscoitos com: 25% de farinha de algaroba, 30% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma, 5% de farinha de algaroba, 50% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma, 25% de farinha de algaroba, 50% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma, 15% de farinha de algaroba, 40% de teor de açúcar e 35% de teor de gordura de palma devido à maior quantidade de julgadores próximos a essas amostras, nos mapas internos de preferência.

III.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O biscoito enriquecido com farinha de algaroba apresentou bom potencial de mercado, com produção viável e boa aceitação por parte dos consumidores, resultando em maior aproveitamento da algaroba, uma matéria-prima pouco explorada na alimentação humana gerando, assim, um produto com características nutricionais elevadas, possibilitando a alternativa de geração de emprego e renda para agricultores da região Nordeste.

III.6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Utilizar a análise sensorial descritiva quantitativa (ADQ) para criar um perfil descritivo dos biscoitos enriquecidos com farinha de algaroba;
- Avaliar as mudanças estruturais dos biscoitos com microscopia eletrônica de varredura.

III.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 12806 – Análise sensorial dos alimentos e bebidas**. São Paulo: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1993.

ALTAMIRANO-FORTOUL, R.; ROSELL, C. M. Physico-chemical changes in breads from bake off technologies during storage. **Food Science and Technology**, v. 44, n. 3, p. 631-636, 2011.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**. 4ed. Washington, DC, 2001.

ANIB - Associação Nacional das Indústrias de Biscoito. Disponível em: <http://www.anib.com.br/releases_integra.asp?id=2> Acesso em: 26 jan. 2015.

AQUINO, A. C. M. S. et al. Avaliação físico-química e aceitação sensorial de biscoitos tipo *cookies* elaborados com farinha de resíduos de acerola. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 69, n. 3, p. 379-386, set. 2010.

BARBOZA, L.M.V.; FREITAS, R.J.S.; WASZCZYNSKYJ, N. Desenvolvimento de produtos e Análise Sensorial. **Brasil alimentos**, n. 18, p. 34-35. Jan/Fev, 2003. Disponível em: <<http://www.signuseditora.com.br/BA/pdf/18/18%20-%20Desenvolvimento.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2013.

BÁRCENAS, M. E.; O-KELLER, J. D.; ROSELL, C. M. Influence of different hydrocolloids on major wheat dough components (gluten and starch). **Journal of Food Engineering**, v. 94, p. 241–247, 2009.

BARROS NETO, B.; SCARMÍNIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e Otimização de Experimentos**. Campinas: Editora da UNICAMP, 2003.

BORGES, S. V.; BONILHA, C. C.; MANCINI, M. C. Sementes de jaca (*Artocarpus Integrifolia*) e de abóbora (*Curcubita Moshata*) desidratadas em diferentes temperaturas e utilizadas como ingredientes em biscoitos tipo cookies. **Alimentos e Nutrição**, v. 17, n. 3, p. 317-321, set. 2006.

BOX, G. E. P.; HUNTER, W. G.; HUNTER, J. S. **Statistics for experimenters. An introduction designs, data analysis and model building**. Nova York: Wiley, 1978.

BRASIL - Ministério da Saúde. Agência de Vigilância Sanitária. Resolução N° 263 de 22 de setembro de 2005. **Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 de setembro de 2005a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC n° 12, de 02 de janeiro de 2001. **Dispõe sobre os princípios gerais para o estabelecimento de critérios e padrões microbiológicos para alimentos**.

BUENO, R. O. G. **Características de qualidade de biscoitos e barras de cereais ricos em fibra alimentar a partir de farinha de semente e polpa de nêspera**. 2005. 103 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba, 2005.

CAPRILES, V.D.; ARÊAS, J.A.G. Desenvolvimento de salgadinhos com teores reduzidos de gordura saturada e de ácidos graxos *trans*. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n.2, p.363-369, 2005.

CHOWDHURY, K.; KHAN, S.; KARIM, R.; OBAID, M.; HASAN, G.M.M.A. Quality and shelf-life evaluation of packaged biscuits marketed in Bangladesh. **Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research**, v.47, n. 1, p. 29-42, 2012.

DUTCOSKY, S. D. **Análise Sensorial de Alimentos**. 2. ed. Curitiba: Champagnat, 2013.

ESTELLER, M. S. **Fabricação de pães com reduzido teor calórico e modificações reológicas ocorridas durante o armazenamento**. 2004. 238 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Bioquímica-Farmacêutica) - Universidade de São Paulo - USP, São Paulo.

FASOLIN, L. H.; ALMEIDA, G. C.; CASTANHO, P. S.; NETTO-OLIVEIRA, E. R. Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliações química, física e sensorial. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 3, p.787-792, 2007.

FEDDERN, V. et al. Avaliação física e sensorial de biscoitos tipo cookie adicionados de farelo de trigo e arroz. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 14, n. 4, p. 267-274, dez. 2011.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA). Bacteriological Analytical Manual-BAM. 2011. Disponível em: <<http://www.fda.gov/downloads/food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/UCM244774.pdf>> Acesso em: 20 jun. 2014.

GIAMI, S.Y.; ACHINEWHU, S.C.; IBAAKEE, C. The quality and sensory attributes of cookies supplemented with pumpkin (*Telfairia occidentalis* Hook) seed flour. **International Journal of Food Science and Technology**, v.40, p. 613 – 620, 2005.

GIMÉNEZ, A.; VARELA, P.; SALVADOR, A.; ARES, G.; FISZMAN, S.; GARITTA, L. Shelf life estimation of brown pan bread: A consumer approach. **Food Quality and Preference**, v. 18, p. 196–204, 2007.

HUSSAIN, S.; ANJUM, F. M.; BUTT, M.S.; KHAN, M.I.; ASGHAR, A. Physical and Sensory Attributes of Flaxseed Flour Supplemented Cookies. **Turkish Journal of Biology**, v. 30, p. 87-92, 2006.

JAMES, C.; COURTNEY, D. L. D.; LORENZ, K. Rice bran-soy blends as protein supplements in cookies. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 24, n.5, p. 495-502, 2011.

JARDIM, D. C. P. Atividade de água e a estabilidade dos alimentos. In: MOURA, S. C. S. R.; GERMER, S. P. M. (Coord.). **Reações de Transformação e Vida-de-prateleira de Alimentos Processados**. 4. ed. Campinas: ITAL, 2010. p. 17-23. (Manual Técnico, n. 6).

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 3rd ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1992.

JUNIOR, M. S. S. et al. Qualidade de biscoitos formulados com diferentes teores de farinha de casca de pequi. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 98-104, jun. 2009.

- KHURI, J. M., CORNELL, F. A. **Response surfaces: design and analyses**, New York: Marcel Dekker, 1996. 510p.
- KOMATSU, T. R.; BURITI, F. C. A.; SAAD, S. M. I. Inovação, persistência e criatividade superando barreiras no desenvolvimento de alimentos probióticos. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, n.3, p.329-347, 2008.
- KOPPER, A. C.; SARAVIA, A. P. K.; RIBANI, R. H.; LORENZI, G. M. A. C. Utilização tecnológica da farinha de bocaiúva na elaboração de biscoitos tipo *cookie*. **Alimentos e Nutrição**, v. 20, n. 3, p. 463-469, 2009.
- KRUSKAL, J. B.; WISH, M. **Multidimensional scaling**. Newbury Park: Sage, 1978.
- LASSOUED et al. Baked product texture: Correlations between instrumental and sensory characterization using Flash Profile. **Journal of Cereal Science**, v.48, n.1, p.133-143, 2008.
- LEELAVATHI, K. Effect of fat-type on cookie dough and cookie quality. **Journal of Food Engineering**, v. 79, n. 1, p. 299-305, mar. 2007.
- MAMAT, H.; HARDAN, M. O. A.; HILL, S. E. Physicochemical properties of commercial semi-sweet biscuit. **Food Chemistry**, v. 121, n. 4, p. 1029-1038, ago. 2010.
- MARANGONI, A. L. **Potencialidade de aplicação de farinha de Yacon (*Polymnia sonchifolia*) em produtos à base de cereais**. 2007. 125 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- MARUYAMA L. Y.; CARDARELLI H. R.; BURITI F. C. A.; SAAD S. M.I.; Textura instrumental de queijo petit-suisse potencialmente probiótico: influência de diferentes combinações de gomas. **Revista Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, 2006.
- MAURO, A. K.; SILVA, V. L. M.; FREITAS, M. C. J. Caracterização física, química e sensorial de cookies confeccionados com farinha de talo de couve (FTC) e farinha de talo de espinafre (FTE) ricas em fibra alimentar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 3, p. 719-728, set. 2010.

- MINIM, V. P. R. **Análise Sensorial Estudos com Consumidores**. 3ª ed. Editora: UFV, 2013. 332p.
- MOGOL, B. A.; GOKMEN, V. Mitigation of acrylamide and hydroxymethylfurfural in biscuits using a combined partial conventional baking and vacuum post-baking process: Preliminary study at the lab scale. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. v. 26, p. 265-270, 2014.
- MOHSEN, S. M.; FADEL, H. H. M.; BEKHIT, M. A.; EDRIS, A. E.; AHMED, M. Y. S. Effect of substitution of soy protein isolate on aroma volatiles, chemical composition and sensorial quality of wheat cookies. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 44, p. 1705-1712, 2009.
- MORAES, K. S. et al. Avaliação tecnológica de biscoitos tipo cookie com variações nos teores de lipídio e de açúcar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n.1, p. 233-242, 2010.
- MORETTO, E.; FETT, R. **Processamento e análise de biscoitos**. São Paulo: Varela, 1999.
- MOURA, F. A. et al. Biscoito tipo “cookie” elaborados com diferentes frações de semente de abóbora (*Curcubita Maxima*). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 21, n. 4, p. 579-585, dez. 2010.
- NORONHA, R. L. F. **Expectativa do consumidor e sua influência na aceitação e percepção sensorial de café solúvel**. 2003, 130f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- PURLIS, E. Bread baking: technological considerations based on process modeling and simulation. **Journal of Food Engineering**, v.103, n. 1, p. 92-102, 2012.
- RAE, R. P. (Org.). **O Triticulor e o Mercado**: cartilha de 2011. São Paulo: Associação Brasileira da Indústria do Trigo, 2011. 44 p. Disponível em: <<http://www.abitrigo.com.br/index.php?mpg=02.05.00>>. Acesso em: 20 Agost. 2014.

RAMCHARITAR, A.; BADRIE, N.; BEMAN, M. MATSUO, H.; AND RIDLE, C. Consumer Acceptability of Muffins with Flaxseed (*linum usitatissimum*). **Journal of Food Science**, v. 70, n. 7, 2006.

ROCHA, L. S.; SANTIAGO, R. A C. Implicações nutricionais e sensoriais da polpa e casca de baru (*Dipterix Alata vog.*) na elaboração de pães. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n.4, p. 820-825, 2009.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos**. 1ª ed. Campinas: Ed. Casa do Pão, 2009.

SANTOS, A. A. O.; SANTOS, A. A. A. O.; SILVA, I.C.V.; LEITE, M.L.C.; SOARES, S.M.; MARCELLINI, P.S. Desenvolvimento de biscoitos de chocolate a partir da incorporação de fécula de mandioca e albedo de laranja. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 21, n. 3, p. 469-480, set. 2010.

SANTOS, C. A.; RIBEIRO, R. C.; SILVA, E. V. C.; SILVA, N.; SILVA, B. A. Elaboração de biscoito de farinha de buriti (*Mauritia flexuosa L. f*) com e sem adição de aveia (*Avena sativa L.*). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Ponta Grossa, v. 5, n. 1, p. 262-275, 2011.

SANTOS D. A. M. **Formulação de biscoito tipo cookie a partir da substituição percentual de farinha de trigo por farinha de casca de abóbora (*curcubita maxima*) e albedo de maracujá amarelo (*passiflora edulis flavicarpa*)**. 2013. 76f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2013.

SANTUCCI, M. C. C.; ALVIN, I. D.; FARIA; E. V.; SGARBIERI,V. C; Efeito do enriquecimento de biscoitos tipo água e sal, com extrato de levedura (*Saccharomyces sp.*). **Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 23, n. 3, p. 441-446, 2003.

SCIARINI, L.S; BOCKSTAEKE, F.V.; NUSANTORO, B.; PEREZ, G.T.; DEWETTINCK, K. Properties of sugar-snap cookies as influenced by lauric-based shortenings. **Journal of Cereal Science**, v.58, p. 234 - 240. 2013.

SILVA, C.G.M. **Processo biotecnológico para conversão de algaroba** (*Prosopis juliflora* Sw D.C.) em etanol. 2007, 104f. Tese (Doutorado em Nutrição) - Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2007.

SOUZA, M. L.; RODRIGUES, R.S.; FURQUIM, M.F.G.; EL-DASH, A.A. Processamento de “cookies” de Castanha-do-Brasil. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 19, n. 2, p.381-390, 2001.

SIMABESP - **Sindicato das Indústrias de Massas Alimentícias e Biscoitos do Estado de São Paulo**. Disponível em: <www.simabesp.org.br/site/mercado_biscoitos_simabesp.asp>. Acesso em: 28 Out. 2014.

STATSOFT. **Statistica for windows**, Tulsa, USA, 2004.

STONE, H.; SIDEL, J. **Sensory evaluation practices**. New York: Academic Press, 1993. 338 p.

TARACÓN, P.; HERNÁNDEZ, M.J.; SALVADOR, A.; SANZ, T. Relevance of creep and oscillatory tests for understanding how cellulose emulsions function as fat replacers in biscuits. **LWT- Food Science and Technology**, n.1, p.1–7, 2014.

