



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA DE PROCESSOS**



**TESE**

**ELABORAÇÃO DE FARINHA DE BANANA PACOVAN (*Musa sapientum*  
Schum.) DESIDRATADA OSMOTICAMENTE SEGUIDA DE SECAGEM  
CONVENCIONAL**

**JULIANA GOMES DE BRITO**

**CAMPINA GRANDE – PB  
JULHO - 2016**

**ELABORAÇÃO DE FARINHA DE BANANA PACOVAN (*Musa sapientum*  
Schum.) DESIDRATADA OSMOTICAMENTE SEGUIDA DE SECAGEM  
CONVENCIONAL**

**JULIANA GOMES DE BRITO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do Título de Doutor em Engenharia de Processos.

**Orientadores:**

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Josivanda Palmeira Gomes

Prof. Dr. Wilton Pereira da Silva

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Maria Helena Guimarães de Almeida

**CAMPINA GRANDE – PB  
JULHO - 2016**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

B862e Brito, Juliana Gomes de.  
Elaboração de farinha de banana pacovan (*Musa sapientum* Schum.) desidratada osmoticamente seguida de secagem convencional / Juliana Gomes de Brito. – Campina Grande, 2016.  
189 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, 2016.  
"Orientação: Profa. Dra. Josivanda Palmeira Gomes, Prof. Dr. Wilton Pereira da Silva, Profa. Dra. Maria Helena Guimarães de Almeida".  
Referências.

1. Banana Pacovan (*Musa sapientum* Schum.). 2. Desidratação Osmótica.  
3. Panificação. I. Gomes, Josivanda Palmeira. II. Silva, Wilton Pereira da.  
III. Almeida, Maria Helena Guimarães de. IV. Título.

CDU 634.773(043)

**ELABORAÇÃO DE FARINHA DE BANANA PACOVAN (*Musa sapientum*  
Schum.) DESIDRATADA OSMOTICAMENTE SEGUIDA DE SECAGEM  
CONVENCIONAL**

Tese aprovada em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof<sup>a</sup>. Dra. Josivanda Palmeira Gomes**  
**Doutora em Engenharia de Alimentos/UFCG**  
Orientadora

---

**Prof. Dr. Wilton Pereira da Silva**  
**Doutor em Engenharia de Processos/UFCG**  
Orientador

---

**Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria Helena Guimarães de Almeida**  
**Doutora em Engenharia de Alimentos/ISA-UL**  
Orientadora

---

**Prof<sup>a</sup>. Dra. Cleide Maria Diniz Pereira da Silva e Silva**  
**Doutor em Engenharia de Processos /UFCG**  
Examinadora Externa

---

**Prof. Dr. Francisco de Assis Cardoso Almeida**  
**Doutor em Agronomia/UFCG**  
Examinador Externo

---

**Prof. Dr. Douglas Alexandre Saraiva Leão**  
**Doutora em Engenharia de Processos /UFCG**  
Examinador Externo

---

**Prof. Dr. Dyego da Costa Santos**  
**Doutor em Engenharia Agrícola/UFCG**  
Examinador Externo

Campina Grande, 2016  
PB - Brasil

## AGRADECIMENTOS

A Deus pelas bênçãos concedidas, pelo seu infinito amor e cuidados, pela sua presença e companheirismo e por me conceder coragem de enfrentar as situações mais difíceis e necessárias para o meu crescimento pessoal, espiritual e profissional.

A Coordenação Superior de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo estudos e pela oportunidade de desenvolver parte das pesquisas pelo Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior no Instituto Superior de Agronomia.

Aos meus pais Jurival e Maria José pelo amor, exemplo de humildade e honestidade, pelos cuidados, apoio e incentivos e por confiarem em mim. Aos meus irmãos, cunhadas, tias e primos por todo auxílio e alegria pelas minhas conquistas.

À Universidade Federal de Campina Grande pela oportunidade de crescimento, ambiente o qual proporcionou momentos importantes, por me permitir conhecer pessoas e situações essenciais para meu crescimento.

Ao Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa, pela oportunidade e acolhida, por toda atenção e solicitude de seus funcionários.

À professora Josivanda, professor Wilton e professora Cleide pela orientação, incentivo, disposição e paciência fundamentais para a execução deste trabalho, pelos ensinamentos, exigências que contribuíram para o meu crescimento pessoal e acadêmico.

Agradeço aos meus colegas Aluizio, Kalina, Juarez e Deise por terem sido meu braço forte durante a execução dos experimentos, pelos litros de soluções preparadas, pelas conversas e apoio durante vários dias de trabalho.

À minha orientadora externa Maria Helena Guimarães de Almeida pelas orientações e considerações importantíssimas para o enriquecimento deste trabalho, pela acolhida, atenção, disponibilidade, dedicação, empenho e simpatia. A professora Isabel Januário pelo auxílio prestado em parte das análises e estar sempre presente a ajudar no que fosse necessário.

Às engenheiras Maria José, Graça Barros, aos técnicos Daniel Duarte e Diana, as colegas Mara, Patrícia Fradinho e a secretária Maria José, à Renata Duarte pelo auxílio e atenção.

Aos colegas do laboratório de Microbiologia, professor Manoel Malfeito, Carla, às senhoras Helena e Manoela por todo auxílio prestado durante os experimentos.

À professora Anabela Raymundo pela importante ajuda prestada às análises de textura.

Aos membros da banca, os professores Francisco de Assis Cardoso Almeida, Cleide Maria Diniz Pereira da Silva e Silva, Wilton Pereira da Silva, Douglas Alexandre Saraiva Leão e Dyego Santos pela avaliação do trabalho, disponibilidade e considerações importantíssimas para a melhoria do mesmo.

Um agradecimento especial às amigas Arali e Esther, pela companhia, força, amizade, colaboração e conselhos durante a elaboração desse trabalho pela união e compromisso em todas as etapas do doutorado, pela ajuda mútua.

Às meninas do “acampamento 2.9”, Daniela Gortan, Maria Oom e Sophia Nunes pela ajuda mútua, pelos ensinamentos, conversas, noitadas no laboratório e passeios. Estes momentos sempre serão lembrados e sem essa equipe esse trabalho não teria sido possível.

À minha amiga querida, Lenice Mendonça de Menezes, pela companhia e ter feito parte das melhores lembranças dessa época da minha vida. Agradeço pelas risadas, pelas lágrimas compartilhadas, pelos sorvetes nos momentos de descontração, por sua lealdade e amor.

As minhas amigas de apê Anna Carolina e Mirella Dias pela companhia, risadas, apoio e acolhida.

Por fim, e não menos importante, agradeço a todos os provadores que contribuíram ao virem inúmeras vezes às provas de análise sensorial, pelas dicas, comentários e críticas construtivas realizadas. Obrigada por toda a paciência e comprometimento.

**SUMÁRIO**

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>vi</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xv</b>
<b>1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 – Objetivos.....	3
1.1.1 – Objetivo geral.....	3
<b>2 – REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>5</b>
2.1 – Banana .....	5
2.2 – Composição química da banana.....	6
2.3 – Resíduos das cascas de banana .....	10
<b>2.4- Farinha de banana .....</b>	<b>12</b>
2.5 – Desidratação osmótica .....	14
<b>2.6 – Secagem .....</b>	<b>18</b>
2.7 – Armazenamento .....	20
2.8 – Substitutos do açúcar: estévia e isomalte.....	21
<b>3 – MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>24</b>
3.1 – Local e realização do experimento .....	24
3.2 –Matéria-prima .....	24
3.2.1 – Aquisição e Processamento da banana.....	24
3.2 – Desidratação osmótica .....	26
3.2.1 – Agente desidratante .....	26
3.3 – Secagem .....	30
3.4 – Modelos matemáticos.....	31
3.6 - Amostras liofilizadas .....	33

---

3.7 – Caracterização físico-química da banana.....	33
3.8 – Caracterização do fruto liofilizado.....	34
3.8.2 – Fibra alimentar total, solúvel e insolúvel .....	34
3.8.3 – Cinzas .....	36
3.8.4 – Minerais.....	36
3.8.4 – Proteína bruta .....	36
3.8.5 – Lipídios.....	36
3.9 – Caracterização físico-química da farinha de banana .....	36
3.10 – Armazenamento .....	37
3.11 – Elaboração dos bolos .....	37
3.11.1 – Otimização das formulações .....	39
3.11.2 – Delineamento experimental dos bolos .....	40
3.11.2.2 – Textura .....	43
3.11.3 – Análise estatística das amostras da matriz de planejamento .....	44
3.12– Análise sensorial descritiva quantitativa.....	44
3.13 – Seleção do bolo formulado .....	46
3.14 – Caracterização do bolo selecionado.....	46
3.15 – Hidratos de carbono .....	46
3.16 – Armazenamento dos bolos.....	47
3.17.1 – Análise estatística .....	47
3.18– Análises microbiológicas .....	47
<b>4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>49</b>
4.1 – Cinética de desidratação osmótica .....	49
4.1.1 – Quantidade de água .....	49
4.1.2 – Quantidade de sacarose .....	59
4.2 – Cinética de secagem.....	66
4.3 - Determinações analíticas .....	73

---

4.3.1 –Caracterização da matéria-prima.....	73
4.3.2 – Banana liofilizadas .....	75
4.3.3 – Farinha de banana.....	81
4.4 – Análise microbiológicas das farinhas .....	88
4.5 – Armazenamento das farinhas de banana.....	89
4.5.1- Estudo microbiológico das farinhas armazenadas .....	115
4.6 – Estudo da otimização das formulações de bolos elaborados com farinha de banana com casca.....	126
4.6.1 – Textura .....	132
4.6.2 – Análise sensorial dos bolos com farinha da polpa de banana com casca..	136
4.6.3 – Análise da formulação otimizada.....	146
<b>5– CONCLUSÃO.....</b>	<b>156</b>
<b>6 – SUJESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>159</b>
<b>7–REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>160</b>
<b>ANEXO A.....</b>	<b>182</b>
<b>ANEXO B – Treino dos provadores .....</b>	<b>186</b>
<b>ANEXO C - Questionário de recrutamento para analise sensorial quantitativa descritiva .....</b>	<b>188</b>
<b>ANEXO D – Folha de prova utilizada nas sessões das análises sensoriais.....</b>	<b>189</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1.</b>	Processo de desidratção osmótica. Adaptado de Egea e Lobato (2014).....	15
<b>Figura 3.1.</b>	Escala de maturação de Von Loesecke. Adaptado por Pontes (2009).....	24
<b>Figura 3.2.</b>	Fluxograma das etapas do procedimento experimental para a obtenção de farinha da banana com casca.....	25
<b>Figura 3.3.</b>	Espessuras das rodela de banana com casca.....	26
<b>Figura 3.4.</b>	Matriz Central Compósita rotativa.....	39
<b>Figura 3.5.</b>	Fluxograma do processamento dos bolos elaborados com diferentes proporções de farinha de banana.....	41
<b>Figura 4.1.</b>	Ajuste do modelo de Peleg aos valores de equilíbrio da quantidade de água obtidas nas condições de 40 °Brix e 40 °C; (A), 40 °Brix e 70 °C (B), 50 °Brix e 40 °C (C), 50 °Brix e 70 °C (D), 60 °Brix e 40 °C (E), 60 °Brix e 70 °C (F).....	52
<b>Figura 4.2.</b>	Ajuste do modelo de Silva et alii aos valores de equilíbrio da quantidade de água obtida nas condições de 40 °Brix e 40 °C; (A), 40 °Brix e 70 °C (B), 50 °Brix e 40 °C (C), 50 °Brix e 70 °C (D), 60 °Brix e 40 °C (E), 60 °Brix e 70 °C (F).....	53
<b>Figura 4.3.</b>	Superposição das quantidades de água ao longo do tempo da desidratção osmótica das rodela de banana com casca.....	54
<b>Figura 4.4.</b>	Diagrama de Pareto das variáveis de influência da quantidade de água.....	57
<b>Figura 4.5.</b>	Superfície de resposta para a quantidade de água das rodela de banana com casca.....	58
<b>Figura 4.6.</b>	Ajuste do modelo de Page aos valores de equilíbrio da quantidade de sacarose obtida nas condições de 40 °Brix e 40 °C; (A), 40 °Brix e 70 °C (B), 50 °Brix e 40 °C (C), 50 °Brix e 70 °C (D), 60 °Brix e 40 °C (E), 60 °Brix e 70 °C (F).....	61

<b>Figura 4.7.</b>	Ajuste do modelo de Silva et alii aos valores de equilíbrio da quantidade de sacarose obtida nas condições de 40 °Brix e 40 °C; (A), 40 °Brix e 70 °C (B), 50 °Brix e 40 °C (C), 50 °Brix e 70 °C (D), 60 °Brix e 40 °C (E), 60 °Brix e 70 °C (F).....	62
<b>Figura 4.8.</b>	Velocidade do ganho de sacarose durante a desidratação osmótica.....	63
<b>Figura 4.9.</b>	Diagrama de Pareto das variáveis de influência da quantidade de sacarose.....	64
<b>Figura 4.10.</b>	Superfície de resposta para a quantidade de sólidos.....	65
<b>Figura 4.11.</b>	Ajuste do modelo de Page aos dados da secagem das rodela de banana com casca nas condições de 40 °Brix e 40 °C e temperaturas de secagem de 40 °C (A), 50 °C (B), 60 °C (C); 50 °Brix e 40 °C e temperaturas de secagem de 40 °C (D), 50 °C (E) e 60 °C (F).....	70
<b>Figura 4.12.</b>	<b>Figura 4.12–</b> Ajuste do modelo de Page aos dados da secagem das rodela de banana com casca nas condições de 40 °Brix e 70 °C e temperaturas de secagem de 40 °C (G), 50 °C (H), 60 °C (I); 50 °Brix e 70 °C e temperaturas de secagem de 40 °C (J), 50 °C (K) e 60 °C (L).....	71
<b>Figura 4.13.</b>	Valores médios dos teores de água das farinhas de banana com cascas, osmoticamente desidratadas a 40 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....	90
<b>Figura 4.14.</b>	Valores médios dos teores de água das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 50 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C.....	90
<b>Figura 4.15.</b>	Valores médios da atividade de água das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 40 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C.....	94

<b>Figura 4.16.</b>	Valores médios da atividade de água das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 50 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C.....	94
<b>Figura 4.17.</b>	Valores médios da atividade de água das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 50 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C.....	98
<b>Figura 4.18.</b>	Valores médios dos sólidos solúveis totais (°Brix) das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 40 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C.....	99
<b>Figura 4.19.</b>	Valores médios dos sólidos solúveis totais (°Brix) das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 50 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C. ....	101
<b>Figura 4.20.</b>	Valores médios do pH das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 40 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C.....	103
<b>Figura 4.21.</b>	Valores médios do pH das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 50 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C. ....	104
<b>Figura 4.22.</b>	Valores médios da acidez total titulável (% ácido málico) das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 40 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C.....	105
<b>Figura 4.23.</b>	Valores médios da acidez total titulável (% ácido málico) das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 50 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C.....	106

<b>Figura 4.24.</b>	Valores médios da Luminosidade (*L) das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 40 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C.....	108
<b>Figura 4.25.</b>	Valores médios da Luminosidade (*L) das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 50 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C.....	110
<b>Figura 4.26.</b>	Valores médios da Intensidade de vermelho (+a*) das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 40 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C.....	111
<b>Figura 4.27.</b>	Valores médios da Intensidade de vermelho (+a*) das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 50 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C.....	112
<b>Figura 4.28.</b>	Valores médios da Intensidade de amarelo (+b*) das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 40 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C. ....	113
<b>Figura 4.29.</b>	Valores médios da Intensidade de amarelo (+b*) das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 40 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C. ....	114
<b>Figura 4.30.</b>	Evolução das contagens microbiológicas (log UFC. g <sup>-1</sup> ) farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 40 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C.....	120
<b>Figura 4.31.</b>	Evolução das contagens análises microbiológicas (log UFC. g <sup>-1</sup> ) farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 50 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C.....	121

<b>Figura 4.32.</b>	–Projeção das variáveis e das amostras* analisadas durante o armazenamento no plano F1F2 a 59,80% de variância. ....	125
<b>Figura 4.33.</b>	Superfícies de resposta relativas aos atributos cor da crosta e presença de fibras em função do teor de margarina (%) e farinha da polpa de banana com casca (%).....	143
<b>Figura 4.34.</b>	Projeções planas dos atributos saboroso e apreciação global para as equações obtidas da análise do RSM para bolos com farinha de polpa de banana com casca.....	145

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 2.1.</b>	Teor de água, pH, ácido ascórbico (AA), sólidos solúveis totais (SST) e acidez total titulável (ATT) da cultivar Pacovan e seus híbridos e seus respectivos desvios padrão.....	7
<b>Tabela 2.2.</b>	Teor de amido, açúcares totais (AT), açúcares redutores (AR) e açúcares não redutores (ANR) de frutas da cultivar Pacovan e seus genótipos e seus respectivos desvios padrão.....	7
<b>Tabela 2.3</b>	Composição centesimal e mineralógica das cascas de banana.....	8
<b>Tabela 2.4.</b>	Caracterização físico-química da farinha da casca de banana ( <i>Musa sapientum</i> ) cultivares Prata, Pacovan e Maçã secas a 60 °C.....	13
<b>Tabela 3.1.</b>	Modelos empíricos para descrição da quantidade de água.....	31
<b>Tabela 3.2.</b>	Modelos empíricos para descrição da quantidade de sacarose.....	31
<b>Tabela 3.3.</b>	Modelos empíricos utilizados para o ajuste das curvas de secagem.....	32
<b>Tabela 3.4.</b>	Formulações de bolos contendo farinha de banana.....	38
<b>Tabela 3.5.</b>	Formulações dos bolos contendo diferentes quantidades de gordura para treinamento dos provadores.....	40
<b>Tabela 3.6.</b>	Valores reais e decodificados das variáveis independentes.....	41
<b>Tabela 3.7.</b>	Matriz de planejamento codificado e decodificado para a formulação dos bolinhos com diferentes proporções de gordura e farinha de banana.....	42
<b>Tabela 3.8.</b>	Formulações elaboradas a partir das 10 formulações obtidas através do delineamento experimental.....	42
<b>Tabela 3.9.</b>	Formulações utilizadas para treino dos provadores.....	45
<b>Tabela 3.10.</b>	Formulação selecionada.....	46
<b>Tabela 3.11.</b>	Limites microbiológicos estabelecidos pelo INSA* e ANVISA**.....	48

<b>Tabela 4.1</b>	Coeficientes obtidos no ajuste dos modelos de Lewis, Henderson e Pabis, Wang e Singh, Peleg, Page e Silva et alii aos dados experimentais de quantidade de água durante a desidratação osmótica das rodela de banana, com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e qui-quadrado ( $\chi^2$ ).....	49
<b>Tabela 4.2.</b>	Quantidade de água e ganho de sacarose de equilíbrio obtidas para cada tratamento osmótico.....	55
<b>Tabela 4.3.</b>	Coeficientes obtidos no ajuste dos modelos aos dados experimentais da quantidade de sacarose durante a desidratação osmótica das rodela de banana.....	59
<b>Tabela 4.4.</b>	Parâmetros de ajuste dos modelos aos dados experimentais das secagem das bananas pré-tratadas osmoticamente e secas nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C.....	67
<b>Tabela 4.5.</b>	Caracterização física e química da polpa e casca da banana Pacovan frescas.....	74
<b>Tabela 4.6.</b>	Caracterização física e química das amostras da polpa, casca e polpa+casca da banana da cultivar Pacovan liofilizadas.....	76
<b>Tabela 4.7.</b>	Resultados das análises microbiológicas das amostras de casca, polpa e polpa com cascas das amostras de bananas liofilizadas.....	80
<b>Tabela 4.8.</b>	Médias do teor de água e atividade de água ( $a_w$ ) das farinhas de banana provenientes dos tratamentos osmóticos diferentes tratamentos osmóticos e secagem complementar.....	81
<b>Tabela 4.9.</b>	Médias dos sólidos solúveis das farinhas de banana provenientes dos diferentes tratamentos osmóticos e secagem complementar	83
<b>Tabela 4.10.</b>	Médias dos pH e acidez total titulável das farinhas de banana provenientes dos diferentes tratamentos osmóticos e secagem complementar.....	84
<b>Tabela 4.11.</b>	Médias parâmetros da cor das farinhas de banana provenientes dos diferentes tratamentos osmóticos e secagem complementar.....	86
<b>Tabela 4.12.</b>	Contagens (log UFC/g) de microrganismos das farinhas de banana obtidas após os tratamentos.....	89
<b>Tabela 4.13.</b>	Contagens (log UFC/g) de microrganismos das farinhas de banana com casca obtidas durante o período de armazenamento.....	116

<b>Tabela 4.14.</b>	Resultados das análises físico-químicas das formulações de bolos com farinha de banana.....	126
<b>Tabela 4.15.</b>	Efeitos linear (L) e quadrático (Q) das variáveis independentes farinha de banana e gordura para os fatores dependentes das análises físicas e químicas.....	130
<b>Tabela 4.16.</b>	Resultados da análise de textura dos bolos contendo diferentes proporções de farinha de banana com casca e gordura.....	132
<b>Tabela 4.17.</b>	Efeito linear (L) e quadrático (Q) das variáveis Farinnha de banana e gordura em relação a textura dos bolos.....	134
<b>Tabela 4.18.</b>	Resultado da aplicação do Teorema de Tchebichev.....	137
<b>Tabela 4.19.</b>	Resultados da análise sensorial dos bolos contendo farinha de banana com casca.....	138
<b>Tabela 4.20.</b>	Efeito linear e quadrático das variáveis farinha de banana com casca e gordura em relação aos atributos das análises sensoriais.....	140
<b>Tabela 4.21.</b>	Formulação selecionada.....	145
<b>Tabela 4.22.</b>	Composição centesimal dos bolos com farinha da polpa da banana com cascas (em relação a matéria seca).....	146
<b>Tabela 4.23.</b>	Valores de fibra total, fibra insolúvel e solúvel presentes no bolo otimizado.....	147
<b>Tabela 4.24.</b>	Composição mineral do bolo enriquecido com farinha de banana com casca.....	148
<b>Tabela 4.25.</b>	Resultados da análise de açucares da formulação otimizada.....	149
<b>Tabela 4.26.</b>	Resultados das análises físico químicas dos bolos durante o armazenamento.....	150
<b>Tabela 4.27.</b>	Variação dos atributos da textura durante o armazenamento.....	153
<b>Tabela 4.28.</b>	Análises microbiológicas efetuadas durante o armazenamento.....	155

BRITO, Juliana Gomes de, *Elaboração de farinha de banana Pacovan (Musa sapientum Shum.) desidratada osmoticamente seguida de secagem convencional*, Campina Grande: Pós-Graduação em Engenharia de Processos, Universidade Federal de Campina Grande, 2016. 189p.

## RESUMO

Com este trabalho objetivou-se estudar o processo de desidratação osmótica de rodela de banana Pacovan com casca para a produção de farinha de banana em diferentes temperaturas de osmose e concentrações de sacarose utilizando rodela cortada a 5 mm de espessura. As amostras foram desidratadas em xarope de sacarose nas concentrações de 40, 50 e 60 °Brix e temperaturas de 40 e 70 °C, seguida de secagem complementar em secador de ar aquecido nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C. Os modelos matemáticos de Lewis, Henderson e Pabis, Page, Peleg e Silva et alii foram ajustados aos dados de perda de água e ganho de sacarose durante a desidratação osmótica e aos dados da secagem convectiva complementar, através do Programa LAB Fit. Após as secagens, as rodela de bananas com casca foram trituradas e transformadas em farinha e foram analisadas quanto às análises físicas, químicas e físico-químicas: teor de água, atividade de água, pH, acidez em ácido málico e análises microbiológicas. As farinhas foram armazenadas em câmara com temperatura controlada a 25°C por 180 dias em embalagens laminadas e estudadas quanto aos parâmetros físicos, químicos, físico-químicos e microbiológicos a cada 30 dias. Foram elaboradas diferentes formulações de bolos com a incorporação de farinha de banana a 0, 5, 7,5, 10 e 15%, que foram otimizadas e estudadas quanto ao teor de água, atividade de água, cor, massa específica, volume específico, textura, análises sensoriais e análises microbiológicas. A seleção das formulações levou em consideração a apreciação global atribuída ao painel de provadores. Os resultados da desidratação osmótica demonstraram que o modelo de Peleg foi satisfatório para prever o fenômeno de transferência de massa, já os modelos de Page e Silva et alii descrevem satisfatoriamente o ganho de sacarose. A descrição da cinética de secagem foi melhor representada pelo modelo de Page com valores de coeficientes de determinação ( $R^2$ ) superiores a 0,9. A análise de variância dos dados físico-químicos das farinhas demonstrou que as maiores concentrações de osmose e maiores temperaturas de secagem favoreceram a obtenção de amostras com menores teores de água e atividades de água e maiores valores de sólidos solúveis totais. A incorporação de farinha de banana influenciou nas características físicas dos bolos, aumentando a dureza, gomosidade, elasticidade e mastigabilidade e diminuindo a adesividade. O teor de água, proteína bruta, fibras e cinzas aumentaram com o aumento percentual da farinha de banana nas formulações. Os resultados da caracterização da fruta *in natura* comprovam que as cascas da banana apresentam maiores teores dos minerais K, Mg, Na, Ca e Mn e fibras do que a polpa. Os testes microbiológicos satisfazem o padrão microbiológico para todas as farinhas tratadas e todos os bolos armazenados, portanto as amostras de farinhas provenientes da temperatura de osmose a 70 °C apresentou melhor estabilidade microbiológica durante o armazenamento, ao final dos 180 dias, as demais farinhas apresentaram elevados teores de sólidos solúveis totais, acidez total titulável, atividade de água e teor de água e menores valores de pH e luminosidade. Durante o armazenamento as embalagens laminadas e de polipropileno biorientado utilizadas nos bolos não impediram a absorção de água pelas amostras e influenciou a diminuição da elasticidade.

**Palavras-chave:** *Musa sapientum* Schum., Desidratação osmótica, panificação.

**ABSTRACT**

This work aimed to study the osmotic dehydration of Pacovan banana slices unpeeled banana for flour production at different temperatures osmosis and sucrose concentrations using slices cut to 5 mm thick. The samples were dehydrated in a sucrose syrup at concentrations of 40, 50 and 60 °Brix and temperature of 40 to 70 °C, followed by further drying in a heated air dryer at temperatures of 40, 50 and 60 °C. Mathematical models of Lewis, Henderson and Pabis, Page, Peleg and Silva et al were adjusted to water data loss and sucrose gain during osmotic dehydration and data of complementary convective drying through the program LAB Fit. After drying, the banana slices with peel were crushed and processed into flour and were analyzed for physical, chemical and physico-chemical analysis: water content, water activity, pH, acidity malic acid and microbiological analysis. Flours were stored in a controlled temperature chamber at 25 °C for 180 days in laminated packages and studied about the physical, chemical, physico-chemical and microbiological every 30 days. They were prepared different cake formulations with banana flour incorporation of 0, 5; 7,5; 10 and 15%, which were optimized and analyzed for water content, water activity, color, density, specific volume, texture, sensory analysis and microbiological analysis. The selection of formulations took into account the overall assessment assigned to the panel of tasters. The results demonstrated that osmotic dehydration Peleg model was suitable for predicting the mass transfer phenomenon, since models Page e Silva et al satisfactorily describe the gain of sucrose. The description of the drying kinetics were best represented by Page model with coefficients of determination values ( $R^2$ ) greater than 0,9. The variance analysis of the physico-chemical data of flour showed that greater osmosis concentrations and higher drying temperatures favor the obtaining of samples with lower water content and water activity values and higher total soluble solids. The banana flour incorporation influence the physical characteristics of cakes, increasing the hardness, gumminess, chewiness and decreasing elasticity and adhesiveness. The water content, protein, fiber and ash percentage increased with increase in banana flour in the formulations. The results of the characterization of the fruit in nature demonstrate that banana peels have higher levels of mineral K, Mg, Na, Ca and Mn and fibers than the pulp. Microbiological testing meet the microbiological standard for all treated flour and all stored cakes, so the flour samples from osmosis temperature at 70 °C showed better microbiological stability during storage at the end of 180 days, the remaining flour showed the high solids soluble, titratable acidity, water activity and water content and lower pH values and brightness. During storage and laminated biaxially oriented polypropylene packaging used in cakes did not prevent the absorption of water by the samples and influenced the decrease in elasticity.

**Keywords:** *Musa sapientum* Schum., osmotic dehydration, baking.

## 1 – INTRODUÇÃO

A banana é uma das frutas tropicais mais consumidas mundialmente e seu cultivo se dá pela maioria dos países tropicais. O Brasil é o quinto maior produtor mundial das últimas duas décadas, representando cerca de 7,3 milhões de toneladas por ano, ficando atrás da Índia, China, Filipinas e Equador (IBGE,2016). A fruta possui alto valor nutritivo e é muito consumida na forma *in natura* e se constitui como fonte energética por ser rica em amido e açúcares; a sua polpa contém vitamina A, B1, B2 e C, proteínas, niacina, ácido fólico, cálcio, ferro, fósforo e alto teor de potássio, pouco sódio e nenhum colesterol. Ainda apresenta altos teores de água variando entre 58 e 80% (Palma et al., 2008).

Pela sua importância nutricional e acessibilidade, são elaborados produtos a partir da banana, tais como a bananada, banana-passa, flocos e chips. Também são utilizadas em formulações de tortas, bolos, biscoitos, cereais matinais, alimentos infantis e dietéticos, sorvetes, bombons, farinhas, dentre outros, que comprovam a sua grande importância como matéria-prima para elaboração de novos produtos.

Por ser um fruto climatérico existem grandes perdas na cadeia de produção, devido ao seu rápido amadurecimento associado às técnicas inadequadas nas etapas de colheita e pós-colheita, transporte, armazenamento e dificuldades na introdução do produto no mercado, constitui-se então em fatores que comprometem a sua qualidade.

A industrialização da banana representa uma forma de minimizar essas perdas por contribuir na elaboração de produtos que aumentem a vida de prateleira e agreguem valor aos produtos. Entretanto, as cascas da banana se tornam lixo doméstico e industrial descartados em grandes quantidades na natureza. A casca representa cerca de 40 a 50 % do total da massa fresca da fruta madura e não há aplicações industriais notáveis para o seu aproveitamento. Após o processo de industrialização, são geralmente descartadas ou utilizadas apenas para a alimentação animal, porém, se devidamente tratadas, podem servir de matéria-prima para a elaboração de diversos produtos, como farinhas, biscoitos, bolos, bombons, dentre outros.

O uso potencial da banana com as cascas é de grande importância, uma vez que esta porção possui compostos e nutrientes importantes para a alimentação e para a indústria de alimentos, sendo rica em fibra dietética, proteínas, aminoácidos essenciais,

polifenóis, catecolaminas, carotenoides e compostos antioxidantes que contribuem para a melhoria da saúde humana através de sua inclusão na dieta.

O aproveitamento da polpa da banana juntamente com a sua casca submetidas ao processo de desidratação osmótica seguida da secagem complementar a temperaturas moderadas pode contribuir para a elaboração de novos produtos, além de possibilitar melhor aproveitamento pós-colheita dos frutos, promovendo aumento da vida de prateleira, melhorando os atributos sensoriais e reduzindo a massa dos produtos. Investigações dessa natureza se tornam importantes pela procura por produtos processados ricos em nutrientes. Para isso, a desidratação osmótica é um processo que auxilia na elaboração de alimentos por atuarem na redução dos teores de água e melhorias da qualidade sensorial dos mesmos.

A desidratação osmótica consiste na imersão do material em soluções concentradas à temperatura e tempo suficientes para obter transferência de massa desejável entre o soluto e o solvente. Este processo explora a dupla propriedade que os alimentos têm de perder parte da água livre contida no seu interior e a de incorporar solutos, quando imersos em solução concentrada, favorecendo a desidratação e a formulação direta do produto. A preservação das propriedades sensoriais e nutricionais dos produtos obtidos é atribuída às temperaturas de tratamento moderadas, e de certo modo, à impregnação do soluto que minimiza a atividade dos compostos responsáveis pelas alterações sensoriais.

Tal etapa pode ser utilizada no processamento mínimo dos alimentos como pré-tratamento a outros processos de preservação e permitindo a elaboração de produtos como as farinhas que sirvam de matéria-prima para a elaboração de alimentos funcionais. Uma das principais vantagens da desidratação osmótica sobre os processos tradicionais de secagem é a inibição do escurecimento enzimático, com a manutenção da cor natural sem a utilização de sulfitos, maior retenção de componentes voláteis e baixo consumo de energia nas etapas de secagem.

Diante do exposto, com o presente trabalho propõe-se a estudar a cinética de desidratação osmótica e secagem complementar das polpas de banana Pacovan (*Musa sapientum* Schum., subgrupo Prata) com suas cascas aderidas com a finalidade de obter farinhas de banana integrais que possam ser utilizadas para a elaboração de bolos funcionais. O estudo do aproveitamento da banana madura com suas cascas ainda é incipiente e tal estudo se constitui como uma importante ferramenta para o conhecimento de suas características físico-químicas, sensoriais, microbiológicas bem como das

potencialidades das farinhas constituídas pelas cascas além da polpa como produto inovador no mercado.

## **1.1 – Objetivos**

### **1.1.1 – Objetivo geral**

Desidratar osmo-convencionalmente banana Pacovan para a produção de farinha e sua utilização no processamento de bolos.

### **1.1.2 – Objetivos específicos**

- Estudar as características físico-químicas da banana Pacovan com casca quanto ao teor de água, atividade de água ( $a_w$ ), sólidos solúveis totais, pH, acidez total titulável, cor, cinzas, minerais, fibras, açúcares redutores e não redutores;
- Determinar as melhores condições de desidratação osmótica e analisar a influência das diferentes condições de temperatura (40 e 70 °C) e quantidade de sólidos solúveis totais do xarope de sacarose sobre o estudo da desidratação osmótica da banana com casca;
- Descrever a cinética de secagem convectiva complementar do produto;
- Elaborar farinhas a partir das bananas com casca tratadas nas diferentes condições experimentais de desidratação osmótica nas temperaturas de 40 e 70 °C e 40 e 50 °Brix e caracterizá-las quanto ao teor de água, atividade de água, sólidos solúveis totais, pH, acidez em ácido málico e análises microbiológicas;
- Armazenar as farinhas de banana a 25 °C por 180 dias com investigação dos parâmetros teor de água, atividade de água, acidez total titulável, cor, sólidos solúveis totais e análises microbiológicas, no tempo inicial e a cada 30 dias de estocagem;
- Estudar diferentes proporções da farinha de banana com casca na produção dos bolos;
- Processar os bolos utilizando-se diferentes proporções de farinha de banana;
- Avaliar as características físicas, químicas e microbiológicas dos bolos;
- Verificar a aceitabilidade dos bolos através de análise sensorial com provadores treinados através da análise descritiva, segundo a norma, avaliando-se quanto aos

atributos: cor da crosta e interior da massa, homogeneidade do miolo, cheiro a margarina e a fruta, textura, fraturabilidade, elasticidade da crosta, maciez do miolo, presença de fibras, umidade, sabor a doce, sabor agradável, sabor residual estranho e apreciação global do bolo;

- Armazenar os bolos em embalagens de Polipropileno Biorientado a condições ambientais, durante 4 dias, com análises no tempo inicial e a cada dia;
- Realizar testes de avaliação instrumental de textura com as amostras de bolos mais aceitos durante as análises sensoriais.

## 2 – REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 – Banana

A banana é um termo geral que engloba um grande número de espécies ou híbridos do gênero *Musa*. Segundo a classificação sistemática botânica, as bananeiras produtoras de frutos comestíveis são pertencentes à classe *Monocotyledoneae* e família *Musaceae*. É originária do Extremo Oriente; na sua evolução, as bananeiras comestíveis tomaram parte principal de duas espécies selvagens *M. acuminata* e *M. balbisiana*, de modo que cada cultivar contenha combinações variadas de genomas completos das espécies parentais. A bananeira é uma planta tipicamente tropical, cujo bom desenvolvimento exige calor constante, elevada umidade e boa distribuição de chuvas (Rosso, 2009).

As cultivares mais plantadas no Brasil são a Maçã, Mysore, cultivares do subgrupo Prata (Prata, Pacovan e Prata-anã), Terra (Terra e D'Angola) e Cavendish (Nanica, Nanicão e Grande Naine), sendo o grupo Prata representante de 60% da área cultivada (Oliveira et al., 2008). Todavia, o país também apresenta um elevado índice de desperdício da fruta na etapa pós-colheita, sua transformação em novos produtos com maior vida de prateleira vem se tornando uma alternativa para a indústria de alimentos (Machado et al., 2012).

Os subgrupos Prata, Maçã e Terra são os mais importantes representantes do grupo genômico de cultivares do grupo AAB. No subgrupo Prata estão as variações dentre as quais se destacam Prata comum, Prata Anã e Pacovan. A Prata do Nordeste ou Pacovan (AAB) é considerada uma mutação da Prata, entretanto, é mais robusta, pseudocaule mais grosso e mais alto apresentando brotações mais vigorosas (Dantas, 2010). Seus frutos são 40% maiores e um pouco mais ácidos que aqueles do tipo Prata. Planta de porte alto (superior a 5,0 m de altura), ciclo vegetativo de 16,5 meses e com peso médio do cacho de 16 kg. Seu rendimento esperado é 15 a 20 t/ha/ciclo (Mercali, 2009).

As características físicas também são importantes para a determinação e escolha das variedades para o fim que se destina. Jesus et al. (2004) verificaram as médias entre os diferentes genótipos de bananeira. A cultivar Pacovan e seus híbridos PV03-44, PV03-76, e 'Prata Graúda', apresentaram as maiores médias de diâmetro, tanto para o fruto com casca quanto para a fruta sem casca. As características físicas de diâmetro e comprimento também são parâmetros importantes para frutas destinadas ao processamento de produtos desidratados, influenciando o processo de secagem.

O Brasil é o quinto maior produtor mundial de bananas, com uma produtividade de 7,3 milhões de toneladas de frutos em área colhida de 491.435 hectares. Já a região Nordeste é responsável por 36,64% da produção anual, com 2.631.420 milhões de toneladas (IBGE, 2016).

O principal produto derivado da banana é o purê que corresponde a 55% do total dos produtos industrializados, sendo exportado para o Japão, Estados Unidos e Europa.

Diversos produtos são obtidos da banana, denotando uma ampla gama de produtos fabricados, como a fruta em calda, fruta cristalizada, farinha, pó, sucos, vinho, vinagre, bolos, biscoitos, cereais, barras de frutas, bombons, alimentos infantis e dietéticos, dentre outros (Matsuura et al., 2004).

## **2.2 – Composição química da banana**

Independente do seu grupo genômico, a banana é uma fruta altamente energética, cerca de 100 Kcal por 100 g de polpa, cujos carboidratos são altamente assimiláveis. Apesar de apresentar baixos teores de proteínas e lipídios, a sua polpa é rica em vitaminas, A, B1, B2, pequenas quantidades de vitaminas D e E e maior porcentagem de potássio, fósforo, cálcio e ferro. Na banana verde, o amido pode corresponder a 55 a 93% do teor de sólidos totais e na banana madura, o amido é convertido em açúcares, dos quais 99,5% são fisiologicamente disponíveis (Fasolin et al., 2007).

O sabor da banana é um dos mais importantes atributos de qualidade do fruto, uma vez que a polpa verde é caracterizada por uma forte adstringência determinada pela presença de compostos fenólicos solúveis, principalmente taninos. A medida que a banana amadurece, ocorre a polimerização desses compostos, com consequente diminuição na adstringência, aumento na doçura e redução da acidez (Borges et al., 2009b).

As transformações da banana durante o processo de maturação afetam os constituintes químicos como ácidos, amidos, açúcares, ácido ascórbico, teor de água, entre outros. Na fruta madura o pH varia de 4,4 a 4,6, a acidez de 0,22 a 0,57% de ácido málico, o teor de amido de 0,9 a 7% enquanto os sólidos solúveis totais podem atingir teores de 28 Brix (Matsuura et al., 1999).

A acidez orgânica vai aumentando ao longo da maturação da banana até atingir o nível máximo, o pH da fruta verde varia de 5,0 a 5,6 e da banana madura de 4,2 a 4,7, podendo ocorrer variações entre as diferentes cultivares de banana. A hidrólise de amido

e a inversão dos açúcares ocorrem diretamente a proporção de amadurecimento da banana (Pessoa, 2009).