UMESHA, S.S.; MANOHAR R.; INDIRAMMA, A.R.; AKSHITHA, S.; AKHILENDER NAIDU, K. Enrichment of biscuits with microencapsulated omega-3 fatty acid (Alpha-linolenic acid) rich Garden cress (*Lepidium sativum*) seed oil: Physical, sensory and storage quality characteristics of biscuits. **LWT - Food Science and Technology**, v.1, p. 1-8, 2014.

VORAGEN, A. G. J. Technological aspects of functional food related carbohydrates. **Trends in Food Science & Technology**, v. 9, n. 8, p. 328-335, 2010.

**DESENVOLVIMENTO DE BISCOITO ENRIQUECIDO COM FARINHA DE
ALGAROBA: AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA, SENSORIAL
E ARMazenABILIDADE**

CAPÍTULO IV

**ARMazenABILIDADE, CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E FÍSICO-QUÍMICA E
DETERMINAÇÃO DOS MINERAIS DE BISCOITO ENRIQUECIDO COM
FARINHA DE ALGAROBA**

IV. RESUMO

O segmento de biscoitos é um setor da panificação de extrema importância para o Brasil, que se destaca em volume, como o 2º maior produtor mundial. A qualidade desses produtos alimentícios se altera com o tempo de armazenamento, pela ocorrência de uma série de transformações físicas, bioquímicas e microbiológicas. Com tais aspectos, este trabalho teve, como objetivo, avaliar os parâmetros de qualidade (firmeza, fraturabilidade, atividade de água e cor) de biscoitos enriquecidos com diferentes percentuais de farinha de algaroba (5, 15 e 25%), durante o armazenamento por 120 dias e determinar as características físicas (espessura, diâmetro, fator de expansão, volume específico e massa), físico-químicas (teor de água, cinzas, proteínas, açúcares, lipídios e fibras) e minerais (cálcio, fósforo e ferro). Os parâmetros de qualidade desses produtos foram acompanhados das análises de atividade de água, firmeza, fraturabilidade e cor, durante 120 dias de armazenamento, com intervalo de 15 dias entre as medições. Foram realizadas caracterização física, físico-química e determinação dos minerais dos biscoitos. Os parâmetros de qualidade foram analisados estatisticamente utilizando-se um delineamento experimental fatorial, com dois fatores: 9 períodos de armazenamento e três formulações de biscoitos. Conclui-se que após o período de 120 dias de armazenamento houve diferença significativa entre os parâmetros de qualidade dos biscoitos. Os biscoitos elaborados com farinha de algaroba tiveram sua atividade de água, fraturabilidade e luminosidade aumentada e sua firmeza, intensidade de amarelo e vermelho, reduzidas. Com o aumento da concentração de farinha de algaroba na formulação dos biscoitos, ocorreu uma variação maior entre a atividade de água inicial e a atividade de água final e entre luminosidade inicial e luminosidade final. Os biscoitos perderam massa após a etapa de forneamento e aumentaram em espessura e volume específico, quando comparados antes do forneamento e depois do forneamento. O fator de expansão, antes e depois do forneamento, foi reduzido. Os biscoitos enriquecidos com farinha de algaroba apresentaram teor de carboidratos ($47,93\text{g } 100\text{g}^{-1}$ a $54,68\text{g } 100\text{g}^{-1}$), cálcio ($415,57\text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ a $650,75\text{ mg } 100\text{g}^{-1}$), fósforo ($554,48\text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ a $587,78\text{ mg } 100\text{g}^{-1}$) e ferro ($20,05\text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ a $23,16\text{ mg } 100\text{g}^{-1}$). Os biscoitos enriquecidos com farinha de algaroba apresentaram nutrientes, como: cálcio, ferro, fósforo e características de qualidade aceitáveis durante o armazenamento, com comportamento similar a produtos já existentes no mercado.

Palavras-chave: *Prosopis juliflora*, qualidade de alimentos, armazenamento

IV. ABSTRACT

The segment of cookies is extremely important in the bakery sector of Brazil, which stands as the 2nd largest producer by volume. The quality of food products changes with storage time due to the occurrence of a number of physical, biochemical and microbiological changes. With these aspects, the objective of this study was to evaluate the quality parameters of cookies enriched with different percentages of mesquite flour (5, 15 and 25%) during storage for 120 days and characterization of the physical, physico-chemical and mineral content (calcium, phosphorus and iron). The studied quality parameters of these products were water activity, firmness, fracture stress and color for 120 days of storage, with a 15 days interval between measurements. Quality parameters were statistically analyzed using a factorial design with two factors: 9 periods of storage and three formulations of cookies. It was observed that after 120 days of storage, there was significant difference between the quality parameters of cookies. Therefore, cookies, with mesquite flour had their water activity and luminance increased, while its fracture stress, firmness and yellow and red intensity decreased. With increasing concentration of mesquite flour in the cookies formulation, there was a larger variation between the initial and final water activity and also between initial and final luminance. The cookies lost weight after the baking step and had an increase in thickness and specific volume when compared before and after baking. The expansion factor before and after was reduced from baking. The cookies enriched with mesquite flour presented high content of carbohydrates (26.93g 100g⁻¹ to 33.69 g 100g⁻¹), calcium (415.57 mg 100g⁻¹ to 650.75 mg 100g⁻¹), phosphorus (554.48 mg 100g⁻¹ to 587.78 mg 100g⁻¹) and iron (20.05 mg 100g⁻¹ to 23.16 mg 100g⁻¹). The cookies enriched with mesquite flour presented high content of nutrients and quality characteristics acceptable during storage, with similar behavior to existing products on the market.

Keywords: *Prosopis juliflora*, food quality, storage

IV.1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de produtos de panificação com ingredientes alternativos à farinha de trigo torna-se cada vez mais comum. Dentre esses produtos os biscoitos são de grande interesse comercial devido às suas características de produção, consumo, vida de prateleira e aceitação. Muitos destes produtos têm sido criados com a finalidade de melhorar a formulação em termos nutricionais, especialmente em relação ao teor de fibras e proteínas (LAROSA et al., 2006, PEREZ & GERMANI, 2007).

Os biscoitos estão presentes em 98% dos domicílios (SIMABESP, 2014). Embora não constituam um alimento básico como o pão, os biscoitos são aceitos e consumidos por pessoas de qualquer idade, sobretudo entre as crianças, e têm sido formulados com a intenção de torná-los fortificados com diversos nutrientes, em razão do grande apelo nos dias atuais, para melhorar a qualidade da dieta (FASOLIN et al., 2007). Sua longa vida de prateleira permite que sejam amplamente produzidos e distribuídos.

Segundo MOURA & GERMER (2004), muitas são as reações de transformação dos alimentos processados em suas vidas úteis. Mesmo tendo a deterioração microbiana sob controle, outras reações, tais como alterações de cor, sabor, textura, qualidade nutricional e funcional, podem comprometer o alimento; os fatores que influenciam a velocidade das reações de transformação, são vários: temperatura, teor de água, atividade de água, acidez, teor de oxigênio, estado da matriz sólida, presença de catalisadores e outros. Além disto, os alimentos, por advirem de material biológico, são sistemas extremamente complexos, nos quais as diversas reações de deterioração ocorrem simultaneamente, com diferentes cinéticas, dificultando a previsão da vida de prateleira.

A qualidade de produtos alimentícios se altera com o tempo de estocagem pela ocorrência de uma série de transformações bioquímicas e microbiológicas; no caso de alimentos de atividade de água baixa, conhecidos como alimentos sensíveis à umidade, essa perda de qualidade e a conseqüente limitação da sua vida de prateleira estão, em geral, associadas ao fenômeno de ganho de água, que leva a alterações, como a aglomeração (produtos em pó) ou a alteração na textura (biscoitos) (VASQUES, 2006).

A vida-de-prateleira desses produtos depende, fundamentalmente, da proteção oferecida pela embalagem contra a adsorção da umidade disponível no ambiente de estocagem.

Dependendo das condições de armazenamento, o biscoito pode sofrer alteração devido à adsorção de água, que acarretará uma mobilidade maior das moléculas, passando do estado vítreo para o gomoso (transição vítrea), caracterizado por uma elevada mobilidade molecular. Neste estado, ocorrem alterações na qualidade do produto como a perda da crocância característica, além de se tornar um meio mais propício para o crescimento microbiano (RIBEIRO, 2004).

Diante do exposto este trabalho teve, como objetivo, avaliar os parâmetros de qualidade (firmeza, fraturabilidade, atividade de água e cor) de biscoitos enriquecidos com diferentes percentuais de farinha de algaroba (5, 15 e 25%), durante o armazenamento por 120 dias e determinar as características físicas (espessura, diâmetro, fator de expansão, volume específico e massa), físico-químicas (teor de água, cinzas, proteínas, açúcares, lipídios e fibras) e minerais (cálcio, fósforo e ferro).

IV.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

IV.2.1 Parâmetros de qualidade avaliados em biscoitos

Alimentos são naturalmente perecíveis. Numerosas mudanças ocorrem nos alimentos durante o processamento e a estocagem. Sabe-se que as condições usadas para o processo e armazenamento de alimentos podem influenciar adversamente nos atributos de qualidade. Durante a estocagem um ou mais atributos de qualidade podem alcançar um estado indesejável. Neste instante, o alimento é considerado impróprio para o consumo e isto sugere ter alcançado o fim de sua vida de prateleira (MAN & ADRIAN, 2000).

Durante a estocagem e distribuição os alimentos são expostos frequentemente a condições ambientais, como temperatura, umidade, oxigênio e luz. Essas condições podem disparar muitos mecanismos de reações que podem ter ligações com a degradação de alimentos; em consequência desses mecanismos, os alimentos podem ser alterados a tal extensão que poderão ser rejeitados pelo consumidor ou podem se tornar prejudiciais à pessoa que os consome. A boa compreensão das diferentes reações que causam a deterioração do alimento é prioridade, antes de desenvolver procedimentos específicos para a evolução da vida de prateleira do alimento (MAN & ADRIAN, 2000).

Para que o alimento mantenha a sua qualidade, algumas características devem ser preservadas, tais como:

- Permanecer seguro com características químicas, físicas e microbiológicas aceitáveis para o consumo regular do produto;
- Manter sua aparência, odor, textura e paladar;
- Suas reivindicações nutricionais contidas no rótulo devem ser mantidas (NEW ZEALAND, 2005).

Os alimentos apresentam atividade biológica constante, manifestada por alterações de natureza química, física, microbiológica, sensorial ou enzimática, que levam à perda de qualidade (SARANTOPÓULOS, 2001). Essas alterações estão

geralmente relacionadas ao tipo de embalagem utilizada e ao teor de água inicial do produto, entre outros fatores. As alterações sensoriais afetam a cor, o sabor e a consistência de biscoitos, enquanto as microbiológicas afetam o crescimento de bolores e as leveduras principais deteriorantes desse tipo de produto (SINGH, 1994).

Essas mudanças podem ocorrer nos biscoitos durante o processamento e a estocagem, quando são expostos a diferentes condições ambientais, as quais podem desencadear uma série de reações que podem levar à sua degradação e consequente rejeição pelos consumidores (SINGH, 1994).

IV.2.2 Atividade de água

A atividade de água (a_w) quantifica o grau de ligação da água contida no produto; a sua escolha como parâmetro de referência no processamento, conservação e armazenamento de alimentos, ao invés do teor de água, é baseada em efeitos que relacionam a quantidade de água disponível para agir como solvente e em reações de degradações químicas, enzimáticas e físicas, determinando o crescimento de microrganismos. Outra justificativa é a facilidade de mensuração quando comparada a determinação do teor de água e ao fato de ser uma análise não destrutiva (MALTINI et al., 2003).

A atividade de água é um dos fatores mais importantes para a indústria de alimentos pois quantifica a água disponível para o crescimento de microrganismos e as reações que podem alterar os alimentos, o que possibilita a previsão da estabilidade. A atividade de água pode ser determinada por um medidor de atividade de água e seu valor varia numericamente de 0 a 1 (CELESTINO, 2010).

Dentre os fatores que condicionam o desenvolvimento microbiano nos alimentos, a atividade de água é mais relevante do que a temperatura e o teor de água; a atividade de água pode ser definida como a razão entre a pressão de vapor da água no alimento (P_w) e a pressão de vapor da água pura na mesma temperatura (P_o) (FELLOWS, 2006):

$$a_w = \frac{P_w}{P_o} \quad (\text{IV.1})$$

IV.2.3 Textura

Os parâmetros de textura são atributos importantes percebidos pelos consumidores. Muitos métodos instrumentais têm sido desenvolvidos para determinação das propriedades de textura de alimentos (BOURNE, 2002), sendo o mais comumente utilizado o método de análise do perfil de textura (TPA) (HERRERO et al., 2007).

A análise de textura reproduz o processo de mastigação através do uso de uma força destrutiva utilizando um equipamento denominado analisador de textura, provido de corpos de prova (probe) fabricados para testes na indústria de alimentos. Desta forma, consegue-se medir as propriedades físicas relacionando-as com a percepção dinâmica da textura (BOURNE, 2002).

A resistência detectada pelo aparelho é registrada na forma de uma curva típica de força-deformação do alimento e resulta em um gráfico de força/tempo (Figura IV.1) característico para cada tipo de produto, permitindo avaliar parâmetros, como a adesividade (A3), a coesividade (A2/A1), elasticidade (T2/T1) e a firmeza (H) (Figura IV.2).