Carvalho et al. (2011) perceberam que os valores dos açúcares de diferentes cultivares de banana aumentam ao longo do amadurecimento, e verificaram valores destacados de açúcares da banana maçã no estágio 3 de maturação igual a 19,81 % de açúcares totais estando em concordância aos resultados obtidos por Pinheiro et al. (2005) que encontraram valores iguais a 19,22%. Pessoa (2009) ao estudar a polpa e a casca da banana Pacovan *in natura* encontrou valores de açúcares totais e redutores iguais a 2,77 e 3,26%. Resultados obtidos por Ribeiro et al. (2012) para açúcares totais, redutores e não redutores da polpa liofilizadas de banana Pacovan Ken no estágio de maturação 6, foram iguais a 15,42; 12,92 e 3,40%.

A composição química da banana varia de acordo com a variedade, Jesus et al. (2004) avaliaram diferentes genótipos de bananas selecionadas do banco de germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura e observaram diferenças entre seus valores da composição físico-química diferentes genótipos de banana e verificaram que a cultivar Pacovan e seus híbridos (PV03-44 e PV03-76) mostraram muita similaridade entre si com relação aos atributos avaliados, como demonstra os resultados expressos na Tabela 2.1 e 2.2.

**Tabela 2.1** – Teor de água, pH, ácido ascórbico (AA), sólidos solúveis totais (SST) e acidez total titulável (ATT) da cultivar Pacovan e seus híbridos e seus respectivos desvios padrão

Genótipo	Teor de água (%)	pH	AA (mg.100g <sup>-1</sup> )	SST (°Brix)	ATT (%)
Pacovan	67,7 ± 0,36	4,36 ± 0,02	5,2 ± 0,62	27,4 ± 0,21	51,7 ± 1,94
PV03-44	70,6 ± 0,41	4,42 ± 0,05	7,0 ± 0,71	26,1 ± 0,24	56,2 ± 3,28
PV03-76	71,7 ± 0,33	4,43 ± 0,02	7,9 ± 0,38	26,0 ± 0,44	61,8 ± 1,08

Fonte: Jesus et al. (2004)

**Tabela 2.2** – Teor de amido, açúcares totais (AT), açúcares redutores (AR) e açúcares não redutores (ANR) de frutas da cultivar Pacovan e seus genótipos e seus respectivos desvios padrão

Genótipo	Amido (%)	AT (%)	AR (%)	ANR (%)
Pacovan	4,3 ± 0,14	24,4 ± 0,40	17,6 ± 1,11	6,8 ± 1,32
PV03-44	4,4 ± 0,17	23,5 ± 1,07	18,4 ± 0,78	5,2 ± 0,89
PV03-76	7,6 ± 0,27	24,4 ± 0,44	19,1 ± 0,74	5,3 ± 0,93

Fonte: Jesus et al. (2004)

Muitas vezes as cascas das frutas apresentam teores de nutrientes superiores as suas partes comestíveis, podendo ser utilizada como fonte alternativa de nutrientes. Gondim et al. (2005) avaliaram a composição centesimal e de minerais de cascas de frutas com a finalidade de incentivar o reaproveitamento das mesmas, os resultados da Tabela 2.3 mostram a composição centesimal e mineralógica das cascas.

**Tabela 2.3** – Composição centesimal e mineralógica das cascas de banana

<b>Parâmetro</b>	<b>Casca de banana</b>
Teor de água (g)	89,7
Cinzas (g)	0,95
Lipídios (g)	0,99
Proteínas(g)	1,69
Fibras (g)	1,99
Carboidratos (g)	4,91
Calorias (kcal)	35,30
Cálcio (mg)	66,71
Ferro (mg)	1,26
Sódio (mg)	54,27
Magnésio (mg)	29,96
Zinco (mg)	1,00
Cobre (mg)	0,10
Potássio (mg)	300,92

Valores expresso para 100 g de banana *in natura* (madura)

Fonte: Pessoa (2009)

A casca da banana possui grandes quantidades de potássio, de cálcio e de carboidratos, o seu aproveitamento na elaboração de novos produtos contribui para o aumento dos teores de fibra insolúvel na dieta, fator preventivo no desenvolvimento de doenças gastrointestinais, além de reduzir o acúmulo crescente dos desperdícios industriais, que constituem fonte de contaminação e causam problemas ambientais (Damiani et al., 2011).

Torres et al. (2005) verificaram que a polpa da banana apresenta 1,7% de fibras totais, 0,5% de fibras solúveis e 1,2% de fibras insolúveis da polpa da banana verde. Entretanto, mesmo em diferentes estágios de maturação a casca da banana apresentam teores de fibras elevados, segundo Emaga et al. (2011) os teores de lignina das cascas são superiores à polpa, com valores em torno de 15%.

Devido ao seu alto valor de fibras, Maldonado e Pacheco-Delahaye (2000) consideraram a casca de banana como uma fonte de matéria-prima promissora para a elaboração de produtos funcionais. Taco (2011) considerou que as pectinas existentes nas

fibras dietéticas das cascas de bananas são importantes para a formação de géis que podem ser utilizados na elaboração de geléias e outras formulações alimentícias, contribuindo para o aproveitamento das cascas.

A banana apresenta altos teores de água, Amorim (2012) ao estudar diferentes genótipos de banana a quantidade de água das cascas são superiores a polpa, com valores aproximados entre as cultivares Bucaneiro, Ambrózia e Calipso e entre as principais cultivares de banana do mercado brasileiro (Pacovan e Prata) com teores de água aproximados variando de 85,31 a 88,12%.

Os valores da atividade de água das bananas também são mais elevados na casca do que polpa correspondendo a 0,976 e 0,923 para a polpa, da variedade Caipira estudada por Gondin et al. (2005), valores mais altos foi obtido por Pessoa (2009) ao estudar a banana Pacovan, com valor médio de 0,981, sendo o fruto caracterizado de alta umidade.

Bezerra e Dias (2009) ao estudarem diferentes cultivares de banana encontraram valores médios de pH em torno de 4,8 que é semelhante aos encontrados para a variedade Grand Naide nos graus de maturação 5, 6 e 7 e os genótipos Caipira e UENF e superiores a maçã e Prata anã com valores de 4,6. Os mesmos autores encontraram valores para sólidos solúveis totais iguais a 22,02 a 24,80 ° Brix para a cultivar Prata. Jesus et al. (2004) também encontraram valores aproximados para diferentes cultivares dos subgrupos Prata, no qual se inclui a cultivar Pacovan variando de 4,3 a 4,8 referentes aos estádios de maturação 4, 5 e 6.

A polpa de banana é considerada de natureza ácida, sendo assim, Ribeiro et al. (2012) encontraram valores médios de acidez em ácido málico para a polpa da banana variando de 0,14 a 0,23% referentes a diferentes cultivares de banana, a cultivar Pacovan Ken apresentou valores igual a 0,20% de ácido málico. Bezerra e Dias (2009) encontraram valores de acidez total titulável variando de 0,25 a 0,28 5% para as diferentes cultivares estudadas.

Quanto aos parâmetros da cor, da polpa e casca da banana Santana et al. (2016) avaliaram diferentes genótipos de bananas e constataram que a luminosidade (L\*) foi superior nos frutos descascados do que com casca, independente da variedade estudada. Os valores da luminosidade caracterizam a polpa dos frutos com tonalidades mais claras e próximas ao branco puro, os valores da intensidade de vermelho (a\*) foram inferiores a intensidade de amarelo (b\*) em relação a polpa e a casca, caracterizando a cor amarela nas cascas da banana em todas as variedades analisadas.

De acordo com os autores os valores para a luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo na casca da banana Pacovan foram respectivamente 65,05; 1,83 e 51,13. Oliveira et al. (2015b) determinaram valores para a intensidade de vermelho igual a 2,40 e intensidade de amarelo correspondente a 43,84. Lunardi e Rosa (2015) obtiveram valores da luminosidade, intensidade de vermelho e de amarelo após liofilizarem polpa de banana por 48 horas, que foram respectivamente 75,5; 5,3 e 30,2 respectivamente.

Valores da caracterização de bananas liofilizadas são escassos na literatura, entretanto, foram encontrados valores para o teor de água das cascas de banana liofilizadas estudadas por Rosso (2009) com valor médio de 8,4%; Pacheco-Delahaye et al. (2008) encontraram valores inferiores para o teor de água da farinha de Banana da Terra através do processo de liofilização que foi igual a 2,36%, os autores ainda estudaram os teores de proteínas da polpa e casca da farinha de banana, o valor obtido para a polpa foi igual a 2,92%, já Gondim et al. (2005) ao estudarem a casca de banana obtiveram resultados inferiores igual a 1,99%, considerando a banana integral como um alimento de baixo teor proteico.

Quanto ao teor de lipídios Taco (2011) e Gondim et al. (2005) encontram valores muito próximos desse parâmetro para a polpa, sendo respectivamente 0,99 e 1%.

### **2.3 – Resíduos das cascas de banana**

A intensa atividade das indústrias de alimento tem contribuído para a produção de grandes quantidades de resíduos constituídos pelas cascas das bananas que geralmente são descartadas gerando problemas ambientais decorrente do descarte inadequado dessas cascas que podem causar problemas à saúde e ao meio ambiente, porque quando acumulados a céu aberto podem atrair e proliferar vetores de doenças (Franco et al., 2008).

Dados da Embrapa (2006) relatam que, para cada 100 kg de frutas colhidas em 2006 foram gerados cerca de 46 kg de resíduos. Além desse rejeito, a cultura da banana gera outros resíduos no campo proveniente da sua industrialização. Os resíduos da cultura da bananeira, não só são constituídos pelas cascas, mas também pelo pseudocaule, engaços, e folhas já são estudados para o seu aproveitamento na produção de biogás, que permite agregar valor à cultura da banana (Souza et al., 2009).

No decorrer dos anos, o homem passou a utilizar de forma desordenada os recursos naturais gerando, descontroladamente, os mais variados tipos de resíduos. O crescimento populacional ocasiona o aumento da produção de resíduos sólidos urbanos, sendo cada vez mais evidente a problemática da disposição final desses resíduos, tornando-se necessária a criação de métodos seguros para sua destinação final e seu reaproveitamento racional (Sena et al., 2011).

Atualmente, o aproveitamento integral de alimentos de origem animal e vegetal têm recebido e atenção. Os enfoques são diferentes para os tipos de aproveitamento, porém, percebe-se a preocupação em minimizar o desperdício, a insegurança alimentar e a preservação do meio ambiente (Abud e Narain, 2009; Rodrigues et al., 2011).

Vários produtos comumente consumidos como doces, geleias, farinhas, sucos, biscoitos entre outros, são desenvolvidos, a partir do processamento de frutas e hortaliças. O aproveitamento se dá de forma integral ou a partir dos resíduos desses alimentos. Essa prática tem despertado cada vez mais o interesse de pesquisadores e vem sendo disseminado para a população como forma de diminuir os danos causados ao meio ambiente (Roriz, 2012).

A casca da banana representa cerca de 47 a 50% do peso da fruta madura, porém não existem grandes projetos para o aproveitamento deste resíduo em escala industrial, em geral limita-se à alimentação animal, em escala reduzida (Ribeiro e Finzer, 2010).

Em pesquisa com casca de banana, Oliveira et al. (2009) verificaram que essa parte da fruta, não convencionalmente consumida, apresenta resíduos nutritivos e ricos em pectina, fibras, minerais e compostos fenólicos antioxidantes, podendo enriquecer doces em massa e contribuir para a melhoria da qualidade desses produtos. Com base nisso, a casca da banana pode ser reaproveitada para a produção de farinha.

A idéia de se produzirem farinhas compostas para uso em panificação e confeitaria não é nova. A viabilidade técnica e econômica do uso de farinhas mistas em alimentos também já foi amplamente demonstrada e empregada na indústria. No Brasil têm surgido alguns programas de produção de alimentos formulados nos quais se procura substituir, ou reduzir, a proteína de origem animal da dieta, por proteínas de origem vegetal, uma vez que estas apresentam custos mais reduzidos (Fasolin et al., 2007).

Uma alternativa para melhorar o aproveitamento da banana (fruta e casca), visando o menor desperdício e a melhora da qualidade nutricional dos alimentos é a sua industrialização, como por exemplo, a produção da farinha da casca da banana. A possibilidade de desenvolvimento desse produto já mostrou ser um empreendimento

bastante promissor. Entretanto, há a necessidade de que estes novos produtos sejam aceitos pelos consumidores em geral (Carvalho et al., 2012).

Também existem muitos estudos sobre o aproveitamento da banana verde para a produção de farinha, Borges et al. (2009b), objetivaram caracterizar a farinha da banana verde e concluíram que é uma fonte rica de minerais, quando se comparada com os demais tipos de farinha do mercado, encontrando-se dentro dos padrões microbiológicos ideais, sendo segura para o consumo.

Em relação à utilização das cascas para fins alimentícios, são utilizadas em doces. No estudo de Oliveira et al. (2009) verificaram a influência da utilização de cascas de banana na qualidade química e física de doces elaborados com a polpa integral, na relação 1:2 (casca:polpa); entretanto, a influência do aproveitamento integral da banana madura ainda é pouco reportada na literatura.

#### **2.4- Farinha de banana**

Muitos trabalhos tem demonstrado que os resíduos de frutas são ricos em compostos funcionais, capazes de degradar os radicais livres presentes nos organismos, atuando de forma eficiente como antioxidante, notadamente nas cascas e sementes de certos frutos o perfil de fitoquímicos antioxidantes é diferenciado nessas partes do vegetal (Pereira et al., 2013).

Estudos sobre o aproveitamento das cascas de banana madura já haviam sido estudados com o intuito de introduzir as bananas com cascas na dieta de animais. Há registros de uma patente nos Estados Unidos da América sobre o processo de fabricação e farinha de casca de banana para o uso em pães e tortilhas (Maeda e Loreto, 1998).

Todavia, a maioria dos estudos estão relacionados à obtenção da farinha de banana verde. A casca da banana madura é um subproduto subutilizado e pesquisas revelam que apesar das cascas apresentarem altos teores de compostos fenólicos, a casca de banana e produtos relacionados não tem sido previamente caracterizado. Os flavonóides são compostos fenólicos antioxidantes importantes, tais componentes sugerem o interesse em estudar a casca de banana como uma fonte lucrativa de compostos bioativos, além de ser um produto secundário barato (Rebello et al., 2014).

A polpa da banana verde já é amplamente estudada devido à importância do amido resistente, por tratar-se de uma massa de amido de baixo teor de açúcares e compostos aromáticos. Os frutos verdes são ricos em flavonóides, e as farinhas de banana verde

apresentam teor de amido total e resistente de 73,4 e 17,5% respectivamente e 14,5% de fibras, essas características constitui de uma importante alternativa para a produção de farinhas de qualidades funcionais o que incentivaria a utilização industrial da banana e minimizaria perdas pós-colheita (Ramos et al., 2009).

As propriedades funcionais do amido isolado da polpa de banana verde e da farinha da polpa dos frutos verdes foram estudadas, a polpa finamente triturada apresenta propriedades do amido isolado, o fruto verde é rico em flavonóides e apresentam amidos resistentes e atuam como fibras alimentares com grande potencial digestivas e funcionais sendo comercialmente viáveis (Santos et al., 2010).

Pessoa (2009) estudou o processo de obtenção da farinha das cascas da banana madura das cultivares Prata, Pacovan e Maçã e analisou as suas características físico-químicas após secagem convectiva a 40 e 60 °C e obtenção da farinha, os resultados estão expressos na Tabela 2.4.

**Tabela 2.4** – Caracterização físico-química da farinha da casca de banana (*Musa sapientum*) cultivares Prata, Pacovan e Maçã secas a 60 °C.

Análise	Valor médio Prata	Valor médio Pacovan	Valor médio Maçã
Atividade de água (%)	0,434 ± 0,010	0,451 ± 0,010	0,448 ± 0,010
Teor de água (%)	4,44 ± 1,44	4,04 ± 4,94	5,97 ± 6,54
Açúcares redutores (%)	7,60 ± 0,00	7,18 ± 0,00	7,38 ± 0,14
Açúcares totais (%)	9,14 ± 0,00	9,55 ± 0,00	17,64 ± 0,67
Acidez (%)*	4,99 ± 0,14	6,15 ± 0,014	4,87 ± 0,26
pH	5,56 ± 0,02	5,53 ± 0,01	5,44 ± 0,02
Amido (%)	12,14 ± 0,00	12,70 ± 0,69	1,65 ± 0,76
Cinzas (%)	7,91 ± 0,40	9,37 ± 0,24	7,97 ± 0,30
Potássio (mg/100g)**	623,91 ± 0,00	590,73 ± 0,00	845,74 ± 27,34
Cálcio (mg/100g)**	386,76 ± 37,92	356,82 ± 83,80	488,26 ± 49,00
Magnésio (mg/100g)**	99,78 ± 4,24	93,36 ± 4,03	138,01 ± 5,59
Sódio (mg/100g)**	18,48 ± 0,00	16,38 ± 0,48	26,99 ± 0,67
Proteínas (%)	6,58 ± 0,32	4,49 ± 0,08	8,77 ± 0,11
Lipídios (%)	10,599 ± 0,94	10,24 ± 0,40	7,49 ± 1,56

\*Expresso em (%) de ácido málico; \*\*Por 100g de massa inicial de produto após secagem

Fonte: Pessoa (2009)

Mesmo diante do aproveitamento e pesquisas da polpa da banana verde, a casca ainda é um subproduto pouco utilizado em todas as fases de maturação do fruto e que pode ser processado para a obtenção de farinha que possa ser facilmente armazenado para uso posterior. Rebello et al. (2014) ao estudarem a casca de banana madura com o intuito

de produzir farinha, descobriram que se constitui como uma fonte de compostos fenólicos antioxidantes muito importante, com teores elevados desse composto (cerca de 29 mg/g) devido à ocorrência de compostos fenólicos, flavonóides, seus resultados sugerem o interesse para explorar o uso da casca da banana como fonte lucrativa de compostos fenólicos bioativos.

Além da farinha da polpa da banana verde, o aproveitamento das cascas para a produção de farinha foi estudado por Bertolini et al. (2010), os quais descobriram que a farinha apresentou maior teor de cinzas e elevados teores de fitoesteróis.

As farinhas elaboradas com as cascas influenciam significativamente a composição química, na cor, na viscosidade da pasta e no tamanho da partícula da farinha (Bezerra et al., 2013).

Borges et al. (2009a) estudaram o aproveitamento da farinha de banana verde na panificação, produtos dietéticos e alimentos infantis a partir da cultivar Prata e obteve grande potencial na obtenção das farinhas com elevado teores de amido, proteínas, fósforo, magnésio, zinco e cobre.

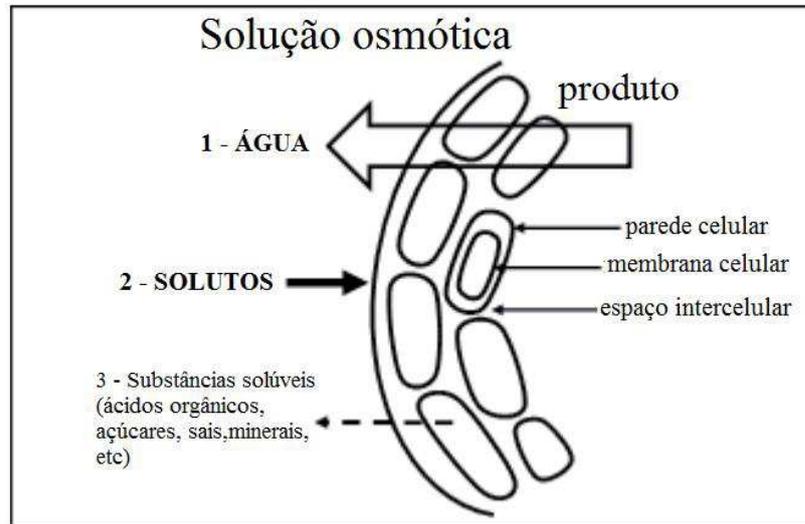
Em estudos sobre a utilização da farinha de banana verde como ingrediente funcional em produtos alimentícios Silva et al. (2015a) relataram que a farinha de banana se constitui de uma fonte viável com propriedades que lhe conferem grande potencial para a indústria de alimentos, todavia, apesar do processo de obtenção das farinhas serem de forma tradicional, há controvérsias na definição das condições de operação na qualidade da farinha, sendo necessários maiores esforços para o entendimento dos efeitos dos processos nos aspectos sensoriais, físico-químicos e nutricionais das farinhas de banana.

Silva et al. (2015a) ao estudarem a inclusão de farinha de banana como ingrediente funcional em produtos alimentícios, relataram que apesar de a obtenção da farinha de banana verde ser bastante tradicional, algumas tecnologias alternativas vem sendo estudadas. Mesmo na secagem por convecção tradicional, há controvérsias na definição das condições de operação e na qualidade das farinhas, ainda são necessários esforços para a melhor compreensão dos efeitos dos processos nos aspectos sensoriais, físico-químicos e nutricionais das farinhas.

## **2.5 – Desidratação osmótica**

A desidratação osmótica é um processo no qual os alimentos são colocados em contato com soluções concentradas de sólidos solúveis que possuem maior pressão osmótica e menor atividade de água. A complexa estrutura celular dos alimentos pode ser

considerada uma membrana semipermeável e a diferença no potencial químico da água entre o alimento e o meio osmótico é a força motriz para a desidratação. Desse modo, ocorrem dois fluxos de transferência de massa em contracorrente: perda de água de alimentos para a solução e a transferência do soluto para o alimento (Mercali, 2009).



**Figura 2.1** – Processo de desidratação osmótica.

Adaptado de Egeae Lobato (2014).

O objetivo do processo de desidratação osmótica é maximizar a perda de água e concomitantemente, permitir ganho de sólidos provenientes da solução desidratante. Os agentes desidratantes são importantes para a elaboração de um produto alimentar com características sensoriais desejáveis, o processo de saturação com açúcar é muito conhecido e é bastante utilizado como método de conservação de tecidos vegetais tais como frutas, hortaliças e flores, para o seu posterior aproveitamento em formulações de produtos, tais como os industrializados: panetones, bolos, doces de confeitaria, bombons, sorvetes e pães especiais. Além de se destinarem ao consumo imediato, como por exemplo os frutos desidratados (Pontes, 2009).

Os agentes desidratantes mais comuns são, para frutos, a sacarose e sais orgânicos, para vegetais. Como o Brasil possui uma boa produção de frutos e açúcar, a desidratação osmótica se torna um processo viável para diminuir as perdas pós-colheita, aumentando a vida de prateleira, além de ser uma alternativa para a obtenção de produtos com características reológicas e sensoriais semelhantes ao *in natura* (Vasconcelos, 2010).

A temperatura e a concentração da solução osmótica afetam na taxa de remoção de água. Comparada com a secagem através do ar ou por congelamento, a desidratação

osmótica é estimulada porque a remoção da água ocorre sem mudança de fase. Este processo recebe atenção considerável devido ao potencial de aplicações industriais. A desidratação de alimentos proporciona produtos compactos, fáceis de transportar e com valor nutricional concentrado, já que neste processo a água é removida. A retirada da água, através de secagem, é um método eficaz de controle de desenvolvimento microbiano, conseqüentemente, apresentando melhora na estabilidade no armazenamento (Gonçalves e Blume, 2008).

Com base nisto, Jain et al. (2011) constataram que os níveis ótimos da concentração de sacarose estão intimamente relacionados a temperatura de osmose, ao estudarem o processo de desidratação osmótica de cubos de mamãos cortados a 1 cm de espessura e submetidos nas temperaturas de 30, 40 e 50 °C e nas soluções de sacarose a 50, 60 e 70 °Brix na proporção de 4:1 (g/g) durante 4, 5 e 6 horas, concluíram que as condições ótimas para a manutenção da qualidade dos mamãos em cubos seria a 37 °C e 60 A grande limitação da desidratação osmótica têm sido de estabelecer um processo em que essa tecnologia simples possa ser usada de forma a não gerar resíduos e sim coprodutos, em sistema que permita seu uso comercial para pequenos produtores rurais, com níveis baixos de investimento, gerem produtos de boa qualidade a preços competitivos (Gomes et al., 2007).

O emprego da desidratação osmótica como pré-tratamento à secagem em ar quente tem sido realizado de forma a diminuir o tempo do produto no secador. Esta diminuição permite a redução da demanda energética do processo e dos prejuízos à qualidade do produto final, diferente do emprego apenas da secagem, devido à longa exposição do produto a altas temperaturas (Alemar et al., 2010). Além da melhoria dos atributos sensoriais, a desidratação osmótica auxilia na estabilidade microbiológica e deterioração química, maximizando as perdas de água, embora não seja capaz de baixar os valores da atividade de água a níveis que dispensem técnicas de secagem complementar para a conservação de alimentos (Silva et al., 2015c).

Existem diversos estudos sobre a transferência de massa durante a desidratação osmótica de bananas. Mercaliet al. (2011) estudaram esse processo em banana Prata (*M. sapientum* Schum.), otimizado com relação às temperaturas de 25-55 °C, com concentrações de sacarose 30-65 °Brix e NaCl de 0-10%, observaram que as soluções ternárias de NaCl/sacarose/água mostraram serem adequadas para o pré-tratamento osmótico de bananas. A perda de água é favorecida pelo aumento da concentração de sal e de açúcar e pelo aumento da temperatura. A utilização de sal aumentou a taxa de perda

de água, mas as concentrações elevadas aumentam os ganhos de sólidos, podendo tornar os frutos demasiadamente salgados. O modelo de Peleg melhor representou as condições de equilíbrio e a modelagem matemática da cinética de transferência de massa durante o processo de desidratação osmótica da fruta.

Germer et al. (2011) para o estudo da desidratação osmótica de pêssego em função da temperatura e da concentração do xarope de sacarose, demonstraram que as variáveis temperatura e concentração de sacarose apresentaram forte influência nos parâmetros de perda de água e ganho de massa e menor influência nas variações físicas e químicas do pêssego em metades do processo de desidratação osmótica, para este experimento a temperatura também foi o fator preponderante na influência dos resultados.

Trabalhos desenvolvidos com desidratação osmótica de bananas por Maeda e Loreto (1998) demonstraram que a utilização de soluções concentradas de sacarose foi capaz de remover cerca de 84% da água inicial das frutas, demonstrando ser uma técnica eficiente no pré-tratamento e conservação das propriedades sensoriais das frutas.

Atares et al. (2011) ao avaliarem o efeito das condições de processo na qualidade de bananas desidratadas osmoticamente, obtiveram melhores ajustes para o modelo de Peleg, aos resultados da desidratação osmótica de rodela de bananas cortadas a 5 mm de espessura e 25 mm de largura, desidratadas sem soluções de sacarose nas temperaturas de 30, 40 e 50 °C e temperaturas de osmose a 45, 55 e 65 °C.

Castro et al. (2014) observaram que a temperatura influenciou significativamente na quantidade de água das fatias de goiaba desidratadas em sacarose, observando-se perdas de água mais acentuadas nas maiores temperaturas de osmose e que os ajustes aos parâmetros obtidos também foram melhores para o modelo de Peleg, com elevados coeficientes de determinação e que o modelo de Silva et alii representou o processo de transferência de massa dentro dos limites de confiabilidade de 90%.

Em revisão sobre desidratação osmótica de frutas, sob diferentes combinações de agentes osmóticos Yadav e Singh (2014) constataram que os agentes osmóticos foram eficazes na perda de água dos alimentos, permitindo a redução de 50% nos teores de água, em soluções osmóticas a 40 °Brix e temperatura de 40 °C, nessas condições foram evidenciadas as perdas em 132 min, eficientes para frutos como banana, jaca, sapoti, goiaba e manga, com valores variando de acordo com a fruta. Segundo os mesmos autores, em relação a desidratação osmótica da banana, a utilização de 70% de sacarose reduziu em 50% do peso da fruta após a drenagem, lavagem e secagem à vácuo do

produto, sendo uma etapa de processamento que atua na conservação e manutenção e melhoria da cor, aparência, sabor e textura.

A influência do tempo, da concentração e da temperatura das soluções desidratantes são fatores importantes e intrinsecamente relacionados na perda e ganho de sólidos pelos frutos submetidos à desidratação. Yadav et al. (2012) observaram a influência da concentração de sacarose nas temperaturas de 35, 45 e 55 °C durante a desidratação osmótica de pedaços de pêsego durante 2, 3 e 4 horas e 58 minutos, na proporção de 1:5 e concluíram que a condição ótima para o sucesso da desidratação das fatias de pêsego foi a 69,9 °Brix a 37,63 °C durante 4 h, tal condição foi necessária para reduzir o teor de água do fruto em 28,42%.

A desidratação osmótica é empregada como técnica preliminar adicional aos processos de congelamento e de secagem. A secagem reduz consideravelmente o teor de água dos produtos e minimiza o crescimento microbológico. A combinação de métodos se traduz como alternativas viáveis durante o processamento e conservação de alimentos, possibilitando o aumento da vida de prateleira (Dionello et al., 2009).

## **2.6 – Secagem**

A secagem é uma operação unitária que promove a eliminação da água por evaporação ou sublimação mediante condições controladas. É o método mais antigo na conservação dos alimentos. Nesse processo, ocorre o transporte simultâneo de calor e massa e tem como objetivo a redução da atividade de água, proporcionando a inibição do crescimento microbiano, diminuindo a atividade enzimática e velocidade das reações químicas, possibilitando ao aumento da vida de prateleira dos alimentos, redução de peso e volume dos alimentos, reduzindo custos com transporte e armazenamento, facilitando o consumo e a diversidade de produtos (Lopes et al., 2008).

Esta combinação de métodos de secagem tem sido apontada como alternativa econômica e segura para a conservação de produtos alimentícios, além de possibilitar a obtenção de produtos desidratados de melhor qualidade quando comparado aos produtos desidratados convencionalmente. Apesar de ser um método antigo para preservar os alimentos, os quais são expostos ao ar seco e uma corrente de ar quente que flui continuamente para que haja a remoção da umidade, pode-se verificar decréscimos da qualidade do produto final observados na dureza excessiva, degradação da cor, aroma e

sabor. A combinação de métodos de secagem tem sido apontada como alternativa econômica e segura para conservação de alimentos (Souza Neto et al., 2005).

O emprego da desidratação osmótica como pré-tratamento ao processo de secagem com ar quente, diminui o tempo de exposição do produto ao secador. Esta diminuição permite a redução da demanda energética do processo e dos prejuízos à qualidade do produto final. Aliado a este método, são utilizados processos convencionais de secagem em estufa de circulação forçada e a liofilização, que são bastante eficientes, entretanto, caros (Aleamar et al., 2010). Dionello et al. (2009) confirmaram uma menor taxa de secagem em rodela de abacaxi pré-desidratada a 40 e 50 °Brix em soluções de açúcar invertido por duas horas, os autores atribuíram a menor taxa de secagem nas amostras tratadas osmoticamente na maior concentração osmótica.

A taxa é influenciada não apenas pelas concentrações e temperaturas das soluções desidratantes, mas também pelas temperaturas de secagem. Pires et al. (2014) estudaram o processo de secagem das rodela de banana Pacovan verde nas espessuras de 5 e 10 mm submetidas nas temperaturas de secagem a 50 e 70 °C e concluíram que as maiores temperaturas e menores espessuras resultaram nas maiores taxas de secagem, as rodela de banana cortadas a 5 mm de espessura, atingiram o equilíbrio a 700 e 800 minutos para as temperaturas de 50 e 70 °C, respectivamente; já para as rodela cortadas a 10 mm esse período de secagem foi de 1800 minutos. O que corrobora com o maior tempo de secagem obtidos por Dourado et al. (2012), ao estudarem rodela de banana Prata maduras e descascadas nas temperaturas de 65, 75 e 85 °C durante 6 horas para a obtenção de banana passa.

Dada a importância da espessura das rodela de bananas, Borges et al. (2016b) estudaram cilindros e discos de banana Prata e d'água maduras, secas em secador de bandejas nas temperaturas de 50 e 70 °C e velocidade do ar de 0,14 e 0,42 m/s e verificaram que a maior velocidade do ar e maiores temperaturas resultaram no aumento da transferência de calor e massa, notadamente para as amostras tratadas com branqueamento.

Souza Neto et al. (2005) ao estudarem a secagem da manga coité pré-tratada em soluções osmóticas com sacarose nas concentrações de 45, 55 e 65 °Brix, na temperatura de 65 °C por 5 h, verificaram que a combinação do tratamento osmótico com a secagem em estufa mostrou-se adequada para a obtenção de manga desidratada como um produto com teor de água intermediário e portanto, com características de estabilidade que possibilitariam o seu armazenamento em condições ambientais.

A utilização de modelos matemáticos para a descrição da cinética de perda de água seja na desidratação osmótica ou secagem vem sendo utilizada. Esses modelos geralmente baseiam-se nas variáveis externas ao produto, como temperatura e umidade relativa do ar de secagem. Entretanto, não fornecem indicações sobre os fenômenos de transporte de energia e água no interior do produto e consideram que todo o processo de secagem ocorra à taxa decrescente (Resende et al., 2009).

Diversos modelos matemáticos vêm sendo utilizados para a descrição o processo de secagem, de diversos produtos agrícolas. Silva et al. (2013) ao descreverem o processo de secagem convectiva de bananas inteiras e em camada finas nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C através de equações empíricas, verificaram de acordo com os indicadores estatísticos, que os modelos de Page e Silva et alii foram os melhores modelos para descrever a cinética de secagem, tais equações permitiram descrever expressões matemáticas para a taxa de secagem e duração do processo. Contrariamente, os piores resultados foram obtidos para os modelos de Wang e Singh, Lewis e Henderson e Pabis, e o modelo de Peleg descreveu razoavelmente os processos.

## **2.7 – Armazenamento**

O consumidor tem se tornado cada vez mais exigente quanto à qualidade dos produtos alimentícios e isso tem motivado a preocupação no que se refere à preservação da qualidade dos produtos agrícolas, em virtude do aumento da produção e da necessidade de abastecimento permanente desses produtos no mercado (Malgarim et al., 2005).

A qualidade dos produtos desidratados se altera com o tempo de armazenamento, devido as diversas reações de natureza enzimática e oxidativa. De maneira geral, tais produtos, quando embalados, de forma a serem protegidos para evitar o contato com o oxigênio e o ganho de teor de água, apresentam maior vida-de-prateleira que depende fundamentalmente, da proteção oferecida pela embalagem contra a absorção de água presente no ambiente de estocagem (Silva et al., 2005c).

O armazenamento contribui para acompanhar a evolução das propriedades de um produto por um determinado período de tempo, dentre as condições e fatores que influenciam as alterações que podem ou não ocorrer no produto armazenado destaca-se o uso de embalagens, como as laminadas e de polietileno (Galdino et al., 2003).

O uso de embalagens na conservação dos alimentos se constitui uma fronteira entre dois segmentos de um espaço constituído pelo alimento e seu espaço livre e o espaço

que corresponde ao ambiente que o cerca. Este pensamento ressalta a necessidade de se conhecer o produto e vários aspectos envolvidos na sua perda de qualidade durante o armazenamento. Os fatores extrínsecos que influenciam no processo de estocagem é a umidade relativa do ar, oxigênio, luz e temperatura que em maior ou menor escala interferem na sua deterioração, para se proteger o produto é importante o conhecimento desses fatores que atuam na perda de qualidade (Cabral e Fernandes, 1980).

A escolha das embalagens é um fator importante no sucesso da estocagem de determinados produtos e alimentos no que diz respeito ao sucesso da manutenção da qualidade físico-química e microbiológicas dos alimentos. As embalagens plásticas vem sendo amplamente utilizada pelas indústrias de alimentos, são confeccionadas a base de polímeros orgânicos originários do petróleo. Seu crescente uso é atribuído a melhoria contínua dos plásticos, ampla versatilidade e baixo custo. Dos grupos de embalagens plásticas os que se destacam são os poliolefínicos (polipropileno e polietileno), os derivados vinílicos (polivinil álcool, polivinil acetato e polivinil cloreto), os poliésteres (PET, PEN), as poliamidas e as polinitrilas (Souza et al., 2012).

O impedimento da passagem de luz pela pigmentação ou metalização das embalagens se torna uma alternativa na utilização de sugadores de radiação UV com maior habilidade de catálise na oxidação lipídica garantindo maior estabilidade de produtos, sobretudo os gordurosos (Azeredo, 2012).

O tempo de armazenamento e as condições de umidade relativa podem influenciar no ganho de água e aumento nos valores da atividade de água das amostras, assim sendo, Oliveira et al. (2011) ao estudarem a caracterização e comportamento higroscópico do sapoti liofilizado, observaram que há um grande aumento da atividade de água pelos alimentos desidratados durante o armazenamento, o que é ocasionado pela natureza química dos alimentos, os que possuem maiores teores de açúcares apresentam maior capacidade higroscópica, no caso dos frutos. Também destaca-se as forças de Van der Waal e a capacidade de grupos hidroxílicos formarem ligações com moléculas de água, assim como o processo de desidratação utilizado.

## **2.8 – Substitutos do açúcar: estévia e isomalte**

Aditivo alimentar é qualquer ingrediente adicionado aos alimentos sem propósito de nutrir com o objetivo de modificar as características físicas, químicas, biológicas ou

sensoriais, durante a fabricação, processamento, preparação, tratamento, acondicionamento armazenagem, transporte e manipulação de um alimento (Lima, 2011).

A estévia (*Stevia Rebaudiana* Bert) é uma planta de porte arbustivo da América do Sul utilizada durante séculos por tribos indígenas do Brasil e Paraguai devido as suas propriedades adoçantes. Foi em 1887 que o botânico suíço Moisés Santiago Bertoni descreveu seu sabor doce e em 1990 o químico paraguaio Ovídio Rebaudi conseguiu isolar os princípios ativos responsáveis pela doçura da planta. As suas folhas são utilizadas e graças ao seu alto poder edulcorante pequenas quantidades do produto são necessárias (Durán et al., 2012).

É um produto de notável doçura e a planta apresenta entre 7 a 10% de componentes de gosto doce, classificados como esteviosídeos comumente denominados 19-ob-glucopiranosil-13-o[b-glucopiranosil (1,2)- b-glucopiranosil]-steviol. Os adoçantes a base de estévia são seguros para o consumo humano, pois não são tóxicos, não mutagênicos e de baixo valor energético, e é amplamente consumido em outros países (Biacchi, 2006).

O extrato de estévia chega a ser dez a quinze vezes mais doce do que a sacarose. Uma folha de boa qualidade pode ser 30 vezes mais doce do que a sacarose. Um grama de estévia em 100 ml de água tem doçura equivalente a uma solução de 20 gramas de sacarose em mesma quantidade de água (Savita et al., 2004).

Os polióis são adoçantes hipocalóricos que pertencem ao grupo do sorbitol, manitol, isomalte, maltitol, xilitol, eritriol e lactiol. Além de conferirem sabor doce, são utilizados em grandes quantidades para conferir corpo, viscosidade, textura aos alimentos, influenciam nas propriedades reológicas, ponto de congelamento e ponto de fusão, cristalização, atividade de água, crescimento microbiológico e muitas outras propriedades. São metabolizados integralmente pelo organismo humano, com baixos índices glicêmicos, os polióis podem ser utilizados para manter o teor de água em produtos como bolos e pães (FIB, 2013).

## **2.9 – Análise sensorial**

A avaliação das características sensoriais de um alimento é um fator crucial para se verificar sua aceitabilidade. Vários são os trabalhos realizados com o intuito de investigar a aceitação dos alimentos e que confirmam a importância daquele fator, sendo assim é possível traçar o perfil sensorial dos produtos mais ou menos aceitos pelos

consumidores, para saber quais as características estão presentes nos mesmos, a textura de um alimento é refletida na sua aceitação e está relacionada diretamente com a preparação alimentícia para um determinado público, além de torná-los mais ou menos útil para uma determinada finalidade (Cunha et al., 2009).

Para a indústria de alimentos, a avaliação das propriedades sensoriais de novos produtos é extremamente importante, uma vez que possibilita identificar as variáveis do produto. Em 2006, a análise descritiva por ordenação foi proposta por Richter (2006), é uma técnica simples e rápida que descreve as sensações percebidas no produto e ordena as amostras de acordo com a intensidade de cada atributo, separando as amostras, mesmo que apresentem intensidades semelhantes em relação a um atributo sensorial permitindo pontuar as amostras de acordo com cada atributo. Neste caso, as semelhanças entre as amostras relativas ao perfil sensorial serão observadas na análise de resultados (Loures et al., 2010).

As análises sensoriais descritivas são utilizadas quando se está interessado em qualidades sensoriais complexas e multidimensionais de um produto ou amostra, o que permite o uso de termos descritivos para a avaliação dos atributos sensoriais da amostra bem como a sua intensidade (Bogalho, 2011).

Assim, a qualidade dos bolos pode ser avaliada por meio de análises instrumentais e sensoriais. O procedimento para determinação da firmeza por métodos instrumentais e demais parâmetros de textura no bolo, consiste em fatiar as amostras, submetê-las à compressão em texturômetro mecânico e analisar a curva força-tempo resultante. A microestrutura determina em larga extensão as propriedades reológicas e sensoriais (Esteller et al., 2006).

### 3 – MATERIAL E MÉTODOS

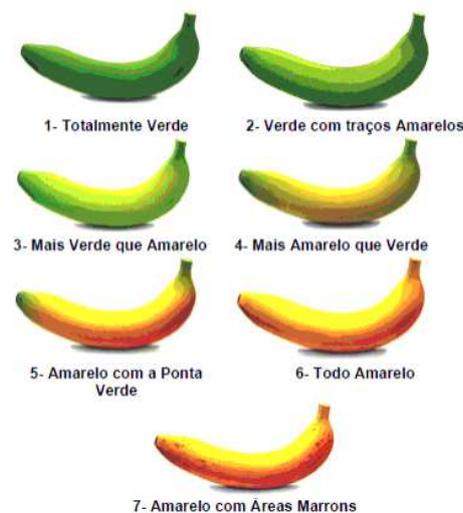
#### 3.1 – Local e realização do experimento

O trabalho experimental foi conduzido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA), do Centro de Tecnologia de Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande e no Laboratório do Departamento de Ciências e Engenharia de Biosistemas do Instituto Superior de Agronomia (DCEB) da Universidade de Lisboa (UL), Portugal.

#### 3.2 – Matéria-prima

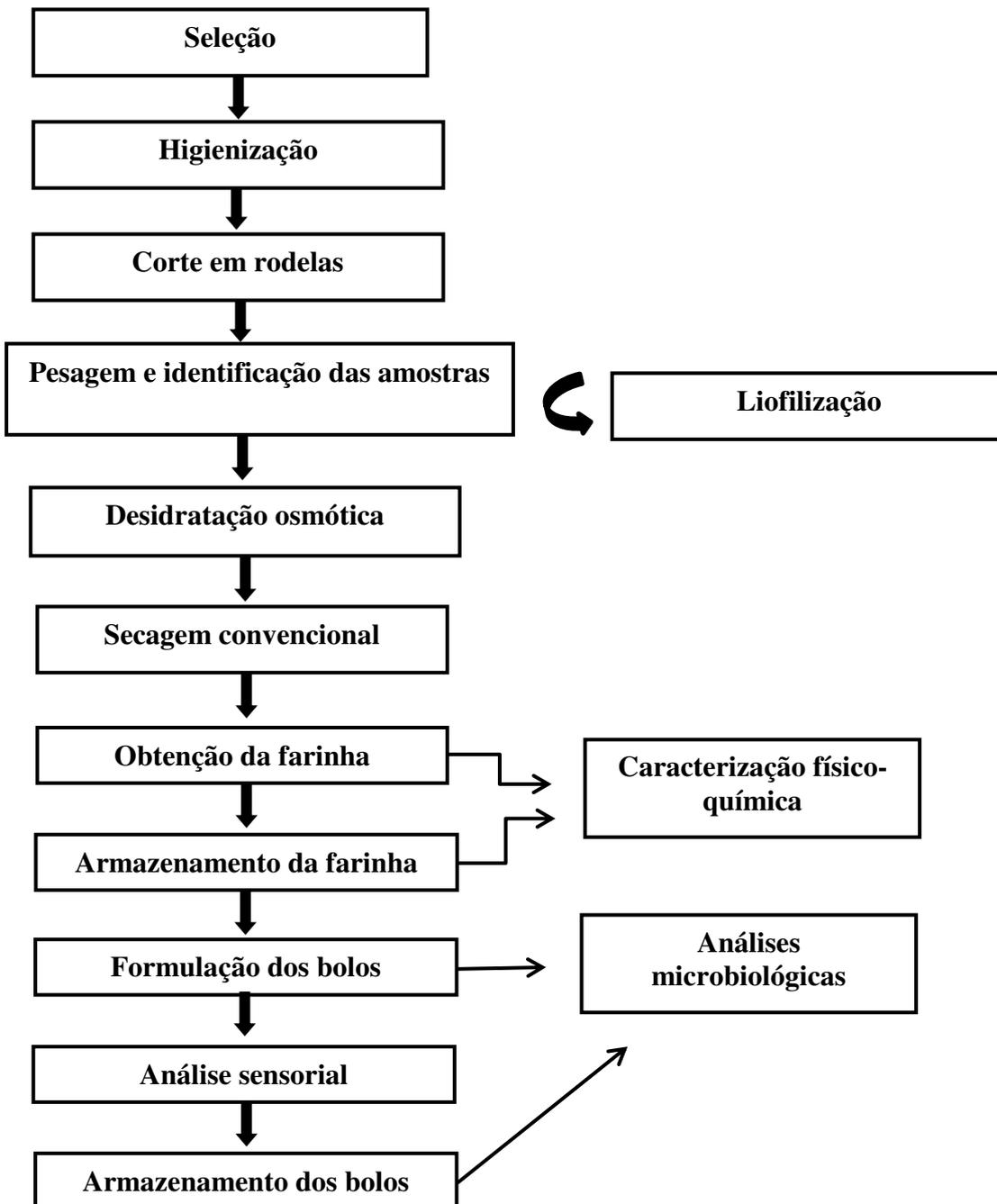
##### 3.2.1 – Aquisição e Processamento da banana

Os frutos da banana da cultivar Pacovan (*Musa sapientum* Schum.) foram provenientes de cooperativas de produtores do Vale do Sirigi, PE e comercializados em supermercados da cidade de Campina Grande, PB. Durante a aquisição, foram escolhidos apenas os frutos com o mesmo selo de origem, ausência de danos nas cascas e principalmente o seu estágio de maturação correspondente a fase C5 – frutos amarelos com extremidades verdes (Figura 3.1), de acordo com a escala de Von Loesecke (1940).



**Figura 3.1** – Escala de maturação de Von Loesecke.  
Adaptado de Pontes (2009).

As etapas referentes ao processo de obtenção e caracterização das rodela de banana com casca no estágio de maturação C5 e desidratado encontra-se na Figura 3.2.



**Figura 3.2** – Fluxograma das etapas do procedimento experimental para a obtenção de farinha da banana com casca.

Os frutos foram selecionados conforme a ausência de defeitos e doenças, sendo eliminados aqueles com as cascas e/ou polpas danificadas. Em seguida foi realizada a

lavagem dos frutos com uso de detergente neutro e esponja para eliminação de sujidades, em seguida foram imersos em solução de hipoclorito de sódio a 150 mg/L durante 15 min e mais uma vez lavados em água corrente para a eliminação do excesso de hipoclorito.

Para a desidratação osmótica foi utilizado apenas as bananas com cascas que apresentavam os mesmos diâmetros. O corte da banana com casca foi realizado em uma tábua plástica previamente higienizada e sanitizada com solução clorada a 50 ppm durante 15 minutos, a base foi previamente graduada em milímetros com auxílio de uma régua, para servir de guia durante o fatiamento da banana, o qual foi feito manualmente com uma faca serrilhada de aço inoxidável, obtendo-se rodela medindo 5 mm de espessura, 30 mm de diâmetro e 40 mm de comprimento, conforme a figura 3.3.



**Figura 3.3**– Espessuras das rodela de banana com casca.

## **3.2 – Desidratação osmótica**

### **3.2.1 – Agente desidratante**

O agente desidratante utilizado nos experimentos foi o açúcar de cana cristalizado de marca comercial Zé de Lima<sup>®</sup>, obtido nos supermercados da cidade de Campina Grande, PB. O xarope desidratante foi preparado previamente pela adição de água destilada à sacarose cujas proporções foram calculadas para atingir as concentrações a 40, 50 e 60 °Brix das soluções com volume de 1:15 (g/g) (fruto:solução).

O cálculo das quantidades de água destilada e sacarose necessárias para atingir o volume de 1:15 para cada solução, foi realizado através da multiplicação da massa total das rodela de bananas a serem desidratadas em cada experimento por 15 e assim obtendo-se o peso total da solução desidratante em gramas; as quantidades individuais de água destilada e sacarose foram calculadas através de regra de três simples, utilizando-se

o valor total inicial da solução desidratante (em gramas) em relação ao grau °Brix utilizado em cada experimento.

Após os resultados, as quantidades de água destilada e sacarose foram pesadas separadamente e dissolvidos com auxílio de uma batadeira para acelerar a agitação e obter concentração de osmose desejada, analisada com auxílio de um refratômetro portátil.

A solução preparada foi colocada em potes de vidros lacrados, identificados e acondicionados em câmaras BOD (demanda bioquímica de oxigênio) a 10 °C. Antes do início dos experimentos, a solução foi pré-aquecida com auxílio de um aquecedor de água, medindo-se a temperatura com uso de um termômetro. Em seguida a solução foi colocada em estufa de circulação de ar com temperatura controlada para cada condição experimental da desidratação osmótica.

### 3.2.2 – Cinética de desidratação osmótica

Após os cortes, amostras *in natura* foram pesadas em triplicatas e levadas a estufa a 105 °C por 4 h para a obtenção das massas secas iniciais e teor de água inicial, em seguida retirada e pesada.

Os experimentos de desidratação osmótica foram realizados em soluções de sacarose e água destilada nas seguintes condições experimentais:

- ✓ Experimento 1: 40 °Brix de concentração e 40 °C de temperatura;
- ✓ Experimento 2: 40 °Brix de concentração e 70 °C de temperatura;
- ✓ Experimento 3: 50 °Brix de concentração e 40 °C de temperatura;
- ✓ Experimento 4: 50 °Brix de concentração e 70 °C de temperatura;
- ✓ Experimento 5: 60 °Brix de concentração e 40 °C de temperatura;
- ✓ Experimento 6: 60 °Brix de concentração e 70 °C de temperatura.

Para todos os experimentos foi utilizada a proporção de 1:15 (fruto:solução) com o intuito de manter a viscosidade da solução desidratante, para que esta solução sempre se mantivesse ajustada ao °Brix em estudo de cada condição experimental, quando submetida às temperaturas de estudo com o intuito de assegurar a manutenção de sua concentração osmótica.

Em cada experimento, foram colocadas 11 amostras de rodela de banana com casca, em triplicatas, previamente pesados e identificados e individualmente em cestas

teladas, contendo cerca de 9 g em cada cesta. As cestas foram imersas na solução desidratante com temperatura previamente calibrada (40 e 70 °C) e deixada na estufa com circulação de ar para a manutenção das condições térmicas de osmose desejadas.

Ao longo da desidratação osmótica, a perda de água e a perda de sacarose foram acompanhados experimentalmente nos tempos de 0, 10, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240 e 1440 min. Para isso, a cesta no tempo inicial ( $n_0$ ) foi levada a estufa a 105 °C por 4 h, para determinação da massa seca inicial da amostras enquanto as demais amostras com pesos conhecidos foram imersas na solução de sacarose e deixadas na estufa com circulação de ar para a garantir a temperatura de osmose desejada. Ao chegarem os tempos das pesagens pré-determinadas, as amostras previamente identificadas em cestas eram retiradas da solução, lavadas com água destilada para remoção do excesso de xarope da superfície das amostras, em seguida as rodela eram secas cuidadosamente com papel toalha, pesadas e levadas a estufa a 105 °C por 4 h em balança digital e precisão a 0,0001g conforme a metodologia descrita por Mercali (2009).

Ao final da desidratação osmótica a amostra referente ao tempo 1440 min permaneceu na solução e a determinação da massa total e massa seca nos tempos anteriores para esta amostra foram determinadas por regra de três simples das amostras retiradas.

Massa total:

$$m_{10}^t = m_{10}^0 \frac{m_x^t}{m_x^0} \quad (3.1)$$

Em que:

$m_{10}^t$  - massa da amostra  $n_{10}$  no tempo  $t_{10}$ , em g;

$m_{10}^0$  – massa da amostra 10 no tempo 0, em g;

$m_x^t$  – massa da amostra  $n_x$  no tempo  $t$ , em g;

$m_x^0$  – massa de  $n_x$  no tempo 0, em g.

Massa seca:

$$mS_{10}^t = mS_x^t \frac{m_{10}^t}{m_x^t} \quad (3.2)$$

Em que:

$ms_{10}^t$  – massa seca da amostra  $n_{10}$  no tempo  $t$ , em g;

$ms_x^t$  – massa seca da amostra  $n_x$  no tempo  $t$ , em g.

Para cálculo da massa de água da amostra  $n$  em cada tempo, utilizou-se a Eq. (3.3).

$$m_w^t = m_{10}^t - ms_{10}^t \quad (3.3)$$

Em que:

$m_w^t$  – massa de água da amostra  $n_{10}$  no tempo  $t$ , em g.

O percentual da quantidade de água presente nas amostras em cada intervalo de tempo foi calculado pela Eq. (3.4).

$$\text{Quantidade de água}\% = \frac{m_w^t}{m_w^0} 100 \quad (3.4)$$

Em que:

$m_w^0$  – massa de água no instante zero, em g;

$m_w^t$  – massa de água no instante  $t$ , em g.

A massa de sacarose da amostra  $n_{10}$  foi calculada em cada tempo segundo a Eq. (3.5).

$$m_s^t = ms_{10}^t - ms_{10}^0 \quad (3.5)$$

Em que:

$m_s^t$  - massa de sacarose no tempo  $t$ , em g;

$ms_{10}^0$  - massa seca da amostra  $n_{10}$  no tempo zero, em g;

$ms_{10}^t$  – massa seca da amostra  $n_{10}$  no tempo  $t$ , em g.

A quantidade percentual de sacarose presente na amostra em cada tempo foi calculada pela Eq. (3.6).

$$\text{Quantidade de sacarose (\%)} = \frac{m_s^t}{m_{s_{10}}^0} \times 100 \quad (3.6)$$

Em que:

$m_s^t$  = massa de sacarose no tempo t, em g

$m_{s_{10}}^0$  = massa seca da amostra n<sub>10</sub> no tempo zero, em g

Após o processo de desidratação osmótica, as amostras de cada tratamento foi submetida à secagem complementar em secador de ar aquecido.

### 3.3 – Secagem

A secagem das bananas pré desidratadas osmoticamente em sacarose foi realizada em secador de ar aquecido nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C, para garantir a eficiência do processo de desidratação osmótica, como forma complementar de remoção de água do produto. A velocidade do ar de secagem foi verificada com o auxílio de um termo anemômetro (TAD-500), e a umidade relativa do ar medida por meio de leitura direta em termo-higrômetro (J. Prolab).

O teor de água inicial das bananas pré-tratadas foi determinado segundo o método padrão da estufa a (105 ± 3 °C) por 24 horas, utilizando-se três repetições da amostra (Brasil, 2008), obtida pela Eq. (3.7).

$$X = \frac{m_{H_2O}}{m_s} \times 100 \quad (3.7)$$

Em que:

X – teor de água em base seca;

$m_{H_2O}$  – massa de água, em grama;

$m_s$  – massa seca, em grama.

Para realização da cinética de secagem foi utilizado em média 15 g de amostra, em triplicata, de cada ensaio da desidratação osmótica, colocadas em cestas de telas e levadas para a estufa de circulação de ar nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C. A cinética da perda de água dos processos de secagem foi acompanhada a partir das pesagens constantes das amostras, em balança de precisão (Marte AS5500C) iniciando-se a cada 5 min, com aumento dos intervalos, atingindo intervalo de tempo de 30 min entre as

pesagens, até o equilíbrio. Os dados experimentais foram expressos (Eq. 3.8) na forma de razão de água ( $X^*$ ).

$$X^* = \frac{X - X_e}{X_0 - X_e} \quad (3.8)$$

Em que:

$X_e$ = teor de água de equilíbrio, bs em g;

$X_0$ = teor de água inicial, bs, em g.

### 3.4 – Modelos matemáticos

As equações empíricas das Tabelas 3.1 e 3.2 foram ajustadas aos resultados experimentais da quantidade de água e de sacarose obtidas durante o processo de desidratação osmótica.

**Tabela 3.1-** Modelos empíricos para descrição da quantidade de água.

Modelo	Nome	Expressão empírica	Referência
1	Lewis	$\sigma e^{-at}$	Kaleta e Gornicki (2010)
2	Henderson and Pabis	$a e^{-bt}$	Diamante et al. (2010)
3	Wang and Singh	$\sigma + at + bt^2$	Kaleta e Gornicki (2010)
4	Peleg	$\sigma - t/(a + bt)$	Mercali et al. (2010)
5	Page	$\sigma e^{-at^b}$	Diamante et al. (2010)
6	Silva et alii	$\sigma e^{-at - b\sqrt{t}}$	Silva et al. (2012)

$\sigma$  - quantidade de água inicial

**Tabela 3.2 -** Modelos empíricos para descrição da quantidade de sacarose.

Modelo	Nome	Expressão empírica	Referência
1	Lewis	$\sigma(1 - e^{-at})$	Kaleta e Gornicki (2010)
2	Henderson and Pabis	$a(1 - e^{-bt})$	Diamante et al. (2010)
3	Wang and Singh	$\sigma(at + bt^2)$	Kaleta e Gornicki (2010)
4	Peleg	$t/(a + bt)$	Mercali et al. (2010)
5	Page	$\sigma(1 - e^{-at^b})$	Diamante et al. (2010)
6	Silva et alii	$\sigma(1 - e^{-at - b\sqrt{t}})$	Silva et al. (2012)

$\sigma$  - valor de equilíbrio do ganho de sacarose

Os valores de razão de água encontrado nas cinéticas de secagens convectivas complementares após a desidratação osmótica foram ajustados aos modelos empíricos apresentados na Tabela 3.3.

**Tabela 3.3** - Modelos empíricos utilizados para o ajuste das curvas de secagem

Modelo	Nome	Expressão empírica	Referência
1	Lewis	$\exp(-a \cdot t)$	Kaleta e Gornicki (2010)
2	Henderson & Pabis	$a \cdot \exp(-b \cdot t)$	Diamante et al. (2010)
3	Wang & Singh	$1 + at + bt^2$	Kaleta e Gornicki (2010)
4	Peleg	$1 - t/(a + bt)$	Mercali et al. (2010)
5	Page	$\exp(-a \cdot t^b)$	Diamante et al. (2010)
6	Silva et alii	$\exp(-a \cdot t - b\sqrt{t})$	Silva et al. (2012)

t - Tempo de secagem (min); k - Constantes de secagem; a, b, n - Coeficientes dos modelos.

A análise e representação dos dados experimentais da secagem foram observados utilizando-se os valores de razão de água (RX) obtidos para cada temperatura do ar de secagem, ajustados pelo Programa “LAB Fit Curve Fitting software (Silva et al., 2004).

Os critérios usados para determinação do melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais foram o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o qui-quadrado ( $\chi^2$ ), calculado pela Eq. 3.9.

$$\chi^2 = \sqrt{\sum (X_{exp}^* - X_{pre}^*)^2} \quad (3.9)$$

Em que:

$\chi^2$  = qui-quadrado

$X_{pre}^*$  = razão de umidade predita pelo modelo

$X_{exp}^*$  = razão de umidade experimental

### 3.5 – Obtenção da farinha

As rodela de bananas, após os processos de desidratação osmótica e secagem, foram imersos em nitrogênio líquido e imediatamente postos a serem triturados em moinho de café, a farinha obtida em cada tratamento foram peneiradas para a obtenção de

granulometria uniforme. Em seguida, foram pesadas e acondicionadas em embalagens laminada, identificadas e seladas até o início das análises.

### **3.6 - Amostras liofilizadas**

A polpa e a casca da banana foram cortadas juntas e com 5 mm de espessura, acondicionadas em potes de acrílico, tampados e congeladas em freezer a -18 °C e colocados no liofilizador da marca Telstar Lyo Quest, a pressão de 0,1 bar, temperatura de -45 °C por de 96 h para cada amostra.

### **3.7 – Caracterização físico-química da banana**

A polpa e a casca da banana fresca foram submetidas as análises físicas e químicas quanto ao teor de água, atividade de água, cor, pH, sólidos solúveis totais (°Brix) e acidez total titulável. Todas essas análises foram realizadas em triplicata.

#### **3.7.1– Teor de água**

O teor de água foi realizado através do método padrão em estufa a 100° C por 4 h, de acordo com a metodologia descrita por Mercali (2009).

#### **3.7.2 – Atividade de água**

A atividade de água foi determinada através do equipamento composto por um leitor (Rotronic HygroPalm 23 – AW) e um banho-maria (marca Haake D8). A medição foi realizada à temperatura de 25 °C.

#### **3.7.3 – Cor**

Os parâmetros da cor foram determinados com três repetições, utilizando-se o espectrofotômetro portátil da marca Konica Minolta – Modelo CR40, previamente calibrado com uma placa preta e uma branca com obtenção dos parâmetros luminosidade ( $L^*$ ), em que  $L^*=0$  corresponde a preto e  $L^*=100$  a branco; cromaticidade  $a^*$ =transição da cor verde ( $-a^*$ ) para o vermelho ( $+a^*$ ); cromaticidade azul ( $-b^*$ ) para a cor amarela ( $+b^*$ ).

### **3.7.2.1 – pH**

O pH das amostras foi obtido através da leitura em potenciômetro digital, previamente calibrados em soluções tampões com pH = 4, 7 e 9. A medida foi obtida com 1 g de amostra diluídas e homogeneizadas em 30 mL de água destilada.

### **3.7.2.2 – Sólidos solúveis totais**

Os sólidos solúveis totais (°Brix) por leitura direta em refratrômetro Abbé, com correção de temperatura (Brasil, 2008).

### **3.7.2.3 – Acidez total titulável**

Determinou-se a acidez total titulável das amostras através do método acidimétrico, em que as amostras foram tituladas com solução padronizada e NaOH a 0,1 N. A acidez foi expressa em mL de solução molar por cento em ácido málico segundo a metodologia descrita por Brasil (2008).

## **3.8 – Caracterização do fruto liofilizado**

As amostras liofilizadas foram caracterizadas quanto as análises físicas: teor de água, atividade de água e cor; e químicas: pH, sólidos solúveis totais (°Brix), acidez total titulável), proteína bruta, cinzas, minerais e análises microbiológicas realizadas de acordo com o item 3.6.

### **3.8.1 – Açúcares totais, redutores e não-redutores**

Os açúcares totais, redutores e não redutores foram determinados através do método colorimétrico do ácido dinitrosalicílico (DNS) para doseamento de açúcares redutores oficialmente desenvolvido por Miller (1959).

### **3.8.2 – Fibra alimentar total, solúvel e insolúvel**

A fibra alimentar total (FAT) foi determinada através da Eq. 3.10 e para a fibra alimentar insolúvel (FAI), usou-se o a Eq. 3.11 através da AOAC (1996) originalmente

descrito por Prosky et al. (1988). A fibra alimentar solúvel foi obtida pela diferença de ambas (Eq. 3.12).

**Fibra alimentar total**

$$FAT(\%) = \frac{M_r - P - C - Branco}{M_a} \times 100 \quad (3.10)$$

**Fibra insolúvel**

$$FI(\%) = \frac{M_r - P - C - Branco}{M_a} \times 100 \quad (3.11)$$

**Fibra solúvel**

$$FS = FAT - FI \quad (3.12)$$

**Branco**

$$Branco = M_{\text{resíduo sem amostra}} - P_b - C_b \quad (3.13)$$

Em que:

FAT – fibra alimentar total (%)

FI – fibra insolúvel (%)

FS – fibra solúvel (%)

M<sub>r</sub> – massa do resíduo da amostra (g)

P – proteínas (g)

C – cinzas (g)

M<sub>a</sub> – massa da amostra (g)

P<sub>b</sub> – proteína do branco

C<sub>b</sub> – cinza do branco

### **3.8.3 – Cinzas**

A quantidade de minerais fixos presente nas amostras foi obtida por incineração, determinando-se a perda de massa do material seco submetido a aquecimento em mufla a uma temperatura de 550 °C, até peso constante (Brasil, 2008).

### **3.8.4 – Minerais**

Os minerais foram determinados através do método de Espectrofotômetro de absorvância Atômico descrito pela AOAC 968.08 (1997).

Foram pesados 1 g da amostra que foi levada à mufla a 550 °C durante 6 horas. Após o esfriamento, adicionou-se 10 ml de HCL 3N e a amostra foi levada a banho-maria a 100 °C durante 10 minutos coberta com vidro relógio. Filtrou-se com água quente para um balão volumétrico de 100 ml. Após essas etapas, a solução foi levada para as leituras em espectrofotômetro UNICAM UV/Vis Spectrometer.

### **3.8.4 – Proteína bruta**

O teor de proteína bruta foi determinado pelo método de Kjeldahl, em extrator Kjeltex, convertendo-se o teor total de N em proteína e os resultados expressos em grama de proteína bruta por 100g de massa seca (Brasil, 2008).

### **3.8.5 – Lipídios**

A extração da gordura foi obtida através do extrator da marca Soxtec, utilizando éter de petróleo como solvente, com extrações por até 2 horas.

## **3.9 – Caracterização físico-química da farinha de banana**

As farinhas obtidas para cada experimento foram submetidas à caracterização física e química quanto ao teor de água, atividade de água, cor, pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais (°Brix), açúcares totais, redutores e não redutores, fibra alimentar total, solúvel e insolúvel, cinza, minerais, lipídios e proteína, conforme as metodologias

descritas nos itens 3.6 e 3.7. Também foram realizadas análises microbiológicas para aeróbios totais, com contagens de bolores e leveduras a 25 °C. (expressar métodos de análises).

### **3.10 – Armazenamento**

Todas as amostras de farinhas obtidas nos experimentos foram submetidas ao armazenamento em câmaras com temperatura controlada a 25 °C. Tais farinha foram colocadas em embalagens flexíveis laminadas composta por uma camada PET cristal (polietileno tereftalato cristal) com espessura de 12 µm, uma camada PET metal (polietileno tereftalado de baixa densidade cristal) com espessura de 50 µm possuindo espessura total de aproximadamente 74 µm. As embalagens possuíam aproximadamente 10 centímetros de cada lado e continham aproximadamente 30 g de amostras. Após serem acondicionadas, as embalagens contendo as amostras foram seladas, utilizando-se seladora mecânica. Do início do armazenamento (tempo zero) a cada 30 dias, durante 180 dias foi feito o acompanhamento da estabilidade das amostras das farinhas através da determinação dos parâmetros: teor de água, atividade de água, pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais, cor e análises microbiológicas quanto aeróbios totais, bolores e leveduras.

### **3.11 – Elaboração dos bolos**

Os ingredientes utilizados como matéria-prima para a confecção dos bolos foram obtidos nos supermercados de Lisboa, Portugal, tendo-se o cuidado de utilizar as mesmas marcas dos produtos. As farinhas de banana obtidas dos tratamentos osmóticos a 50 °C e 50 °Brix e secas convencionalmente a 50 °C foram incorporadas em substituição à farinha de trigo.

Inicialmente foram realizados testes afetivos realizados com provadores acostumados a consumir bolos comercializados, para obter uma formulação que pudesse ser utilizada como padrão e posteriormente substituir as quantidades de farinha de trigo pela farinha de banana.

A definição da formulação padrão foi baseada em uma receita de bolo tradicional e a partir daí testadas diferentes quantidades gordura e farinha de banana, sob julgamento dos provadores afetivos que contribuíram para definir o bolo com melhores propriedades sensoriais. As diferentes proporções de farinha de banana e gordura em substituição a

farinha de trigo foram testadas em quantidades definidas pelo moderador a partir das observações dos provadores.

Os testes preliminares foram realizados com diferentes proporções da farinha de banana em relação à farinha de trigo para que os provadores se familiarizassem com os seus atributos. Essas proporções foram previamente testadas a 0; 5; 7,5; 10 e 15% de farinha de banana em relação ao bolo padrão com a finalidade de adequar as quantidades de farinha de banana e as quantidades de gordura, tentando-se reduzir e obter as menores concentrações de gordura possíveis e aceitáveis a níveis sensoriais.

Após os testes em laboratório para se definir a formulação padrão e os testes com as quantidades de farinha de banana em substituição à farinha de trigo, realizou-se a substituição do açúcar pela estévia e pelo poliol e reduziu-se a quantidade de gordura, com a finalidade de se verificar as propriedades da farinha de banana na textura dos bolos em substituição as quantidades de açúcar e gordura. As quantidades mínima, média e máximo de gordura foram definidas através de testes afetivos em laboratório. Tais quantidades serviram de base para a elaboração da matriz estatística para dar origem as formulações otimizadas.

**Tabela 3.4-** Formulações de bolos contendo farinha de banana

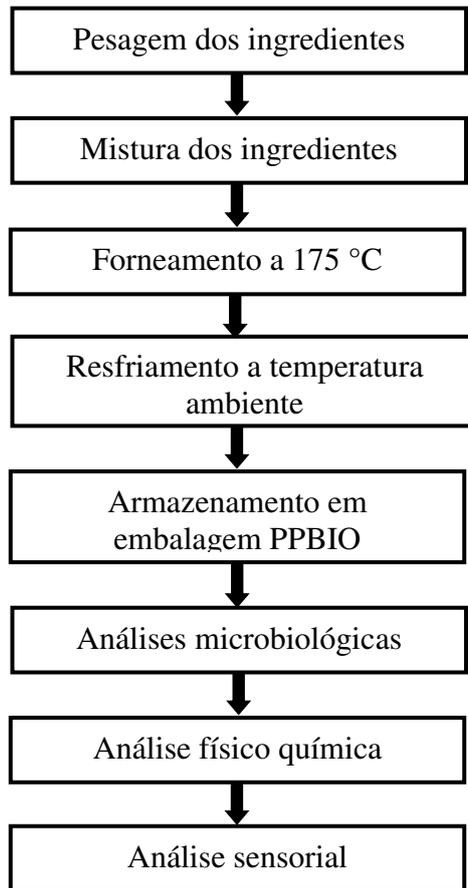
Ingrediente/formulação	Bolos				
	Padrão	Formulação 1	Formulação 2	Formulação 3	Formulação 4
Ovo	59,90	59,90	59,90	59,90	59,90
Açúcar	50,04	50,04	50,04	50,04	50,04
Gordura	24,244	25	25	25	25
Leite	20,319	20	20	20	20
Farinha de trigo	<b>55,132</b>	<b>52,24</b>	<b>50,875</b>	<b>49,50</b>	<b>46,75</b>
Farinha de banana	<b>0</b>	<b>2,75</b>	<b>4,125</b>	<b>5,5</b>	<b>8,25</b>
Fermento	2	2	2	2	2

A proporção dos ingredientes foi calculada tomando como base a massa total do bolo padrão expresso em grama (g)

Durante o preparo dos bolos, os ingredientes foram pesados em balança analítica da marca Marca Mettler AJ100, e as formulações preparadas misturando-se primeiro os ovos, o açúcar e a margarina, após isso a farinha de banana foi diluída no leite e homogeneizados com os outros ingredientes, acrescentou-se o poliol, a estévia, a farinha de trigo e o fermento. A massa foi distribuída em formas de metal de 6 cm de diâmetros, previamente revestidas com forminhas de papel de cupcake e levados ao forno da marca

Bifinett à 175 °C por 20 min. Depois de assados, foram deixados a temperatura ambiente para esfriarem e os bolos usados nas análises químicas e físicas foram deixados em dessecador até o momento das análises. Para as análises sensoriais os bolos eram confeccionados no mesmo dia.

Na Figura 3.4 está apresentado o fluxograma do processamento dos bolos.



**Figura 3.4** - Fluxograma do processamento dos bolos elaborados com diferentes proporções de farinha de banana.

### 3.11.1 – Otimização das formulações

Após a definição das quantidades de ingredientes, foram definidas formulações através da construção de uma matriz codificada estatística, tendo-se em vista as melhores quantidades de gordura e farinha de banana, eleitas pelos provadores treinados. A partir do bolo padrão, foi realizada a substituição do açúcar pela estévia e acrescentou-se poliols nas formulações para observação das características físicas e sensoriais desejáveis para os bolos. Para tanto, a variação da quantidade de gordura foi feita a partir da formulação do

bolo padrão e variando-se as outras fórmulas sem gordura, mínimo, médio e máximo para se verificar a sua influência nas propriedades sensoriais das amostras, como apresentado na Tabela 3.5.

**Tabela 3.5.** Formulações dos bolos contendo diferentes quantidades de gordura para treinamento dos provadores

Ingrediente/formulação	Bolos				
	Padrão	Sem gordura	Mínimo	Médio	Máximo
Ovo	59,90	59,90	59,90	59,90	59,90
Açúcar	50,054	0	0	0	0
Poliol	0	25	25	25	25
Stevia 97%	0	0,17	0,17	0,17	0,17
<b>Gordura</b>	<b>24,244</b>	<b>0</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>25</b>
Leite	20,319	15	15	15	15
<b>Farinha de trigo</b>	<b>55,132</b>	<b>55</b>	<b>52,24</b>	<b>49,50</b>	<b>46,75</b>
<b>Farinha de banana</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2,75</b>	<b>5,5</b>	<b>8,25</b>
Fermento	2	2	2	2	2

A proporção dos ingredientes foi calculada tomando como base a massa total do bolo padrão expresso em grama (g)

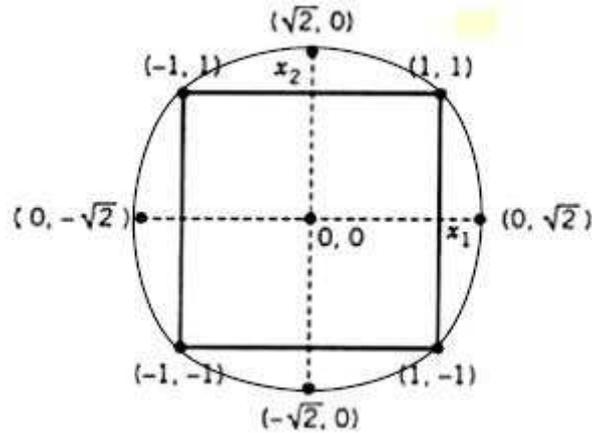
### 3.11.2 – Delineamento experimental dos bolos

Visando um melhor estudo sobre a otimização dos processos de fabricação dos bolos e analisar a influência das variáveis de entrada: teor de gordura e quantidade de farinha de banana sobre as características físicas, sensoriais e textura, bem como a interação entre elas, escolheu-se o delineamento central composto (DCCR) com dois pontos centrais e quatro axiais em  $2^2$  resultando em 10 experimentos definido em 9 formulações para cada matriz de planejamento.

A matriz central compósita rotativa (DCCR) é constituída por pontos fatoriais, pontos estrela e pontos centrais. Os pontos fatoriais representam os vértices de um cubo a uma distância  $k^{1/2}$  à origem do ponto (0,0), em que K representa o número de variáveis independentes, no presente estudo  $k=2$ , tais pontos contém dois níveis (mínimo e máximo) que correspondem ao vértice do cubo cujo centro é a origem e os extremos inferior e superior são -1 e +1. Os pontos estrelas representados por  $-\alpha$  e  $+\alpha$ , de acordo com as duas variáveis que representam os valores distantes da origem de  $-\sqrt{2}$  e  $+\sqrt{2}$ .

O ponto central (0,0) situa-se na origem dos eixos e permite estimar a variância do erro experimental, que se considera constante ao longo da totalidade do domínio

experimental. Quando  $k=2$ , vão existir 4 pontos fatoriais e 4 pontos estrela a uma distância  $\alpha=\sqrt{2}$ . A Figura 3.5 ilustra a matriz fatorial com as respectivas coordenadas, o ponto central e os pontos estrela.



**Figura 3.5** – Matriz central composta rotativa.  
Rodrigues e Iemma (2014)

As variáveis independentes estudadas, para percentual das quantidades de gordura (g/100g) e farinha de banana (g/100g), foram definidas em cinco quantidades diferentes e codificadas com  $-\alpha$ , -1, 0, +1 e  $+\alpha$  (Tabela 3.6). Os valores mínimo, central e máximo correspondem respectivamente a -1, 0, +1, os valores limites foram traçados pelo programa computacional Statistica 7.0.

**Tabela 3.6** – Valores reais e decodificados das variáveis independentes

Variáveis	$-\alpha$	-1	0	+1	$+\alpha$
<b>Farinha da banana com casca (%)</b>	0,22	1,30	3,90	6,50	7,57
<b>Gordura (%)</b>	4,31	5,60	8,65	11,74	12,99

O valor mínimo, central e máximo (-1, 0 e +1) foram determinados através de testes empíricos prévios, apoiados em dados bibliográficos. Para a quantidade de margarina, os valores foram escolhidos a partir de ensaios experimentais com base em uma receita padrão para bolos tradicionais, as quantidades de farinha de banana foram baseadas em estudos realizados sobre a adição de fibras em bolos hipocalóricos, variando a proporção de farinha de banana em relação a farinha de trigo.

A Tabela 3.7 mostra os valores codificados e os valores descodificados das variáveis independentes estudadas nos 10 ensaios experimentais.

**Tabela 3.7** – Matriz de planejamento codificado e descodificado para a formulação dos bolos com diferentes proporções de gordura e farinha de banana

Experimentos	Matriz codificada		Matriz descodificada	
	Gordura	Farinha de banana	Gordura (%)	Farinha de banana (%)
<b>1</b>	-1,000	1,000	5,600	6,500
<b>2</b>	1,000	1,000	11,740	6,500
<b>3</b>	1,000	-1,000	11,740	1,300
<b>4</b>	-1,000	-1,000	5,600	1,300
<b>5</b>	-1,414	0,000	4,308	3,900
<b>6</b>	1,414	0,000	12,992	3,900
<b>7</b>	0,000	1,414	8,650	7,577
<b>8</b>	0,000	-1,414	8,650	0,223
<b>9 (C)</b>	0,000	0,000	8,650	3,900
<b>10 (C)</b>	0,000	0,000	8,650	3,900

As formulações obtidas para as 10 variáveis obtidas através da matriz de planejamento são apresentadas na Tabela 3.8.

**Tabela 3.8** – Formulações elaboradas a partir das 10 formulações obtidas através do delineamento experimental

Ingredientes (g)	Formulações									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ovo	59,0	59,60	59,60	59,60	59,60	59,60	59,60	59,60	59,60	59,60
Poliol	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Stevia	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
<b>Gordura</b>	<b>9</b>	<b>14,5</b>	<b>20,2</b>	<b>6,8</b>	<b>14,4</b>	<b>22,6</b>	<b>20,2</b>	<b>9</b>	<b>14,2</b>	<b>14,2</b>
Leite	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
<b>Farinha de trigo</b>	<b>39,5</b>	<b>43,5</b>	<b>38,2</b>	<b>43,8</b>	<b>43,5</b>	<b>43,2</b>	<b>47,7</b>	<b>47,9</b>	<b>49,3</b>	<b>49,3</b>
<b>Farinha de banana</b>	<b>10,5</b>	<b>6,5</b>	<b>11,2</b>	<b>6,2</b>	<b>6,5</b>	<b>6,9</b>	<b>2,3</b>	<b>2,1</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>
Fermento	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

A proporção dos ingredientes foi calculada tomando como base a massa total do bolo padrão expresso em grama (g)

### 3.11.2- Caracterização física, química e físico-química da matriz do planejamento

Os bolos obtidos nos treinos e os obtidos na matriz de planejamento foram analisados quanto ao teor de água, atividade de água, cor (item 3.5) , volume e massa específica, todas as análises foram realizadas em triplicata.

#### 3.11.2.1- Volume e massa específica

O volume foi obtido através do método do deslocamento da massa ocupada conhecimento adaptado por Esteller et al.(2006). O método foi realizado a partir do volume de um recipiente e o mesmo preenchido por alpistes, em seguida parte dos alpistes foram removidos e substituídos pela amostra, completando-se o volume até a borda e nivelando com auxílio de uma régua. O excedente foi medido com auxílio de uma proveta graduada e o resultado expresso em mL. A massa foi calculada conforme a Eq. 3.14.

$$\text{Massa específica} = \frac{m}{v} \quad (3.14)$$

Em que:

m – massa (g);

v – volume (mL).