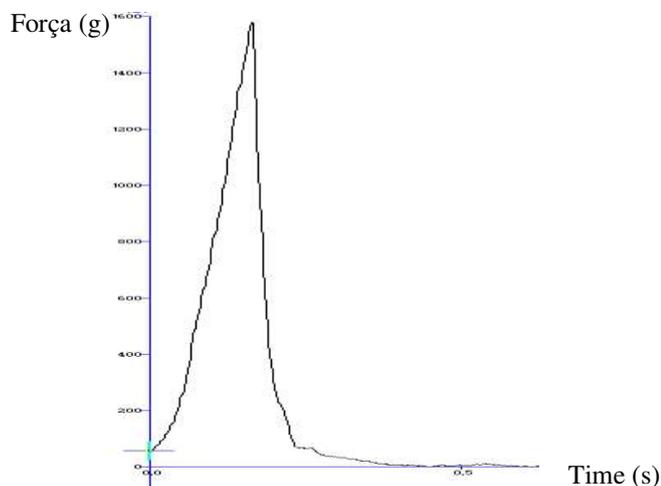


Figura IV.1 – Relação força e tempo necessários para análise de textura de biscoito (O AUTOR, 2014)

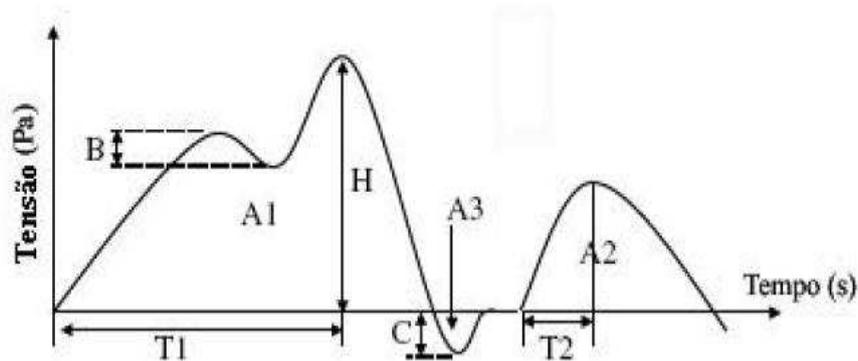


Figura IV.2 - Perfil de textura instrumental (KEARLY, 2006)

Os parâmetros de compressão obtidos com a curva do perfil de textura têm sido utilizados por diversos autores nas avaliações de amostras de massas de biscoitos com o objetivo de identificar e comparar as características de textura de massas contendo diferentes concentrações de um ingrediente específico. O conhecimento das características das massas é muito importante para o controle de qualidade de biscoitos (BOURNE, 2002).

LEE & BRENNAND (2005) desenvolveram biscoitos fritos contendo 0, 5, 10 e 15% de isolado proteico de soja em substituição à farinha de trigo; a massa desses biscoitos foi avaliada segundo o parâmetro de consistência; a consistência da massa aumentou com a adição de isolado proteico de soja e foi altamente correlacionada com a desidratação e absorção de óleo.

TYAGI et al. (2007) avaliaram as características de firmeza, elasticidade e adesividade em massas de biscoitos contendo diferentes concentrações de farinha de mostarda desengordurada (0 – 20 %) e concluíram que as massas contendo 5, 10 e 15 % não apresentaram diferença significativa quanto aos parâmetros de textura estudados.

O teste instrumental de textura tem sido desenvolvido para a identificação da resistência da amostra à força de deformação. Um dos métodos utilizados para avaliação de biscoitos tipo *cookie* consiste na avaliação da força de fratura inicial e firmeza.

MCWATTERS et al. (2003) avaliaram a firmeza de biscoitos desenvolvidos com diferentes concentrações de farinha de trigo, fonio (*Digitaria exilis*) e cowpea (*Vigna unguiculata*). SINGH et al. (2003) determinaram a força de fratura de biscoitos preparados com farinha de milho e farinha de batata de três cultivares. CONFORTI & LUPANO (2004) investigaram a força de fratura de biscoitos contendo diferentes concentrações de mel, suco de limão e de dois concentrados proteicos de soro.

GALLAGHER et al. (2005) determinaram a firmeza de biscoitos contendo diferentes proporções de concentrado proteico de soro e carbonato de sódio. GIAMI et al. (2005) avaliaram a firmeza de biscoitos suplementados com farinha de semente de abóbora.

LEE & BRENNAND (2005) estudaram a influência de isolado proteico de soja em *cookies* fritos quanto aos parâmetros de firmeza e fraturabilidade. MARCÍLIO et al. (2005) avaliaram a força de ruptura e a força de compressão de biscoitos sem glúten contendo farinha de amaranto. TYAGI et al. (2007) analisaram biscoitos contendo diferentes proporções de farinha de mostarda desengordurada em relação à firmeza, resistência à quebra e resistência ao corte.

IV.2.4 Cor

O aspecto e a cor da superfície dos alimentos são os primeiros parâmetros de qualidade observados pelos consumidores e, por consequência, são características muito importantes para a aceitabilidade de um produto, antes mesmo de sua degustação. A cor da superfície é a primeira sensação que o consumidor percebe e a utiliza como ferramenta para a aceitação ou rejeição de um alimento. A observação da cor permite, então, a detecção de anomalias ou defeitos presentes em determinado produto (LEÓN et al., 2006).

A determinação de cor pode ser realizada através da inspeção visual humana ou pela utilização de um instrumento de medida de cor, denominado colorímetro. A inspeção visual realizada por humanos consiste em uma prática mais rústica e subjetiva, que implica variação elevada nos resultados, por conta da presença de alterações na iluminação, além das variações extremas entre um observador e outro. Por outro lado, a análise instrumental de cor é um método objetivo no qual padrões de cor são utilizados como referência facilitando a comparação entre as amostras. Devido a essas características é recomendável a determinação de cor através da utilização de um instrumento de medida (LEÓN et al., 2006).

Muitos trabalhos que desenvolveram biscoitos com farinhas alternativas determinam os parâmetros de cor dos produtos, com o objetivo de identificar variações em função da adição de uma nova farinha ou ingrediente. MCWATTERS et al. (2003) avaliaram os parâmetros de cor L^* , a^* , b^* , croma e ângulo hue de biscoitos contendo diferentes proporções de farinha de trigo, farinha de fonio e farinha de *cowpea* (*Vigna sinenses*). As superfícies superior e inferior dos biscoitos apresentaram diferenças de

coloração, influenciadas pelas farinhas utilizadas. Os biscoitos contendo 50% de farinha de *cowpea* e 50 % de farinha de trigo apresentaram o maior valor para L*, sendo biscoitos mais claros. Biscoitos com maior croma (intensidade da cor) foram produzidos pelas formulações contendo 50% de farinha de trigo e 50% de farinha de *cowpea* e 75% de farinha de fonio e 25% de farinha de *cowpea*. Todas as formulações apresentaram ângulo hue próximo a 90°, indicando que a coloração dos biscoitos se aproximou à tonalidade amarela.

Biscoitos contendo diferentes proporções de concentrado proteico de soro e mel, foram avaliados quanto aos parâmetros L*, a* e b*. A presença de mel nas formulações aumentou o valor de a* e b* e reduziu o valor de L* em relação ao biscoito controle, indicando biscoitos mais vermelhos, amarelos e escuros, respectivamente (CONFORTI & LUPANO, 2004).

LEE & BRENNAND (2005) desenvolveram biscoitos contendo diferentes proporções de isolado proteico de soja e avaliaram os parâmetros de cor L*, a* e b* na superfície interna e externa do produto. Foram identificadas diferenças significativas nos parâmetros L* e a* na superfície externa dos biscoitos. O biscoito contendo 15 % de isolado proteico de soja apresentou o menor valor de L* apresentando, portanto, coloração mais escura em relação às demais formulações. A formulação contendo 15 % de isolado proteico de soja apresentou maior valor para o parâmetro a*, indicando coloração mais vermelha. Com o aumento da proporção de isolado proteico de soja houve um aumento nos parâmetros a* e b* e redução do parâmetro L* na superfície interna dos biscoitos.

GALLAGHER et al. (2005) avaliaram a influência de concentrado proteico de soro e caseinato de sódio no parâmetro de luminosidade (L*) de formulações de biscoitos. Todos os biscoitos contendo proteína láctea exibiram o menor valor de L* quando comparados ao biscoito padrão, devido à reação de Maillard entre proteínas e açúcares redutores.

IV.3. MATERIAL E MÉTODOS

Após análise e interpretação dos resultados da segunda análise sensorial (capítulo III), as três formulações de biscoito com maior aceitação, ou seja, formulados com: 25% de farinha de algaroba, 30% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 4), 5% de farinha de algaroba, 50% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 7) e 15% de farinha de algaroba, 40% de teor de açúcar e 35% de teor de gordura de palma (experimento 9), foram avaliados quanto aos parâmetros de qualidade: atividade de água, firmeza, fraturabilidade e cor, durante o armazenamento por 120 dias e realizadas caracterização física (espessura, diâmetro, fator de expansão, volume específico e massa), físico-química (teor de água, cinzas, proteínas, açúcares, lipídios e fibras) e determinação dos minerais (cálcio, fósforo e ferro).

IV.3.1 Monitoramento dos parâmetros de qualidade

Após a produção dos biscoitos as amostras foram embaladas com embalagem primária de polipropileno biorientado metalizado (BOPP) e embalagem secundária de polietileno, mantidos em sala em temperatura ambiente de $25^{\circ}\text{C} \pm 3,0^{\circ}\text{C}$ (Figura IV.3). Os parâmetros de qualidade desses produtos foram acompanhados pelas análises de atividade de água, firmeza, fraturabilidade e cor. As metodologias utilizadas para determinação desses parâmetros foram as mesmas utilizadas para avaliar os biscoitos produzidos mediante planejamento experimental (Capítulo III). A atividade de água foi determinada conforme BRASIL (2005), firmeza e fraturabilidade foram obtidas utilizando-se texturômetro TA-XT2 (Stable Micro Systems, Surrey, Reino Unido) e cor conforme ALTAMIRANO-FORTOUL, ROSELL (2011), obtendo-se os valores de luminosidade (L^*), intensidade de amarelo ($+b^*$) e intensidade de vermelho ($+a^*$). O monitoramento dos parâmetros de qualidade foi realizado durante 120 dias de armazenamento, sendo avaliados periodicamente, com intervalos entre as medições de 15 dias.



Figura IV.3 – Armazenamento dos biscoitos (O AUTOR, 2014)

IV.3.2 Caracterização física dos biscoitos

IV.3.2.1 Espessura, diâmetro e fator de expansão

A espessura, o diâmetro e o fator de expansão dos biscoitos enriquecidos com farinha de algaroba, foram determinados antes do forneamento e depois do forneamento com o paquímetro digital, fabricante Panambra. O fator de expansão foi determinado pelo quociente entre o diâmetro médio e a espessura dos biscoitos, conforme descrito por JACOB & LEELAVATHI, 2007; SHARMA et al., 2013; SINGH et al., 2011. Esta determinação foi realizada em decaplicata (n = 10).

IV.3.2.2 Volume específico

Os volumes específicos dos biscoitos foram determinados pelo método 10-05.01 da AACC (2010) (método de deslocamento de paniço) no mesmo dia em que foram processados. As amostras foram pesadas previamente, em balança semianalítica ($\pm 0,01$) e seus volumes medidos em proveta graduada, em decaplicata (n=10). O cálculo do volume específico foi realizado utilizando-se a seguinte equação:

$$V_{\text{esp}} = \frac{v}{m}$$

(IV.2)

Onde,

V_{esp} - volume específico, $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$;

v - volume da amostra, cm^3 ;

m - massa da amostra, g.

IV.3.3 Caracterização físico-química e determinação dos minerais

As determinações: teor de água, cinzas, proteínas, lipídios, teor de açúcares redutores, teor de açúcares, fibras e minerais foram realizadas segundo metodologias descritas na Tabela IV.1. As análises foram realizadas em triplicata; portanto, o valor final de cada análise correspondeu à média das três repetições.

Tabela IV.1 – Metodologias utilizadas para caracterização físico-química e determinação dos minerais

Determinação	Metodologia
Teor de água, cinzas, proteínas, açúcares	IAL, BRASIL (2005)
Lipídios	BLIGH E DYER (1959)
Fibras	HORWITZ (2005)
Minerais	Fluorescência de raios X por energia dispersiva

IV.3.4 Tratamento estatístico dos dados

Os dados experimentais de atividade de água, firmeza, fraturabilidade e os parâmetros de cor: luminosidade (L^*), intensidade de amarelo ($+b^*$) e intensidade de vermelho ($+a^*$) dos biscoitos submetidos ao armazenamento por 120 dias, foram analisados estatisticamente através do software Assistat, versão 7.7. Foi utilizado um delineamento experimental fatorial, com dois fatores: 9 períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45, 60, 90, 105 e 120 dias) e três formulações de biscoitos elaborados com: 25% de farinha de algaroba, 30% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 4), 5% de farinha de algaroba, 50% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 7) e 15% de farinha de algaroba, 40% de teor de açúcar e 35% de teor de gordura de palma (experimento 9), com três repetições por tratamento. A comparação entre médias foi feita por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados das análises físicas (espessura, diâmetro, fator de expansão, volume específico e massa), físico-químicas (teor de água, cinzas, proteínas, açúcares, lipídios e fibras) e determinação dos minerais (cálcio, fósforo e ferro) foram avaliados

por meio do desvio-padrão e análise de variância entre as repetições. Aplicou-se um delineamento inteiramente casualizado (DIC) para análise comparativa das médias pelo Teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade, através do software Assistat, versão 7.7.

IV.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

IV.4.1 Monitoramento dos parâmetros de qualidade

Nas Tabelas IV.2 a IV.7 e nas Figuras IV.4 a IV.9 se encontram os comportamentos das variáveis: atividade de água, firmeza, fraturabilidade, luminosidade (L^*), intensidade de amarelo ($+b^*$) e intensidade de vermelho ($+a^*$) das três formulações de biscoitos com maior aceitação, ou seja, formulados com: 25% de farinha de algaroba, 30% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 4), 5% de farinha de algaroba, 50% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 7) e 15% de farinha de algaroba, 40% de teor de açúcar e 35% de teor de gordura de palma (experimento 9), durante o armazenamento por 120 dias.