#### 3.11.2.2 – Textura

A análise instrumental da textura foi realizada através do texturômetro TA.XTplus Texture Analyser, equipado com uma sonda cilíndrica de acrílico 9.945 mm de diâmetro. Os parâmetros avaliados foram: dureza, adesividade, coesividade, gomosidade e mastigabilidade, sendo expressos através da média de cinco repetições. Foram avaliados bolos com cerca de 40 mm de altura nas seguintes condições:

- Análise de Perfil de Textura (TPA) - método de penetração;
- Velocidade de teste: 2 mm/s;
- Velocidade de pré-teste: 2 mm/s;
- Velocidade de pós-teste: 2 mm/s;
- Distancia penetração: 8 mm;
- Força de contacto: 5g.

### **3.11.3 – Análise estatística das amostras da matriz de planejamento**

Os resultados dos experimentos foram analisados através do programa Statistica 7.0 quanto à análise de componentes principais (PCA) e análise de superfície de respostas (RSM) e análise de variância (ANOVA) pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### **3.12– Análise sensorial descritiva quantitativa**

Inicialmente procedeu-se a montagem de um painel sensorial através de pré-seleção de voluntários aos quais foram apresentados um questionários de recrutamento a fim de avaliar o perfil do provador assim como a sua disponibilidade de tempo, afinidade com o produto e condições de saúde como intolerância a algum fator que não compromettesse as análises. Os questionários foram respondidos e devolvidos ao moderador.

Para a realização do treino dos provadores selecionados, foram distribuídas fichas utilizando termos descritivos para avaliação dos atributos sensoriais das amostras, apresentadas na Tabela 3.5 bem como a sua intensidade dos testes descritivos para os 25 provadores a serem treinados quanto aos parâmetros: cor (interior e crostra), cheiro (fruta e/ou margarina), textura (crocância da massa e maciez do miolo), oleosidade, presença de fibras, sabor (doce, a fruta a massa crua, a margarina), teor de água, sabor residual estranho e apreciação global. Cada atributo avaliado através de uma escala não estruturada de nove centímetros ancorada nos extremos por termos definidos pela equipe (Apêndice D).

Após o treino, foram eliminados aqueles que não foram provadores frequentes ou que não conseguiram quantificar as informações a respeito das características avaliadas. Foi observada a habilidade em identificar as amostras na repetitividade dos testes expressas na folha de prova durante os três testes aplicados. Também foram eliminados os indivíduos que não apresentaram assiduidade aos testes.

As avaliações foram realizadas no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Agronomia Tropical do Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal. Todas as avaliações foram realizadas em cabines individuais. Os testes foram realizados através do método de comparação múltipla, em que a amostra padrão e outras codificadas são oferecidas aos provadores para que avaliem comparando-se com a amostra padrão, cada sessão foi repetida três vezes, com descanso para não provocar a fadiga nos provadores, disponibilizando-se 4 amostras, dentre elas a formulação padrão,

sem gordura e sem farinha de banana, mínimo de gordura e farinha de banana e máximo de gordura e farinha de banana (Tabela 3.9).

**Tabela 3.9** – Formulações utilizadas para treino dos provadores

Ingredientes	Padrão	Sem Gordura	Mínimo	Médio	Máximo
Ovo	59,60	60	60	60	60
Açúcar	0	0	0	0	0
Poliol	25	25	25	25	25
Stevia	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Gordura	15	0	0	15	25
Leite	15	15	15	15	15
Farinha de trigo	55	55	52,24	49,50	46,75
Farinha de banana	0	0	2,75	5,5	8,25
Fermento	2	2	2	2	2

A proporção dos ingredientes foi calculada tomando como base a massa total do bolo padrão (100%)

Os resultados foram analisados individualmente para cada provador. Cada atributo foi estatisticamente analisados pelo método de identificação e os resultados discrepantes foram eliminados a 95% de probabilidade pelo Teorema de Tchebichev, segundo a metodologia descrita por Triola (2008). Para a seleção dos provadores, dos 25 candidatos, 17 foram escolhidos para as avaliações posteriores.

Após o treino e seleção dos provadores, foram realizadas as análises sensoriais referentes as 10 amostras otimizadas obtidas através da matriz descodificada (Tabela 3.8). Durante as provas, as amostras foram distribuídas em pratos de porcelana identificados aleatoriamente, juntamente com a folha de provas previamente elaborada quanto aos atributos sensoriais a serem avaliados.

O índice de aceitabilidade das análises sensoriais foi verificado mediante avaliação estatística dos valores médios obtidos para cada parâmetro e para cada provador através do tratamento de dados por Análise de Componentes Principais(PCA) utilizando o programa Statistica 7.0, e assim permitindo observar se os provadores conseguiram agrupar características semelhantes e/ou que se influenciam mutuamente, distinguindo-se das outras que lhe são opostas, ou meramente diferentes.

### 3.13 – Seleção do bolo formulado

Os resultados das análises sensoriais referentes as 10 formulações otimizadas, resultantes da matriz de planejamento foram analisadas através da Metodologia de Superfície de Resposta obtida no Statistica 7.0. A formulação do bolo mais aceito pelos provadores foi utilizados para a caracterização física, química, microbiológica e centesimal, cálculo energético, perfil de textura e o armazenamento Tabela 3.10

**Tabela 3.10**– Formulação selecionada

Ingredientes	Padrão
Ovo	59,60
Açúcar	0,00
Poliol	25,00
Stevia	0,17
Gordura	15,00
Leite	15,00
Farinha de trigo	49,75
Farinha de banana	8,25
Fermento	2,00

### 3.14 – Caracterização do bolo selecionado

O bolo selecionado foi submetido a análises físicas (teor de água, atividade de água, cor, volume e massa específica) e químicas (pH, sólidos solúveis, acidez total titulável, açúcares totais, redutores e não redutores, fibra alimentar total, solúvel e insolúvel, cinzas, minerais, lipídios, proteínas e textura. Todas as análises foram realizadas em triplicata e a textura em quintuplicata.

### 3.15 – Hidratos de carbono

Os hidratos de carbono totais do bolo foram selecionados através do método de Wendee (Oliveira et al., 1999), o cálculo engloba os hidratos de carbono digestíveis conforme Equação 3.15.

$$\text{Hidratos de carbono} = 100 - (U + GT + PB + FT + C) \quad (3.15)$$

Em que:

U – teor de água (%);

GT – gordura total (%) correspondente aos lipídeos;

PB – proteína bruta (%);

FT – fibra total (%);

C – cinzas (%).

### **3.16 – Armazenamento dos bolos**

A melhor formulação dos bolos foi acondicionado em embalagem de PPBio (polietileno biorientado) e armazenado a temperatura ambiente (25 °C), durante 5 dias.

Durante o armazenamento a amostra foi avaliada no tempo 0 e todos os dias até o final do período de estocagem avaliando-se a estabilidade dos bolos através das análises de teor de água, atividade de água, cor, pH, acidez total titulável, a análise microbiológica e a textura.

#### **3.17.1 – Análise estatística**

Os resultados do armazenamento das farinhas e dos bolos foram submetidos ao programa Statistica 7.0 quanto a análise de componentes principais (PCA), análise de variância (ANOVA) e ao teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

A análise sensorial quantitativa descritiva e as análises físicas referentes à caracterização da matriz de planejamento foram analisadas pela Metodologia de Superfície de Resposta (MRS).

#### **3.18– Análises microbiológicas**

Foram realizadas contagens de aeróbios totais nas amostras de farinha obtidas em cada tratamento osmótico e ao longo do armazenamento e durante o período de vida de prateleira dos bolos. Para tal, utilizaram-se metodologias descritas nas normas ISO 4833:2003 da Afnor (2003) e as normas portuguesas (NP 3277-1) como descritores para as metodologias de microbiologia alimentar para contagens de bolores e leveduras.

Os limites microbiológicos utilizados seguiram a recomendação do Instituto Nacional de Saúde Ricardo Jorge e Anvisa (Brasil, 2001) expresso na Tabela 3.11.

**Tabela 3.11** – Limites microbiológicos estabelecidos pelo INSA\* e ANVISA\*\*

Microorganismo	Qualidade microbiológica (ufc/g)			
	Satisfatório	Aceitável	Não Satisfatório	Inaceitável
Microorganismos a 30 °C	$\leq 10^2$	$>10^2 \leq 10^4$	$>10^4$	Não Aplicável
Leveduras	$\leq 10^2$	$>10^2 \leq 10^4$	$>10^4$	Não Aplicável
Bolores	$\leq 10$	$>10 \leq 10^2$ $>10^{4**}$	$>10^2$	

Fonte: Santos et al. (2005)\*

Brasil (2001)\*\*

## 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 – Cinética de desidratação osmótica

#### 4.1.1 – Quantidade de água

Na Tabela 4.1 encontra-se os parâmetros obtidos a partir dos ajustes dos modelos estudados de Lewis, Henderson e Pabis, Wang e Singh, Peleg e Silva et alii, aos dados experimentais de quantidade de água obtidos na cinética de desidratação das rodela de banana com casca cortadas a 5mm de espessura, sob diferentes temperaturas de osmose (40 e 70 °C) e concentrações de sacarose (40, 50 e 60 °Brix)

**Tabela 4.1**–Coeficientes obtidos no ajuste dos modelos de Lewis, Henderson e Pabis, Wang e Singh, Peleg, Page e Silva et alii aos dados experimentais de quantidade de água durante a desidratação osmótica das rodela de banana, com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e qui-quadrado ( $\chi^2$ )

Lewis						
Experimento	Temperatura (°C)	Concentração (°Brix)	Parâmetro		$R^2$	$\chi^2$
			a	b		
1	40	40	7,0961	-	0,3453	6119,9500
2	70	40	0,0049	-	0,9303	1142,2480
3	40	50	0,0034	-	0,9768	847,2210
4	70	50	0,0070	-	0,9739	908,2670
5	40	60	0,0035	-	0,9458	972,2150
6	70	60	0,0091	-	0,9260	1392,7000
Henderson e Pabis						
Experimento	Temperatura (°C)	Concentração (°Brix)	Parâmetro		$R^2$	$\chi^2$
			a	b		
1	40	40	0,8658	0,0001	0,3696	577,1390
2	70	40	0,9101	0,0042	0,8927	941,9500
3	40	50	0,9137	0,0027	0,9180	659,4580
4	70	50	0,8963	0,0060	0,9256	644,2550
5	40	60	0,0026	0,0025	0,9056	640,8180
6	70	60	0,8307	0,0070	0,8946	804,0260
Wang e Singh						
Experimento	Temperatura (°C)	Concentração (°Brix)	Parâmetro		$R^2$	$\chi^2$
			a	b		
1	40	40	-0,0014	$89 \times 10^{-6}$	0,9725	70,8301
2	70	40	-0,0036	$21 \times 10^{-5}$	0,9273	841,7230
3	40	50	-0,0028	0,1611	0,9638	373,7190
4	70	50	-0,0043	$26 \times 10^{-5}$	0,9027	1521,58
5	40	60	-0,0028	$16 \times 10^{-5}$	0,9332	667,083
6	70	60	-0,0047	$28 \times 10^{-5}$	0,8200	3205,71

Cont. Tabela 4.1

Peleg						
Experimento	Temperatura (°C)	Concentração (°Brix)	Parâmetro		R <sup>2</sup>	χ <sup>2</sup>
			a	b		
1	40	40	249,1184	3,0364	0,9644	32,7122
2	70	40	89,2763	1,2973	0,9909	46,9278
3	40	50	178,6346	1,2040	0,9664	177,6530
4	70	50	60,8431	1,1164	0,9860	92,7440
5	40	60	163,3933	1,2172	0,9518	236,1140
6	70	60	36,2972	1,1721	0,9825	120,0060

Page						
Experimento	Temperatura (°C)	Concentração (°Brix)	Parâmetro		R <sup>2</sup>	χ <sup>2</sup>
			a	b		
1	40	40	4,9876	0,2920	0,8555	133,7380
2	70	40	0,0793	0,4302	0,9426	292,829
3	40	50	4,1456	0,5013	0,9597	179,673
4	70	50	0,0710	0,5193	0,9579	300,441
5	40	60	0,0503	0,4728	0,9739	112,902
6	70	60	0,1348	0,4276	0,9828	116,616

Silva et alii						
Experimento	Temperatura (°C)	Concentração (°Brix)	Parâmetro		R <sup>2</sup>	χ <sup>2</sup>
			a	b		
1	40	40	-0,0003	0,0238	0,9619	42,7086
2	70	40	-0,0008	0,0681	0,9751	152,4040
3	40	50	99x10 <sup>4</sup>	0,0432	0,9607	227,204
4	70	50	-0,0011	0,0906	0,9705	175,952
5	40	60	-0,0001	0,0458	0,9742	111,318
6	70	60	-0,0015	0,1146	0,9939	40,4123

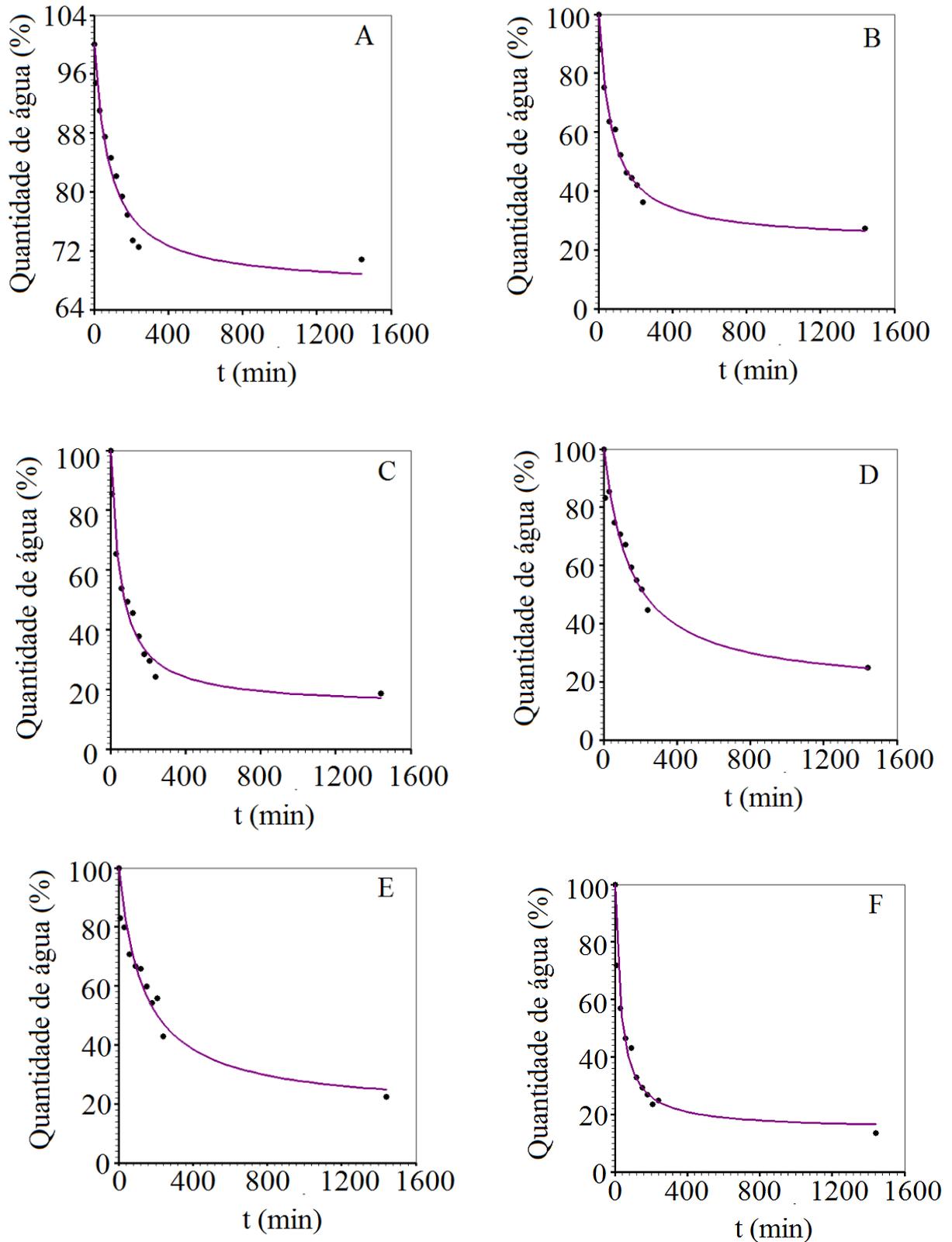
Analisando-se os resultados estatísticos dos modelos matemáticos ajustados aos dados experimentais da cinética de perda água durante a desidratação osmótica das rodela de banana, verifica-se a boa representação do modelo de Pelego qual obteve os maiores coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) variando de 0,9518 a 0,9909 e os menores qui-quadrados (χ<sup>2</sup>), apresentando ajuste da curva aos dados experimentais conforme mostrado nas Figuras 4.1A - F. Seguindo-se os mesmos critérios observa-se que o modelo de Silva et alii também apresentou boa representação de ajuste aos resultados experimentais da quantidade de água para as amostras tratadas a 40 e 50 °Brix, na concentração a 60 °Brix, o modelo de Silva et alii deteve os maiores R<sup>2</sup> e menores qui-quadrados (χ<sup>2</sup>). Figura 4.2 A– F. Atares et al. (2011) também obtiveram melhor coeficiente de determinação para o modelo de Peleg, ao ajustarem os dados da desidratação osmótica de rodela de banana a 5 mm de espessura e 25 mm de diâmetro, desidratadas em sacarose nas temperaturas de 30, 40 e 50 °C e concentrações de osmose a 45, 55 e 65 °Brix.

Ao estudarem a influência da temperatura no processo de desidratação osmótica em pedaços de goiaba imersos em solução de sacarose a 40 °Brix nas temperaturas de 30 e 40 °C, Castro et al. (2014) concluíram que a temperatura influenciou significativamente a quantidade de água presente nas fatias de goiaba, e ao analisarem os parâmetros obtidos a partir dos ajustes dos modelos para as duas condições experimentais, observaram que o modelo de Peleg apresentou melhor coeficiente de correlação ( $R^2$ ), com valores variando entre 0,91 a 0,99 e que o modelo de Silva et alii também representou o processo de transferência de massa dentro dos limites de 90% de confiabilidade para a quantidade de água das goiabas desidratadas nas duas condições estudadas.

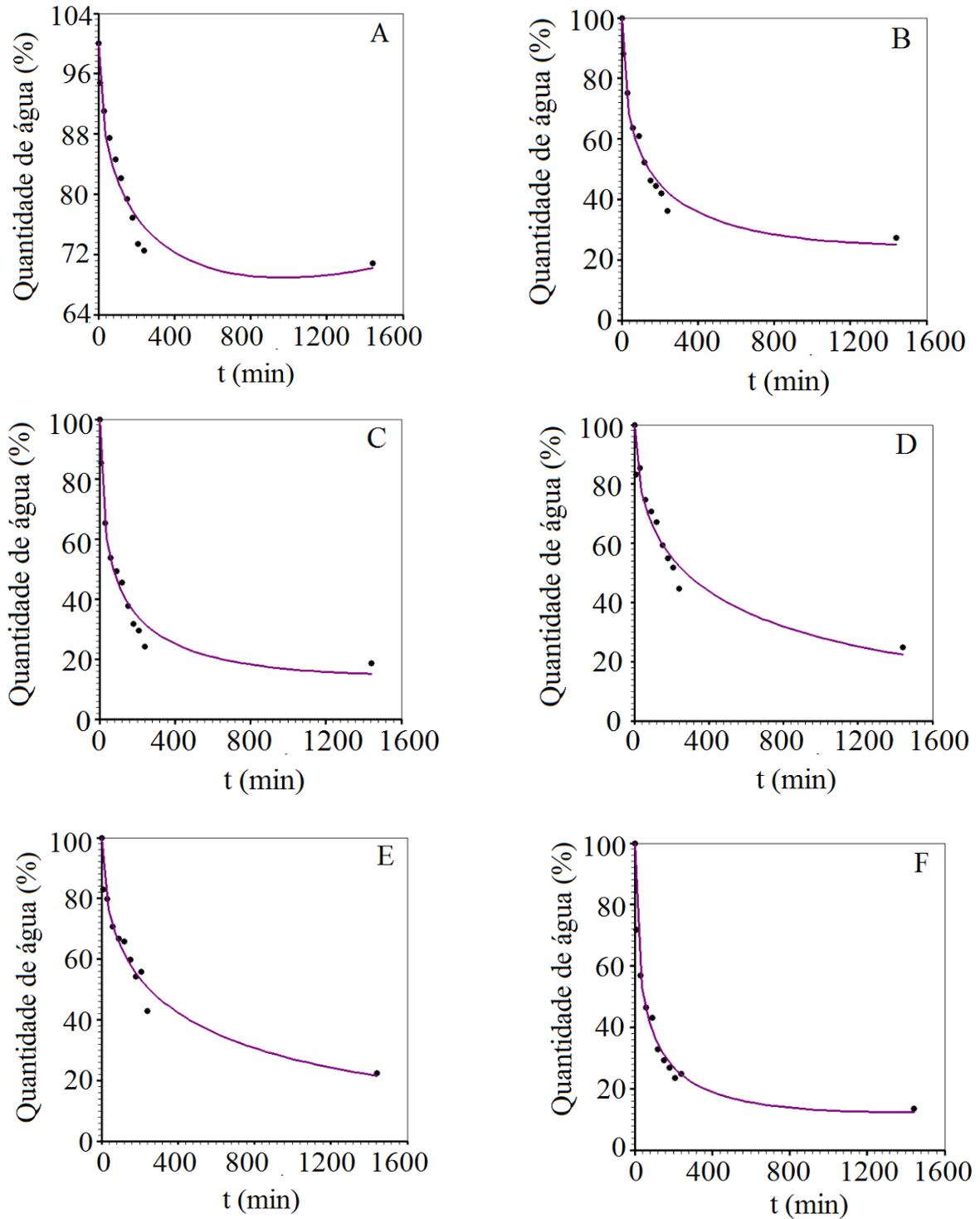
Os parâmetros do modelo de Peleg apresentam uma alta dependência com as variáveis do processo, a taxa inicial da transferência de água aumentou com o aumento da temperatura e da concentração da solução osmótica.

As curvas das de desidratação osmótica das figuras 4.1 e 4.2 e Tabela 4.2, demonstram os valores de equilíbrio para referentes aos teores de água das amostras tratadas nas diferentes condições experimentais. Verifica-se que as temperaturas e concentrações mais elevadas influenciam no maior decréscimo no teor de umidade, permitindo que esses tratamentos apresentem uma maior perda de água com o tempo, em relação aos experimentos com as menores temperaturas. Tal comportamento é explicado pela diminuição da viscosidade da solução osmótica e aumento da difusividade mássica efetiva, embora as maiores concentrações de sacarose das soluções propiciem uma maior perda de água, mesmo nesses casos, é observado que para as maiores temperaturas de osmose, existe uma maior perda nos teores de água.

Apesar da desidratação osmótica ser um processo demorado na maioria dos estudos com frutas, no presente trabalho a taxa de remoção de água e a incorporação de produtos ocorreram nos tempos iniciais, notadamente as primeiras 4 horas, e a partir daí é possível estimar as taxas iniciais de difusão de água e de solutos e estabelecer condições que maximizem a perda de água evitando uma grande incorporação de solutos. Diante dos resultados, foi observado que o período médio de 5 h é tempo necessário para que ocorra o equilíbrio da perda de água e ganho de sólidos sem que o fruto se torne emborrachado e preserve as suas características sensoriais.

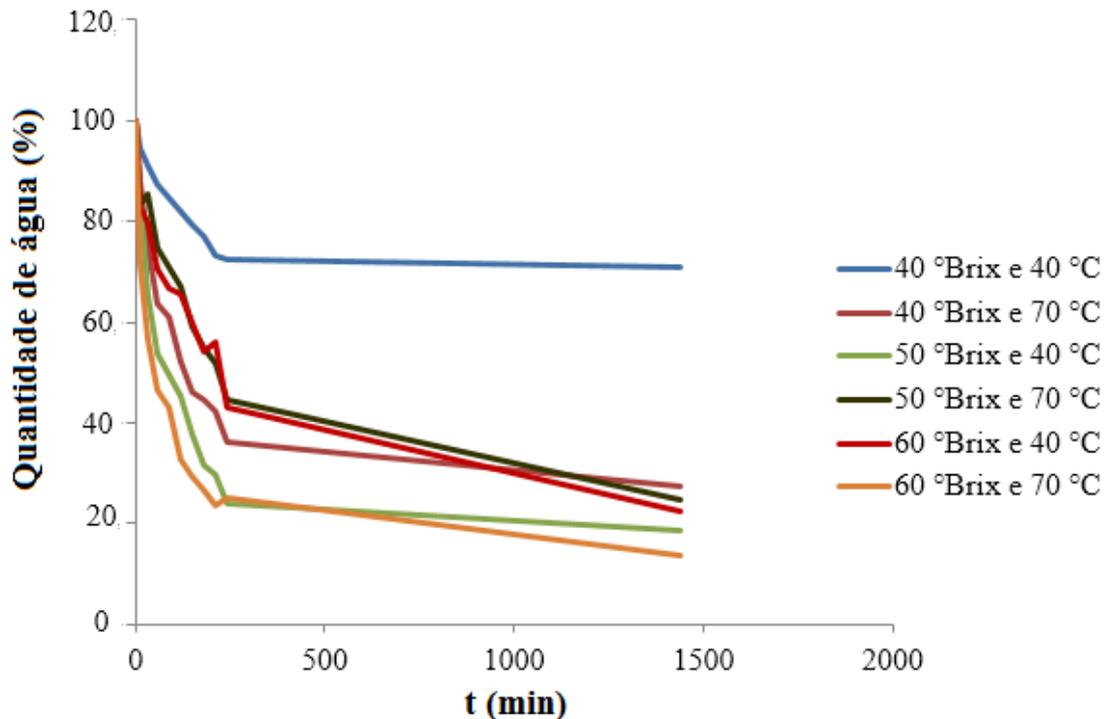


**Figura 4.1**—Ajuste do modelo de Peleg aos valores de equilíbrio da quantidade de água obtidas nas condições de 40 °Brix e 40 °C; (A), 40 °Brix e 70 °C (B), 50 °Brix e 40 °C (C), 50 °Brix e 70 °C (D), 60 °Brix e 40 °C (E), 60 °Brix e 70 °C (F).



**Figura 4.2** – Ajuste do modelo de Silva et alii aos valores de equilíbrio da quantidade de água obtida nas condições de 40 °Brix e 40 °C; (A), 40 °Brix e 70 °C (B), 50 °Brix e 40 °C (C), 50 °Brix e 70 °C (D), 60 °Brix e 40 °C (E), 60 °Brix e 70 °C (F).

A Figura 4.3 demonstra a velocidade de perda de água das rodela de banana com cascas durante a desidratação osmótica, assim é possível observar que nos primeiros 240 minutos dos tratamentos osmóticos houve uma perda de água exponencial para todas as condições experimentais, tempo responsável para a remoção de 50% do percentual de água perdido após o tempo total de desidratação.



**Figura 4.3** – Superposição das quantidades de água ao longo do tempo da desidratação osmótica das rodela de banana com casca.

De acordo com a Figura 4.3, verifica-se que a grande força motriz encontrada nos pontos iniciais do processo de desidratação osmótica é responsável pela intensa perda de água durante as horas iniciais. Após o tempo necessário para que ocorram as trocas entre o soluto e as amostras a força motriz diminui provocando consequente diminuição na taxa de remoção da água, para todos os experimentos, exceto para as amostras submetidas a concentração osmótica a 40 °Brix e 40 °C em que a perda de água se manteve constante até 1500 min, esse comportamento ocorreu devido a baixa viscosidade da solução desidratante, associada a baixa temperatura as quais não conseguiram remover parte da água retida no alimento devido a menor força motriz nos tempos subsequentes não atuando eficientemente na permeabilidade das membranas celulares.

Ao contrário, o aumento da temperatura no processo de osmose influencia em maiores perdas e maior impregnação de sólidos solúveis pela membrana celular dos tecidos vegetais, embora esse comportamento possa ser distintos em diferentes tipos de tecido vegetal (Germer, et al., 2010).

Percebeu-se que esse intervalo de tempo foi necessário para remover grande parte da quantidade de água das rodela de banana com casca submetidas a cada tratamento osmótico. Tais resultados são considerados positivos, tendo-se em vista que houve um acentuado decréscimo da quantidade de água da fruta em um curto período de tempo. A partir dos resultados obtidos pode-se afirmar que as bananas desidratadas em soluções de sacarose mais concentradas e em temperaturas mais elevadas demonstraram uma tendência aos menores valores percentuais de quantidade de água quando comparadas as desidratadas em soluções menos concentradas sob a mesma temperatura de osmose, indicando que os menores teores de água foram alcançados nas maiores temperaturas e concentrações osmóticas.

Na Tabela 4.2 estão apresentados os valores percentuais de equilíbrio para a quantidade de água perdida e ganho de sacarose ao final do processo de desidratação osmótica para cada experimento.

**Tabela 4.2** – Quantidade de água e ganho de sacarose de equilíbrio obtidas para cada tratamento osmótico

Experimentos	Temperatura (°C)	Concentração (°Brix)	Quantidade de água (%)	Quantidade de sacarose (%)
1	40	40	70,84	43,56
2	40	70	27,38	56,78
3	50	40	18,68	42,60
4	50	70	24,76	64,02
5	60	40	22,43	80,53
6	60	70	13,51	115,59

A perda de água durante o tratamento osmótico possibilita a elaboração direta de um novo produto, todavia, para qualquer produto desidratado osmoticamente é necessária a secagem complementar, principalmente para a elaboração da farinha de banana é necessário a secagem convectiva completar. Com a perda de água acentuada já no processo de desidratação osmótica o gasto energético durante o processo de secagem com ar aquecido é reduzido consideravelmente.

A maior concentração de sacarose e temperatura influenciaram na força motriz das soluções ocasionando um aumento no gradiente de pressão entre o fruto e a solução osmótica, favorecendo uma maior saída de água do fruto que fisicamente tende ao equilíbrio com o meio osmótico.

Esta influência é atribuída à alta viscosidade da solução osmótica, a qual proporciona aumento no gradiente de pressão entre o fruto e a solução osmótica permitindo a uma maior saída de água do fruto que fisicamente tende ao equilíbrio com o meio osmótico. Os valores de equilíbrio para as quantidades de sacarose também demonstraram um aumento conforme os aumentos na temperatura e concentração de sacarose.

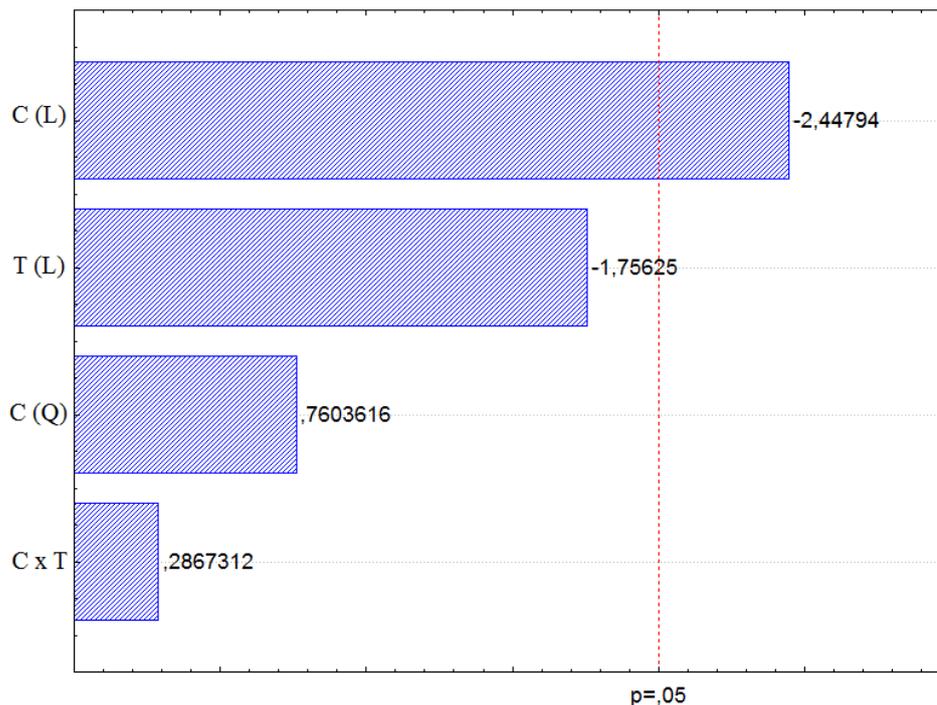
Em estudos sobre a influência do processo de desidratação osmótica de frutos e vegetais, Yadav e Singh (2014) revisaram trabalhos sobre desidratação osmótica e mostraram que a combinação de diferentes agentes osmóticos foram eficazes para as perdas nos teores de água desses alimentos, permitindo seguramente a redução de 50% na perda de água dos produtos e auxiliando na melhoria do processo de secagem. Constataram as condições ótimas de osmose em cerca de 40 °C e 40 °Brix de agente osmótico com perdas evidenciadas nos teores de água em 132 min eficientes para banana, jaca, sapoti, goiaba, manga e abacaxi, os valores variaram de acordo com os tipos de frutas e legumes e desidratantes osmóticos. Especificamente para a banana, a desidratação parcial por osmose com 70% de sacarose reduziu em 50% o seu peso inicial, e após a drenagem, lavagem e secagem à vácuo o produto pode ser preservado por 1 ano, dependendo das condições de embalagem, melhorando a cor, aparência, sabor e textura. Yadav et al. (2012) verificaram a influência das concentrações de 50 a 70 °Brix de sacarose nas temperaturas de 35, 45 e 55 °C no processo de desidratação de pedaços de pêssago durante 2, 3 e 4 h, nas proporções de 1:5 e concluíram que a condição ótima para as fatias de pêssago foi de 69,9 °Brix de sacarose de concentração a 37,63 °C durante 262,2 min, tal condição foi o necessária para reduzir os teor de água do pêssago em cerca de 28,42%.

De acordo com o diagrama de Pareto (Figura 4.4) obtido para os resultados experimentais, nota-se que a concentração em °Brix foi o fator significativa  $p < 0,05$  para a resposta de perda de água durante o processo de desidratação osmótica. O aumento na viscosidade das soluções influenciou significativamente no aumento do gradiente de concentração entre o soluto e o solvente favorecendo uma maior saída de água do produto.

A variável temperatura resultou no aumento das perdas de água das amostras, todavia, tal parâmetro não se mostrou significativo a  $p < 0,05$ . A concentração osmótica exerceu maior atividade durante o processo, indicando que o aumento da viscosidade atribuída pela maior incorporação de sacarose e aumento nos teores de sólidos solúveis totais tenham favorecido a transferência de massa no meio hipertônico.

Comportamento semelhante foi encontrado através dos estudos de Jain et al. (2011) sobre a otimização do processo de desidratação osmótica de mamões em cubos a 1 cm de espessura, submetidos as temperaturas de 30, 40 e 50°C submersos nas soluções a 50, 60 e 70 °Brix, na porpoção de 4:1 (g/g) durante 4, 5 e 6 h, constataram que os níveis ótimos de sacarose obtidos durante a desidratação osmótica estão intimamente relacionados à temperatura e concentração de osmose, para tais condições. Verificaram ainda que as condições ótimas de desidratação osmótica para manutenção das qualidades do mamão, seria a 37 °C e 60 °Brix durante 255 minutos.

**Figura 4.4** - Diagrama de Pareto das variáveis de influência da quantidade de água.

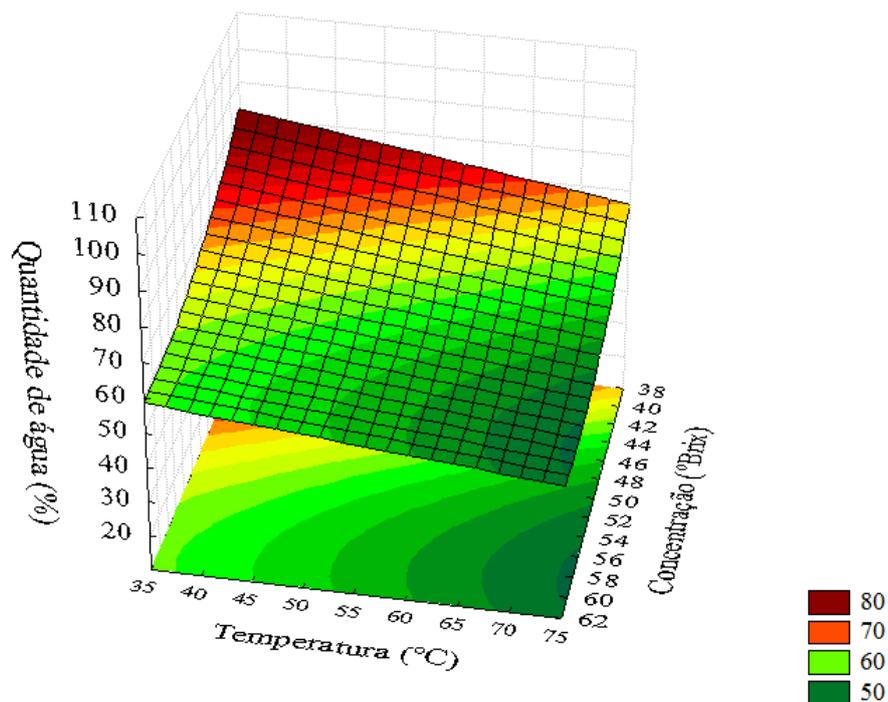


O efeito das variáveis individuais e suas interações demonstraram que a máxima concentração de osmose foi fator significativo para a máxima perda nos teores de água das rodela de banana com casca.

A partir da análise de regressão linear múltipla do processo de desidratação osmótica sob diferentes concentrações de sacarose e temperaturas obteve-se o gráfico de superfície de resposta apresentada na Figura 4.5.

De acordo com a Figura 4.5 observa-se que os pontos ótimos para que haja a maior perda de água correspondem a maior temperatura de desidratação osmótica (70 °C) e maior concentrações de osmose (60 °Brix). A temperatura foi fator significativo para a perda de água durante o processo de desidratação osmótica.

Esse fenômeno diz respeito a transferência de massa influenciada diretamente pela força de osmose gerada pelas maiores concentrações que atuam interativamente com o aumento das temperaturas. Germer et al. (2011) estudando a variância da temperatura de osmose (30 a 50 °C) e concentração da solução de sacarose (45 a 65 °Brix) no processo de desidratação de pêesegos durante 4 h, verificaram que as condições de processo de 50 a 54,1 °C e 55 a 65 °Brix porporcionaram maiores perdas de água e melhores empenhos sensoriais.



**Figura 4.5** - Superfície de resposta para a quantidade de água das rodelas de banana com casca.

Sousa et al. (2003) ao estudarem o processo de desidratação osmótica de bananas submetidas as soluções de sacarose a 55 e 65 °Brix, nas porporções de 1:2 e 1:4 (fruto:solução) e na temperatura a 65 °C durante 240 minutos, observaram que a perda de água ocorreu na maior concentração osmótica a 65 °Brix imersos em soluções na proporção a 1:2.

O modelo empírico como os parâmetros estatisticamente significativos foi obtido através de regressão linear dos dados experimentais e está representado na Equação 4.1 que representa a quantidade de água das rodela de banana com casca desidratadas em solução de sacarose, com coeficiente de determinação  $R^2 = 0,95$  que representa satisfatoriamente a variação dos dados observados.

$$QA(\%) = 253,28 - 5,87B + 0,05B^2 - 0,67T + 0,007B \times T \quad (4.1)$$

QS = Quantidade de sacarose (%)

B = Concentração de osmose (°Brix)

T = Temperatura de osmose (°C)

#### 4.1.2 – Quantidade de sacarose

Na Tabela 4.3 estão representados os parâmetros obtidos a partir dos ajustes dos modelos matemáticos aos dados experimentais de quantidade de sacarose das rodela de banana com casca cortadas a 5 mm de espessura.

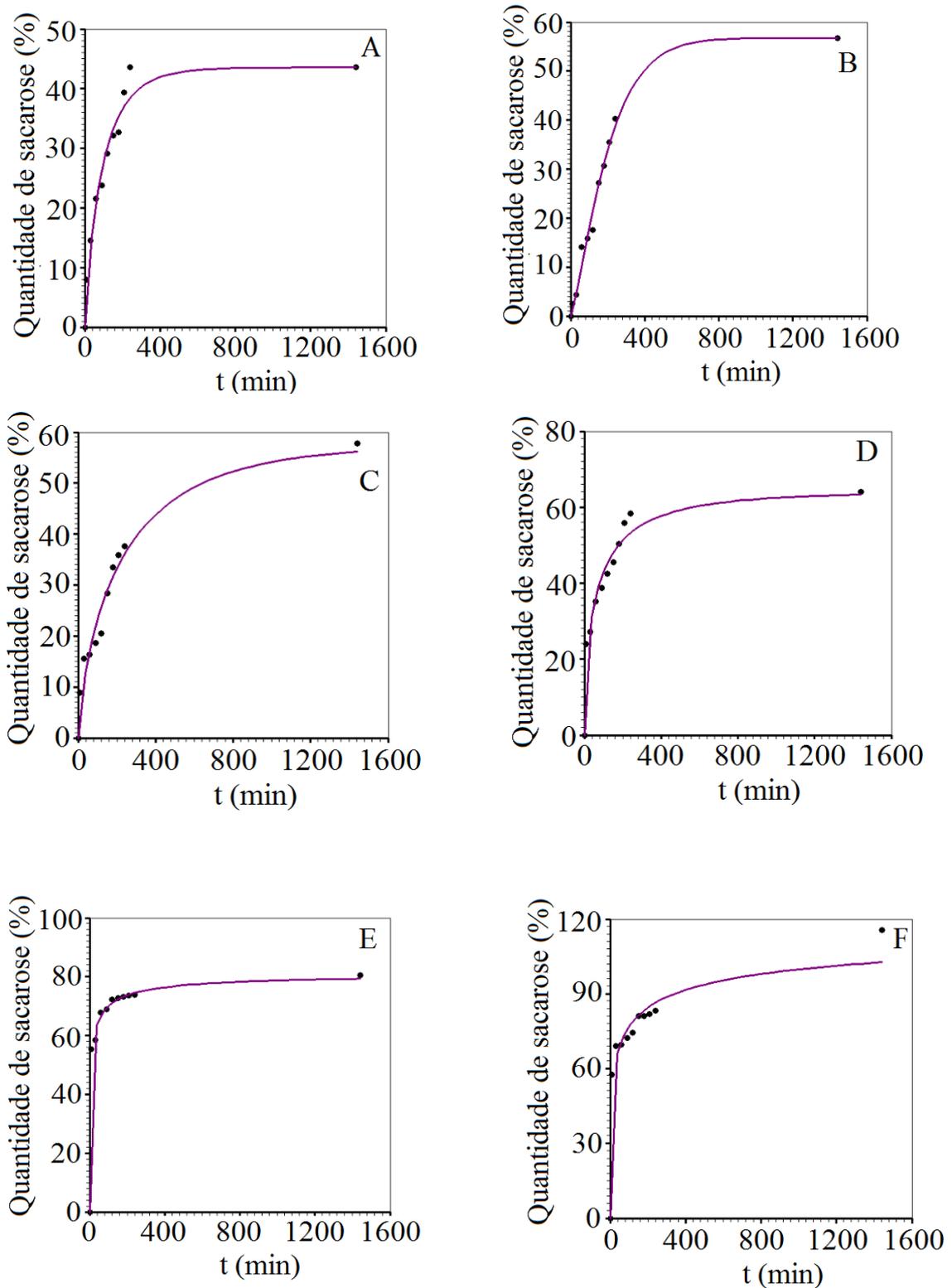
**Tabela 4.3** - Coeficientes obtidos no ajuste dos modelos aos dados experimentais da quantidade de sacarose durante a desidratação osmótica das rodela de banana

Lewis						
Experimento	Temperatura (°C)	Concentração (°Brix)	Parâmetro		R <sup>2</sup>	χ <sup>2</sup>
			a	b		
1	40	40	0,0099	-	0,9715	68,6705
2	70	40	0,0042	-	0,9831	58,0012
3	40	50	0,0108	-	0,9229	488,087
4	70	50	0,0046	-	0,9644	131,020
5	40	60	0,0821	-	0,9301	888,177
6	70	60	0,0100	-	0,6925	524,537
Henderson e Pabis						
Experimento	Temperatura (°C)	Concentração (°Brix)	Parâmetro		R <sup>2</sup>	χ <sup>2</sup>
			a	b		
1	40	40	43,7294	0,0099	0,9718	68,6308
2	70	40	57,8048	0,0041	0,9828	56,9391
3	40	50	57,6395	0,0146	0,9052	435,077
4	70	50	57,2849	0,0046	0,9635	130,790
5	40	60	71,6562	13,3333	0,9475	258,894
6	70	60	81,5595	0,1091	0,8000	1539,09

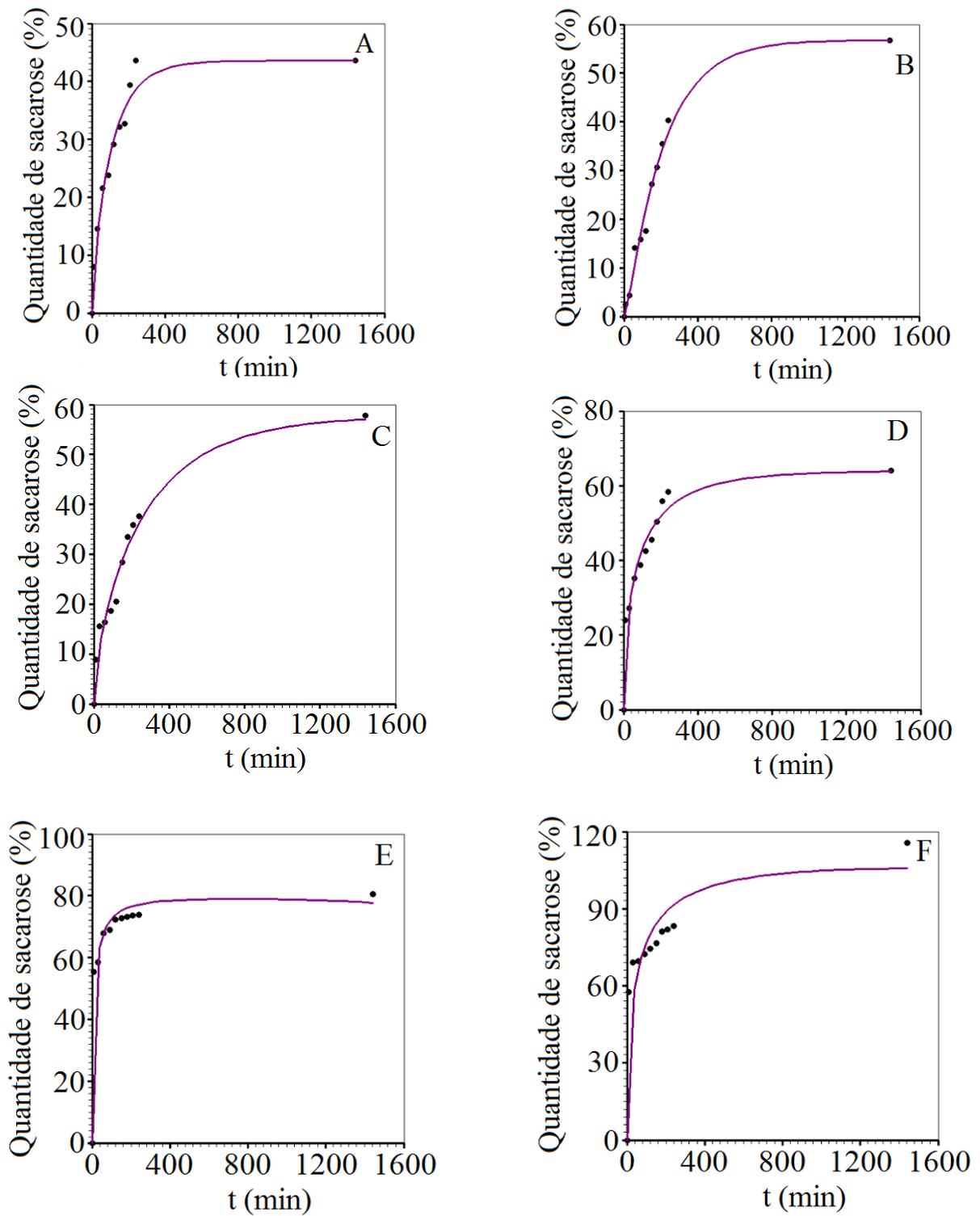
Cont. Tabela 4.3

Wang e Singh						
Experimento	Temperatura (°C)	Concentração (°Brix)	Parâmetro		R <sup>2</sup>	χ <sup>2</sup>
			a	b		
1	40	40	0,0052	21x10 <sup>-5</sup>	0,9550	230,111
2	70	40	0,0033	18x10 <sup>-5</sup>	0,9915	26,6219
3	40	50	0,0052	31x10 <sup>-5</sup>	0,8796	1254,52
4	70	50	0,0034	19x10 <sup>-5</sup>	0,9618	189,725
5	40	60	0,0061	-37x10 <sup>-5</sup>	0,4901	8130,03
6	70	60	0,0046	-27x10 <sup>-5</sup>	0,6006	9096,04
Peleg						
Experimento	Temperatura (°C)	Concentração (°Brix)	Parâmetro		R <sup>2</sup>	χ <sup>2</sup>
			a	b		
1	40	40	1,4727	0,0206	0,9624	77,1564
2	70	40	3,4033	0,0146	0,9698	99,7912
3	40	50	0,6703	0,0157	0,9373	235,362
4	70	50	2,8359	0,0153	0,9627	111,439
5	40	60	0,0628	0,0133	0,9797	99,9528
6	70	60	0,0922	0,0113	0,8575	1097,61
Page						
Experimento	Temperatura (°C)	Concentração (°Brix)	Parâmetro		R <sup>2</sup>	χ <sup>2</sup>
			a	b		
1	40	40	0,0211	0,8420	0,9738	54,58
2	70	40	0,0012	1,2482	0,9890	34,8613
3	40	50	0,1022	0,5205	0,9685	106,946
4	70	50	0,0181	0,7280	0,9677	84,0962
5	40	60	0,5867	0,2700	0,9958	20,5227
6	70	60	0,3325	0,2592	0,9632	285,766
Silva et alii.						
Experimento	Temperatura (°C)	Concentração (°Brix)	Parâmetro		R <sup>2</sup>	χ <sup>2</sup>
			a	b		
1	40	40	0,0070	0,0307	0,9766	48,4800
2	70	40	0,0054	-0,0135	0,9861	43,5992
3	40	50	0,0014	0,0976	0,9712	98,8181
4	70	50	0,0022	0,0284	0,9729	69,8967
5	40	60	0,0051	0,2839	0,9750	144,414
6	70	60	0,0016	0,1278	0,8995	958,460

Os valores observados do coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) e do qui-quadrados (χ<sup>2</sup>) para a descrição da quantidade de sacarose a cada tempo de desidratação osmótica revelam que o modelo de Page (Figuras 4.6 A – F) como melhor modelo representativo, com R<sup>2</sup> variando de 0,9677 a 0,9958, seguido do modelo de Silva et alii. O modelo de Wang e Singh demonstrou não ser satisfatório para a descrição da transferência de massa, apresentando valores do qui-quadrados elevados.



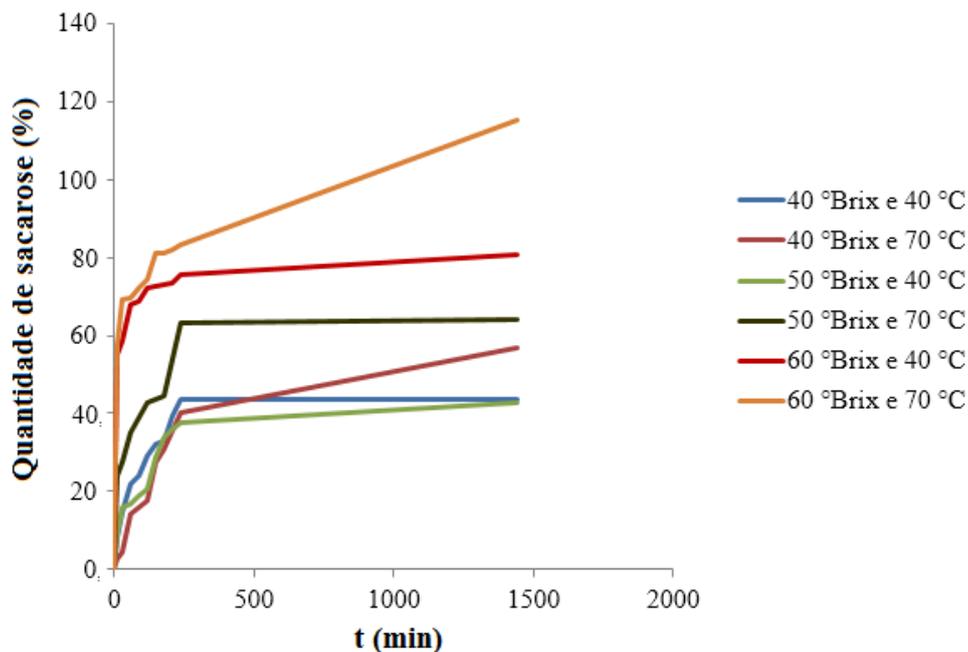
**Figura 4.6** –Ajuste do modelo de Page aos valores de equilíbrio da quantidade de sacarose obtida nas condições de 40 °Brix e 40 °C; (A), 40 °Brix e 70 °C (B), 50 °Brix e 40 °C (C), 50 °Brix e 70 °C (D), 60 °Brix e 40 °C (E), 60 °Brix e 70 °C (F).



**Figura 4.7**—Ajuste do modelo de Silva et alii aos valores de equilíbrio da quantidade de sacarose obtida nas condições de 40 °Brix e 40 °C; (A), 40 °Brix e 70 °C (B), 50 °Brix e 40 °C (C), 50 °Brix e 70 °C (D), 60 °Brix e 40 °C (E), 60 °Brix e 70 °C (F).

Nas Figuras 4.6 e 4.7, observa-se os valores de equilíbrio para as quantidades de sacarose obtidas nos experimentos apresentados na Tabela 4.2. Observou-se que houve um aumento nos seus valores, conforme o aumento na concentração das soluções de sacarose, com impregnação expressiva para o experimento 6 (70 °C e 60 °Brix) também relacionado as maiores perdas de água. Resultados obtidos por Germer et al. (2011) para o estudo da desidratação osmótica de pêsego em função da temperatura e da concentração do xarope de sacarose, demonstraram que as variáveis temperatura e concentração de sacarose apresentaram forte influência nos parâmetros de perda de água e ganho de massa, e menor influência nas variações físicas e químicas do pêsego em metades do processo de desidratação osmótica, para este experimento a temperatura também foi o fator preponderante na influência dos resultados.

Verifica-se de acordo com a Figura 4.8 que assim como o comportamento da perda de água, a absorção da sacarose da solução pelas amostras submersas foi maior nas 4 primeiras horas de processo nas condições de osmose a 40 °Brix e 40 °C, 50 °Brix e 40 °C, 50 °Brix e 70 °C e 60 °Brix e 40 °C. As amostras tratadas a 40 °Brix e 70 °C e 60 °Brix e 70 °C, o acréscimo de sacarose ocorreu ao longo dos 1500 minutos, notadamente para a condição experimental de 60 °Brix e 70 °C.

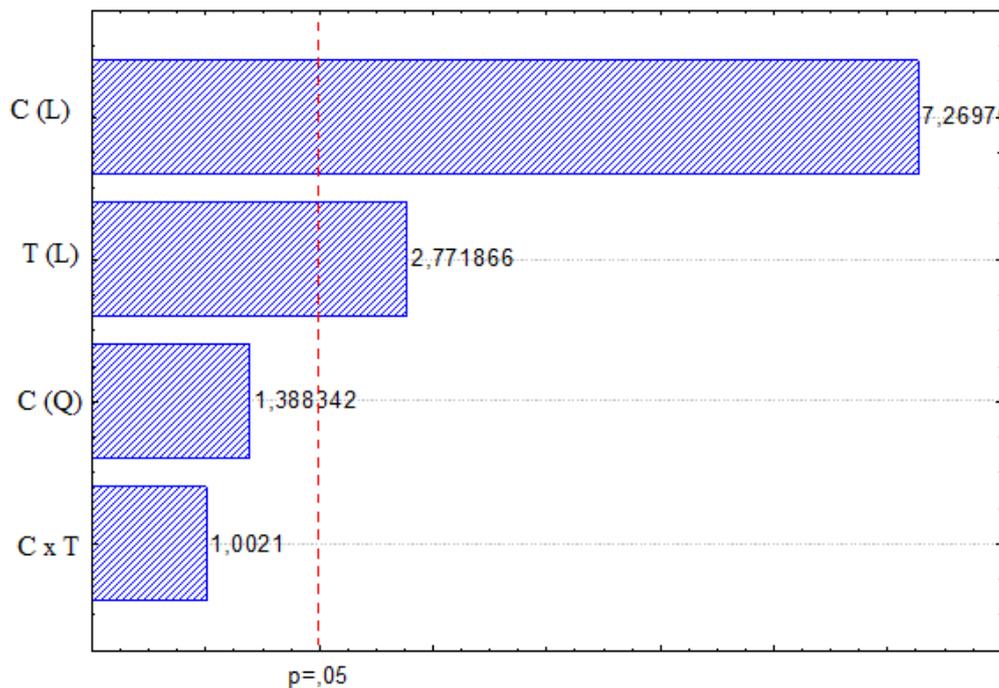


**Figura 4.8**—Velocidade do ganho de sacarose durante a desidratação osmótica.

Observa-se que a velocidade de ganho de sacarose pelas amostras é mais expressiva nas amostras submetidas as maiores temperaturas e na maior concentração de

osmose, havendo uma maior impregnação de sacarose até as 24 h de desidratação osmótica notadamente para o experimento a 60 °Brix e 70 °C. Souza et al. (2012) observaram que o período necessário para que ocorresse o equilíbrio no ganho de sólidos de sacarose pelos pedaços de abacate cortados nas espessuras de 0,5 e 1 cm, submersos em soluções de sacarose a 30 e 60 °Brix e nas temperaturas de 25 e 45 °C foi de 200 min. O comportamento da solução desidratante influencia no processo de desidratação osmótica, devido as diferenças nos pesos moleculares dos solutos empregados, resultados encontrados para a desidratação do melão em dois agentes desidratantes (sacarose e maltose), demonstrou as maiores taxas de perdas de água e menor incorporação de sólidos ao longo do tempo em relação a sacarose (Ferrari et al., 2005).

A Figura 4.9 está representado os diagrama de Pareto dos efeitos estimados sobre a resposta de ganho de sólidos e sua relação com as variáveis concentração de osmose e temperatura após a desidratação osmótica.

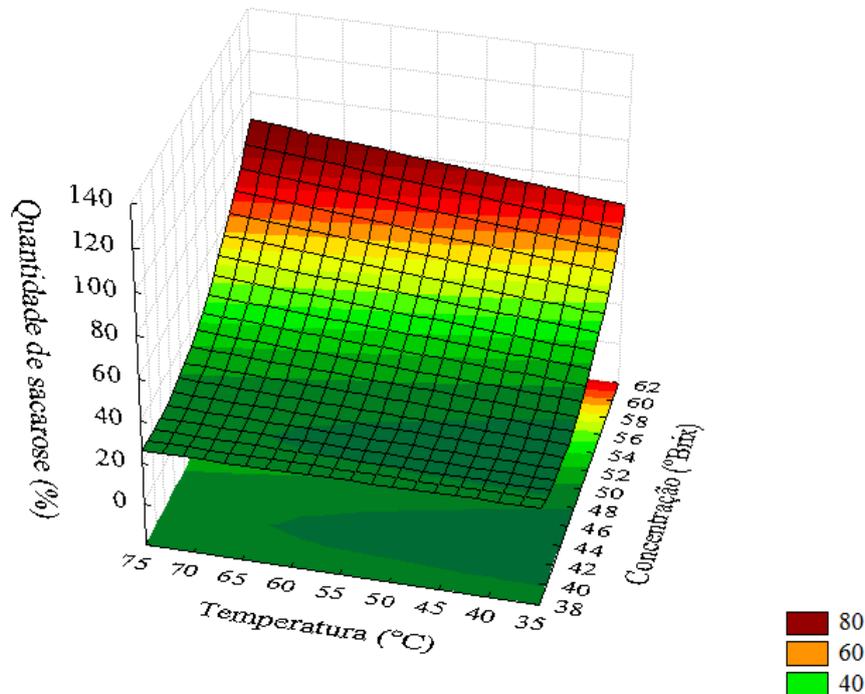


**Figura 4.9** – Diagrama de Pareto das variáveis de influência da quantidade de sacarose.

Conforme observado, a concentração de osmose (°Brix) se apresentou como variável significativa a  $p < 0,05$  para a resposta do ganho de sólidos, ou seja, quanto maior a concentração de osmose, maior a incorporação de sólidos. Estudos sobre a obtenção passas de cagaita, desidratadas em soluções de sacarose a 65 e 70 °Brix e nas temperaturas

de 50 e 70 °C, demonstraram que a maior incorporação de sólidos solúveis foi obtida nas condições de 65 °Brix e 70 °C (Silva et al., 2015a).

A Figura 4.10 representa a análise linear múltipla para as diferentes concentrações de sacarose e temperaturas, expressa no gráfico de superfície de respostas para ganho de sólidos.



**Figura 4.10** – Superfície de resposta para a quantidade de sólidos.

A Figura 4.10 ilustra a superfície de resposta das curvas de desidratação osmótica para as variáveis percentual de sacarose (S%), temperatura de osmose (T °C) e °Brix sobre o ganho de sólidos das rodela de banana com casca. Este fenômeno revela que o ganho de sólido é influenciado pelo aumento da concentração de osmose e que o aumento da temperatura também atua no aumento no ganho de sólidos para o maior grau de osmose. A análise da superfície de resposta revela que a região ótima para o máximo ganho de sólidos, para as referidas condições experimentais estudadas, está em 70 °C e 60 °Brix.

As altas temperaturas aumentam a permeabilidade da membrana plasmática das células favorecendo a transferência de solutos. Temperaturas elevadas ainda ocasionam redução na viscosidade da solução osmótica e redução da resistência externa a transferência de massa, facilitando o transporte de água e solutos.

Trabalhos desenvolvidos com desidratação osmótica de bananas por Maeda Loreto (1998) demonstraram que a utilização de soluções concentradas de sacarose é capaz de remover cerca de 84% da água inicial das frutas, o que corrobora com os resultados do presente estudo. Os autores verificaram que os processos tradicionais de secagem da banana geralmente levam ao escurecimento enzimático das frutas, com base nisso, verificaram o efeito do tempo de processamento, temperatura (60, 65, 70 e 75 °C) e concentração da solução de sacarose (60 e 70 °Brix) sobre a perda de água e ganho de sacarose das frutas e concluíram que a temperatura de 72 °C levou a máxima perda de água assim como a maior concentração de sacarose, entretanto, fixaram a concentração de 70 °Brix como a máxima por ser difícil trabalhar em concentrações mais elevadas.

Percebe-se que o aumento da temperatura influenciou tanto na perda de água como na captação de sacarose. Uma das vantagens desse método de desidratação osmótica é o aspecto final das bananas, que sob condições adequadas não sofrem escurecimento enzimático, mesmo sem terem sido previamente submetidas a tratamentos anti-oxidantes. A textura e o sabor das bananas se mantêm superiores aos produtos encontrados normalmente no comércio tratadas apenas através dos métodos tradicionais de secagem.

A equação de regressão linear que descreve como os parâmetros significativos foram obtidos a partir dos dados experimentais está representado na Equação 4.2, para estimar a quantidade de sólidos adquiridas pelas rodela de banana com casca ao final do processo de desidratação osmótica, com coeficiente de determinação  $R^2 = 0,95$ .

$$QS(\%) = 322,63 - 13,21B + 0,14B^2 - 0,77T + 0,02B \times T \quad (4.2)$$

Em que:

QS = Quantidade de sacarose (%)

B = Concentração de osmose (°Brix)

T = Temperatura de osmose (°C)

#### 4.2 – Cinética de secagem

A Tabela 4.4 mostra os parâmetros do ajuste dos modelos descritos na Tabela 3.3, aos dados experimentais de razão de umidade em função do tempo, obtidos a partir da secagem das amostras tratadas sob condições osmóticas a 40 e 50 °Brix e nas

temperaturas de 40 e 70 °C das rodela de banana com casca e secas convencionalmente nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C.

**Tabela 4.4** – Parâmetros de ajuste dos modelos aos dados experimentais das secagem das bananas pré-tratadas osmoticamente e secas nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C

<b>Lewis</b>							
Temperatura secagem	Experimento	Concentração (° Brix)	Temperatura (°C)	Parâmetro a		R <sup>2</sup>	χ <sup>2</sup>
40°C	1	40	40	0,0190	-	0,9260	0,2212
	2	40	70	0,0123	-	0,9374	0,0947
	3	50	40	0,0090	-	0,9820	0,0415
	4	50	70	0,0172	-	0,9558	0,0796
50 °C	1	40	40	0,0095	-	0,9446	12,000
	2	40	70	0,0243	-	0,9884	11,000
	3	50	40	0,0135	-	0,9855	12,000
	4	50	70	0,0227	-	0,9808	0,0397
60 °C	1	40	40	0,0184	-	0,9852	0,0478
	2	40	70	0,0409	-	0,9770	0,0493
	3	50	40	0,0211	-	0,9767	0,0626
	4	50	70	0,0405	-	0,9940	0,011
<b>Henderson e Pabis</b>							
Temperatura secagem	Experimento	Concentração (° Brix)	Temperatura (°C)	Parâmetro a b		R <sup>2</sup>	χ <sup>2</sup>
40°C	1	40	40	1,2120	0,0255	0,9440	0,1308
	2	40	70	0,9664	0,01160	0,9331	0,09131
	3	50	40	1,0283	0,0093	0,9815	0,03874
	4	50	70	0,9753	0,0164	0,9523	0,0783
50 °C	1	40	40	1,1101	0,0106	0,9354	0,1496
	2	40	70	1,0062	0,0263	0,9897	0,0170
	3	50	40	1,0951	0,0152	0,9827	0,0388
	4	50	70	1,0697	0,0248	0,9825	0,0296
60 °C	1	40	40	1,0790	0,0203	0,9844	0,0328
	2	40	70	0,9623	0,0386	0,9741	0,0417
	3	50	40	0,1092	0,0237	0,9768	0,0439
	4	50	70	0,9781	0,0393	0,9934	0,0107
<b>Wang e Singh</b>							
Temperatura secagem	Experimento	Concentração (° Brix)	Temperatura (°C)	Parâmetro a b		R <sup>2</sup>	χ <sup>2</sup>
40°C	1	40	40	0,0042	0,41x10 <sup>-5</sup>	0,9812	0,0300
	2	40	70	0,0095	0,26x10 <sup>-4</sup>	0,8963	0,1540
	3	50	40	0,0065	0,11x10 <sup>-4</sup>	0,9725	0,0595
	4	50	70	0,0102	0,26x10 <sup>-4</sup>	0,8708	0,2438
50 °C	1	40	40	-0,0067	0,94x10 <sup>-5</sup>	0,9674	0,0785
	2	40	70	0,0147	0,51x10 <sup>-4</sup>	0,9396	0,0113
	3	50	40	-0,0101	0,25x10 <sup>-4</sup>	0,9882	0,0295
	4	50	70	-0,0124	0,00004	0,9381	0,1121
60 °C	1	40	40	-0,0124	0,36x10 <sup>-4</sup>	0,9697	0,0619
	2	40	70	-0,0104	0,23x10 <sup>-4</sup>	0,7132	0,8450
	3	50	40	-0,0142	0,47x10 <sup>-4</sup>	0,9559	0,082
	4	50	70	-0,0170	0,63x10 <sup>-4</sup>	0,8604	0,3520

Cont. Tabela 4.4

<b>Peleg</b>							
Temperatura secagem	Experimento	Concentração (° Brix)	Temperatura (°C)	Parâmetro		R <sup>2</sup>	χ <sup>2</sup>
				a	b		
40°C	1	40	40	0,0044	0,8414	0,9094	0,2573
	2	40	70	0,0051	0,9264	0,9612	0,0524
	3	50	40	0,0001	0,6743	0,9848	0,0331
	4	50	70	0,0037	0,9271	0,9742	0,0380
50 °C	1	40	40	0,0001	0,2755	0,9608	0,8817
	2	40	70	0,0034	0,7967	0,9771	0,0441
	3	50	40	0,0077	0,6088	0,9754	0,0599
	4	50	70	0,0037	0,7836	0,9687	0,0599
60 °C	1	40	40	0,0050	0,7231	0,9706	0,0661
	2	40	70	0,0014	0,9835	0,9865	0,0159
	3	50	40	0,0043	0,7304	0,9601	0,0837
	4	50	70	0,0016	0,9048	0,9906	0,0124
<b>Page</b>							
Temperatura secagem	Experimento	Concentração (° Brix)	Temperatura (°C)	Parâmetro		R <sup>2</sup>	χ <sup>2</sup>
				a	b		
40°C	1	40	40	0,0016	1,2583	0,9840	0,0263
	2	40	70	0,0318	0,7795	0,9510	0,0645
	3	50	40	0,0072	0,0104	0,9812	0,0404
	4	50	70	0,0416	0,7728	0,9629	0,0525
50 °C	1	40	40	5,2x10 <sup>4</sup>	2,1254	0,9935	0,0173
	2	40	70	0,0100	1,2508	0,9928	0,0143
	3	50	40	0,0016	1,5102	<b>0,9971</b>	0,0064
	4	50	70	0,00688	1,3369	0,9884	0,0239
60 °C	1	40	40	0,0028	1,4928	0,9962	0,0083
	2	40	70	0,1104	0,6721	0,9764	0,0299
	3	50	40	0,0020	1,6418	0,9925	0,0165
	4	50	70	0,0602	0,8740	0,9942	0,0079
<b>Silva et alii</b>							
Temperatura secagem	Experimento	Concentração (° Brix)	Temperatura (°C)	Parâmetro		R <sup>2</sup>	χ <sup>2</sup>
				a	b		
40°C	1	40	40	0,0604	0,2162	0,9895	0,0395
	2	40	70	0,0074	0,0397	0,9438	0,0735
	3	50	40	0,0099	0,0093	0,9813	0,0394
	4	50	70	0,0097	0,04919	0,9555	0,0630
50 °C	1	40	40	0,0163	-0,0649	0,9612	0,0895
	2	40	70	0,03596	-0,0642	0,9951	0,0094
	3	50	40	0,0225	-0,0674	0,9950	0,0104
	4	50	70	0,0354	-0,7127	0,9900	0,0187
60 °C	1	40	40	0,0296	-0,0715	0,9937	0,0126
	2	40	70	0,0145	0,1177	0,9726	0,0366
	3	50	40	0,0195	0,0019	0,9895	0,0195
	4	50	70	0,0319	0,0394	0,9940	0,0087

Na Tabela 4.4 verifica-se todos os modelos utilizados para representar o processo de secagem das rodela de bananas em fatias de 5 mm apresentaram elevados coeficientes de determinação superiores a 0,90 para todos os modelos, exceto Wang e Singh. Observa-se as melhores representações da perda de água durante a secagem aos modelos de Page e Silva et alii, os quais obtiveram coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) variando de 0,9510 a 0,9971 e 0,9438 a 0,9950, respectivamente, e os menores qui-quadrados (χ<sup>2</sup>),

apresentando os melhores ajustes da curva aos dados experimentais conforme mostrado nas Figuras 4.11 e 4.12.

De acordo com os mesmos critérios, tem-se os modelos de Lewis e Henderson & Pabis que também apresentaram boa representação de ajuste aos pontos experimentais para a perda de água. Em contrapartida, o modelo de Wang e Singh apresentou valores de coeficientes de determinação relativamente bons na maioria dos experimentos, porém com valores de  $R^2$  variando de 0,71 a 0,99 indicando que para esse modelo houve ajuste menos satisfatório.

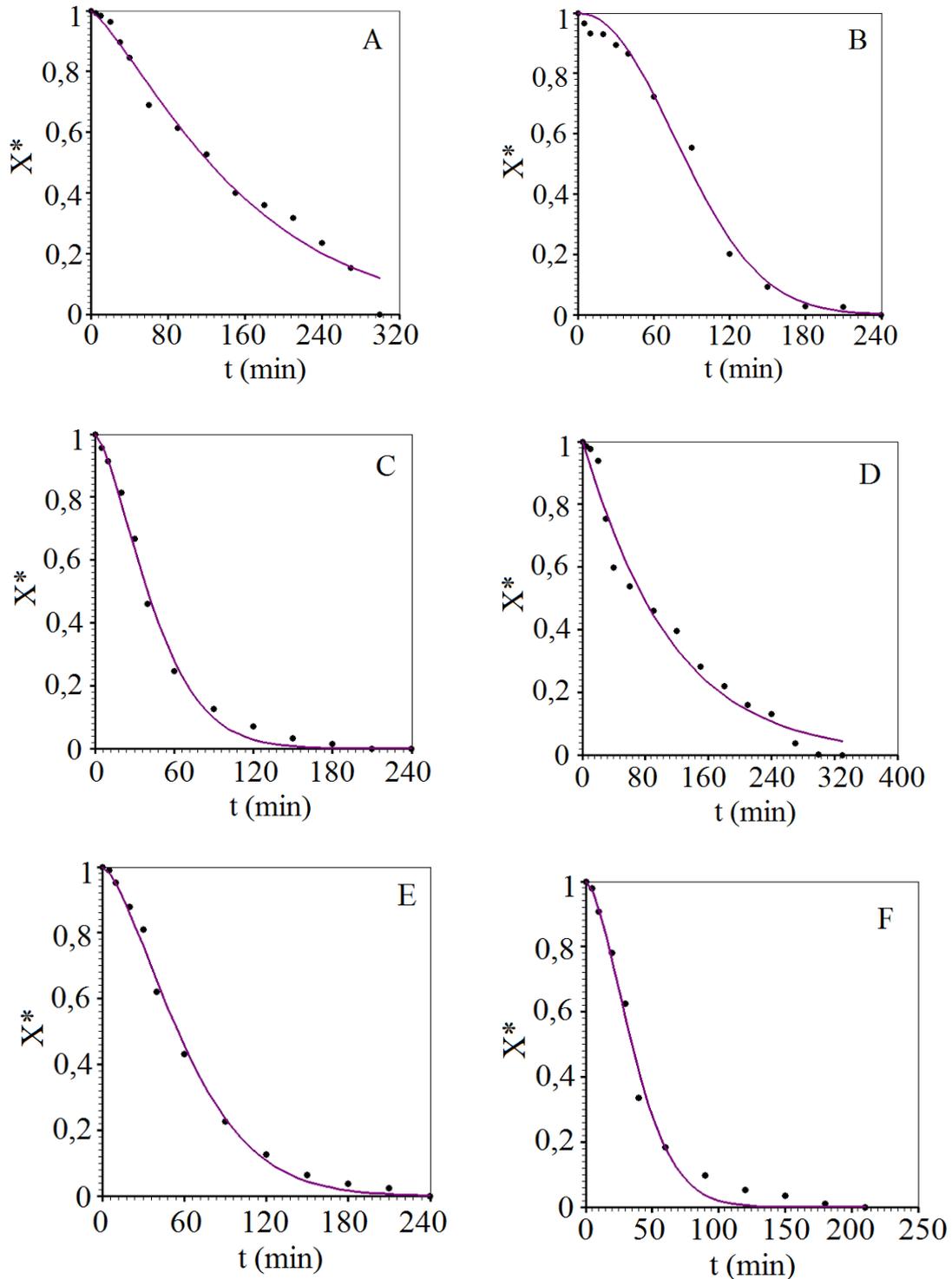
Menezes et al. (2013) estudando sobre secagem convectiva em leito fixo de bagaço de maracujá, verificou que o modelo de Page foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais de secagem que apresentou maior coeficiente de determinação (0,977). Exceto o modelo de Wang e Singh, os modelos utilizados para ajuste aos dados de secagem apresentaram boa relação com os resultados experimentais.

Silva et al. (2014) ao estudarem o processo de secagem convectiva de bananas inteiras e em camadas finas, nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C verificaram através de equações empíricas que os modelos de Page e Silva et alii foram os modelos que melhor se ajustaram aos resultados experimentais, permitindo descrever a cinética de secagem. No mesmo estudo, os modelos de Wang e Singh, Lewis e Henderson e Pabis apresentaram os piores resultados, o modelo de Peleg representou razoavelmente os processos de secagem.

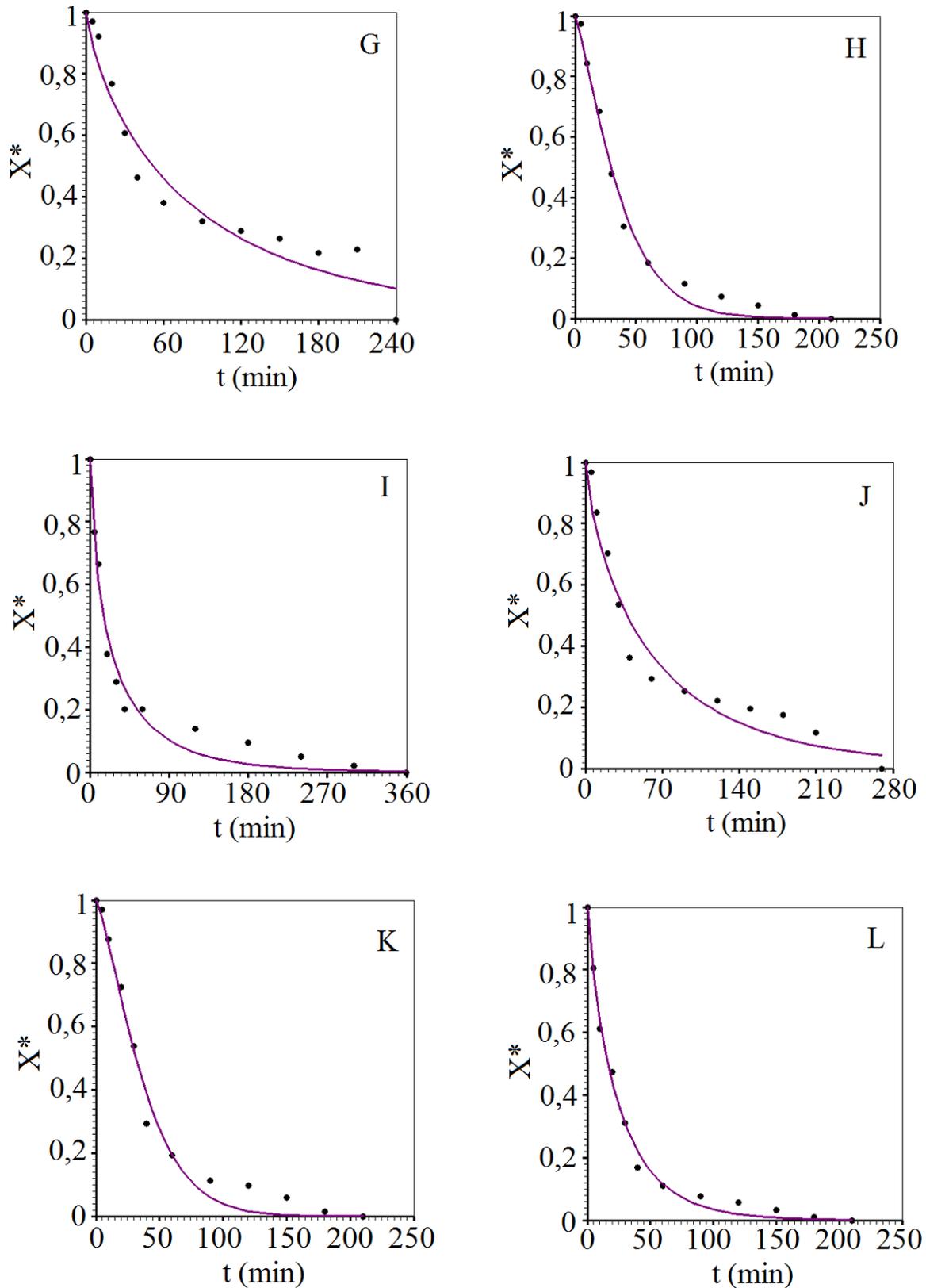
Verifica-se que as diferenças entre as curvas de secagem são influenciadas pelas temperaturas, reduzindo gradativamente os tempos de secagem sob o efeito das temperaturas mais elevadas do ar de secagem. De acordo com as Figuras 4.11 e 4.12, observa-se que o menor tempo de secagem foi obtido a 60 °C, o tempo do processo variou entre 210 min (60 °C) à 360 min (40 °C). O pré-tratamento de desidratação osmótica reduziu consideravelmente o tempo das amostras submetidas às secagens convectivas. Ainda observando essas figuras percebe-se que as amostras submetidas as mesmas temperaturas de secagem apresentaram comportamento semelhante em relação ao tempo.