Atividade de água

Na Tabela IV.2 e na Figura IV.4 se encontra o comportamento da variável atividade de água, das três formulações de biscoitos, elaborados com: 25% de farinha de algaroba (experimento 4), 5% de farinha de algaroba (experimento 7) e 15% de farinha de algaroba (experimento 9), durante o armazenamento, por 120 dias.

Tabela IV.2 – Comportamento da variável atividade de água durante o armazenamento, por 120 dias

Período de armazenamento (dias)	Atividade de água		
	Exp.4	Exp.7	Exp.9
0	0,263fB	0,264gB	0,271gA
15	0,264fB	0,271fA	0,274fgA
30	0,278eA	0,276eA	0,279fA
45	0,293dA	0,285dB	0,292eA
60	0,303cB	0,289dC	0,317dA
75	0,332bA	0,312cC	0,322cB
90	0,345aA	0,332bB	0,347bA
105	0,345aB	0,342aB	0,353aA
120	0,347aB	0,342aC	0,356aA

MG = 0,307; CV = 0,56%; DMS para colunas = 0,0046; DMS para linhas = 0,0034

DMS – desvio mínimo significativo; MG – média geral; CV – coeficiente de variação

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Exp.4 – biscoito elaborado com: 25% de farinha de algaroba, 30% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma; Exp.7 – biscoito elaborado com: 5% de farinha de algaroba, 50% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma; Exp.9 – biscoito elaborado com: 15% de farinha de algaroba, 40% de teor de açúcar e 35% de teor de gordura de palma

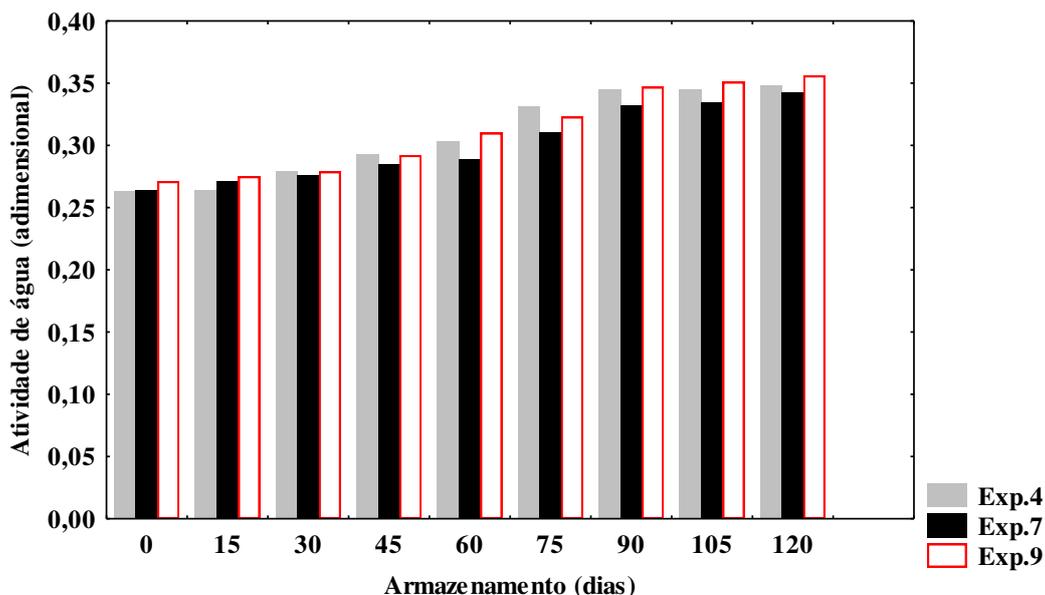


Figura IV.4 – Comportamento da variável atividade de água durante o armazenamento, por 120 dias

Analisando os resultados da Tabela IV.2 e Figura IV.4, percebe-se que houve incremento no valor da variável atividade de água, para todos os experimentos; os valores de atividade de água no início do armazenamento eram de 0,263 a 0,271 e após 120 dias de armazenamento eles foram de 0,342 a 0,356, para os biscoitos formulados com: 25% de farinha de algaroba, 30% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 4), 5% de farinha de algaroba, 50% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 7) e 15% de farinha de algaroba, 40% de teor de açúcar e 35% de teor de gordura de palma (experimento 9), contudo, eles estão dentro do limite considerado microbiologicamente estável pois, de acordo com JARDIM (2010), a atividade de água de biscoitos deve ser inferior a 0,6.

Observa-se ainda na Tabela IV.2, que a partir do período de 15 dias de armazenamento o aumento da atividade de água cresce significativamente até 90 dias de armazenamento, para o biscoito formulado com 25% de farinha de algaroba (experimento 4); para o biscoito formulado com 5% de farinha de algaroba (experimento 7), a atividade de água aumenta significativamente do período inicial de armazenamento até 45 dias, a partir deste período até 60 dias, existe uma manutenção da atividade de água; após este período a atividade de água aumenta significativamente até 105 dias de armazenamento; já o quantitativo de atividade de água, para o biscoito formulado com 15% de farinha de algaroba (experimento 9), teve um aumento significativo até 105 dias de armazenamento; entretanto, a partir do período de 105 dias de armazenamento até os 120 dias, a atividade de água dos biscoitos permanece constante, para todos os experimentos.

Comparando as três formulações de biscoitos entre si, percebe-se que houve diferença estatística da atividade de água a 5% de probabilidade, de acordo com o teste de Tukey. De modo geral, o comportamento da atividade de água foi crescente para todas as formulações de biscoito; analisando, de maneira individual, as três formulações de biscoito ou as comparando entre si, percebe-se diferença de comportamento da atividade de água durante o armazenamento por 120 dias, o que pode ser explicado por variações nos parâmetros físicos dos biscoitos (espessura, massa, volume específico, diâmetro médio) e sobreposições aleatórias dos mesmos dentro das embalagens; outro fator que deve ser levado em consideração é a diferença da atividade de água inicial dos biscoitos.

A variação do valor de atividade de água inicial e atividade de água final dos biscoitos durante 120 dias de armazenamento, foi 31,93%, 29,54% e 31,37%, para os biscoitos com teor de farinha de algaroba de 25% (experimento 4), 5% de farinha de algaroba (experimento 7) e 15% (experimento 9), respectivamente. Decorrido o período de 120 dias de armazenamento este aumento de atividade de água pode ser justificado pela absorção de água do ambiente devido à permeabilidade ao vapor de água da embalagem. Com o aumento da concentração de farinha de algaroba na formulação dos biscoitos, ocorreu maior variação entre a atividade de água inicial e a atividade de água final, durante o período de armazenamento, também possível de explicação pela alta higroscopicidade da farinha de algaroba.

O aumento da atividade de água é um processo físico, decorrente das diferenças de pressão de vapor de água existente entre o ambiente e o alimento; portanto, é normal ocorrer um aumento da atividade de água durante o armazenamento de produtos alimentícios como o biscoito; contudo, ele não deve ser superior a 0,6, ou uma atividade de água que afete a crocância do alimento (biscoito). SECCHI et al. (2011) encontraram, estudando o armazenamento de biscoitos enriquecidos com farinha de amaranto por 120 dias, variação de atividade de água de 0,6 a 0,8, justificando o referido aumento a recristalização de açúcares resultando, assim, em uma variação maior que 30% entre a atividade de água inicial e a atividade de água final, porém no caso específico deste trabalho o aumento da atividade de água por 120 dias de armazenamento, não foi suficiente para alterar o bom estado do biscoito.

Firmeza

Na Tabela IV.3 e na Figura IV.5, se encontra o comportamento da firmeza dos biscoitos elaborados com: 25% de farinha de algaroba, 30% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 4), 5% de farinha de algaroba, 50% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 7) e 15% de farinha de algaroba, 40% de teor de açúcar e 35% de teor de gordura de palma (experimento 9), durante o armazenamento por 120 dias.

Tabela IV.3 – Comportamento da variável firmeza durante o armazenamento, por 120 dias

Período de armazenamento (dias)	Firmeza (N)		
	Exp.4	Exp.7	Exp.9
0	25,89aB	23,74aC	26,65aA
15	23,51bB	23,68aB	25,16bA
30	23,06bB	23,18abB	24,77bA
45	20,86cC	22,36bcB	23,54cA
60	20,77cC	21,87cdB	22,68cdA
75	20,47cdB	21,77cdA	22,18dA
90	19,68deB	21,36dA	21,89dA
105	19,52eB	21,27dA	20,74eA
120	19,38eAB	18,76eB	19,42fA

MG = 22,08N; CV = 3,22%; DMS para colunas = 0,8852; DMS para linhas = 0,6606

DMS – desvio mínimo significativo; MG – média geral; CV – coeficiente de variação

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Exp.4 – biscoito elaborado com: 25% de farinha de algaroba, 30% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma; Exp.7 – biscoito elaborado com: 5% de farinha de algaroba, 50% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma; Exp.9 – biscoito elaborado com: 15% de farinha de algaroba, 40% de teor de açúcar e 35% de teor de gordura de palma

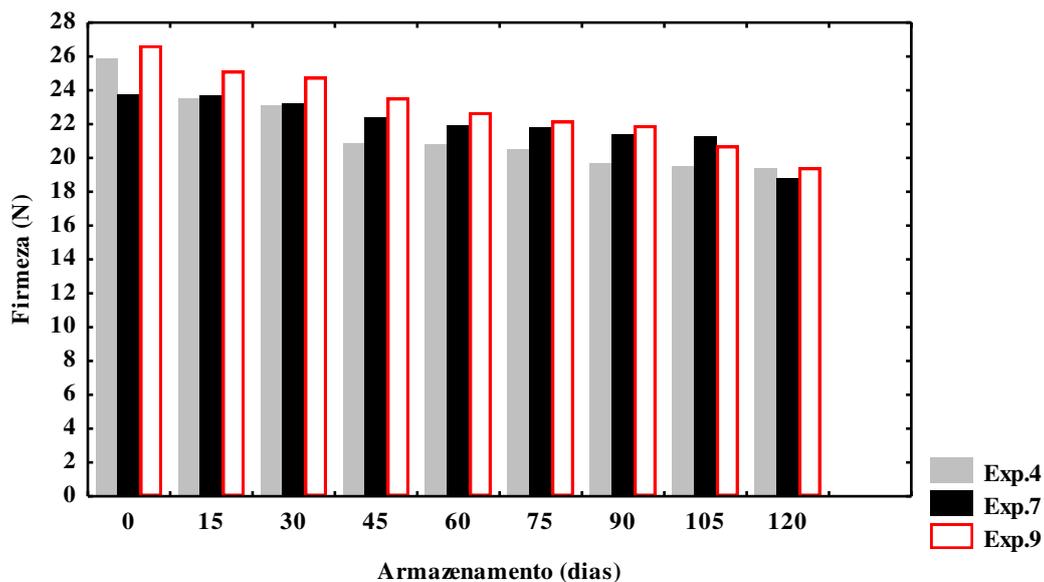


Figura IV.5– Comportamento da variável firmeza durante o armazenamento, por 120 dias

Analisando a Tabela IV.3, percebe-se que houve alterações significativas na firmeza dos biscoitos a um nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; para os experimentos 4, 7 e 9, a firmeza dos biscoitos diminuiu de 25,89N para 19,38N, 23,74N para 18,76N e 26,65N para 19,42N, respectivamente.

Para o biscoito elaborado com: 25% de farinha de algaroba, 30% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 4), percebe-se a maior perda de firmeza entre o período inicial de armazenamento (tempo 0) e 15 dias de armazenamento. A partir deste período a firmeza vai sendo reduzida de forma significativa, a cada período de 30 dias de armazenamento até o período de 90 dias de armazenamento; percebe-se uma manutenção da firmeza entre 90 dias de armazenamento até o período final de armazenamento (120dias).

Com relação aos biscoitos elaborados com: 5% de farinha de algaroba, 50% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 7), percebe-se uma manutenção do seu quantitativo de firmeza até o período de armazenamento de 30 dias; a partir deste período, nota-se uma redução da firmeza de forma significativa até o período de 120 dias de armazenamento; já o biscoito elaborado com: 15% de farinha de algaroba, 40% de teor de açúcar e 35% de teor de gordura de palma (experimento 9) não apresenta tendência definida quanto à redução da firmeza.

Ainda analisando a Tabela IV.3 e comparando as três formulações de biscoitos entre si, verifica-se que os valores médios de firmeza foram estatisticamente diferentes na maior parte do período de armazenamento, com comportamento decrescente durante 120 dias de armazenamento. Deve-se levar em consideração à diferença inicial de firmeza entre as três formulações de biscoitos, que pode ser atribuída a diferença de quantitativo de teor de farinha de algaroba, ao teor de gordura de palma e ao teor de açúcar nas formulações.

A variação da firmeza inicial e firmeza final dos biscoitos, durante o armazenamento por 120 dias, foi de 25,14% para o experimento 4, 20,98% para o experimento 7 e 27,13% para o experimento 9. De maneira geral, com o aumento do período de armazenamento a firmeza dos biscoitos foi diminuindo para as três formulações de biscoito, o que pode ser explicado pelo aumento da atividade de água.

Fraturabilidade

Na Tabela IV.4 e na Figura IV.6, se encontra o comportamento da fraturabilidade dos biscoitos elaborados com: 25% de farinha de algaroba, 30% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 4), 5% de farinha de algaroba, 50% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 7) e 15% de farinha de algaroba, 40% de teor de açúcar e 35% de teor de gordura de palma (experimento 9), durante o armazenamento por 120 dias.