Ao verificarmos a Figura 4.11 referente as curvas de secagem pré-desidratadas nas condições de 40 °Brix e 40 °C, constata-se que a taxa de secagem reduziu conforme o aumento das temperaturas, assim o tempo de secagem obtido para as temperaturas de 40, 50 e 60 °C foram respectivamente de 300, 240 e 240 min, demonstrando que não houve diferenças no tempo de secagem entre as amostras secas à 50 e 60 °C para a referida condição de pré-tratamento osmótico. Nas amostras submetidas a 50 °Brix e 40 °C, o

tempo de secagem para as três temperaturas de secagem foram de 330, 240 e 210 min referentes as temperaturas de secagem de 40, 50 e 60 °C.



**Figura 4.11** – Ajuste do modelo de Page aos dados da secagem das rodela de banana com casca nas condições de 40 °Brix e 40 °C e temperaturas de secagem de 40 °C (A), 50 °C (B), 60 °C (C); 50 °Brix e 40 °C e temperaturas de secagem de 40 °C (D), 50 °C (E) e 60 °C (F).



**Figura 4.12**– Ajuste do modelo de Page aos dados da secagem das rodela de banana com casca nas condições de 40 °Brix e 70 °C e temperaturas de secagem de 40 °C (G), 50 °C (H), 60 °C (I); 50 °Brix e 70 °C e temperaturas de secagem de 40 °C (J), 50 °C (K) e 60 °C (L).

Dionello et al. (2009) ao pré desidratarem rodela de abacaxi a 40 e 50 °Brix em soluções de açúcar invertido a 0,40; 0,44 e 0,47 g/mL por 2 h, seguido de secagem a 60 °C, constataram que quanto maior a concentração da solução, menor a taxa de secagem. Entretanto, ao compararem as curvas de secagem por convecção entre as temperaturas de 40 e 50 °C das amostras pré-desidratadas a 50 °C, a taxa de secagem foi similar para as amostras submetidas a 40 °C, todavia, nas amostras pré tratadas em soluções osmóticas a 50 °C, o aumento da concentração nem sempre resultou na diminuição da taxa de secagem.

Na Figura 4.12 estão representadas as curvas de secagem referentes as amostras submetidas as desidratações osmóticas a 70 °C e 40 e 50 °Brix. Observa-se para as amostras pré-desidratadas a 40 °Brix que houve uma redução na taxa de secagem entre as amostras secas a 40 °C e 50 °C, em que as amostras atingiram o equilíbrio a 240 e 210 min, respectivamente, o tempo gasto na secagem da amostra seca a 60 °C foi de 360 min, o que aparentemente se constituiu por um fato isolado. As amostras desidratadas a 50 °Brix o tempo de secagem foi de 270; 210 e 210 min, respectivamente, para as temperaturas de secagem de 40, 50 e 60 °C, não havendo diferenças entre as temperaturas de 50 e 60 °C para as mesmas condições de osmose mencionadas. Ao analisar as taxas de perdas de água em relação ao tempo, o comportamento nas reduções dos teores de água das amostras foram observadas e verificou-se que as perdas mais acentuadas ocorreram nas amostras pré-tratadas nas maiores temperaturas de osmose e conseqüentemente nas maiores temperaturas de secagem.

Pires et al. (2014) ao secarem rodela de banana Pacovan verdes, nas espessuras de 5 e 10 mm submetidas as temperaturas de 50 e 70 °C, verificaram que a perda de umidade do material foi mais rápida no início do processo de secagem e que as maiores temperaturas e menores espessuras resultaram nas maiores taxas de secagem, atingindo o equilíbrio a 800 e 700 min para a espessura de 5 mm e temperaturas de 50 e 70 °C, respectivamente e 1800 min para as amostras com 10 mm de espessura sob as mesmas condições de temperatura.

Dourado et al. (2012) estudaram a secagem de rodela banana Prata, maduras e descascadas sob as temperaturas de 65, 75 e 85 °C durante 6 h para a obtenção de banana passa, o que comprova que a secagem sem o anterior tratamento osmótico não reduz o tempo de secagem.

A espessura das rodela de banana também influenciam na velocidade do processo de secagem, sendo assim, Borges et al. (2010b) estudaram a cinética de secagem de

cilindros e discos de banana Prata e d'água submetidas as temperaturas de 50 e 70 °C, e velocidade de 0,14 e 0,42 m/s em secador de bandejas, e verificaram que a maior taxa de secagem foi resultante das maiores temperaturas e velocidade do ar de secagem influenciando no aumento da transferência de massa e calor, principalmente para as amostras pré-tratadas com do branqueamento.

Comparando com os resultados do presente trabalho, verifica-se que o pré – tratamento osmótico auxilia na redução do tempo de secagem necessário para se atingir o equilíbrio, uma vez que houve uma redução considerável no conteúdo de água do fruto após esse processo. A combinação do tratamento osmótico às cinéticas de secagem convencional se mostra adequadas para a obtenção de produtos, Souza Neto et al. (2005) ao estudarem a secagem de manga Coité pré-desidratadas em soluções osmóticas com sacarose a 45, 55 e 65 °Brix, e na temperatura de 65 °C por 5 h, verificaram que a utilização do tratamento de desidratação osmótica mostrou-se adequado para a obtenção de um produto com teor de água intermediária, com características de estabilidade que possibilitem o armazenamento a temperatura ambiente.

### **4.3 - Determinações analíticas**

#### **4.3.1 –Caracterização da matéria-prima**

Na Tabela 4.5 estão expostos os resultados da caracterização físico-química da polpa e casca da banana Pacovan *in natura*, referentes as suas médias e desvio padrão. O teor de água da polpa e da casca da banana no estágio de maturação C5 (frutos verdes com extremidades amarelas), foi de 73,14 e 85,43%, respectivamente.

Observa-se que o teor de água das cascas é superior ao da polpa, resultados semelhantes foram encontrados para o teor de água das cascas de banana das cultivares Bucaneiro, Calipso e Ambrózia, apresentando respectivamente 85,31; 88,47 e 88,12%. Os teores encontrados para as cultivares mais comuns do mercado brasileiro confirmam teores mais elevados nas cascas correspondente a 86,51% para a cultivar Prata e 87,87% para a cultivar Pacovan. Tais resultados comprovam, que mesmo vindas de cultivares diferentes, os valores de teores de água dentre as variedades disponíveis no mercado são semelhantes (Amorim, 2012). A banana apresenta teores de água elevados, durante a maturação esses teores aumentam ligeiramente devido as transformações de carboidratos em açúcares simples.

**Tabela 4.5** – Caracterização física e química da polpa e casca da banana Pacovan frescas

Parâmetro	Banana <i>in natura</i>	
	Polpa	Casca
Teor de água (%)	73,14 ± 0,01	85,43 ± 0,01
Atividade de água ( $a_w$ )	0,976 ± 0,003	0,923 ± 0,006
Luminosidade ( $L^*$ )	75,69 ± 1,06	71,16 ± 0,68
Intensidade de vermelho (+a)	1,14 ± 0,01	1,57 ± 0,06
Intensidade de amarelo (+b)	29,70 ± 0,01	45,21 ± 0,05
pH	4,64 ± 0,03	5,43 ± 0,00
Acidez total titulável-ácido málico (%)	0,25 ± 0,01	0,60 ± 0,01
Sólidos solúveis totais (°Brix)	20 ± 0,00	6,21 ± 0,03

Os valores da atividade de água da polpa e da casca da banana Pacovan foram de 0,976 e 0,923, respectivamente, que está dentro da faixa dos valores encontrados para a polpa da banana *in natura* da variedade Caipira correspondente a 0,920 com teor de umidade de 77,12%, sendo caracterizado por produtos de alta umidade (Gondimet al., 2005). O valor médio da atividade de água para as cascas da banana Pacovan e Prata encontrado por Pessoa (2009) foi de 0,981 que está em conformidade aos valores encontrados para a banana Pacovan estudada no presente trabalho. Valores de atividade de água superiores a 0,9 indicam que o alimento apresenta alta quantidade de água e que é passível de sofrer deterioração microbiológica.

Os resultados obtidos para a polpa da banana quanto ao teor de água, teor de sólidos solúveis e pH, estão dentro da faixa dos resultados encontrados por Bezerra e Dias (2009) ao avaliarem genótipos de frutos de bananas, os teores de água encontrados para os subgrupos Prata (FHIA-18, FHIA-01), Caipira, Thap Maeo, FHIA-21, PV03-44 (subgrupo Plátano), foram respectivamente, 75,91; 74,80; 75,30; 74,01; 73,96; 73,68%. Os seus valores de pH variaram de a 4,6 a 5,1 e acidez em ácido málico variaram de 0,25 a 0,28%.

O pH e teor de água, estão dentro da média encontrada para as diferentes cultivares do subgrupo Prata, no qual se inclui a cultivar Pacovan, o que caracteriza a polpa com baixa acidez. Tais valores são semelhantes aos encontrados para a banana Grand Naine, nos graus de maturação 4, 5 e 6. Jesus et al. (2004) também encontraram resultados nos teores de água variando de 67,7 a 78,9%, com a média inferior para a cultivar Pacovan e pH variando de 4,3 a 4,8%.

Os resultados da acidez total titulável expresso em ácido málico da polpa da banana Pacovan corroboram com os resultados encontrados por Ribeiro et al. (2012) para diferentes cultivares de banana com valores da acidez variando de 0,14 a 0,23% sendo o

valor específico encontrado para a cultivar Pacovan Ken igual a 0,20%. O valor médio da acidez em ácido málico encontrado para as cascas da banana Pacovan do presente estudo foi de 0,6% aproximado ao resultado encontrado por Pessoa (2009) para a banana Prata, Pacovan e maçã que foram de 0,58; 0,59 e 0,57, respectivamente.

A análise instrumental da cor referentes a luminosidade (\*L), intensidade de vermelho (+a\*) e intensidade de amarelo (+b\*) encontrados para a polpa da banana foram respectivamente 76,69; 1,14 e 29,70 e para as suas cascas os valores encontrados correspondem a 71,16; 1,57 e 45,21. Valor inferior da luminosidade (58,06) da banana com casca foi encontrado por Oliveira et al. (2015b), a intensidade de vermelho igual a 2,40 e intensidade de amarelo correspondendo 43,84 o que aproxima-se dos resultados do presente trabalho.

A luminosidade foi maior na polpa do que na casca, os valores da luminosidade da polpa foi muito próximo ao resultado encontrado por Santana et al.(2010) 76,70 com valores de intensidade de vermelho e de amarelo iguais a 0,36 e 34,50 para a polpa da banana Pacovan e 65,05; 1,83 e 51,13 para as cascas. Com base nos resultados da luminosidade da polpa, que foi superior a casca, caracterizam cores mais claras por estarem próximo do branco puro. Os valores inferiores para os componentes da a\* e elevados valores de b\* em relação a casca, caracterizam a cor amarela na casca da variedade estudada.

O teor de sólidos solúveis das frutas são importantes para o consumo *in natura* e para a indústria de alimentos, são utilizados como indicadores de maturidade e determinam a qualidade da fruta. No presente estudo, o valor encontrado para os sólidos solúveis foi de 20 °Brix que confirma o teor de sólidos solúveis totais encontrado por Carvalho et al.(2011) para cultivares do grupo maçã compreendidas no estágio de maturação C5. Valores aproximados encontrado por Bezerra e Dias (2009) foi obtido para a cultivar FHIA-18 igual a 19,84 e 22, 31 °Brix para a cultivar Pacovan Carvalho et al. (2011). O teor de sólidos solúveis das cascas determinado para a casca foi de 6,21 o que está dentro dos valores encontrados por Pessoa (2009).

#### **4.3.2 – Banana liofilizadas**

Na Tabela 4.6 estão apresentadas as médias das análises físico- químicas da casca, polpa e polpa com casca da banana Pacovan liofilizada no mesmo estágio de maturação das bananas utilizadas para a obtenção das farinhas e as caracterizadas frescas.

**Tabela 4.6** – Caracterização física e química das amostras da polpa, casca e polpa+casca da banana da cultivar Pacovan liofilizadas

Parâmetro	Amostras liofilizadas		
	Polpa	Casca	Polpa+casca
	Média e desvio padrão		
Teor de água (%)	10,21 ± 0,14	12,81 ± 0,05	8,54 ± 0,10
Atividade de água ( $a_w$ )	0,221 ± 0,003	0,276 ± 0,006	0,226 ± 0,002
Luminosidade ( $L^*$ )	83,55 ± 0,09	66,45 ± 0,07	79,52 ± 0,02
Intensidade de vermelho	0,15 ± 0,01	4,41 ± 0,04	2,09 ± 0,02
Intensidade de amarelo (+b)	15,83 ± 0,05	26,66 ± 0,02	19,00 ± 0,009
Proteínas (%)	3,69 ± 0,04	9,87 ± 0,12	3,20 ± 0,05
Lipídios (%)	0,45 ± 0,01	5,09 ± 0,08	2,02 ± 0,07
Fibra alimentar total (%)	4,44 ± 0,09	27,24 ± 0,22	9,62 ± 0,20
Fibra alimentar insolúvel	1,68 ± 0,06	25,07 ± 0,09	9,48 ± 0,20
Fibra alimentar solúvel (%)	0,47 ± 0,44	2,20 ± 0,31	1,21 ± 0,43
Açúcares totais (%)	58,62 ± 0,63	29,97 ± 0,42	54,56 ± 0,94
Açúcares redutores (%)	57,50 ± 0,08	28,55 ± 0,17	51,07 ± 0,76
Açúcares não redutores (%)	1,12 ± 0,55	1,42 ± 0,59	3,50 ± 1,71
Cinzas (%)	2,44 ± 0,003	10,16 ± 0,07	3,76 ± 0,15
Fe (mg/L)	0,2705 ± 0,04	0,4184 ± 0,06	0,3308 ± 0,01
Cu (mg/L)	0,0329 ± 0,01	0,0385 ± 0,01	0,0328 ± 0,02
Mn (mg/L)	1,2373 ± 0,05	3,6468 ± 0,22	1,7849 ± 0,11
Zn (mg/L)	0,0753 ± 0,02	0,3003 ± 0,01	0,1586 ± 0,04
K (mg/L)	80,9820 ± 0,06	424,8267 ± 0,06	142,2200 ± 2,62
Na (mg/L)	2,7403 ± 1,14	3,5820 ± 0,4671	4,1910 ± 2,50
Mg (mg/L)	11,0430 ± 0,60	26,5027 ± 1,53	15,3543 ± 1,26
Ca (mg/L)	2,8047 ± 0,14	30,1330 ± 0,07	7,3705 ± 1,93

Os valores médios obtidos para o teor de água da polpa, casca e polpa+casca foram, respectivamente 10,21; 12,81 e 8,54% e para a atividade de água ( $a_w$ ) os valores médios foram de 0,221; 0,276 e 0,226 verifica-se os maiores valores do teor de água e atividade de água para as amostras das cascas liofilizadas, mesmo frescas as cascas apresentam teores de água mais elevados que a polpa como apresentado na Tabela 4.4. O valores de teor de água das amostras da polpa com cascas foram semelhantes ao obtido por Rosso (2009) que foi de 8,4% para as cascas liofilizadas de banana. Pacheco-Delahaye et al. (2008) encontraram valor inferior para o teor de água de farinha de Banana da Terra obtida através do processo de liofilização correspondente a 2,36%.

Quanto aos parâmetros da cor da polpa de banana, a luminosidade ( $L^*$ ) foi de 83,55; a intensidade de vermelho (+a\*) foi de 0,15 e a intensidade de amarelo (+b\*) foi de 15,83. Na casca esses valores foram de 66,45 para a luminosidade ( $L^*$ ), 4,41 para a intensidade de vermelho (+a\*) e 26,66 para a intensidade de amarelo (+b\*). Na mistura

da polpa com cascas os resultados foram intermediários aos obtidos individualmente para a polpa e casca, separadamente, sendo de 79,52 para a luminosidade ( $L^*$ ) 2,09 para a intensidade de vermelho ( $+a^*$ ) e 19 para a intensidade de amarelo ( $+b^*$ ). Verifica-se que a luminosidade sempre foi superior na polpa indicando que tais amostras são mais claras que a casca. Os menores valores para a intensidade de vermelho e maiores intensidade de amarelo foram obtidos para a casca mesmo após o processo de liofilização.

Os valores dos parâmetros da cor da polpa da banana liofilizadas diferem dos resultados reportados por Lunardi e Rosa(2015) para as bananas liofilizadas por 48 h, que foram de 75,5 para a luminosidade; 5,3 para a intensidade de vermelho e 30,2 para a intensidade de amarelo. Entretanto, as amostras do referido trabalho foram analisadas em pedaços o que difere das amostras trituradas a pó do presente trabalho.

Os valores médios encontrados para as proteínas foi de 3,69% para polpa; 9,87% para a casca e 3,20 para a polpa com casca. Resultado semelhante para a polpa e polpa + casca foi encontrado por Pacheco-Delahaye et al. (2008) para polpa de banana da Terra liofilizada, que foi 2,92%. O valor médio encontrado para a proteína da casca foi bem superior a 1,99% estudado por Gondim et al. (2005) que o considerou como um alimento com baixo teor protéico. Os maiores valores de proteínas encontrados na casca da banana é considerada fonte complementar de proteínas, que utilizando em conjunto com a polpa na elaboração de alimentos, auxilia no enriquecimento protéico dos mesmos.

O valor médio obtido para os lipídios foi superior para a casca de banana (5,09%), enquanto para a polpa e polpa com cascas tais valores foram 0,45 e 2,02%. O teor de lipídios da polpa foi superior aos resultados de Taco (2011) e Gondim et al. (2005) que foram respectivamente 0,1 e 0,99%.

De acordo com os valores médios apresentados para os valores de fibras, constata-se que as fibras totais presentes na casca de banana são superiores à polpa, a polpa com cascas apresentaram valores semelhantes para a fibra total e insolúvel. Os valores da fibra alimentar solúvel foram inferiores as fibras total e insolúvel nas amostras de polpa e casca.

A polpa e principalmente as cascas de banana apresentam teores elevados de fibras, apesar do baixo teor de proteína, o alto teor de fibra alimentar torna o produto de interesse do ponto de vista nutricional. Os valores obtidos para a mistura da polpa com cascas liofilizadas estão dentro do resultado encontrado por Pacheco-Delahaye et al. (2008) que foi de 9,67% para fibra dietética para polpa de banana da Terra liofilizada. Ao estudarem da banana *in natura* Torres et al. (2005) verificaram que a sua parte comestível contém 1,7% de fibras totais, sendo 0,5% de fibras solúveis e 1,2% e fibras insolúveis e

na farinha da polpa da banana verde esse valor se encontra por volta de 2,01% de fibras totais; que são valores muito próximos aos resultados encontrados para a polpa liofilizada do presente trabalho. Com base nos resultados, a casca da banana revelou ser uma importante fonte de fibras, por conter cerca de 6 vezes mais fibra alimentar total do que na polpa e na mistura de polpa + casca esses teores se tornam duas vezes superiores do que apenas para a polpa, podendo contribuir na prevenção de doenças cardiovasculares e redução dos níveis séricos de glicose e lipídios e atua no bom funcionamento intestinal.

Em diferentes estágios de maturação, a casca da banana apresentam teores de fibras elevados, em cascas de banana madura os teores de lignina são em torno de 15% (Emaga et al., 2011).

Devido o seu alto teor de fibras, a banana juntamente com a sua casca aparece como um ingrediente promissor para a elaboração de alimentos funcionais. Maldonado e Pacheco-Delahaye (2000) relataram um incremento de 6,1-6,8% de fibras em biscoitos preparados com substituição de farinha de trigo por 7% de farinha de banana verde.

Existe a necessidade de aumentar o consumo de fibras na alimentação, segundo Marlett et al. (2002) um mínimo diário de ingestão de fibras que é de 25g, equivalente a 12,5 g por 1000 calorias consumidas.

As pectinas existentes nas fibras dietéticas das cascas de banana são ideais para a formação de géis que podem ser utilizadas para a elaboração de geléias e outras formulações alimentícias, contribuindo também para o aproveitamento das cascas e minimizando os impactos ambientais e aumento no interesse por novas pesquisas que visem o estudo do aproveitamento de cascas de diferentes alimentos (Taco, 2011).

O percentual médio dos açúcares totais, redutores e não redutores obtidos para a polpa liofilizada, foram de 58,52; 57,50 e 1,12%. Ao caracterizarem bananas cultivadas em sistema de cultivo orgânico e convencional Ribeiro et al. (2012) encontraram valores para açúcares totais e redutores superiores, correspondentes a 15,42 e 12,92% (g de glicose/100g polpa), os açúcares não redutores do presente trabalho foram inferiores ao encontrado pelo referido autor que foi de 3,40(g de glicose/100g polpa) para a amostra de polpa de banana Pacovan Kenin *natura* no estágio de maturação 6 segundo a escala de Von Loesecke (1949), através da metodologia de hidrólise ácida com hidróxido de sódio a 0,1 N.

Carvalho et al. (2011) perceberam o aumento nos valores dos açúcares de cultivares de banana maçã na etapa pós colheita e obtiveram valores destacados em seus teores já no estágio 3 de amadurecimento, com valores de açúcares totais em torno de

19,81% que também está em acordo com Pinheiro et al. (2005) que observaram valores de açúcares totais para banana Maçã igual a 19,22%.

No presente trabalho, os valores médios de açúcares das cascas da banana Pacovan apresentaram-se intermediários em relação aos obtidos para a polpa e para a mistura de casca e polpa. Os valores obtidos para os açúcares totais, redutores e não redutores das cascas foram de respectivamente 29,97; 28, 55 e 1,42%. Os valores de açúcares totais e redutores são bem superiores aos encontrados por Pessoa (2009) referentes a casca da banana *in natura* da variedade Pacovan, que foi de 2,77% para os açúcares redutores e 3,26% para os açúcares totais.

Os teores de cinzas obtidos para a polpa, casca e polpa com casca foram de 2,44; 10, 16 e 0,47% respectivamente, com valores superiores para a casca liofilizada. Teores encontrados para a casca de banana Pacovan *in natura* foi inferior no valor de 1,87% e 9,37% para a farinha de banana estudada por Pessoa, (2009).

Pacheco-Delahaye et al. (2008) observaram diferenças nos teores de açúcares em amostras de farinhas de polpa de banana em amadurecimento obtidas por diferentes métodos, sendo 1,98% para a polpa liofilizada, 2,19% para a obtida por secagem em tambor; 1,95% das amostras secas em microondas e 11,65% em câmara de secagem.

Com base nos teores de minerais obtidos para a polpa, casca e a mistura de polpa com casca, observa-se que os maiores teores obtidos foram referentes ao K, Mg, Na, Ca e Mn com destaque para os maiores teores de potássio principalmente nas cascas, na qual o resultado obtido para a concentração de potássio foi 5 vezes superior ao da polpa. Na mistura da casca e polpa, foram obtidos valores intermediários, a alta concentração dos minerais presentes na casca auxiliaram no enriquecimento da farinha obtida através da liofilização das rodela de polpa com as cascas aderidas. A banana ainda apresenta fontes de ferro, cobre e zinco em menores quantidades. Os teores de cobre foram muito próximas tanto para polpa quanto para a casca, o teor de ferro das cascas foi um pouco superior na casca com resultado muito próximo ao obtido para a mistura de casca e polpa, o teor de Zn destacou-se na casca do que nas outras amostras analisadas.

O potássio é um importante regulador da atividade neuromuscular, como fadiga, fraqueza, câibras e promove o crescimento celular, junto com outros minerais como o cálcio que atuam em conjunto nas atividades hormonais vitais do organismo.

As análises mineralógicas demonstraram que as cascas da banana apresentam os maiores teores de nutrientes do que a polpa, podendo ser utilizada como fonte de K, Mg, Na, Ca e Mn. Wall (2006) também concluiu que a polpa de banana madura pode ser

fornecedoras de K, Mg, Cu e Mn, ao analisar os teores de minerais na polpa da banana madura das cultivares Nanica e Williams, nos Estados Unidos.

Ao estudarem a composição mineralógica de 15 cultivares de banana, Aquino et al. (2014) obtiveram os maiores teores de K e Mg para as cascas das cultivares Ouro e Pacovan que se destacaram por conterem as maiores concentrações desses minerais em relação as outras cultivares. Existem variações nos teores de minerais entre as diferentes cultivares de banana. Davey et al. (2009) encontraram resultados de minerais para cinco cultivares de banana e plátanos em Camarões e constaram que os teores nas cascas foram superiores aos da polpa.

#### 4.3.2.1- Qualidade microbiológicas das bananas liofilizadas

De acordo com os limites microbiológicos estabelecidos pela Tabela 3.10, todos os resultados obtidos e expressos na Tabela 4.7 encontram-se dentro dos parâmetros exigidos pelo Instituto Nacional de Saúde (INSA) (Santos et al., 2005), os resultados microbiológicos das amostras liofilizadas são então qualificadas como satisfatórias. Os valores estavam abaixo de 100 UFC/g para as contagens de aeróbios totais a 25 °C.

**Tabela 4.7** – Resultados das análises microbiológicas das amostras de casca, polpa e polpa com cascas das amostras de bananas liofilizadas

Amostras	Diluições	Contagens (log UFC/g)	Qualidade microbiológica
Casca	10 <sup>1</sup>	1,18	Satisfatório
Polpa	10 <sup>1</sup>	1,40	Satisfatório
Polpa com casca	10 <sup>1</sup>	2,78	Satisfatório

Verifica-se que a maior contagem se deu para a amostra de polpa que foram liofilizadas com as cascas aderidas, entretanto, não fugindo dos limites estabelecidos pelo INSA e de acordo com os padrões estabelecidos pela RDC nº 12 da Anvisa (Brasil, 2001). A contaminação deu-se predominantemente por colônias de bolores e leveduras.

Os resultados das análises microbiológicas indicam que o produto foi processado e manipulado sob condições higiênico-sanitárias satisfatórias, tendo apresentado e mantido as características ideais para o consumo.

### 4.3.3 – Farinha de banana

Na Tabela 4.8 estão apresentados os valores médios dos teores de água e atividade de água das amostras de farinha de banana com cascas tratadas nos experimentos de desidratação osmótica a 40 °Brix e 40 °C, 40 °Brix e 70 °C, 50 °Brix e 40 °C, 50 °Brix e 70 °C seguida da secagem complementar a 40, 50 e 60 °C.

**Tabela 4.8** – Médias do teor de água e atividade de água ( $a_w$ ) das farinhas de banana provenientes dos tratamentos osmóticos diferentes tratamentos osmóticos e secagem complementar

Temperatura de secagem	Temperatura de osmose (°C)	Concentração de sacarose (°Brix)	Teor de água (%)	Atividade de água ( $a_w$ )
40 °C	40	40	15,09 edc	0,481 c
	70	40	14,69 fed	0,481 c
	40	50	15,10 dc	0,470 ca
	70	50	15,67 c	0,466 ca
50 °C	40	40	14,37 gfed	0,386 eb
	70	40	13,14 a	0,388 ed
	40	50	14,24 gf	0,375 ed
	70	50	12,31 a	0,429 ba
60 °C	40	40	14,32 gfe	0,374 ed
	70	40	9,98 b	0,355 d
	40	50	13,68 g	0,355 ed
	70	50	10,35 b	0,350 ed

Médias com letras iguais numa mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Verifica-se que os valores médios do teor de água diferiram estatisticamente entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Observa-se que o menor valor encontrado para o teor de água foi de 9,98% correspondente ao tratamento a 40 °Brix e 70 °C de desidratação osmótica e temperatura de secagem de 60 °C que não diferiu estatisticamente da amostra tratada a 50 °Brix e 70 °C para a mesma temperatura de secagem o que afirma que as maiores concentrações osmóticas e maiores temperaturas influenciaram na perda de água. O maior valor médio encontrado para o teor de água corresponde ao tratamento osmótico a 50 °Brix e 70 °C e temperatura de secagem a 40 °C, isso demonstra que as menores temperaturas de secagem e desidratação osmótica influenciaram nos maiores valores do teor de água final das amostras.

Para a temperatura de secagem de 50 °C as amostras submetidas aos tratamentos osmóticos a 40 e 50 °Brix na temperatura de 70 °C não diferiram estatisticamente entre si, o mesmo ocorreu com a amostra submetida à temperatura de secagem à 60 °C, o que possibilita observar que para essas condições a temperatura de desidração osmótica exerceu influência na manutenção dos teores de água final mais baixos e com valores aproximados para as amostras tratadas nas concentrações de osmose de 40 e 50 °Brix.

Segundo Brasil (2005) o teor de água padrão máximo para farinhas é de até 14%, sendo assim, a amostra pré desidratada a 40 °Brix e 70 °C e seca a 40 °C; todas as amostras pré-desidratadas e secas nas temperaturas de 50 e 60 °C mantiveram os teores de água dentro dos limites esperados.

A maior perda de água foi visível nas amostras tratadas nas maiores concentrações de osmose. Resultados semelhantes foram obtidos por Rodrigues et al. (2004) em que o tratamento osmótico provocou maior perda de água durante a secagem dos frutos e conseqüentemente proporcionando teores de água residuais mais baixos.

Para a atividade de água as amostras secas nas menores temperaturas de secagem apresentaram os maiores valores, entre as amostras secas a 40 °C e não houve diferenças significativas entre as duas concentrações de osmose independente da temperatura empregada na desidratação osmótica. Para a temperatura de secagem de 50 °C observou-se o comportamento parecido entre as amostras, e amostra tratada a 50 °Brix e 70 °C diferiu estatisticamente das outras amostras submetidas a mesma temperatura de secagem. Os menores valores encontrados para a atividade de água foi obtido nas amostras secas a 60 °C, notadamente para a amostra pré desidratada osmoticamente a 50 °Brix e 70 °C cujo valor foi de 0,350. Os menores valores da atividade de água encontrados para a referida amostra estão de acordo com os menores valores do teor de água obtidos para as mesmas condições experimentais. Gonçalves e Blume (2008) encontraram comportamento semelhante durante o pré tratamento osmótico na secagem do abacaxi, nas concentrações de 15, 30 e 45 °Brix por 0, 3 e 6 h de desidratação, verificaram que houve reduções constantes nos valores das atividades de água das amostras de abacaxi durante a secagem, independente dos tratamentos osmóticos, ao realizarem as secagens dos abacaxis de forma eficaz em até 6 h de secagem, os valores mais baixos das atividades de água foram encontrados para as amostras de abacaxi submetidas as maiores concentrações de osmose.

Através dos resultados obtidos para a atividade de água em todos os tratamentos, verifica-se que atingiram valores inferiores a  $a_w < 0,75$  o que classificam alimentos

comatividade de água abaixo dos valor médio de umidade intermediária. O que corrobora com a faixa de alimentos contendo 10% em seus teores de água estando relacionado a frutas desidratadas e farinhas (Atarés et al., 2008).

Analisando a Tabela 4.9 observa-se que os tratamentos diferiram estatisticamente a ( $p \leq 0,05$ ), percebe-se que os sólidos solúveis estão em maior quantidade nas amostras submetidas as maiores temperaturas de osmose. O maior resultado obtido está relacionado a amostra tratada na condição de osmose a 40 e 50 °Brix na temperatura de 70 °C e secagem de 60 °C.

**Tabela 4.9**—Médias dos sólidos solúveis das farinhas de banana provenientes dos diferentes tratamentos osmóticos e secagem complementar

Temperatura de secagem	Temperatura de osmose (°C)	Concentração de sacarose (°Brix)	Sólidos solúveis totais (°Brix)
40 °C	40	40	2,84 ba
	70	40	3,24 cb
	40	50	2,84 ba
	70	50	3,12 cb
50 °C	40	40	3,27 c
	70	40	2,51 a
	40	50	3,34 c
	70	50	3,24 cb
60 °C	40	40	3,24 cb
	70	40	3,34 c
	40	50	2,84 ba
	70	50	3,34 c

Médias com letras iguais numa mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Verifica-se para as amostras obtidas na temperatura de secagem a 40 °C que aquelas pré-tratadas osmoticamente nas mesmas temperaturas de osmose, não diferiram estatisticamente entre si, todavia, as amostras desidratadas na temperatura de osmose a 70 °C apresentaram valores médios dos sólidos solúveis totais superiores aquelas tratadas a 40 °C, demonstrando que a maior temperatura de osmose influenciou significativamente no ganho de sacarose pelas amostras devido ao aumento da força motriz e redução da viscosidade da solução de sacarose o que possibilitou a sua translocação pelos espaços intercelulares das rodela de banana e contribuindo para maiores quantidades de sólidos solúveis nas farinhas provenientes desses tratamentos.

Nas amostras secas a 50 °C, verificou-se que as amostras pré desidratadas na temperatura de osmose a 40 °C não diferiram estatisticamente entre si, com os maiores valores médios dos sólidos solúveis totais referentes a essas amostras. As amostras secas a 60 °C, apresentaram comportamento semelhante aquelas secas a 40 °C, com médias não diferindo estatisticamente nas maior temperatura de osmose.

Entre as diferentes temperaturas de secagem, observa-se que não houve diferenças significativas entre as amostras pré desidratadas osmoticamente a 40 °C e 40 e 50 °Brix, secas na temperatura de 40 °C e a amostra pre desidratada a 40 °C e 50 °Brix e secas a 60 °C. Argandoña et al. (2002) encontraram teores de sólidos solúveis elevados nas amostras de melão desidratados em sacarose nas temperaturas de 30, 40 e 50 °C e 50, 60 e 70 °Brix, notadamente para as tempetaturas de 40 e 50 °C que se deve a transferência migratória da água e do açúcar no interior do tecido celular da fruta favorecida principalmente pela temperatura de osmose.

A média dos valores do pH e acidez total titulável para cada temperatura de secagem estão descritos na Tabela 4.10, onde se observa diferenças significativas entre as as médias seguidas de letras distintas.

**Tabela 4.10** - Médias dos pH e acidez total titulável das farinhas de banana provenientes dos diferentes tratamentos osmóticos e secagem complementar

Temperatura de secagem	Temperatura de osmose (°C)	Concentração de sacarose (°Brix)	pH	Acidez total titulável (%)
40 °C	40	40	5,40 cb	0,83 f
	70	40	5,81 a	0,31dc
	40	50	5,41 cb	0,78 fe
	70	50	5,81 a	0,28 c
50 °C	40	40	5,27cb	0,76 fe
	70	40	5,47 c	0,69 ea
	40	50	5,28 b	0,84 f
	70	50	5,47 c	0,40 d
60 °C	40	40	5,51 c	0,63 ba
	70	40	5,50c	0,55 b
	40	50	5,51 c	0,77 fe
	70	50	5,50 c	0,41 d

Médias com letras iguais numa mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

De acordo com os valores médios do pH, verifica-se para as amostras secas nas temperaturas de 40 e 50 °C submetidas nas mesmas temperaturas de osmose não diferiram estatisticamente entre si, com maiores valores obtidos para as amostras desidratadas

osmoticamente na temperatura de 70 °C. Na temperatura de secagem a 60°C, os valores foram estatisticamente iguais para todas as mostras de farinha. Os valores médios do pH variaram de 5,27 a 5,81 entre as amostras submetidas nos diferentes tratamentos, sendo seu menor valor referente as amostras submetidas as temperaturas de osmose de 40 °C, em ambas concentrações de osmose e temperatura de secagem de 50 °C; os maiores valores correspondem as amostras secas a 40 °C e pré tratadas osmoticamente na temperatura de 70 °C para as duas concentrações de osmose. Do ponto de vista tecnológico, verifica-se que os maiores valores de pH estão relacionados à temperatura de 70 °C, a qual possibilitou melhor estabilidade das amostras o que propicia melhores condições de estocagem e alterações físico-químicas e microbiológicas das amostras.

Os valores médio da acidez total titulável (ATT) apresentaram diferenças estatísticas em todos os tratamentos para cada temperatura de secagem avaliada. Entretanto, as amostras submetidas aos tratamentos osmóticos a 40 °C e 50 °Brix, 40 °C e 40 °C e 40 °C e 50 °Brix , das respectivas temperaturas de secagem a 40, 50 e 60 C foram iguais estatisticamente.

Apesar das variações em seus valores médios, verifica-se que as maiores temperaturas de osmose influenciaram na redução dos valores da acidez das farinhas, enquanto houveram aumentos nos valores de pH das amostras submetidas as mesmas temperaturas de osmose. Comportamento semelhante foi encontrado por Marques(2007) ao estudarem a desidratação osmótica de pedúnculos de cajú desidratados em soluções e sacarose a 50, 60 e 70 °Brix e temperaturas de 50, 60 e 70°C e seco a 60 °C, os quais foram iguais estatisticamente com um aumento significativo em seus valores em relação aos demais tratamentos, os cajus secos a 70 °C com 50 e 60 °Brix foram os que demonstraram maiores acidez, em média de 5,90%.Pontes (2009) encontrou diferença significativa para a análise de acidez da banana pré-tratada em a soluções osmóticas a 40 °Brix, com valores inferiores às bananas tratadas em solução osmótica a 60 °Brix.

Na Tabela 4.11 verifica-se os valores médios obtidos para os parâmetros da cor Luminosidade (\*L), intensidade de vermelho (+a) e intensidade de amarelo (+b) para as farinhas das rodela de banana com casca pré-tratadas osmoticamente e seguidas de secagem. Percebe-se que em todos os tratamentos ocorreram diferenças significativas a ( $p \leq 0,05$ ) de probabilidade.

Verifica-se para o parâmetro luminosidade (L\*) que ocorreram diferenças estatísticas entre as médias de todos os tratamentos, com os maiores valores obtidos para as amostras tratadas osmoticamente na temperatura de 40 °C das amostras secas

convencionalmente a 40 °C. Nas temperaturas de secagem de 50 e 60 °C verificou-se que os valores médios superiores foi obtido para as amostras desidratadas osmoticamente a 70 °C, para ambas as concentrações osmóticas. Estando o maior valor da luminosidade relacionado a amostra osmodesidratada a 70 °C e 50 °Brix e seca complementarmente a 60 °C. Com base nos resultados, observa-se que a temperatura de 70 °C e o maior concentração de osmose atrelada a maior temperatura de secagem, foram fatores preponderantes para amostras mais claras.

**Tabela 4.11** - Médias parâmetros da cor das farinhas de banana provenientes dos diferentes tratamentos osmóticos e secagem complementar

Temperatura de secagem	Temperatura de osmose (°C)	Concentração de sacarose (°Brix)	L*	a (+)	b (+)
40 °C	40	40	52,22 hg	4,06 i	15,62cb
	70	40	46,11 c	5,32 g	14,88 e
	40	50	50,92 i	4,70 h	15,40 dc
	70	50	49,05 f	5,35 g	15,03 ed
50 °C	40	40	44,49 d	5,92 c	15,77 fcb
	70	40	50,23 if	4,51 e	15,09 ed
	40	50	42,19 e	7,93 a	16,11 f
	70	50	53,30 g	4,79 h	16,14 f
60 °C	40	40	47,73 b	5,12 d	15,93 fb
	70	40	52,37 hg	4,31 f	15,35 edc
	40	50	51,49 ih	6,17 b	17,57 a
	70	50	57,28 a	4,07 i	15,98 fb

Médias com marcas com letras iguais numa mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Em contrapartida, para as amostras secas nas maiores temperaturas (50e 60°C) a maior temperatura de osmose (70 °C) influenciou significativamente no aumento da luminosidade das amostras que apesar das oscilações, todas as amostras apresentaram claridade intermediária. Altas temperaturas de osmose conduziram ao pré-cozimento das rodela de banana com cascas e mantendo a sua cor mais clara. Nas maiores temperaturas de secagem, percebe-se que os maiores valores da luminosidade também estão atreladas a maior concentração de osmose (50 °C) o que pode-se afirmar que a alta concentração de sacarose da solução, permite uma maior impregnação e em contato com a temperatura, promovem uma maior força motriz entre o agente da solução e o alimento, assim estabilizando o processo de desidratação de forma mais acelerada e evitando as alterações

da coloração das amostras. O que permite considerar que as condições do pré-tratamento osmótico aliadas as temperaturas moderadas de secagem auxiliaram na inibição do escurecimento enzimático das rodela de bananas. Sob condições adequadas, as bananas submetidas as desidratação osmótica não sofrem escurecimento enzimático acentuado, mesmo sem terem sido previamente submetidas a tratamentos anti-oxidantes (Maeda e Loreto, 1998).

O valor da intensidade de vermelho (+a) revelou diferenças significativas entre os tratamentos, exceto para as amostras secas a 40 °C e pré-desidratadas a 70 °C nas duas concentrações de osmose. Entre os tratamentos é perceptível uma variação 4,06 a 7,93. Os maiores valores de (+a) foram encontrados nas amostras secas as 40 °C, tratadas osmoticamente na temperatura de osmose de 70 °C e nas concentrações de 40 e 50 °Brix. Para as amostras secas a 50 e 60 °C esse comportamento foi observado na menor temperatura de osmose para as duas condições de concentração de osmose, os resultados mais altos correspondem a 7,93 e 6,17 referentes as amostra seca a 50 e 60 °C desidratadas osmoticamente a 40 °C e 50 °Brix. O que nos leva a concluir que os maiores valores encontrados para as amostras secas a 40 °C estão relacionados a temperatura de osmose de 70 °C; já para as amostras secas a 50 e 60 °C tais valores estão atrelados a menor temperatura de osmose e maior concentração de sacarose. Para tais condições, é notório que as temperaturas de secagem associadas a maior concentração de osmose (50 °Brix) exerceram maior influência em seus resultados, indicando que as maiores concentrações de sacarose proporcionaram cores mais fortes nos alimentos, embora tais diferenças sejam discretas entre as amostras submetidas nos diferentes tratamentos, houve o aumento na intensidade de vermelho ao passo que que ocorreram reduções na luminosidade. Comportamento semelhante foi encontrado por Germer et al. (2011) para a intensidade de vermelho de pêssegos desidratados em sacarose em função da temperatura e concentração de osmose. Esse resultado também está de acordo com os apresentados por Riva et al. (2005) em que houve um aumento no parâmetro (a\*) em conjunto com a redução dos valores do parâmetro (L\*).

Atares et al. (2011) verificaram modificações na cor da banana fresca e nos tratamentos osmóticos, observando a redução da luminosidade após 4 h de desidratação osmótica.

Os valores do parâmetro (+b\*) variaram de 14,88 a 17,57, entre os diferentes tratamentos, houveram diferenças significativas exceto para as amostras submetidas a 70 °C e 50 °Brix e seca a 40 °C, e as amostras desidratadas a 70 °C e 40 °Brix seca a 50 °C,

para esta temperatura de secagem, verifica-se que também não houve diferença estatísticas entre as amostras submetidas a concentração de osmose a 50 °Brix, independente da temperatura de osmose.

Foi analisado a tendência do aumento dos valores da intensidade de amarelo em relação aos tratamentos. Para a temperatura de secagem a 40 °C verifica-se que o maior valor se deu para o tratamento osmótico a 40 °C e 40 °Brix; entre as amostras secas a 50 e 60 °C, percebeu-se a influência da maior concentração de osmose, independente da temperatura de osmose. Este fato parece estar relacionado a ligeiro escurecimento nessas amostras submetidas a concentração de xarope mais elevada, influenciado diretamente na cor da farinha processada. Resultados semelhantes foram encontrados por Argandoña et al. (2002) ao avaliarem a qualidade final de melão osmoticamente desidratados em soluções de sacarose.

#### **4.4 – Análise microbiológicas das farinhas**

Na Tabela 4.12 estão apresentados os resultados das análises microbiológicas das amostras de farinha de banana obtida após o tratamento osmótico das rodela de banana constituídas pelas cascas seguida da secagem convectiva complementar.

De acordo com os resultados apresentados, verifica-se que todas as amostras se mantiveram dentro dos limites microbiológicos exigidos pelo Instituto Nacional de Saúde (INSA) (Santos et al., 2005) e de acordo com os padrões estabelecidos pela RDC nº 12 da Anvisa (Brasil, 2001) , mostrando resultados satisfatórios em todos os tratamentos, principalmente para as amostras submetidas a temperatura de osmose a 70 °C, para qualquer concentrações de osmose. Nessas contagens foram inferiores a  $1 \times 10^{-1}$  log UFC.g<sup>-1</sup> para todas as amostras secas convectivamente em todas as temperaturas, provavelmente devido a temperatura de osmose a 70 °C foi preponderante na manutenção da qualidade microbiológica, demonstrando que é eficaz na manutenção da qualidade microbiológica do produto.

As baixas contagens microbiológicas obtidas para as amostras contaminadas foram resultantes da atuação de leveduras e bacilos, notadamente para as amostras desidratadas na menor temperatura de osmose, entretanto, estando as farinhas de banana ainda seguras para consumo. Borges et al. (2009b) encontraram valores para as contagens microbiológicas para a farinha de banana verde dentro do padrão conforme a Anvisa

(Brasil, 2001), estando em conformidade com os valores de  $10^3 \text{ g}^{-1}$  para bolores e leveduras,  $10^3 \cdot \text{g}^{-1}$  e contagens de aeróbios mesófilos com um índice  $<10 \text{ UFC} \cdot \text{g}^{-1}$ .

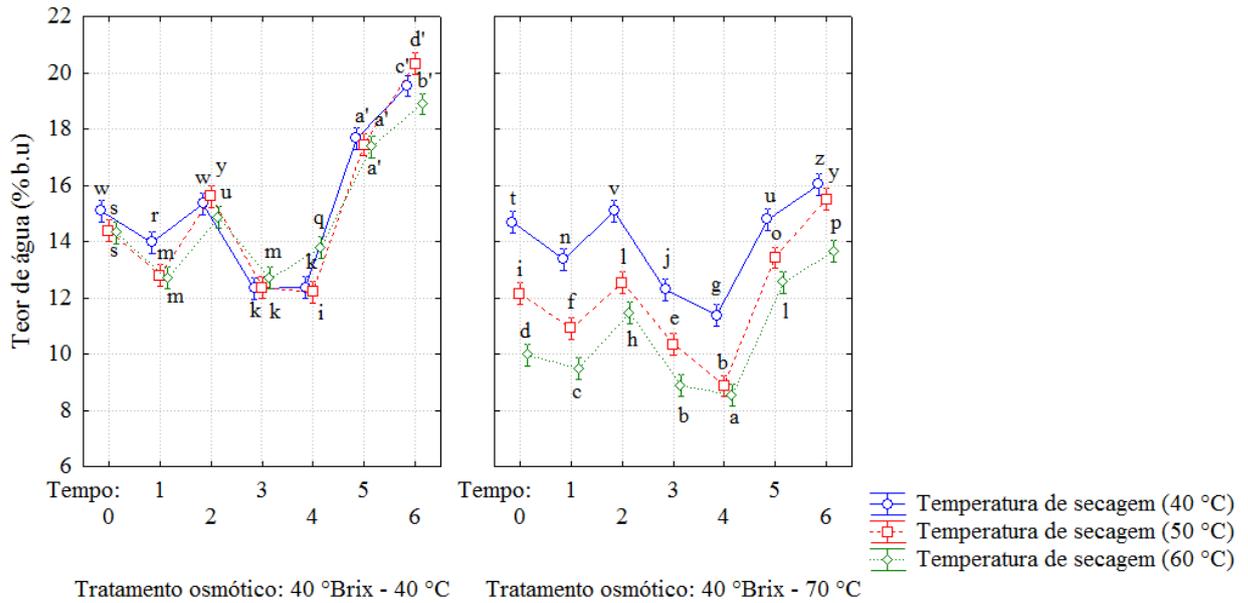
**Tabela 4.12**–Contagens (log UFC/g) de microrganismos das farinhas de banana obtidas após os tratamentos

Temperatura de secagem	Temperatura de osmose (°C)	Concentração de sacarose (°Brix)	Contagens microbiológicas(log UFC.g <sup>-1</sup> )	Qualidade microbiológica
40 °C	40	40	1,40	Satisfatório
	70	40	$<1 \times 10^{-1}$	Satisfatório
	40	50	1,65	Satisfatório
	70	50	$<1 \times 10^{-1}$	Satisfatório
50 °C	40	40	2,48	Satisfatório
	70	40	$<1 \times 10^{-1}$	Satisfatório
	40	50	1	Satisfatório
	70	50	$<1 \times 10^{-1}$	Satisfatório
60 °C	40	40	1,48	Satisfatório
	70	40	$<1 \times 10^{-1}$	Satisfatório
	40	50	1	Satisfatório
	70	50	$<1 \times 10^{-1}$	Satisfatório

Os resultados satisfatórios significam que o alimento tem uma boa qualidade microbiológica e que as técnicas de processamento das farinhas de banana seguiram boas práticas de higiene, e que houve maior influência da temperatura de osmose a 70 °C nas baixas contagens microbiológicas, o que comprova que as temperaturas escolhidas no processo de desidratação osmótica são fatores importante na elaboração de novos produtos, por influenciar diretamente na perda de água livre do alimento que seria disponível para o crescimento microbiológico.

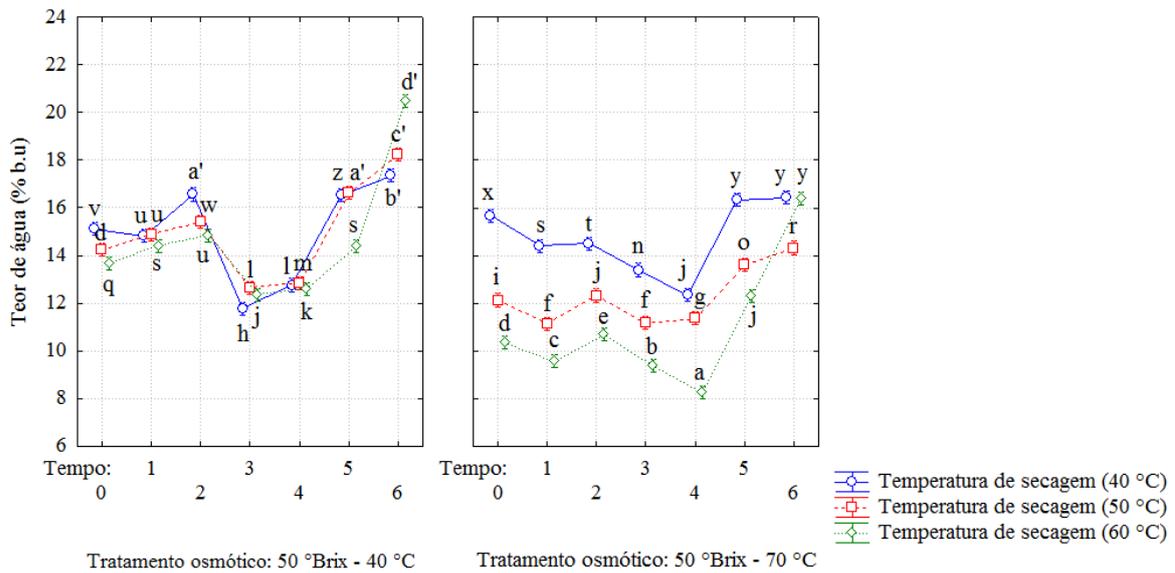
#### 4.5 – Armazenamento das farinhas de banana

Nas Figuras 4.13 e 4.14 e Tabela A.1 (Apêndice A) estão expressos os valores médios dos teores de água obtidos para as amostras de farinha de banana com casca armazenadas por 180 dias a temperatura de 25 °C envolvendo 7 tempos de armazenamento (T0, T1, T2, T3, T4, T5 e T6) correspondentes a 0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias, respectivamente, das amostras submetidas aos tratamentos osmóticos a 40 e 50 °Brix e temperaturas de osmose a 40 e 70 °C e secas complementarmente através secagem convencional nas temperaturas de de 40, 50 e 60 °C.



**Figura 4.13** – Valores médios dos teores de água das farinhas de banana com cascas, osmoticamente desidratadas a 40 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C.

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



**Figura 4.14** - Valores médios dos teores de água das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 50 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C.

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Verifica-se semelhanças no comportamento entre as amostras submetidas ao mesmo tratamento osmótico durante o armazenamento, demonstrando que os resultados

encontrados para as diferentes temperaturas de secagem e menores temperaturas de osmose foram mais próximos entre si do que as amostras submetidas a temperatura de desidratação osmótica a 70 °C para ambas concentrações de osmose. Houve uma tendência de redução do teor de água, apesar das oscilações, até o quarto mês, a partir daí houveram incrementos mais acentuados nos teores de água.

Observa-se que em todos os tratamentos houve uma tendência ao aumento nos valores dos teores de água, principalmente para as amostras submetidas às menores concentrações de osmose e menores temperaturas de desidratação osmótica. Nas amostras tratadas a 40 °Brix e 40 °C houve um aumento nos teores de água do início ao final do armazenamento de 58,73; 39,55 e 34,55% respectivamente para as temperaturas de secagem de 40, 50 e 60 °C, já as amostras tratadas a 70 °C esse aumento foi de 11,92; 49,68 e 12,88%. Nas amostras tratadas a 50 °Brix e 40 °C as amostras totalizaram do início ao final do armazenamento um aumento de 42,90; 33,04 e 39,23% e as amostras tratadas a 70 °C esse acréscimo foi de 64,63; 5,41 e 5,67%, respectivamente, para as temperaturas de secagem de 40, 50 e 60 °C. Demonstrando que as amostras tratadas osmoticamente a 40 °Brix e 40°C adquiriram maior teor de água ao longo do período de armazenamento do que as amostras tratadas a 70 °C para as mesmas condições de osmose independente das temperaturas de secagem. Os maiores teores de água nas amostras tratadas a 40 °Brix e 40 °C se deve as condições iniciais do produto provenientes da desidratação osmótica com menor concentração e menor temperatura, o que influenciou na estabilidade final da farinha, apresentando maior tendência ao incremento em seus teores de água.

Houveram diferenças estatísticas entre todos os tempos de armazenamento, exceto entre os tempos 0 e 1 das amostras secas a 40 °C e os tempos 2 e 3 das amostras secas a 50 e 60°C. Também não houveram diferenças estatísticas entre as amostras tratadas nas temperaturas de secagem a 50 e 60 °C entre os tempos 1 e 2; as amostras secas a 40 e 50 °C (tempo 3) e para as três temperaturas de secagem no tempo 5, verifica-se que ao final do armazenamento.

Para as amostras tratadas osmoticamente a 40 °Brix e 70 °C, observa-se que os valores médios para o teor de água é referente as amostras submetidas as menores temperaturas de secagem, neste caso, não houveram diferenças estatísticas entre os tempos e entre os tratamentos de secagem para essa condição de osmose, entre os tempos de armazenamento, ocorreu um decréscimo acentuado nos valores dos teores de água do tempo 4 para as três temperaturas de secagem, seguida de um aumento constante nos

últimos tempos de armazenamento. Comportamento semelhante foi encontrado para as amostras tratadas na menor temperatura de osmose, com uma pequena estabilidade entre os tempos 4 e 5.

Nas amostras tratadas osmoticamente a 50 °Brix (Figura 4.14) verifica-se um comportamento semelhante. Na amostra tratada na menor temperatura de osmose houve um decréscimo no tempo 3 para a amostras seca a 40 °C, enquanto que as amostras secas a 50 e 60 °C houve estabilidade entre os tempos 3 e 4, nos demais tempos de armazenamento o ganho de umidade foi constante. As amostras submetidas a 70°C se comportaram semelhante as amostras tratadas a 40 °C, com queda nos valores dos teores de água no tempo 5.

Nas amostras tratadas a 50 °Brix e 40 °C e secas a 40 e 50 °C, foram estatisticamente iguais no tempo 1 e no tempo 1 e 5 para a amostra seca a 40 °C, nos quais ocorreram picos no valores médios do teor de água.

Entre as concentrações de osmose, as amostras foram estatisticamente iguais no tempo 3, para as amostras desidratadas a 40 °Brix e 40 °C e secas a 60 °C, no tempo 5 para a temperatura de secagem de 50 °C e entre as amostras secas a 50 e 60°C para o último 60 °C não diferiram entre os tempos 0 e 1, no tempo 4 da temperatura de 60 °C, no tempo 5 da temperatura de secagem a 60 °C e no tempo 6 para a temperatura de 40 °C. Com base no exposto, verifica-se que as embalagens laminadas não impediram o ganho de umidade pelas amostras. O aumento dos teores de água pode ser atribuído ao tempo e as condições de umidade relativa e a temperatura do ambiente ao qual o alimento foi armazenado, interferindo na permeabilidade da embalagem e permitindo a absorção de água e trocas durante o armazenamento (Santos et al., 2010).

Para todas as condições de osmose e secagem, observou-se que apesar das oscilações, as amostras tratadas nas menores concentrações de osmose e menores temperaturas também de secagem, apresentaram maiores teores de água final, estando ligada a condição inicial das rodela de bananas desidratadas nas condições de estudo. O que é observável que a maior temperatura de osmose influenciou seguramente nos menores teores de água.

Loureiro et al. (2013) observaram o ganho nos teores de água do buriti em pó secos nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, acondicionadas em embalagens de polietileno e laminada durante 90 dias à temperatura de de 26 °C a partir dos 75 dias de armazenamento para as amostras secas a 50 °C. Oliveira et al. (2015a) também verificaram que a embalagem laminada não impediu a absorção de água pelas amostras

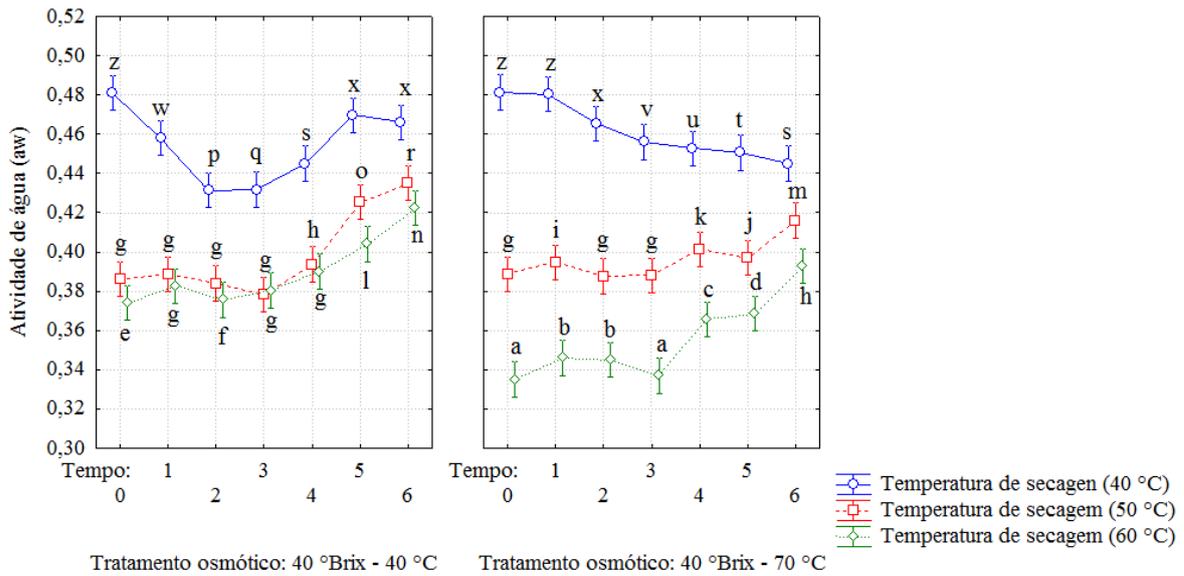
de mandacaru em pó obtidas em diferentes dextroses e armazenadas sob condições controladas de temperatura e umidade relativa, verificaram que as menores concentrações de dextroses estavam relacionados aos menores teores de água.

Com base nos resultados, verifica-se que a concentração de osmose influenciou no ganho de água durante o armazenamento das amostras, provocando diferenças significativas entre as amostras secas nas três temperaturas. Com base no estudo, verifica-se que as amostras desidratadas a 40 °Brix e 40 °C atingiram teores de água ao final do armazenamento iguais a 19,27; 30,05 e 19,05% para as temperaturas de 40 , 50 e 60 °C; para a mesma condição de osmose e temperatura de 70 °C esses valores foram iguais a 16,03; 15,49 e 13,65%.

Por sua vez, as farinhas desidratadas as 50 °Brix e 40 °C apresentaram valores médios iguais a 17,34; 18,19 e 20,45% e as amostras tratadas a 70 °C de osmose, esses valores são 16,42; 14, 33 e 14,18%. Com base nos resultados dos teores de água, o resultado do teor de água final que se encontra dentro da faixa de valor estipulado pela Anvisa para farinhas que é de 14% derivados de amidos, cereais, farinhas e farelos (Brasil, 2005) é relativo as amostras tratadas na condição de osmose de 50 °Brix e 70 °C e nas temperatura de secagem de 50 e 60 °C.

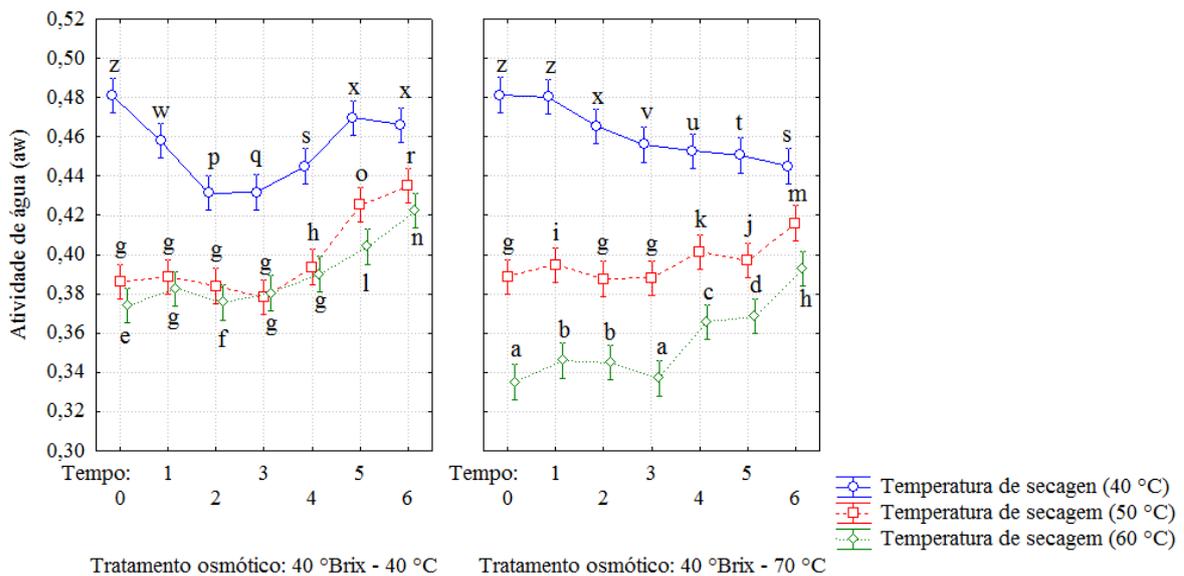
Tais resultados comprovam que as amostras tratadas nas maiores concentrações e temperaturas de osmose apresentaram os menores teores de água, mesmo ao longo do período de armazenamento, mantendo-se mais estáveis, o que condiz com a condição inicial estabelecida nos experimentos de cinética de desidratação osmótica, o que comprova que tal procedimento auxilia na manutenção e melhoria das condições das amostras finais, tantos nos aspectos sensoriais traduzidos nos resultados das análises físico-químicas e microbiológicas.

Nas Figuras 4.15 e 4.16 e Tabela A.1 (Apêndice A) estão apresentados os valores médios da atividade de água das amostras de farinha de banana com casca, desidratadas respectivamente nas concentrações de 40 e 50 °Brix e temperaturas de 40 e 70 °C e secas nas temperaturas de 40, 50 e 60°C.



**Figura 4.15-** Valores médios da atividade de água das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 40 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C.

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



**Figura 4.16-** Valores médios da atividade de água das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 40 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C.

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Verifica-se nas amostras tratadas nas concentrações osmóticas de 40 °Brix e temperatura de 40 °C que houveram decréscimos a partir do segundo mês de

armazenamento (tempo 2) para em seguida aumentar nos tempos subsequentes, a amostra seca a 40 °C apresentou aumentos nos seus valores a partir do tempo 4 até o final dos 180 dias, não ocorrendo diferenças significativas entre os tempos 5 e 6, cujos valores foram semelhantes ao início ao tempo 0. Nas amostras secas a 50 e 60 °C esse aumento foi constante a partir do tempo 4 para temperatura de secagem de 50 °C e a partir do tempo 2 nas amostras secas a 60 °C. Não houveram diferenças estatísticas entre os tempos 0, 1, 2, 3 e 4 da amostra seca a 50 °C, e entre os tempos 1, 3, e 4 da amostra seca a 60 °C; observando-se que nestas temperaturas de secagem, o comportamento das amostras ocorreram de forma semelhante não diferindo estatisticamente nos tempo 1, 2 e 3, o que demonstrou uma tendência a manutenção dos mesmos valores.

As amostras tratadas a 40 °Brix e 70 °C, houveram decréscimos nos valores da atividade de água das amostras secas a 40 °C a partir do segundo tempo de armazenamento, já as amostras secas a 50 e 60 °C mantiveram comportamento semelhante, com pequenas oscilações nos valores entre os tempos de armazenamento para cada temperatura de secagem e com aumentos mais expressivos a partir dos 120 dias. Na temperatura de secagem de 50 °C, não houveram diferenças significativas aos 0, 60 e 90 dias de armazenamento, embora o valor encontrado para o tempo de 30 dias tenha sido próximo aos valores estatisticamente iguais. Nas amostras secas a 60 °C não diferiu estatisticamente aos 30 e 60 dias do armazenamento. Comparando-se as duas temperaturas de osmose para a concentração de 40 °Brix, verificou-se grande semelhança entre as amostras secas convectivamente a 50 °C, com valores aproximados do tempo 0 aos 90 dias de armazenamento, nas amostras secas a 40 °C não diferiram estatisticamente entre os tempos 0 da amostra desidratada na temperatura de 40 °C nos tempos de 0 e 30 dias das amostras desidratadas na temperatura de 70 °C. Apesar das oscilações e redução no valor final da atividade de água correspondente a amostra desidratada a 40 °Brix e 70 °C, seca na temperatura de 40 °C, verifica-se que as amostras secas nas menores temperaturas de secagem apresentaram os maiores valores da atividade de água aos 180 dias de armazenamento

Na Figura 4.17 estão apresentados os valores da atividade de água das amostras de farinhas com cascas pré desidratadas a 50 °Brix e nas temperaturas de 40 e 70°C e secas complementarmente através de secagem convectiva nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C.

Nas amostras desidratadas a 40 °C, verifica-se que os maiores valores das atividades de água se deu nas farinhas secas a 40 °C, com uma redução significativa no

valor aos 90 dias de armazenamento, para em seguida aumentarem até o final dos 180 dias, para esta temperatura de secagem, não houve diferença significativa entre o tempo 0 e 60 dias de armazenamento.

Para essa mesma temperatura de osmose, as amostras secas a 50 e 60 °C, os valores obtidos ao longo do armazenamento foram mais aproximados, não havendo diferenças significativas nos 30, 60 e 90 dias de armazenamento da amostras seca a 50 °C e aos 30 e 60 dias da amostra seca na temperatura de 60 °C, todavia, para essa temperatura observou-se um decréscimo acentuado no valor da atividade de água aos 150 dias de armazenamento (tempo 5).

Nas amostras desidratadas osmoticamente na temperatura de 70 °C ocorreram diferenças significativas ao longo do armazenamento, na amostra seca a 40 °C, observou-se variações em seus valores com aumento aos 30 e 60 dias (tempos 1 e 2) de armazenamento, e aos 90 e 120 dias (tempos 3 e 4) houve um pequeno decréscimo até o final dos 180 dias (tempo 6).

Na amostra seca a 50 °C, ocorreram variações em seus valores, com decréscimo expressivo a partir dos 60 dias (tempo 2), seguido de um aumento aos 120 dias (tempo 4) e estabilizando com valores reduzidos nos últimos tempos de armazenamento.

A amostra seca a 60 °C demonstrou maior estabilidade do tempo 0 aos 90 dias (tempos 0 e 3), havendo diferenças significativas entre todos os tempos de armazenamento. Entre os tratamentos osmóticos, as amostras secas a 50 °C foram iguais estatisticamente aos 90 dias (tempo 3) de armazenamento.

Assim, os valores obtidos para as amostras tratadas a 40 °C e 40 °C foram de 0,466; 0,435 e 0,422 respectivamente, para as farinhas secas complementarmente a 40, 50 e 60 °C; e para as amostras desidratadas a 70 °C esses valores foram iguais a 0,445; 0,416 e 0,393. Para o tratamento osmótico a 50 °Brix e 40 °C os valores finais alcançados pelas amostras submetidas as temperaturas de secagem completar de 40, 50 e 60 °C foi de 0,471; 0,403 e 0,422 e para as amostras desidratadas a 70 °C esses valores forma de 0,450; 0,419 e 0,362, confirmando que as maiores temperaturas de osmose e de secagem complementares foram preponderantes na obtenção dos menores valores das atividades de água o que corrobora com os valores de teores de água para as mesmas condições experimentais.

Sendo assim, verifica-se que o aumento ou redução da atividade de água das amostras acompanhou o comportamento dos teores de água ao longo do armazenamento

e que as temperaturas mais elevadas de desidratação osmótica e secagem complementar influenciaram diretamente na obtenção de menores atividades de água.

Apesar do aumento ao longo dos 180 dias de armazenamento, verifica-se que nenhum dos casos estudados atingiram valores das atividades de água mínimas de água ( $a_w$ ) para o desenvolvimento de bactérias (0,90), leveduras (0,80), fungos (0,60), bactérias halófilas (0,65) e leveduras osmófilas (0,62) segundo Fonseca e Canatarelli (1984). O que significa que as condições de tratamento osmótico e secagem complementar estudadas auxiliaram e são favoráveis para a manutenção da estabilidade das farinhas de banana ao longo do armazenamento, a manutenção de suas qualidades físico-químicas e microbiológicas estão atreladas a condição inicial dos produtos.

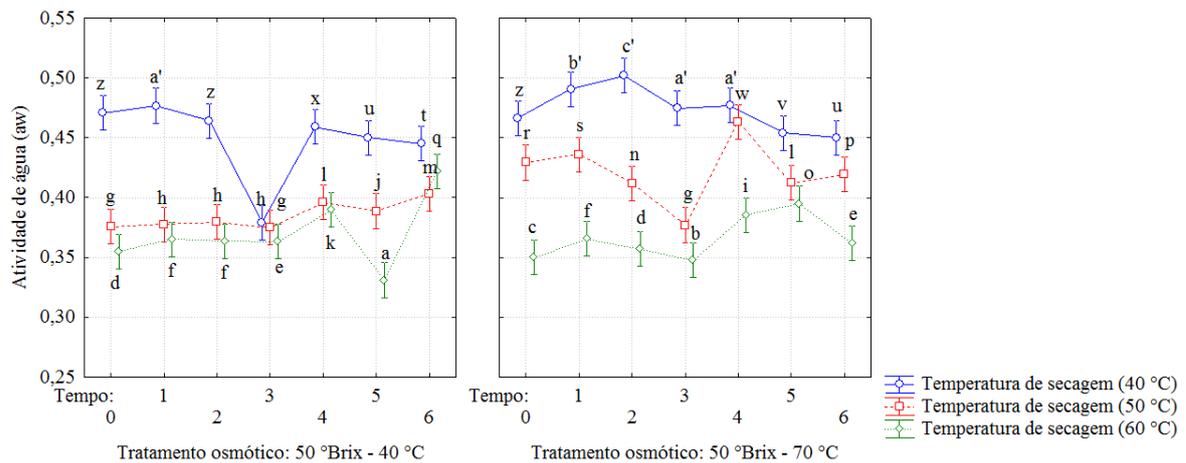
Ao avaliarem sensorialmente 4 amostras de farinhas de mandioca temperadas e verificar o comportamento da atividade de água ao longo de 180 dias de armazenamento Ferreira Neto et al. (2005) verificaram que houve o aumento da atividade de água no decorrer do armazenamento, com variações significativas entre os valores iniciais e finais em três temperaturas estudadas, com valores inferiores a 0,60 estando dentro dos limites recomendados para a atividade de água de produtos desidratados.

O aumento do teor de água e da atividade de água pode ser atribuído ao tempo e às condições de umidade relativa e a temperatura de 25 °C no qual as farinhas foram armazenadas, interferindo na permeabilidade e da embalagem e permitindo a absorção de água durante o armazenamento, uma vez que as embalagens laminadas não são totalmente impermeáveis, seja devido a possíveis falhas em sua superfície ou selamento. O aumento do teor de água e atividade de água pode ser influenciado ao tempo, umidade relativa e a temperatura do ambiente ao qual o alimento foi armazenado, interferindo na permeabilidade da embalagem e favorecendo a absorção de água.

Santos et al. (2010) encontraram resultados semelhantes ao estudarem a estabilidade da farinha de banana verde durante 90 dias de armazenamento e a temperatura ambiente, acondicionadas em embalagens de polietileno tereftalato (PET). Seus resultados mostraram que a atividade de água e teor de água aumentaram significativamente no decorrer do armazenamento, com variações entre os valores iniciais e finais. Entretanto, seus valores de atividade de água apresentaram-se abaixo dos valores limites para o desenvolvimento de bactérias e leveduras, fungos, bactérias halófitase leveduras osmofílicas.

Comportamento semelhante foi observado durante o estudo do sapoti liofilizado, em que o aumento do teor de água ocasionou um grande aumento da atividade de água, a

adsorção de água pelos alimentos desidratados é causada principalmente pela própria natureza química e dos componentes orgânicos do produto, no caso dos frutos descatacase os açúcares, as forças de Van der Waals, a capacidade de grupos hidroxílicos para formarem ligações com moléculas de água e do tipo de processo usado na desidratação (Oliveira et al., 2011).

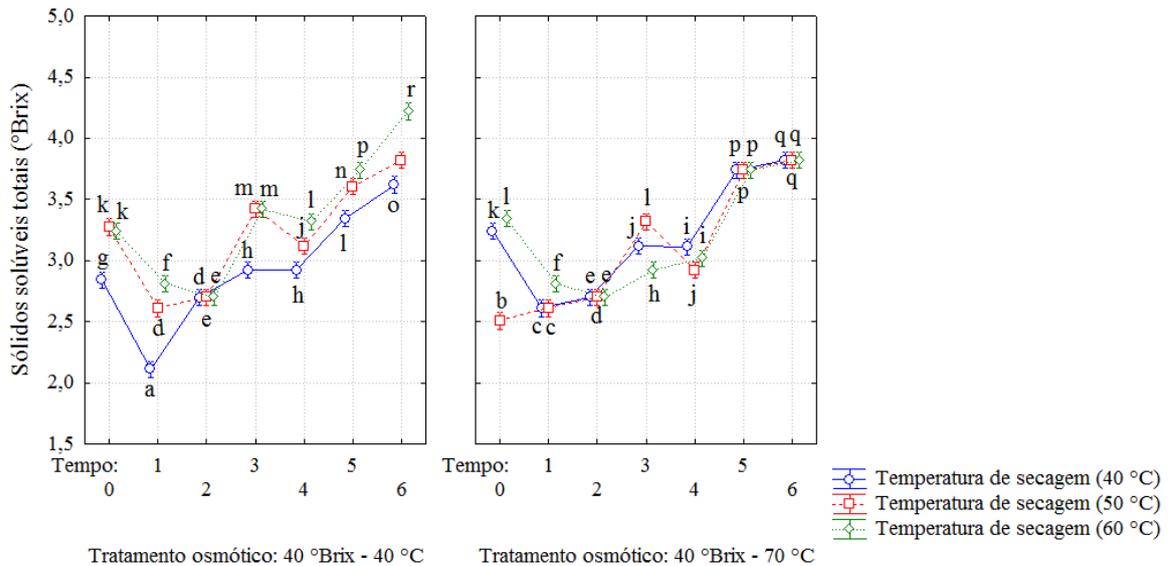


**Figura 4.17** - Valores médios da atividade de água das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 50 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C.

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Diante das condições experimentais, observa-se de que a atividade de água comportou-se conforme as variações dos teores de água ao longo dos 180 dias, e as amostras tratadas nas menores temperaturas e concentrações de osmose apresentaram as maiores variações. A atividade de água é um fator intrínseco ao alimento que está intimamente relacionado a disponibilidade de água livre para os microrganismos, tal disponibilidade está intimamente relacionado a outros fatores como umidade relativa, pH, acidez e teor de água assim como a temperatura, sendo assim, as condições de tratamento de um alimento pode influenciar na sua estabilidade e predizer a sua vida de prateleira, capacidade de crescimento microbiológico e consequentemente a produção de toxinas.

Na Figura 4.18 e Tabela A.2 (Apêndice A) estão apresentados os valores médios dos sólidos solúveis totais obtidos durante o armazenamento das farinhas tratadas a 40 °Brix. Verifica-se que para as duas temperaturas de osmose, houve o aumento nos valores dos sólidos solúveis durante os 180 dias de armazenamento, para as três temperaturas de secagem.



**Figura 4.18** - Valores médios dos sólidos solúveis totais (°Brix) das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 40 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C.

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Comparando-se o comportamento das amostras secas nas três temperaturas de secagem do tratamento a 40 °Brix e 40 °C, verifica-se que os maiores valores obtidos estão relacionados as amostras secas a 50 e 60 °C e estas duas temperaturas não diferiram estatisticamente em 0, 60 e 90 dias (tempos 0, 1 e 2). Ocorreram variações nos valores dos sólidos solúveis totais ao longo do armazenamento, com aumentos constantes a partir dos 120 dias (tempo 4). Na amostra seca a 40 °C houve um decréscimo aos 30 dias (tempo 1) de armazenamento, e nos tempos subsequentes os valores aumentaram, diferindo estatisticamente entre si, exceto entre aos 90 e 120 dias (tempos 3 e 4) de armazenamento.

Nas amostras tratadas osmoticamente a 40 °Brix e 70 °C, os valores de sólidos solúveis foram aumentados no decorrer do tempo, com algumas variações nos seus valores, notadamente com um declínio aos 30 dias de armazenamento nas três temperaturas de secagem, comportamento também observado nas amostras tratadas a 40 °C de osmose.

Os valores diferiram estatisticamente entre os tempos de armazenamento, entretanto, as amostras secas a 40 e 50 °C foram estatisticamente iguais aos 30 dias de armazenamento, as amostras secas a 40 e 60 °C aos 60 dias com resultados muito próximo ao obtido para a amostra seca a 50 °C. Para este tempo, as amostras tratadas nas três

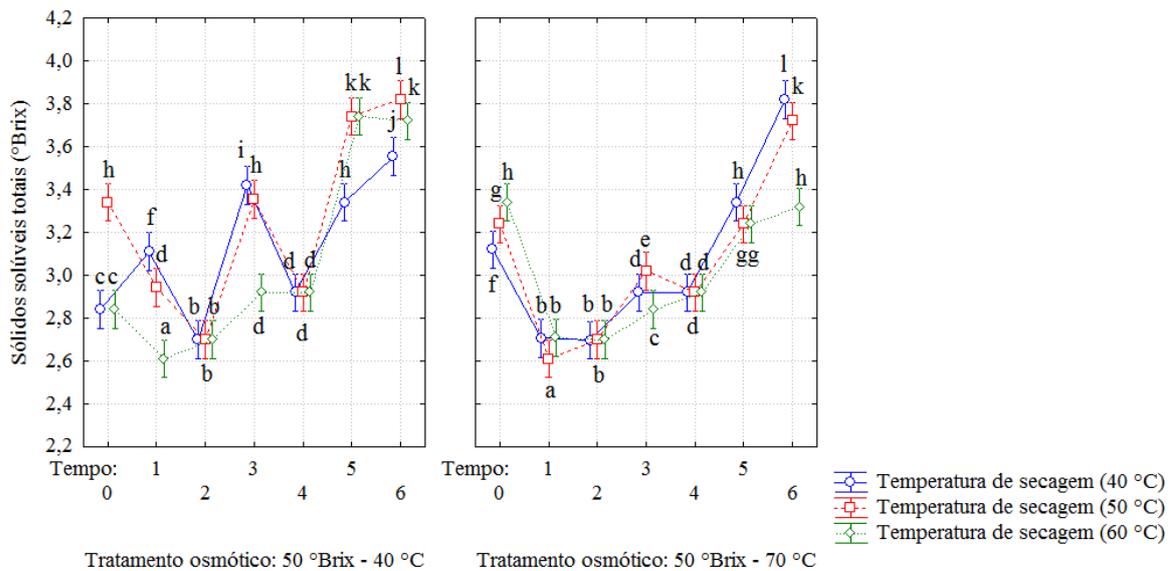
temperaturas de secagem não diferiram estatisticamente ao tratamento osmótico a 40 °Brix e 40 °C.