Tabela IV.4 – Comportamento da variável fraturabilidade durante o armazenamento por 120 dias

Período de armazenamento (dias)	Fraturabilidade (mm)		
	Exp.4	Exp.7	Exp.9
0	0,41cA	0,41dA	0,42cA
15	0,42cA	0,42cdA	0,42cA
30	0,42cB	0,44cA	0,44bcA
45	0,46bA	0,45cB	0,46bAB
60	0,51aA	0,48bB	0,46bB
75	0,52aA	0,48bB	0,51aA
90	0,52aA	0,51aA	0,52aA
105	0,52aA	0,52aA	0,52aA
120	0,53aA	0,52aA	0,52aA

MG = 0,47mm; CV = 2,08%; DMS para colunas = 0,0260; DMS para linhas = 0,0194

DMS – desvio mínimo significativo; MG – média geral; CV – coeficiente de variação

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Exp.4 – biscoito elaborado com: 25% de farinha de algaroba, 30% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma; Exp.7 – biscoito elaborado com: 5% de farinha de algaroba, 50% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma; Exp.9 – biscoito elaborado com: 15% de farinha de algaroba, 40% de teor de açúcar e 35% de teor de gordura de palma

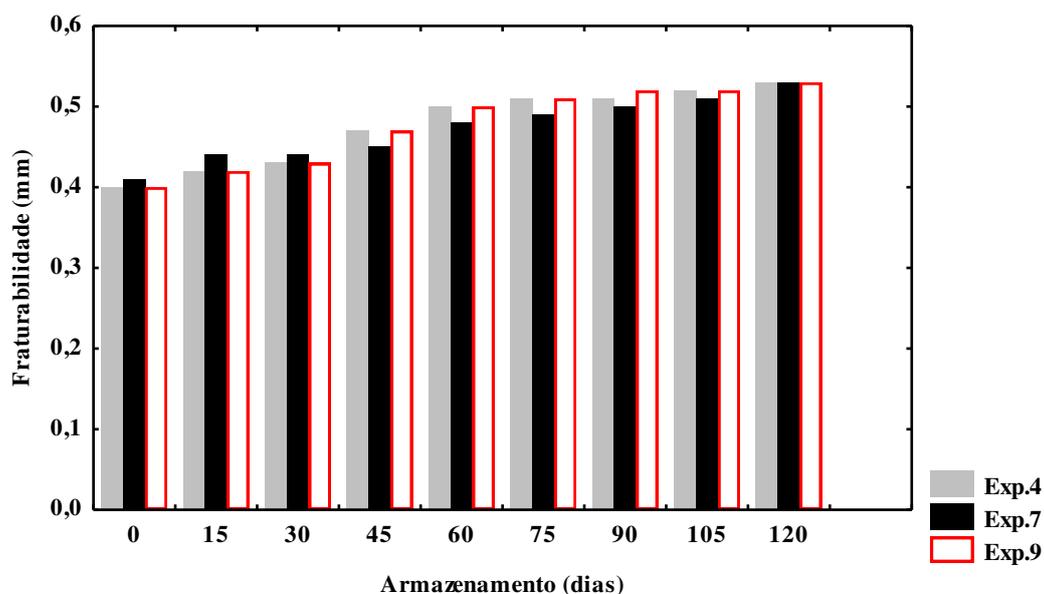


Figura IV.6 – Comportamento da variável fraturabilidade durante o armazenamento por 120 dias

Analisando os resultados da Tabela IV.4 e na Figura IV.6, percebe-se que a variável fraturabilidade apresentou diferença estatística durante o armazenamento por 120 dias, para os biscoitos elaborados a partir dos experimentos 4, 7 e 9; ocorreu um aumento da fraturabilidade de 0,41mm para 0,53mm, 0,41mm para 0,52mm e 0,42mm para 0,52mm, para os biscoitos elaborados com: 25% de farinha de algaroba (experimento 4), 5% de farinha de algaroba (experimento 7) e 15% de farinha de algaroba, 40% (experimento 9).

Ainda se percebe, analisando a Tabela IV.4, que o biscoito elaborado com: 25% de farinha de algaroba, 30% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 4) teve um aumento não significativo de fraturabilidade até 30 dias de armazenamento; após este período o aumento da fraturabilidade cresce significativamente até 60 dias de armazenamento, porém se nota, a partir deste período até os 120 dias de armazenamento, a manutenção da fraturabilidade dos biscoitos.

Para os biscoitos elaborados com: 5% de farinha de algaroba (experimento 7), os valores da fraturabilidade foram estatisticamente diferentes até 90 dias de armazenamento; decorrido este período até os 120 dias de armazenamento, houve um aumento não significativo.

O biscoito elaborado com: 15% de farinha de algaroba, 40% de teor de açúcar e 35% de teor de gordura de palma (experimento 9) teve um aumento não significativo da fraturabilidade até 15 dias de armazenamento; após este período o aumento da

fraturabilidade cresce significativamente até 75 dias de armazenamento; entretanto, a partir deste período até os 120 dias de armazenamento, nota-se a manutenção da fraturabilidade dos biscoitos.

Após a análise dos resultados da Tabela IV.4 e se comparando as três formulações de biscoitos entre si, verifica-se que os valores médios de fraturabilidade foram estatisticamente iguais na maior parte do período de 120 dias de armazenamento. De modo geral, tal comportamento crescente da fraturabilidade dos biscoitos durante o armazenamento por 120 dias, pode ser observado para as três formulações de biscoito.

A variação da fraturabilidade inicial e fraturabilidade final durante o armazenamento por 120 dias, foi de 29,27%, 26,83% e 23,81% para os experimentos 4, 7 e 9, respectivamente; com o aumento do tempo de armazenamento, a fraturabilidade dos biscoitos foi aumentando para as três formulações de biscoitos, que pode ser explicado pelo aumento da atividade de água dos biscoito. De acordo com JARDIM (2010), mudanças físicas, como a crocância de biscoitos, dependem significativamente da atividade de água. Segundo o autor, a mobilidade molecular e a viscosidade governam as transformações estruturais dependentes do tempo, como a cristalização, a aglomeração, a aderência, o colapso e a crocância. Conforme LABUZA et al. (2004), atividades de água entre 0,3 e 0,4, a temperatura ambiente são suficientes para provocar alterações estruturais como o empelotamento de pós e a perda de crocância em biscoitos.

Luminosidade

Na Tabela IV.5 e na Figura IV.7 se encontra o comportamento da luminosidade (L^*) dos biscoitos elaborados com: 25% de farinha de algaroba, (experimento 4), 5% de farinha de algaroba, (experimento 7) e 15% de farinha de algaroba, (experimento 9), durante o armazenamento, por 120 dias.

Tabela IV.5 – Comportamento da variável luminosidade (L*) durante o armazenamento, por 120 dias

Período de armazenamento (dias)	Luminosidade (L*)		
	Exp.4	Exp.7	Exp.9
0	46,2gC	60,2fB	62,2eA
15	48,3fC	62,6eB	65,8dA
30	48,7eC	62,7eB	66,1dA
45	49,1eC	62,9eB	67,8cA
60	49,8dC	63,7dB	67,8cA
75	50,2cC	66,2cB	68,2bA
90	50,2cC	66,5bcB	68,2bA
105	50,8bC	66,8bB	68,4bA
120	51,7aC	67,9aB	71,1aA

MG = 60,37; CV = 0,24%; DMS para colunas = 0,3809; DMS para linhas = 0,28

DMS – desvio mínimo significativo; MG – média geral; CV – coeficiente de variação

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Exp.4 – biscoito elaborado com: 25% de farinha de algaroba, 30% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma; Exp.7 – biscoito elaborado com: 5% de farinha de algaroba, 50% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma; Exp.9 – biscoito elaborado com: 15% de farinha de algaroba, 40% de teor de açúcar e 35% de teor de gordura de palma

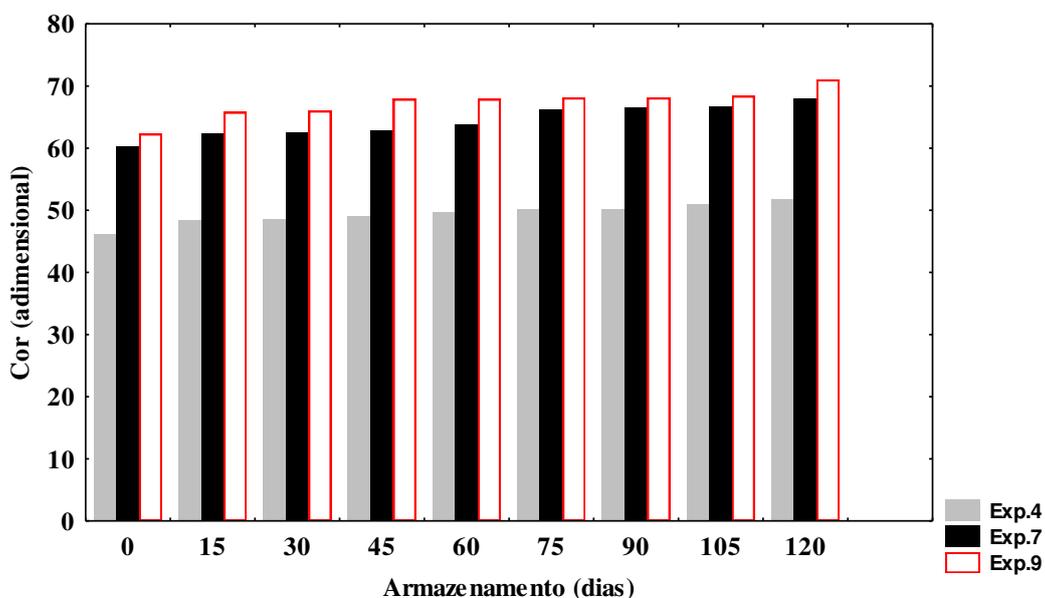


Figura IV.7 – Comportamento da variável luminosidade (L*) durante o armazenamento, por 120 dias

Analisando os resultados da Tabela IV.5 e na Figura IV.7, percebe-se que a variável luminosidade (L^*) apresentou diferença estatística significativa ($p < 0,05$), quando comparada às três formulações de biscoitos e as comparando entre si, durante 120 dias de armazenamento.

A variação da luminosidade (L^*) foi de 46,2 para 51,7, 60,2 para 67,9 e 62,2 para 71,1, para os biscoitos formulados com: 25% de farinha de algaroba, 30% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 4), 5% de farinha de algaroba, 50% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 7) e 15% de farinha de algaroba, 40% de teor de açúcar e 35% de teor de gordura de palma (experimento 9), respectivamente. Constata-se, em relação às três formulações, que as médias de luminosidade para os biscoitos elaborados com 25% de teor de farinha de algaroba (experimento 4) foram menores que as dos demais experimentos, para todos os períodos de armazenamento. Este resultado pode ser explicado devido à existência de uma concentração maior da farinha de algaroba na formulação deste biscoito, quando comparado às demais formulações, já que a farinha de algaroba apresenta coloração mais escura que a coloração da farinha de trigo.

A variação da luminosidade inicial e a luminosidade final, durante 120 dias de armazenamento, foram de 11,90%, 12,80% e 14,31% para os biscoitos elaborados a partir dos experimentos 4, 7 e 9, respectivamente; com o aumento do período de armazenamento, o parâmetro de luminosidade (L^*) foi aumentando, ou seja, os biscoitos foram adquirindo coloração menos intensa. Devido à substituição da farinha de trigo por farinha de algaroba, existe uma redução entre as ligações dos componentes presentes na mistura, resultado da diminuição do teor de glúten, ocorrendo desprendimento de algumas partículas de coloração mais clara do interior para a superfície dos biscoitos, o que justifica o aumento do parâmetro de luminosidade (L^*) (coloração mais clara). Este comportamento poderia ser reduzido com o aumento da quantidade de estabilizante lecitina de soja na formulação dos biscoitos. UMESHA et al. (2014) encontraram, estudando o armazenamento de biscoitos enriquecidos com ômega-3 microencapsulado, por 120 dias, variação do parâmetro de luminosidade (L^*) de 61,1 a 69,2.

Intensidade de amarelo (+b*)

Na Tabela IV.6 e na Figura IV.8, se encontra o comportamento variável intensidade de amarelo (+b*) dos biscoitos elaborados com: 25% de farinha de algaroba (experimento 4), 5% de farinha de algaroba (experimento 7) e 15% de farinha de algaroba (experimento 9), durante o armazenamento, por 120 dias.

Tabela IV.6 – Comportamento da variável intensidade de amarelo (+b*) durante o armazenamento, por 120 dias

Período de armazenamento (dias)	Intensidade de amarelo (+b*)		
	Exp.4	Exp.7	Exp.9
0	34,08aA	33,89cC	33,98aB
15	32,57fC	33,35dA	32,88cB
30	33,51dB	34,41aA	32,63fC
45	33,94bB	34,24bA	33,13bC
60	33,42eA	32,86fB	32,85dB
75	31,45iC	32,46iA	31,62iB
90	32,22hC	32,57hB	32,76eA
105	32,27gB	32,87gA	32,26gB
120	33,86cA	33,04eB	31,77hC

MG = 32,99; CV = 1,03%; DMS para colunas = 0,0221; DMS para linhas = 0,0165

DMS – desvio mínimo significativo; MG – média geral; CV – coeficiente de variação

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Exp.4 – biscoito elaborado com: 25% de farinha de algaroba, 30% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma; Exp.7 – biscoito elaborado com: 5% de farinha de algaroba, 50% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma; Exp.9 – biscoito elaborado com: 15% de farinha de algaroba, 40% de teor de açúcar e 35% de teor de gordura de palma

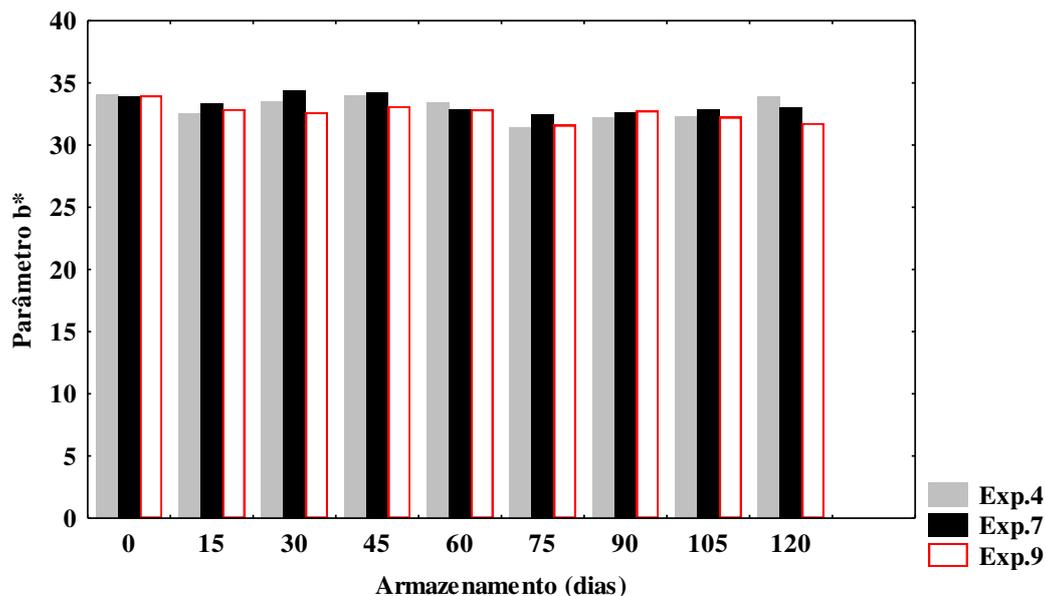


Figura IV.8 – Comportamento da variável intensidade de amarelo (+b*) durante o armazenamento por 120 dias

Analisando a Tabela IV.6 e a Figura IV.8, constata-se redução das médias da intensidade de amarelo (+b*), apesar de não apresentar tendência definida, em relação ao período de armazenamento, por 120 dias para os biscoitos elaborados com: 25% de farinha de algaroba (experimento 4), 5% de farinha de algaroba (experimento 7) e 15% de farinha de algaroba (experimento 9), observa-se que houve diferença estatística quando comparadas individualmente as três formulações de biscoitos e as comparando entre si, durante todo o período avaliado (120 dias). GUTKOSKI et al. (2007) constataram que os valores de intensidade de amarelo da farinha de trigo acondicionada em sacos de polietileno de baixa densidade a temperatura ambiente, foram reduzidos significativamente com o tempo de armazenamento. Esses pesquisadores atribuíram as alterações ao processo de maturação da farinha com o aumento do tempo de armazenamento; a maturação da farinha ocorre a partir da oxidação das proteínas do glúten e dos pigmentos carotenoides.

Intensidade de vermelho (+a*)

Na Tabela IV.7 e na Figura IV.9 se encontra o comportamento variável intensidade de vermelho (+a*) dos biscoitos elaborados com: 25% de farinha de algaroba (experimento 4), 5% de farinha de algaroba (experimento 7) e 15% de farinha de algaroba (experimento 9), durante o armazenamento, por 120 dias.

Tabela IV.7 – Comportamento da variável intensidade de vermelho (+a*) durante o armazenamento, de 120 dias

Período de armazenamento (dias)	Intensidade de vermelho (+a*)		
	Exp.4	Exp.7	Exp.9
0	11,2bC	12,02aA	11,17aB
15	11,56aA	11,49bB	10,08bC
30	10,38fB	11,52bA	9,98cC
45	10,37fA	10,02eB	9,79dC
60	10,96cA	9,34gB	9,34fB
75	10,82dB	11,17dA	9,54eC
90	10,2gB	11,37cA	9,49eC
105	9,82hB	10,08eA	9,32fC
120	10,62eA	9,89fB	8,19gC

MG = 10,38; CV = 0,28%; DMS para colunas = 0,0760; DMS para linhas = 0,0567

DMS – desvio mínimo significativo; MG – média geral; CV – coeficiente de variação

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Exp.4 – biscoito elaborado com: 25% de farinha de algaroba, 30% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma; Exp.7 – biscoito elaborado com: 5% de farinha de algaroba, 50% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma; Exp.9 – biscoito elaborado com: 15% de farinha de algaroba, 40% de teor de açúcar e 35% de teor de gordura de palma

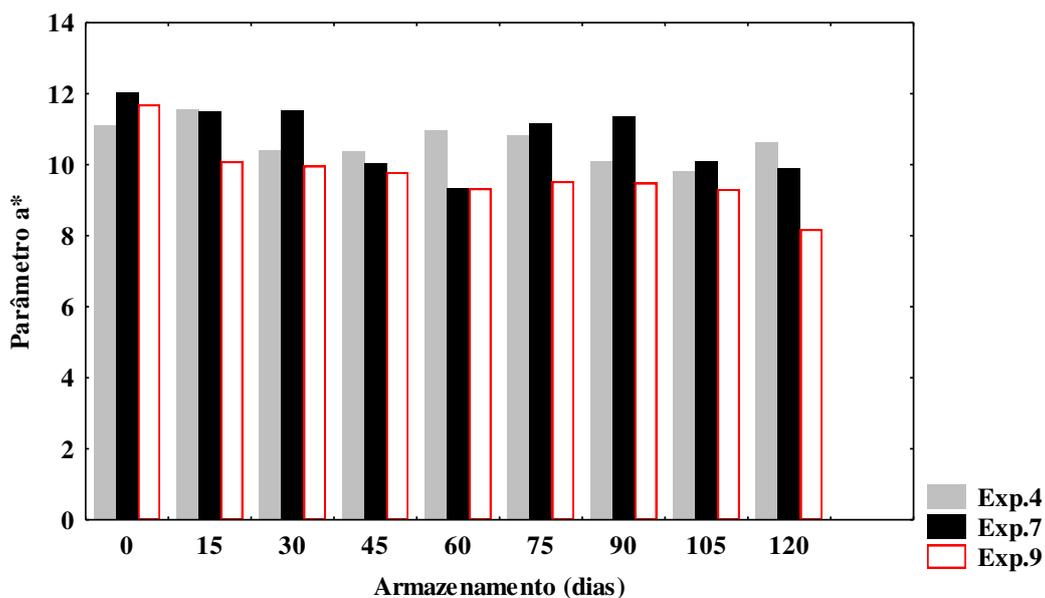


Figura IV.9 – Comportamento da variável intensidade de vermelho (+a*) durante o armazenamento, de 120 dias

Analisando a Tabela IV.7 e a Figura IV.9, percebe-se que a variável intensidade de vermelho (+a*) apresentou diferença estatística significativa ($p < 0,05$), quando comparada às três formulações de biscoitos e as comparando entre si, durante 120 dias de armazenamento.

Ainda analisando a Tabela IV.7, constata-se uma redução das médias da intensidade de vermelho (+a*), apesar da oscilação entre as médias, em relação ao período de armazenamento por 120 dias, para os biscoitos elaborados com: 25% de farinha de algaroba (experimento 4), 5% de farinha de algaroba (experimento 7) e 15% de farinha de algaroba (experimento 9); de modo geral, a intensidade de vermelho (+a*) segue o mesmo comportamento da variável intensidade de amarelo (+b*) dos biscoitos. LIMA et al. (2008) verificaram que não houve variação estatística nas médias da intensidade de vermelho de grãos de milho nem do farelo de soja acondicionado em armazém, a temperatura ambiente, com teor de água inicial de 10,86 e 12,70%, respectivamente, durante 28 dias de armazenamento.

IV.4.2 Caracterização física dos biscoitos

Na Tabela IV.8 estão os resultados das características físicas: espessura, diâmetro médio, fator de expansão, volume específico e massa dos três biscoitos com maior aceitação, elaborados com: 25% de farinha de algaroba, 30% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 4), 5% de farinha de algaroba, 50% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 7) e 15% de farinha de algaroba, 40% de teor de açúcar e 35% de teor de gordura de palma (experimento 9), antes do forneamento e depois dele.

Tabela IV.8 – Massa (g), diâmetro médio (cm), espessura média (cm), fator de expansão e volume específico ($\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$) dos biscoitos e depois do forneamento

Amostra	Espessura (cm)	Diâmetro médio (cm)	Fator de expansão	Volume específico ($\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$)	Massa (g)
4 AF	$0,53 \pm 0,01^b$	$3,41 \pm 0,17^b$	$6,43 \pm 0,03^c$	$0,75 \pm 0,02^b$	$7,23 \pm 0,10^a$
7 AF	$0,51 \pm 0,02^b$	$3,40 \pm 0,24^b$	$6,67 \pm 0,15^a$	$0,75 \pm 0,03^b$	$7,32 \pm 0,15^a$
9 AF	$0,52 \pm 0,02^b$	$3,41 \pm 0,25^b$	$6,56 \pm 0,50^b$	$0,76 \pm 0,03^b$	$7,20 \pm 0,14^a$
DMS	0,0456	0,6446	1,0094	0,0667	0,2400
4 DF	$0,92 \pm 0,02^a$	$3,50 \pm 0,06^a$	$3,80 \pm 0,02^e$	$1,61 \pm 0,10^a$	$6,20 \pm 0,15^b$
7 DF	$0,91 \pm 0,03^a$	$3,52 \pm 0,10^a$	$3,87 \pm 0,10^d$	$1,62 \pm 0,05^a$	$6,11 \pm 0,05^b$
9 DF	$0,92 \pm 0,02^a$	$3,52 \pm 0,15^a$	$3,83 \pm 0,07^e$	$1,62 \pm 0,07^a$	$6,10 \pm 0,10^b$
DMS	0,0855	0,2729	0,1889	0,1467	0,3335

Em uma mesma coluna médias com letras em comum não diferem significativamente ($p < 0,05$).

DMS – desvio mínimo significativo;

Exp.4 – biscoito elaborado com: 25% de farinha de algaroba, 30% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma; Exp.7 – biscoito elaborado com: 5% de farinha de algaroba, 50% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma; Exp.9 – biscoito elaborado com: 15% de farinha de algaroba, 40% de teor de açúcar e 35% de teor de gordura de palma;

AF – antes do forneamento; DF – depois do forneamento

Percebe-se, analisando a Tabela IV.8, que houve diferença significativa ($p < 0,05$), quando comparadas as três formulações de biscoito antes do forneamento e depois do forneamento, com relação aos parâmetros físicos (espessura, diâmetro médio, fator de expansão, volume específico e massa). Os parâmetros: massa, espessura, diâmetro médio e volume específico não tiveram diferença significativa quando comparadas as três formulações entre si, antes do forneamento e também essas formulações quando comparadas entre si, depois do forneamento.

A massa dos biscoitos antes de forneamento variou entre 6,10 g para 6,20 g e depois do forneamento entre 7,20 g para 7,32 g. Os biscoitos perderam após o tempo de forneamento, aproximadamente 15% de sua massa devido à redução do teor de água. Com relação à espessura, ocorreu um aumento de aproximadamente 75%, com valores variando entre 0,52cm a 0,92cm, para os biscoitos antes do forneamento e depois do forneamento. O volume específico dos biscoitos aumentou mais de 100%, variando entre $0,75 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$ e $1,62 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$, para os biscoitos elaborados com 25% de farinha de algaroba (experimento 4 antes do forneamento) e 15% de farinha de algaroba

(experimento 7 após o forneamento). O aumento desses parâmetros pode ser justificado pela adição de fermento químico (pirofosfato ácido de sódio) na formulação dos biscoitos.

Como se observa na Tabela IV.8, os biscoitos elaborados com: 25% de farinha de algaroba, 30% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 4), 5% de farinha de algaroba, 50% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura de palma (experimento 7) e 15% de farinha de algaroba, 40% de teor de açúcar e 35% de teor de gordura de palma (experimento 9), tiveram seus fatores de expansão variando entre 6,43 para 6,67 e 3,80 para 3,83, antes do forneamento e depois do forneamento, respectivamente. À medida que a concentração de farinha de algaroba aumenta nos biscoitos, de 5% para o biscoito elaborado a partir do experimento 7, a 25% para o biscoito elaborado a partir do experimento 4, o fator de expansão foi reduzido; esta redução pode ser explicada pelo acréscimo de farinha de algaroba na formulação dos biscoitos já que a matéria-prima é rica em fibras e possui maior capacidade de absorção de água, limitando o fator de expansão. Os efeitos negativos ocasionados na expansão dos biscoitos pela suplementação com farinhas ricas em fibras, já foram verificados em maior ou menor grau, por diversos pesquisadores. De modo geral, a expansão dos biscoitos diminui sempre que o nível de substituição de farinha de trigo aumenta (CHUNG, 2014; ZUCCO, 2011; PAREYT 2009).

IV.4.3 Caracterização físico-química e determinação dos minerais

Os resultados da caracterização físico-química e da determinação dos minerais dos biscoitos enriquecidos com farinha de algaroba, estão apresentados na Tabela IV.9.

Tabela IV.9 – Caracterização físico-química e determinação dos minerais dos biscoitos enriquecidos com farinha de algaroba

Determinação	Valor médio ± desvio padrão		
	Exp. 4	Exp. 7	Exp. 9
Teor de água (g 100g ⁻¹)	4,42 ± 0,01 ^a	4,12 ± 0,01 ^b	4,37 ± 0,02 ^a
Cinzas (g 100g ⁻¹)	1,52 ± 0,02 ^a	1,40 ± 0,03 ^c	1,48 ± 0,01 ^b
Proteínas (g 100g ⁻¹)	7,40 ± 0,10 ^a	7,11 ± 0,12 ^c	7,20 ± 0,13 ^b
Lipídios (g 100g ⁻¹)	29,92 ± 0,15 ^b	31,05 ± 0,17 ^a	28,06 ± 0,21 ^c
Carboidratos (g 100g ⁻¹)	47,93 ± 0,11 ^c	54,68 ± 0,09 ^a	51,20 ± 0,13 ^b
Fibras (g 100g ⁻¹)	2,53 ± 0,15 ^a	2,48 ± 0,12 ^a	2,50 ± 0,13 ^b
Açúcares totais (g 100g ⁻¹)	45,40 ± 0,14 ^c	52,20 ± 0,09 ^a	48,70 ± 0,10 ^b
Cálcio (mg 100g ⁻¹)	430,94 ± 0,23 ^a	415,57 ± 0,20 ^c	421,19 ± 0,19 ^b
Fósforo (mg 100g ⁻¹)	587,48 ± 0,30 ^a	554,48 ± 0,24 ^c	574,32 ± 0,25 ^b
Ferro (mg 100g ⁻¹)	23,16 ± 0,23 ^a	20,05 ± 0,31 ^c	22,33 ± 0,19 ^b

Em uma mesma linha médias com letras em comum não diferem significativamente (p<0,05)

Analisando a Tabela IV.9, percebe-se que houve diferença significativa (p<0,05) nos teores de cinzas, proteínas, lipídios, carboidratos, fibras, açúcares totais, cálcio, fósforo e ferro, entre as três formulações de biscoitos enriquecidos com farinha de algaroba; com o aumento da concentração de algaroba ocorreu aumento dos teores de cinzas, fibras, cálcio, fósforo e ferro nos biscoitos, comportamento que não foi crescente com o aumento da concentração de farinha de algaroba para o teor de açúcares totais e carboidratos devido à maior concentração de açúcar presente na formulação do biscoito elaborado com: 5% de farinha de algaroba, 50% de teor de açúcar e 45% de teor de gordura (experimento 7). O quantitativo de lipídios também não foi crescente com o aumento da concentração de farinha de algaroba, em virtude da maior concentração de teor de gordura de palma presente na formulação dos biscoitos elaborados com: 25% de farinha de algaroba, 30% de teor de açúcar, 45% de teor de gordura de palma

(experimento 4) e 5% de farinha de algaroba, 50% de teor de açúcar, 45% de teor de gordura de palma (experimento 7).

O teor de água dos biscoitos enriquecidos com farinha de algaroba variou de 4,12 g 100g⁻¹ a 4,42 g 100g⁻¹. ASSIS et al. (2009) encontraram valores de teor de água variando de 3,49 g 100g⁻¹ a 4,77 g 100g⁻¹, estudando as propriedades nutricionais, tecnológicas e sensoriais de biscoitos com substituição de farinha de trigo por farinha de aveia e farinha de arroz parboilizado.

Com referência ao teor de cinzas, foram encontrados valores variando de 1,40 g 100g⁻¹ a 1,52 g 100g⁻¹, para os biscoitos elaborados com: 5% de farinha de algaroba (experimento 7) e 25% de farinha de algaroba (experimento 9). Os teores de cinza encontrados para os biscoitos em estudo estão de acordo com a legislação brasileira de alimentos e bebidas cujo teor máximo de cinzas permitido em biscoitos é 4,0% (BRASIL, 2004). BASSINELLO et al. (2011) encontraram teor de cinzas variando de 0,82 g 100g⁻¹ a 2,2 g 100g⁻¹, com diferentes concentrações de farinha de arroz (0, 20, 40 e 60%) na formulação de biscoitos. AQUINO et al. (2010) obtiveram, estudando a desenvolvimento de cookies enriquecidos com farinha de resíduos de acerola, teor de cinzas de 1,88 g.100g⁻¹, valor maior do que o encontrado nesta pesquisa.

Os biscoitos enriquecidos com farinha de algaroba apresentaram teor de proteína variando de 7,11 g 100g⁻¹ a 7,40 g 100g⁻¹. RODRIGUES et al. (2011) encontraram, estudando caracterização de biscoitos elaborados com diferentes níveis de farelo de mandioca (2, 4, 6 e 8%), teores de proteína variando de 6,66 g 100g⁻¹ a 7,26 g 100g⁻¹.

Em relação ao teor de lipídios, os valores encontrados apresentaram variação de 28,06 g 100g⁻¹ a 31,05 g 100g⁻¹, para os biscoitos formulados com 15% e 5% de farinha de algaroba. MOURA et al. (2010) verificaram, estudando o desenvolvimento de biscoito tipo cookie elaborado com diferentes frações de semente de abóbora, valores de lipídios próximos ao deste estudo, variando de 19,56 g 100g⁻¹ a 20,18 g 100g⁻¹.

O teor de carboidratos encontrado para os biscoitos enriquecidos com farinha de algaroba foi de 47,93g 100g⁻¹ e 54,68 g 100g⁻¹. COSTA et al. (2012) encontraram um teor de carboidratos superior ao encontrado nesta pesquisa, com valores variando entre 79,28 a 79,32g 100g⁻¹, estudando a composição centesimal de biscoito tipo cookie acrescido de maracujá em pó.

O teor de fibras dos biscoitos variou de 2,48 g 100g⁻¹ a 2,53 g 100g⁻¹, valor inferior a 4,27 g 100g⁻¹ encontrado por SANTANA et al. (2011) estudando o desenvolvimento de biscoito rico em fibras elaborado pela substituição parcial da farinha de trigo por farinha da casca de maracujá.

Com relação aos minerais, foram encontrados os valores de cálcio, fósforo e ferro variando de 415,57 mg 100g⁻¹ a 650,75 mg 100g⁻¹, 554,48 mg 100g⁻¹ a 587,78 mg 100g⁻¹ e 20,05 mg 100g⁻¹ a 23,16 mg 100g⁻¹, respectivamente. MESIAS et al. (2015) encontraram, na composição de biscoito, um teor de cálcio e ferro de 16,6 mg 100g⁻¹ e 0,6 mg 100g⁻¹, respectivamente; já GRANATO et al. (2009) encontraram, estudando a composição mineral de biscoitos a partir de farinhas de amêndoa e amendoim, valores de cálcio, fósforo e ferro variando de 29,40 mg 100g⁻¹ a 110,40 mg 100g⁻¹, 212,10 mg 100g⁻¹ a 239,75 mg 100g⁻¹ e 2,73 mg 100g⁻¹ a 3,19 mg 100g⁻¹, respectivamente.

IV.5. CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, conclui-se que:

- Decorrido o período de 120 dias de armazenamento, a atividade de água aumentou de 0,263 para 0,347, 0,264 para 0,342, 0,271 para 0,356, para os biscoitos formulados com: 25% de farinha de algaroba (experimento 4), 5% de farinha de algaroba (experimento 7) e 15% de farinha de algaroba (experimento 9), respectivamente;
- O biscoito elaborado com 25% de farinha de algaroba teve sua firmeza diminuída de 25,89N para 19,38N, durante os 120 dias de armazenamento, a temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$; o biscoito elaborado com 5% de farinha de algaroba diminuiu sua firmeza de 23,74N para 18,76N, no mesmo período de armazenamento e o biscoito elaborado com 15% de farinha de algaroba diminuiu sua firmeza de 26,65N para 19,42N durante 120 dias de armazenamento;
- Ocorreu aumento da fraturabilidade de 0,41mm para 0,53mm, 0,41mm para 0,52mm e 0,42mm para 0,52mm, para os biscoitos elaborados com: 25% de farinha de algaroba, 5% de farinha de algaroba e 15% de farinha de algaroba, respectivamente;
- Os biscoitos enriquecidos com farinha de algaroba perderam cerca de 15% de massa, após a etapa de forneamento e aumentaram em espessura e volume específico, quando comparados antes do forneamento e depois do forneamento com valores de 0,51cm a 0,92 cm e 0,75 a 1,62 $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$, respectivamente;
- O fator de expansão para os biscoitos antes do forneamento e depois do forneamento foi reduzido de 6,67 para 6,43 e 3,87 para 3,80, com o aumento da concentração de farinha de algaroba, de 5% para 25%, ocorreu redução no fator de expansão para todas as formulações de biscoitos;
- Os biscoitos elaborados com 25%, 15% e 5 % de farinha de algaroba apresentaram elevado teor de cálcio, fósforo e ferro, com valores variando de 415,57 $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ a 650,75 $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$, 554 $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ a 587,78 $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ e 20,05 $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ a 23,16 $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$, respectivamente.

IV.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os biscoitos enriquecidos com farinha de algaroba apresentaram características de qualidade aceitáveis, durante o armazenamento, por 120 dias, com comportamento similar a produtos já existentes no mercado. Com esses aspectos fica evidenciado que o biscoito enriquecido com farinha de algaroba pode ser armazenado com as condições estudadas podendo, posteriormente, ser obtido seu tempo exato de vida de prateleira.

IV.6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Analisar as características de qualidade dos biscoitos enriquecidos com farinha de algaroba, acondicionados com diferentes tipos de embalagens, durante o armazenamento.
- Verificar a vida de prateleira dos biscoitos.

IV.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, R. M. V.; BORDIN, M. R.; GARCIA, E. E. C. Aplicação de um modelo matemático na estimativa da vida-de-prateleira de biscoitos “cream cracker”. **Colet. ITAL**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 89-101, jan./jun, 1996.

AQUINO, A. C. M. S.; MOES, R.S.; LEO, K. M.M.; FIGUEIREDO, A. V. D.; CASTRO, A. A. Avaliação físico-química e aceitação sensorial de biscoitos tipo cookies elaborados com farinha de resíduos de acerola. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 69, n. 3, p. 379-386, set. 2010.

ASSIS, L. M.; ZAVAREZE, E. R; RADUNZ, A. L; DIAS, A. R. G.; GUTKOSKI, L. C.; ELIAS, M.C. Propriedades nutricionais, tecnológicas e sensoriais de biscoitos com substituição de farinha de trigo por farinha de aveia ou farinha de arroz parboilizado. **Alimentos e Nutrição**, v.20, n.1, p.15-34, 2009.

BASSINELLO, P. Z.; FREITAS, D. G. C.; ASCHERI, J. L. R.; TAKEITI, C. Y.; CARVALHO, R. N.; KOAKUZU, S. N.; CARVALHO, A. V. Characterization of cookies formulated with rice and black bean extruded flours. **Procedia Food Science**, v. 1, n. 1, p. 1645-1652, 2011.

BOURNE, M.C. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. 2nd ed. New York: Academic Press, 2002.

Brasil. Ministério da Saúde. Resolução CNNPA nº12, de março de 2004. Aprova o regulamento técnico para biscoitos e bolachas. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 24 jul. 2004. Seção 1, p.11499.

CELESTINO, S.M.C. **Princípios de secagem de alimentos**. João Pessoa: Editora Embrapa Cerrados, 2010. 51p.

CONFORTI, P.A.; LUPANO, C.E. Functional properties of biscuits with whey protein concentrate and honey. **International Journal of Food Science and Technology**, v.39, p.745 – 753, 2004.

COSTA, J. N.; SOARES, D. J.; GOES CARNEIRO, A. P.; MOURA, S. M.; RODRIGUES, C. S.; FIGUEIREDO, R. W. Composição centesimal e avaliação

sensorial de biscoito tipo cookies acrescido de maracujá em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 14, n. 2, p. 143-147, 2012.

FASOLIN, L. H.; ALMEIDA, G. C.; CASTANHO, P. S.; NETTOOLIVEIRA, E. R. Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliações química, física e sensorial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 524-529, 2007.

FELOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: Princípio e Prática**. 2ª. ed. São Paulo: Artmed, 2006. 602p.

GALLAGHER, E.; KENNY, S.; ARENDT, E.K. Impact of dairy protein powders on biscuit quality. **European Food Research and Technology**, v.221, p.237 – 243, 2005.

GIAMI, S.Y.; ACHINEWHU, S.C.; IBAAKEE, C. The quality and sensory attributes of cookies supplemented with pumpkin (*Telfairia occidentalis* Hook) seed flour. **International Journal of Food Science and Technology**, v.40, p. 613 – 620, 2005.

GRANATO, D.; PIEKARSKI, V. B. W; RIBANI, R.H. Composição mineral de biscoitos elaborados a partir de farinhas de amêndoa ou amendoim adicionadas de ferro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n.2, p.92 – 97, 2009.

GUTKOSKI, L. C.; KLEIN, B.; KASTER, B.; GONÇALVES, F. T.; LAMAISON, F. C.; SPIER, F.; FRIENDRICH, M. T. Armazenamento da farinha de trigo enriquecida com ferro e ácido fólico e seu efeito na produção de pão de forma. **Alimentos e Nutrição**, v.18, n.1, p.93-100, 2007.

HERRERO, A.M.; ORDÓÑEZ, J.A.; AVILA, R.; HERRANZ, B.; DE LA HOZ, L.; CAMBERO, M.I. Breaking strength of dry fermented sausages and their correlation with texture profile analysis (TPA) and physico-chemical characteristics. **Meat Science**, v.77, p.331-338, 2007.

JACOB, J., LEELAVANTHI, K. Effect of fat-type on cookie dough and cookie quality. **Journal of Food Engineering**, v.79, p.299–305, 2007.

JARDIM, D. C. P. Atividade de água e a estabilidade dos alimentos. In: MOURA, S. C. S. R.; GERMER, S. P. M. (Coord.). **Reações de Transformação e Vida-de-prateleira**

de Alimentos Processados. 4. ed. Campinas: ITAL, 2010. p. 17-23. (Manual Técnico, n. 6).

LABUZA, T.; ROE, K.; PAYNE, C.; PANDA, F.; LABUZA, T. J.; LABUZA, P. S.; KRUSCH, L. Storage stability of dry food systems: influence of state changes during drying and storage. In: INTERNATIONAL DRYING SYMPOSIUM - IDS'2004, 14th, 2004, São Paulo, Brazil. **Proceedings...**São Paulo: Ourograf Gráfica e Editora, 2004. v. A, p. 48-68.

LAROSA, G. et al. Aspectos sensoriais, nutricionais e tecnológicos de biscoitos doce contendo farinha de “okara”. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.17, n.2, p. 151-157, abr./jun.2006.

LEE, K.-A.; BRENNAND, C.P. Physico-chemical, textural and sensory properties of a fried cookie system containing soy protein isolate. **International Journal of Food Science and Technology**, v.40, p.501 – 508, 2005.

LEÓN, K.; MARY, D.; PEDRESCHI, F.; LEÓN, J. Color measurement in $L^* a^* b^*$ units from RGB digital images. **Food Research International**, v.39, p.1084 – 1091, 2006.

LIMA, I. F.; ALVES, A. F.; RAMOS, Z. N. S.; ANDRADE, L. F.; APOLINÁRIO, J. R.; SILVA, J. H. V. Avaliação físico-química de grãos de milho e farelo de soja em diferentes tempos de armazenamento. In: JORNADA NACIONAL DA AGROINDÚSTRIA, 3, 2008, Bananeiras. **Anais...** Bananeiras: UFPB, 2008. CD-Rom.

KEALY, T. Application of liquid and solid rheological technologies to the textural characterization of semi-solid foods. **Food Research International**, v. 39, p.265- 276, 2006.

MALTINI, E.; TORREGIANI, D.; VENIR, E.; BERTOLO, G. Water activity and the preservation of plants foods. **Food Chemistry**, v. 82, n. 1, p. 79-86, jul, 2003.

MARCÍLIO, R.; AMAYA-FARFAN, J.; SILVA, M.A.A.P.; SPEHAR, C.R. Avaliação da farinha de amaranto na elaboração de biscoito sem glúten do tipo *cookie*. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 8, n.2, p.175 – 181, 2005.

MCWATTERS, K.H.; OUEDRAOGO, J.B.; RESURRECCION, V.A.; HUNG, Y.-C.; PHILLIPS, R.D. Physical and sensory characteristics of sugar cookies containing mixtures of wheat, fonio (*Digitaria exilis*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) flours. **International Journal of Food Science and Technology**, v.38, p.403 – 410, 2003.

MESÍAS, M.; HOLGADO, F.; MARQUEZ-RUIZ, G.; MORALES, F. J. Effect of sodium replacement in cookies on the formation of process contaminants and lipid oxidation. **LWT – Food Science and Technology**, v.62, p.633–639, 2015.

MOURA, S. C. S. R.; GERMER, S. P. M. **Reações de Transformação e Vida-dePrateleira de Alimentos processados** - Manual Técnico No. 6. Terceira edição. Campinas: ITAL, 2004, 92 p.

MOURA, F. A.; SPIER, F.; ZAVAREZE, E. R.; DIAS, A. R. G.; ELIAS, M. C. Biscoitos tipo “cookie” elaborados com diferentes frações de semente de abóbora (*Curcubita maxima*). **Alimentos e Nutrição**, v.21, p.579-585, 2010.

NEW ZEALAND FOOD SAFETY AUTHORITY. 2005. **A Guide to Calculating the Shelf Life of Foods**. Wellington, New Zealand.

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

SANTANA, F. C.; SILVA, J. V.; SANTOS, A. A. A. O.; ALVES, A. R.; WARTHA, E. R. S. A.; MARCELLINI, P. S.; SILVA, M. A. A. P. Desenvolvimento de biscoito rico em fibras elaborado por substituição parcial da farinha de trigo por farinha da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* flavicarpa) e fécula de mandioca (*Manihot Esculenta* Crants). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 22, n. 3. p. 391-399, set. 2011.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, E.C. **Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis**. Campinas: CETEA/ITAL, 2001. 215p.

SHARMA, P.; VELU, V.; INDRANI, D.; SINGH, R. P. Effect of dried guduchi (*Tinospora cordifolia*) leaf powder on rheological, organoleptic and nutritional characteristics of cookies. **Food Research International**, v.50, p.704–709, 2013.

SIMABESP - **Sindicato das Indústrias de Massas Alimentícias e Biscoitos do Estado de São Paulo**. Disponível em: <www.simabesp.org.br/site/mercado_biscoitos_simabesp.asp>. Acesso em: 28 Out. 2014.

SINGH, R. P. Scientific principles of shelf life evaluation. In: Man, C. M.D.; Jones, A. A. (Ed). **Shelf life evaluation of foods**. 1a ed. London: Blackie Academic and Professional, 1994, p.3-24.

SINGH, G. D.; RIAR, C. S.; SAINI, C.; BAWA, A. S.; SOGI, D. S.; SAXENA, D. C. Indian water chestnut flour-method optimization for preparation, its physicochemical, morphological, pasting properties and its potential in cookies preparation. **LWT – Food Science and Technology**, v.44, p.665–672, 2011.

TYAGI, S.K.; MANIKANTAN, M.R.; OBEROI, H.S.; KAUR, G. Effect of mustard flour incorporation on nutritional, textural and organoleptic characteristics of biscuits. **Journal of Food Engineering**, v.80, p.1043 – 1050, 2007.

UMESHA, S.S.; MANOHAR R.; INDIRAMMA, A.R.; AKSHITHA, S.; AKHILENDER NAIDU, K. Enrichment of biscuits with microencapsulated omega-3 fatty acid (Alpha-linolenic acid) rich Garden cress (*Lepidium sativum*) seed oil: Physical, sensory and storage quality characteristics of biscuits. **LWT - Food Science and Technology**, v.1, p. 1-8, 2014.

VASQUES, A. R.; BERTOLI, S. L.; VALLE, R. C. S. C.; VALLE, J. A. B. Avaliação sensorial e determinação de vida-de-prateleira de maçãs desidratadas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n. 4, p. 759-765, 2006.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Questionário de recrutamento para análise sensorial.

**Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Ciências e Tecnologia
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos
TESTE DE AVALIAÇÃO SENSORIAL DE BISCOITO ENRIQUECIDO COM FARINHA DE ALGAROBA**

Nome: _____ Data: ____/____/____

Faixa etária: () 17-30 () 31-40 () 41-50 () 51-65 () acima de 65

Gênero: () Feminino () Masculino

Grau de escolaridade: () Ensino Médio () Ensino Superior () Pós-Graduação

Consome biscoito doce?: () Sim () Não

Com que frequência você consome biscoito doce?

() Todos os dias () 2 a 3 vezes por semana () 1 vez por semana () 1 a 2 vezes por mês

Quando você compra um biscoito, qual o parâmetro mais importante na escolha do produto (utilizando porcentagem)?:

Sabor: 0%() 20%() 40%() 60%() 80%() 100%() Outro()

Aparência: 0%() 20%() 40%() 60%() 80%() 100%() Outro()

Doçura: 0%() 20%() 40%() 60%() 80%() 100%() Outro()

Textura: 0%() 20%() 40%() 60%() 80%() 100%() Outro()

Aroma: 0%() 20%() 40%() 60%() 80%() 100%() Outro()

Obrigado!

APÊNDICE B - Termo de consentimento livre e esclarecido**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

As pesquisas envolvendo seres humanos são norteadas pela Resolução CNS n.º
466/2012

Prezado (a) Senhor (a)

Esta pesquisa se refere à avaliação sensorial de biscoito enriquecido com farinha de algaroba, que está sendo desenvolvida por Rennan Pereira de Gusmão, aluno do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande, sob a orientação do professor Dr. Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata.

Este projeto busca agregar valor à algaroba, um produto que não é utilizado na mesa dos consumidores brasileiros produzindo um biscoito enriquecido com a farinha de algaroba, visando a um aumento no conteúdo mineral, de fibras no biscoito, focando nos efeitos benéficos à saúde obtida pela ingestão desse alimento. O desenvolvimento de novos produtos alimentícios, com melhores conteúdos nutricionais é, atualmente, pauta de debates e pesquisas entre as instituições governamentais e as indústrias alimentícias, tendo sido firmado um acordo entre os núcleos visando ao desenvolvimento desses produtos em diversos grupos alimentares, com metas de médio e longo prazos, estando o biscoito incluso nessas medidas. Desta forma, busca-se avaliar os efeitos da variação no teor de farinha de algaroba, teor de açúcar e teor de gordura nos parâmetros tecnológicos, sensoriais e armazenabilidade desse biscoito enriquecido.

Para a avaliação da Análise sensorial relativa ao biscoito enriquecido com farinha de algaroba, será realizada por meio de teste de aceitação utilizando a escala hedônica estruturada de 9 pontos (9 = gostei extremamente e 1 = desgostei extremamente). Os atributos avaliados pela escala hedônica serão aparência, aroma,

sabor, doçura, sabor residual e textura. A equipe sensorial será formada por julgadores não treinados; também serão realizados teste de intenção, de compra e um teste para avaliar qual(is) do(s) atributo(s) julgados no teste de aceitação são mais importantes na escolha da compra do produto.

O objetivo do estudo é obter respostas acerca das características sensoriais percebidas quando alterados as concentrações de farinha de algaroba, o teor de gordura e o teor de açúcar, buscando um produto que mantenha as melhores características sensoriais, com o melhor sabor e melhor conteúdo nutricional. Para endossar a pesquisa, serão realizadas análises físico-químicas e de minerais disponibilizando, assim, informações detalhadas a respeito das características nutricionais, de opinião e atitudes dos consumidores.

Solicitamos sua colaboração para a realização das análises sensoriais e também sua autorização para apresentar os resultados deste estudo em eventos da área de alimentos e publicá-lo em revista científica. Por ocasião da publicação dos resultados seu nome será mantido em sigilo.

Informamos que os produtos apresentados passarão por testes microbiológicos, sendo os mesmos aprovados para o consumo e não acarretando risco ao consumidor.

Esclarecemos que sua participação no estudo é voluntária e, portanto, o(a) senhor(a) não é obrigado(a) a fornecer as informações e/ou colaborar com as atividades solicitadas pelo Pesquisador (a). Caso decida não participar do estudo, ou resolver a qualquer momento, dele desistir, não sofrerá dano algum. O pesquisador (a) estará à sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa.

Diante do exposto, declaro que fui devidamente esclarecido (a) e dou o meu consentimento para participar da pesquisa e para a publicação dos resultados. Estou ciente de que receberei uma cópia deste documento.

Assinatura do Participante da Pesquisa

Assinatura da Testemunha

Contato com o Pesquisador Responsável

Caso necessite de maiores informações sobre o presente estudo, favor ligar para o pesquisador Rennan Pereira de Gusmão.

Endereço (Setor de Trabalho): Universidade Federal de Campina Grande- Campus Campina Grande, Bodocongó, Campina Grande - PB, Brasil - CEP: 58429-900 (Bloco CV – Caracterização de Materiais – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos) Telefone (83) 8834-4228

Ou

Comitê de Ética em Pesquisa do HUAC/UFCG –Rua Dr. Carlos Chagas,s/nº, edifício do Hospital Alcides Carneiro - Bairro São José, CEP: 58401-490 – email: cep@huac.ufcg.edu.br, Telefone: 2101-5545

Atenciosamente,

Assinatura do Pesquisador Responsável

APÊNDICE C - Ficha de avaliação sensorial

**Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Ciências e Tecnologia
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos**

Nome: _____ Data: ____/____/____
 Faixa etária: () 16-30 () 31-40 () 41-50 () 51-60 () acima de 61 Gênero: () Feminino () Masculino
 Grau de escolaridade: () Ensino Médio () Ensino Superior () Pós-Graduação

Consumo biscoito doce?: () Sim () Não

Com que frequência você consome biscoito doce? () Todos os dias () 2 a 3 vezes por semana () 1 vez por semana () 1 a 2 vezes por mês

TESTE DE AVALIAÇÃO SENSORIAL DE BISCOITO ENRIQUECIDO COM FARINHA DE ALGAROBA

1) Por favor, avalie as amostras de biscoito da esquerda para a direita, de acordo com as características citadas, usando a escala abaixo, indicando o quanto você gostou ou desgostou das amostras.

Amostras	Aparência	Aroma	Sabor	Doçura	Sabor residual	Textura

- | |
|--|
| 1 desgostei extremamente
2 desgostei muito
3 desgostei moderadamente
4 desgostei ligeiramente
5 nem gostei nem desgostei
6 gostei ligeiramente
7 gostei moderadamente
8 gostei muito
9 gostei extremamente |
|--|

2) Marque qual seria sua intenção de compra utilizando a escala abaixo

Amostra_____() Amostra_____() Amostra_____() Amostra_____() Amostra_____()

- | |
|--|
| 5 – certamente compraria
4 – possivelmente compraria
3 – talvez comprasse, talvez não comprasse
2 - possivelmente não compraria
1 – certamente não compraria |
|--|

OBRIGADO!

Comentários: _____

APÊNDICE D - Resultados das análises microbiológicas dos biscoitos.

Experimento	Coliformes totais NMP/g	Coliformes a 45°C NMP/g	Pesquisa de Salmonella
2	<0,3	<0,3	Ausência
4	<0,3	<0,3	Ausência
7	<0,3	<0,3	Ausência
8	<0,3	<0,3	Ausência
9	<0,3	<0,3	Ausência

NMP- Número mais provável