Nos tempos referentes a 150 e 180 dias (tempos 5 e 6) as três temperaturas de secagem foram estatisticamente iguais. Entre as temperaturas de secagem das amostras osmoticamente tratadas a 70 °C, que a amostra seca a 60 °C (tempo 0) não diferiu da amostra seca a 50 °C (tempo 4) de forma semelhante, as amostras secas a 40 e 60 °C foram estatisticamente iguais aos 120 dias de armazenamento (tempo4).

De maneira geral, apesar das variações nos valores obtidos entre os tratamentos, verifica-se que houve uma tendência ao aumento nos valores obtidos para as médias dos sólidos solúveis totais, demonstrando uma certa semelhança no comportamento das amostras tratadas. Para tais condições, os aumentos ao longo do tempo ao final do armazenamento foi em média 2,88; 3,22 e 3,35 °Brix para as temperaturas de secagem a 40, 50 e 60 °C, respectivamente, das amostras submetidas ao tratamento osmótico a 40 °Brix e 40 °C, e 3,17; 3,03 e 3,21 °Brix para as amostras tratadas osmoticamente a 70 °C. O aumento dos sólidos solúveis totais podem ser devidas ao aumento dos teores de água ao longo do armazenamento o que possibilita a sua dissolução nas amostra no meio no qual está armazenado.

Na Figura 4.19 estão apresentados os valores médios dos sólidos solúveis totais resultantes do armazenamento das amostras tratadas osmoticamente a 50 °Brix e nas temperaturas de 40 e 70 °C. Verifica-se que para os dois tratamentos osmóticos, as amostras tiveram seus valores de sólidos solúveis totais aumentados ao longo dos tempos do armazenamento.

Ocorreram oscilações nos valores, principalmente para as amostras tratadas a 50 °Brix e 40 °C, ocorrendo diferenças estatísticas em todos os tempos de armazenamento de todas as temperaturas de secagem. Para esse tratamento osmótico, as amostras secas a 40 e 60 °C não diferiram entre si no tempo 0, assim como aos 60 dias de armazenamento (tempo 2) para as três condições de secagem; aos 150 dias (tempo 5) para as amostras secas a 40 e 50 °C e para essas mesmas amostras os valores finais obtidos foram muito próximos aos 180 dias (tempo 6). Entre os tempos, a amostra seca a 50 °C não diferiu estatisticamente aos 30 e 120 dias (tempo 1 e 4), e entre os tratamentos de secagem a 50 °C (tempo 4) e 40 °C (tempo 5).



**Figura 4.19** - Valores médios dos sólidos solúveis totais (°Brix) das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 50 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C.

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nas amostras desidratadas a 50 °Brix e 70 °C, ocorreu um decréscimo aos 30 dias (tempo 1) de armazenamento, estabilizando-se aos 60 dias (tempo 2) e os valores sofrerem aumentos nos tempos subsequentes, até o final dos 180 dias (tempo 6). Não houveram diferenças significativas entre as temperaturas de secagem a 40 e 50 °C (30 dias) e a 40, 50 e 60 °C (60 dias), demonstrando uma estabilidade entre esses tempos. Também não diferiram entre as temperaturas de secagem as amostras secas nas três temperaturas (120 dias) e a amostra seca a 40 °C do tempo 3 (120 dias). No tempo 5 as amostras secas a 50 e 60 °C foram iguais estatisticamente; também não diferindo das amostras secas a 40 °C (tempo 5) e a 60 °C (tempo 6). Para este tratamento osmótico, os valores médios finais obtidos para as três temperaturas de secagem foram iguais a 2,86; 3,27 e 3,04 para as amostras desidratadas a 40 °C e 3,07; 3,16 e 3,08 para as amostras desidratadas a 70 °C.

Entre os dois tratamentos osmóticos, percebe-se que as amostras secas a 50 e 60 °C não diferiram estatisticamente entre si entre os tempos 5 e 6 e que as amostras secas a 40 e 50 °C também foram estatisticamente iguais ao final dos 180 dias entre os dois tratamentos osmóticos. Aos 60 dias de armazenamento, as amostras tratadas a 50 °Brix e 40 °C referentes as 3 temperaturas de secagem, não diferiram dos resultados obtidos a 30

e 60 dias das amostras tratadas a 70 °C de osmose, da mesma forma, as três temperaturas de osmose não diferiram entre si e entre, entre os tratamentos osmótico aos 120 dias (tempo 4) de armazenamento.

Costa (2012) verificou variações nos valores dos sólidos solúveis durante o armazenamento por 360 dias do pó do maracujá orgânico. Verificaram que o aumento nos resultados estavam atrelados aos decréscimos da acidez titulável. A relação entre os sólidos solúveis e acidez titulável pode fornecer um indicativo no sabor da fruta, por relacionar a quantidade de açúcares e ácidos presentes.

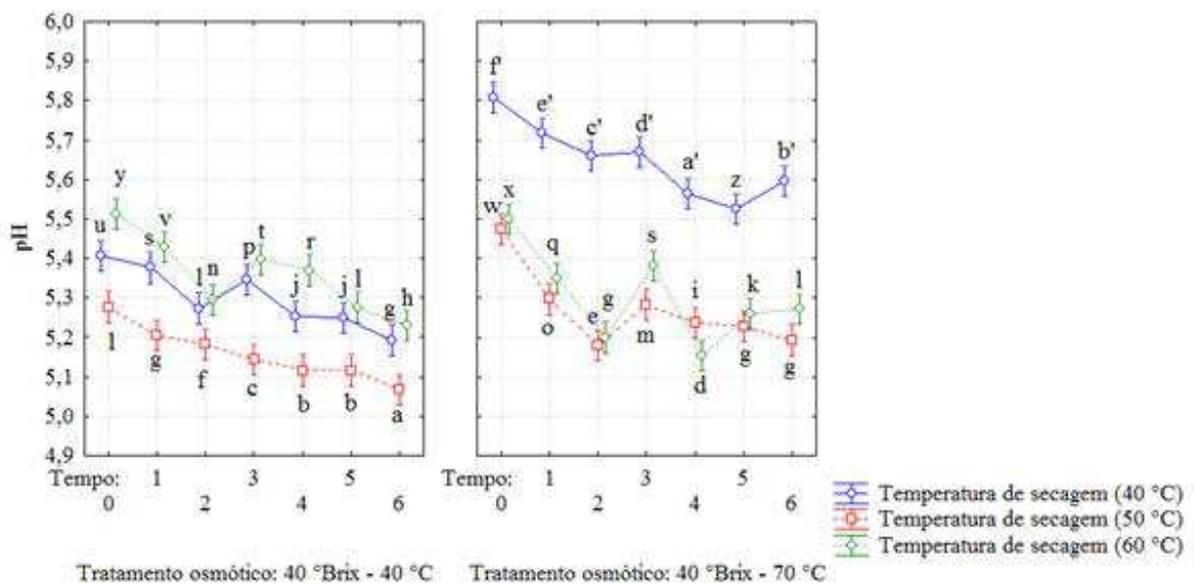
O aumento na concentração de sólidos solúveis também foi observado durante o armazenamento da farinha de mandioca-salsa nas temperaturas de 0 e 5 °C durante 15 dias, o qual se deu em decorrência da transformação das reservas acumuladas durante a formação e o desenvolvimento desses sólidos em açúcares solúveis (Lopes et al., 2011).

O aumento dos sólidos solúveis totais foram superiores nas amostras tratadas nas maiores concentrações de osmose o que demonstra uma maior impregnação da sacarose durante o processo osmótico. O aumento ao longo do armazenamento pode ser devido a dissolução dos açúcares provocados pelo aumento nos teores de água.

Nas Figuras 4. 20 e 4.21 e Tabela A.2 (Anexo A) estão representados os valores médios do pH das amostras de farinhas armazenadas ao longo dos 180 dias (tempo 6). Verifica-se analisando os resultados que em todos os tratamentos osmóticos ocorreram variações em seus valores ao longo do tempo de armazenamento, demarcados pelos decréscimos até o final dos 180 dias (tempo 6). Do início ao final desse período, esses valores correspondem a 3,96; 3,97 e 5,13% respectivamente para as temperaturas de secagem a 40, 50 e 60 °C das amostras tratadas osmoticamente a 40 °Brix e 40°C; para a temperatura de 70 °C os valores finais alcançados foi de 3,61; 4,24 e 7,42% para cada temperatura de secagem.

Nas amostras tratadas a 50 °Brix e 40 °C seus resultados finais foram 3,98; 4,25 e 4,61% e para a temperatura de osmose a 70 °C a redução foi mais acentuada correspondente a 10,08; 7,57 e 7,18%. O processo de secagem, assim como os diferentes tratamentos osmóticos influenciaram nos valores do pH das amostras, Zanatta et al. (2010) verificaram que o processo de secagem influenciou nos resultados dos valores de pH obtidos para a beterraba e cenoura, ocasionando um decaimento nos valores de pH, que é consequente da eliminação da umidade presente e a concentração de ácidos presentes nas amostras após a secagem.

Borges et al. (2010a) observaram o comportamento semelhante durante o estudo de pré-misturas de bolos elaboradas a partir da farinha de banana verde, armazenadas durante 120 dias, com 5 tempos de tratamento (0, 30, 60, 90 e 120 dias). Houveram variações nos valores de pH das amostras em função do tempo de armazenamento, demarcados pelos decréscimos dos valores de pH ao final desse período, correspondente a 3,65% ao passo que houve aumentos nos valores da acidez. Ainda confirma que a diminuição dos valores de pH durante o armazenamento pode ser explicada pelo aumento na concentração de íons  $H^+$  devido ao ganho de água, tipo de embalagem utilizada, condições de processamento e temperatura ambiente que propiciam o aumento da acidez ao longo da estocagem.

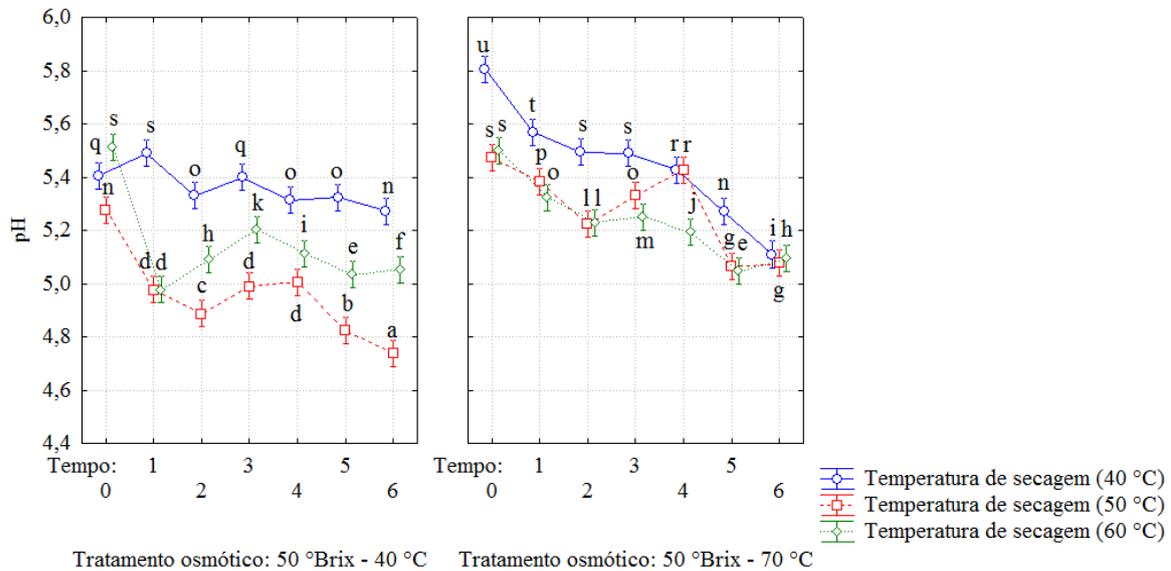


**Figura 4.20** - Valores médios do pH das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 40 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C.

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores alcançados durante o período de armazenamento estão sujeitos a faixa ideal para a proliferação de microrganismos do tipo bolores de leveduras considerados ótimos na faixa de pH entre 4,5 e 7, embora a diminuição dos valores de pH tenham sido alcançados devido ao aumento dos teores de água e valores de acidez que propiciaram o aumento da concentração dos íons  $H^+$ . Todavia, esse aumento não apresentou-se muito

pronunciado principalmente nas amostras tratadas na maior temperatura de osmose que apresentaram tendência a estabilidade.

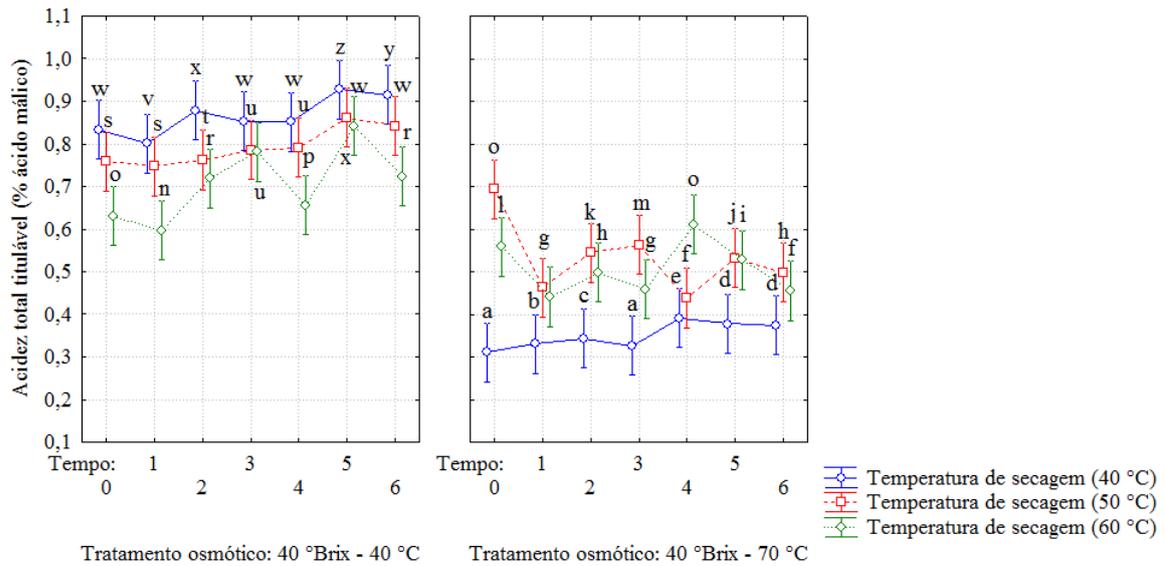


**Figura 4.21** - Valores médios do pH das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 50 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C.

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nas Figuras 4.22 e 4.23e Tabela A.3 (Apêndice A) estão representadas as variações dos valores médios para a acidez total titulável das amostras de farinha de banana com casca submetidas aos tratamentos osmóticos e de secagem e armazenadas ao longo de 180 dias. Pode-se observar que em todos os tratamentos osmóticos os valores da acidez total titulável sofreram alterações significativas ao longo do armazenamento, e apesar das variações demarcadas pelo aumento em seus valores ao final dos 180 dias para todos os tratamentos.

Nas amostras osmoticamente tratadas a 40 °Brix e 40 °C (Figura 4.22) observa-se para as amostras secas nas menores temperaturas de secagem que valores de acidez mais altos, variaram de 0,83 a 0,92% para a amostra seca a 40 °C, 0,76 a 0,84% para amostra seca a 50 °C e 0,56 a 0,72% para a amostra seca a 60 °C. Apesar das variações nos valores, esses foram estatisticamente iguais entre os tempos 0, 3 e 4 e entre os tempos 5 e 6 das amostras secas a 40 °C. As amostras secas a 50 °C foram estatisticamente iguais entre os tempos 0 e 1 e 3 e 4; e nas amostras secas a 60 °C entre os tempos 2 e 6. Entre os tratamentos de secagem, verifica-se que os tempos 5 da temperatura de 50 °C e 6 da temperatura de 60 °C não diferiram estatisticamente.

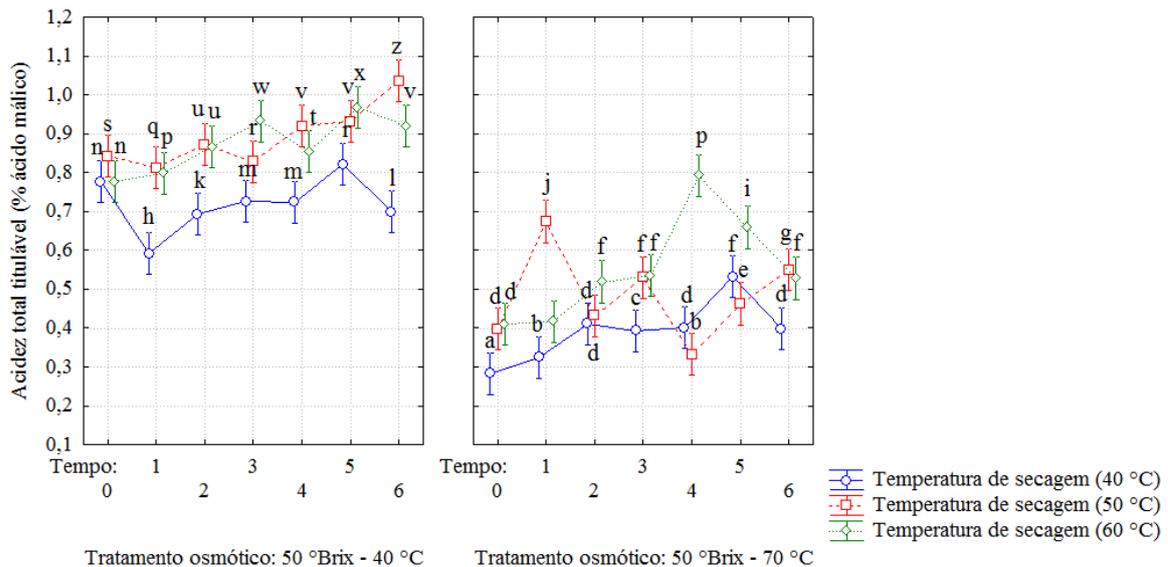


**Figura 4.22** - Valores médios da acidez total titulável (% ácido málico) das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 40 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C.

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação as amostras tratadas osmoticamente sob a temperatura de 70 °C, percebe-se que os valores obtidos foram inferiores as amostras tratadas a 40 °C de osmose; variando de 0,31 a 0,38% nas amostras tratadas as 40 °C; 0,69 a 0,50% para a amostra tratada a 50 °C e 0,56 a 0,46% para as amostras secas a 60 °C, verifica-se para essas duas temperaturas pequenas reduções em seus valores da acidez total titulável e os menores valores obtidos para as amostras secas a 40 °C.

Na Figura 4.23 está representado os valores médios da acidez total titulável ao longo do armazenamento para as amostras tratadas a 50 °Brix e 40 °C. Do tempo zero aos 180 dias para as temperaturas de secagem de 40, 50 e 60 °C, os valores médios da acidez total titulável variaram de 0,55 a 0,70; 0,56 a 1,04 e 0,78 a 0,92% respectivamente. Já para as amostras tratadas sob temperatura de osmose a 70 °C esses valores variaram de 0,28 a 0,40; 0,40 a 0,55 e 0,37 a 0,53%. Apesar das oscilações, é notório a tendência aos aumentos dos valores da acidez ao longo dos 180 dias (tempo 6), com menores valores encontrados para as amostras desidratadas osmoticamente a 70 °C, para todos os tratamentos, as farinhas secas na menor temperatura de secagem demonstrou aparente estabilidade entre os valores.



**Figura 4.23-** Valores médios da acidez total titulável (% ácido málico) das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 50 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C.

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Comparando-se o pH com a acidez total titulável, constata-se que ocorreu diminuição no pH e aumento na acidez com o avanço do tempo do armazenamento. Este fato ocorre devido a redução dos ácidos orgânicos que liberam ions  $H^+$  os quais proporcionam redução nos valores do pH. Borges et al. (2010a) encontraram comportamento semelhante ao avaliarem a estabilidade da pré mistura de bolos com 60% de farinha de banana verde, ocorrendo variações estatísticas ao longo dos 120 dias de armazenamento, em que seus valores oscilaram entre 0,56 e 0,44% aos 90 e 120 dias de armazenamento com valor inicial no tempo zero igual a 0,48%. A oscilação nos valores da acidez também se deve as possíveis reações metabólicas de enzimas presentes nas farinhas, então quanto maior a concentração de enzimas, maior o aumento na ATT (Menezes et al., 1998).

Resultados semelhantes foram observados para o armazenamento de farinha de banana verde submetida a dois tratamentos térmicos e armazenada por 90 dias, sendo possível verificar uma diferença significativa durante o armazenamento, atribuído a uma pequena elevação da acidez (Silva et al., 2015b). As farinhas armazenadas por um longo período tem a sua acidez aumentada devido a ocorrência de vários fenômenos: hidrólise de lipídios, hidrólise de proteína, produção de aminoácidos ou produtos intermediários da decomposição das proteína (El-Dashe Miranda, 2002).

Belmiro et al. (2010) também observaram aumentos nos valores de acidez total titulável expresso em percentual de ácido málico para a farinha de abóbora, ao longo de 90 dias de armazenamento e atribuiu esse aumento à hidrólise ácida dos óleos e gorduras contido nos grãos; para os valores médios do pH o comportamento geral foi de redução.

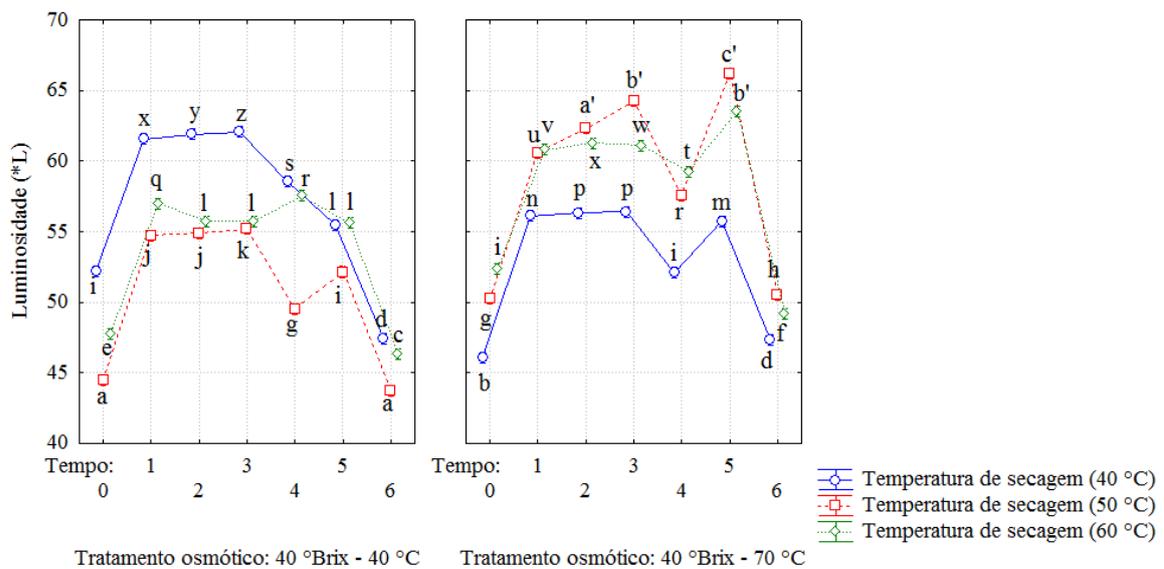
Com base nos valores médios obtidos para a acidez total entre e o período de 0 e 180 dias de armazenamento para cada amostra, foi possível perceber que os maiores valores obtidos foram referente as amostras tratadas nos menores graus de osmose e menores temperaturas, provavelmente por essas amostras apresentarem maiores teores de água e atividade de água que estão atrelados ao aumento da acidez. Sendo assim, para as amostras desidratadas a 40 °Brix e 40 °C, os valores médios foram de 0,87; 0,79 e 0,70% respectivamente para as temperaturas de 40, 50 e 60 °C; nas amostras desidratadas a 70 °C, esses valores foram de 0,35; 0,53 e 0,51%. As amostras desidratadas a 50 °Brix e 40 °C de osmose apresentaram valores ainda menores para as três temperaturas de secagem, correspondendo a 0,69; 0,85 e 0,87% e as desidratadas a 70 °C apresentam valores correspondentes a 0,39; 0,48 e 0,55. Tais resultados reforçam a influência das maiores temperaturas e maiores concentrações de sacarose na redução dos valores de acidez ao longo de 180 dias de armazenamento, o que demonstra que a maior temperatura de osmose e de secagem atuam como o principal fator de manutenção dos valores de acidez. Figueirêdo et al. (2003) verificaram acréscimos progressivos nos valores da ATT do abacaxi minimamente processados e armazenados durante 10 dias nas temperaturas de 5, 9, 13 e 15 °C ao final do período de estocagem nas maiores temperaturas de armazenamento.

Ao avanço do período de armazenamento, foi possível detectar cheiro à ranço nas amostras armazenadas o que pode estar ligado a atividade da enzima lipase. Ao estudarem o efeito da temperatura de secagem intermitente na inativação enzimática e viscosidade da pasta de aveia, Marini et al.(2007) verificaram o decréscimo na atividade da enzima lipase com a secagem a partir de 60 °C, demonstrando que a peroxidase possui maior estabilidade térmica.

Os menores valores da acidez total titulável foram alcançados nas amostras pré desidratadas na temperatura de 70 °C e secas nas maiores temperaturas de secagem. A exposição das rodela de banana com casca às maiores temperaturas de osmose e secagem auxiliou na melhoria da estabilidade microbiológica das farinhas, por manter as amostras com os menores teores de água e atividade de água iniciais que se traduziram na manutenção da estabilidade ao longo do armazenamento, denotados pelas menores

alterações em seus parâmetros. Todavia, principalmente as amostras tratadas na menor temperatura de osmose e secagem, houve cheiro característico à ranço ao final do período de armazenamento, indicando que as farinhas sofreram o processo de envelhecimento, evidenciado pelas variações ocorridas principalmente nos últimos tempos de armazenamento. A acidez representa o estado de conservação das farinhas, envolvendo tanto aspectos químicos como microbiológicos, pois o crescimento microbiano envolve a produção de ácidos orgânicos. A produção de compostos resultantes da oxidação lipídica tem importante impacto sobre a estabilidade oxidativa e as propriedades sensoriais das farinhas ao longo do armazenamento.

Na Figura 4.24 e Tabela A.3 (Apêndice A) estão apresentados os valores médios da luminosidade para para os diferentes tratamentos das farinhas de banana com casca desidratados a 40 °Brix e 40 e 70 °C, secos e acondicionados em embalagens laminadas, armazenadas ao longo de 180 dias a temperatura ambiente.



**Figura 4.24** - Valores médios da Luminosidade (\*L) das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 40 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C.

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação ao tempo de armazenamento, para as amostras submetidas ao tratamento osmótico a 40 °Brix e 40 °C, que as três temperaturas de secagem são estatisticamente diferentes entre si em todo o período avaliado. Percebe-se entre as três temperaturas de secagem, os tempos 1, 2, e 3 apresentaram valores muito aproximados,

sendo os tempos 1 e 2 estatisticamente iguais para a temperatura de 50 °C e 2 e 3 para a temperatura de 60 °C.

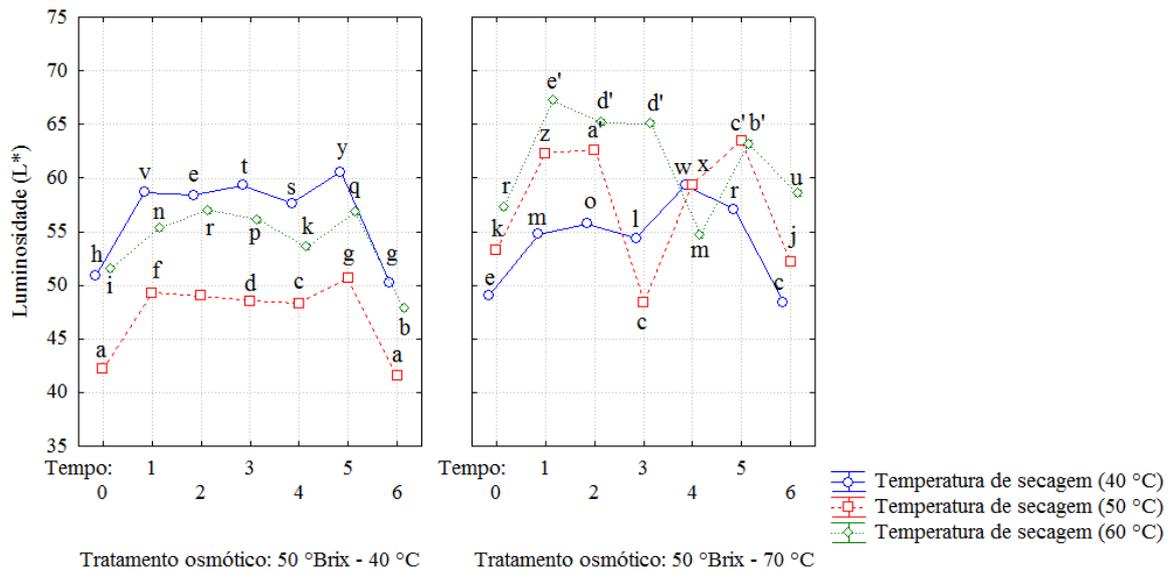
Tais valores representam aumentos ao longo dos primeiros 90 dias de armazenamento, para sofrerem decréscimos nos tempos subsequentes. Aos valores da luminosidade, variaram de 52,34 a 47,42; 44,76 a 44,01 e 55,99 a 55,61 respectivamente, nas amostras secas a 40, 50 e 60 °C. Demonstrando que entre o início e o final do armazenamento os valores médios obtidos foram próximos, sobretudo para a amostra seca a 50 e 60°C em que os tempos 0 e 6 foram estatisticamente iguais. Entre as temperaturas de secagem a 40 e 60 °C os resultados obtidos para os 150 dias de armazenamento foram estatisticamente iguais. Na temperatura de secagem a 60 °C, verifica-se um decréscimo acentuado a partir dos 120 dias (tempo 4), seguido de aumento aos 150 dias (tempo 5) e decréscimo aos 180 dias (tempo 6).

Nas amostras desidratadas a 40°Brix e 70 °C, também observa-se variações abruptas nos valores médios, demarcados pelos aumentos nos tempos 1, 2 e 3, seguida de reduções em seus valores no tempo 4, elevações no tempo 5 e diminuição com valores muito próximos ao tempo zero aos 180 dias de armazenamento (tempo 6), este comportamento foi observado para as três temperaturas de secagem.

Os maiores acréscimos ocorridos ao longo do período de armazenamento, ocorreram para a temperatura de secagem a 40 °C das amostras tratadas osmoticamente a 40 °C e 40 °Brix e a 50° C para as amostras desidratadas a 70 °C, para esta temperatura a temperatura de 40 °C atingiu os menores valores.

Na Figura 4.25e Tabela A.3 (Apêndice A) estão apresentados os valores médios da luminosidade para para os diferentes tratamentos das farinhas de banana com casca desidratados a 50 °Brix e nas temperaturas de 40 e 70 °C, secos e acondicionadas em embalagens laminadas, armazenadas ao longo de 180 dias a temperatura ambiente.

Verifica-se nas amostras tratadas a 50 °Brix e 40 °C, que houve aumentos nos valores da luminosidade a partir dos 30 dias de armazenamento (tempo1), com pequenas variações nas três temperaturas de secagem, com um pequeno decréscimo aos 120 dias, seguida de um aumento aos 150 dias e declínio aos 180 dias, atingindo resultados aproximados ao tempo zero. As amostras secas a 40 e 50 °C atingiram os maiores valores, em contrapartida, apresentou-se mais estável de 0 a 120 dias.



**Figura 4.25** - Valores médios da Luminosidade (\*L) das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 50 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C.

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

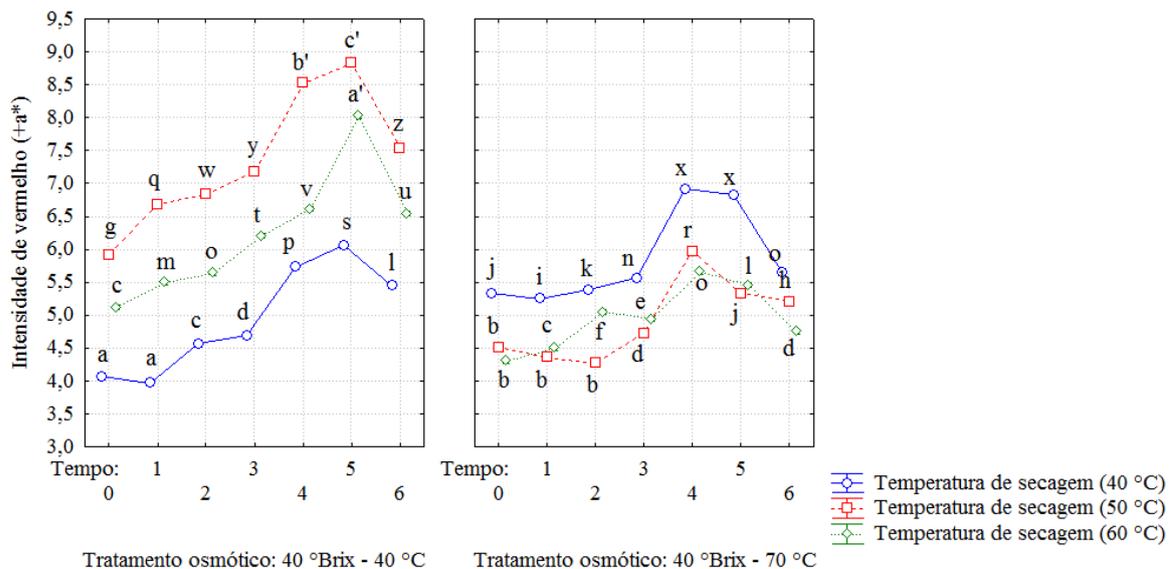
As amostras desidratadas osmoticamente a 70 °C demonstram maior variabilidade ao longo do armazenamento, diferindo estatisticamente ao longo dos tempos, exceto para os tempo 2 e 3 da temperatura de secagem a 60 °C. Para essa temperatura de osmose verifica-se que a maior temperatura de desidratação auxiliou no pré cozimento das amostras durante o tratamento osmótico, tornando-as mais claras que as amostras desidratadas a 40 °C e influenciando em seus valores médios ao longo do armazenamento. Contrariamente, a menor temperatura de osmose apresentou resultados mais baixos, ocorrendo aumento a partir de 30 dias de armazenamento e queda nos seus valores a partir de 150 dias até o final do período de estocagem.

As amostras secas a 50 e 60 °C atingiram os maiores valores, com aumentos nos tempos 1 e 2 da temperatura de 50 °C e 1, 2 e 3 para a temperatura de 60 °C, seguido de decréscimos no tempo 3 e 4, respectivamente para as referidas temperaturas. Entre os tratamentos de secagem, os valores foram estatisticamente iguais aos 150 dias para as temperaturas de 50 e 60 °C.

O aumento da luminosidade se deu em todas as amostras ao longo do armazenamento, o que demonstra que houve clareamento das farinhas. Valores de luminosidade superiores a 93 e a\* próximo a zero (inferior a 0,5 ou negativo) denotam farinhas consideradas brancas (Ortolan et al., 2010). Dessa forma, as farinhas da casca de

banana não são consideradas claras, nem sofreram diminuições nos parâmetros da cor durante o armazenamento que as classifiquem nessa categoria.

Nas Figuras 4.26e 4.27e Tabela A.4 (Apêndice A) estão apresentados os valores médios da intensidade de vermelho ( $+a^*$ ) obtidos para as amostras tratadas nas duas condições de osmose e temperaturas de secagens.

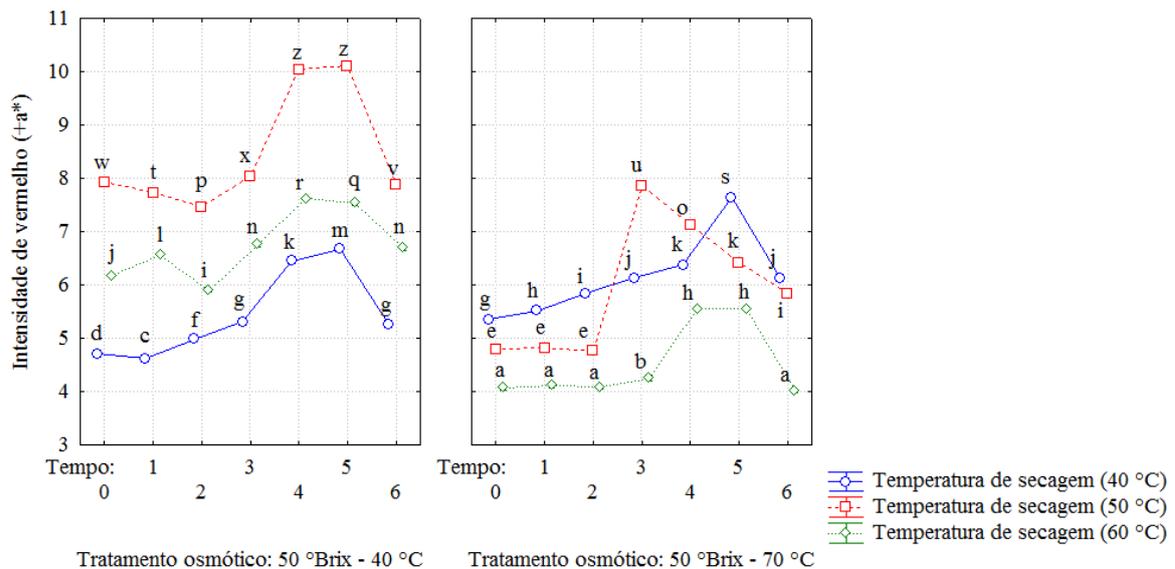


**Figura 4.26-** Valores médios da Intensidade de vermelho ( $+a^*$ ) das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 40 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C.

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Verifica-se que os valores do parâmetro aumentaram ao longo dos tempos de armazenamento, para todos os tipos de tratamentos. Nas amostras tratadas osmoticamente a 40 °C nas duas temperaturas de osmose ocorreu comportamento semelhante em ambos os casos, apesar das pequenas variações ao longo dos tempos 0 a 3 meses. Percebe-se que a partir dos 120 dias (tempo 4) houve um acréscimo acentuado nos valores nas três temperaturas de secagem, aumentando ainda mais aos 150 dias (tempo 5) para em seguida ocorrer um decréscimo acentuado aos 180 dias (tempo 6), demonstrando que até o tempo 5 as amostras e a matiz do componente ( $+a^*$ ) se deslocou na direção do vermelho. Os picos dos valores obtidos foram alcançados nos tempos 4 e 5 das amostras armazenadas e tratadas a 40 °Brix e nas temperaturas de 40 e 70 °C para todas as temperaturas de secagem.

Nas amostras tratadas a 50 °Brix, verifica-se que na amostra seca a 50 °C, não houve diferenças estatísticas entre os tempos 4 e 5, demarcando uma pequena estabilidade entre esses tempos. Nas temperaturas de secagem de 40 e 60 °C foi observado o mesmo comportamento nesses mesmos intervalos de tempo. Os maiores valores encontrados para este parâmetro, se deu para as amostras desidratadas a 40 °C e secas a 50, 60 e 40 °C.



**Figura 4.27-** Valores médios da Intensidade de vermelho (+a\*) das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 50 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C.

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nas amostras desidratadas a 70 °C para quaisquer concentração de osmose demonstraram valores da intensidade de vermelho mais reduzidos. Para as amostras tratadas a 40 °Brix verifica-se que os acréscimos desses valores foram mais estáveis até os 90 dias (T3), para sofrerem grande aumento a partir dos 120 e 150 dias (T4 e T5), comparando-se as 3 temperaturas de secagem, é notório que a amostra seca a 40 °C apresentou os maiores valores em todos os tempos de armazenamento. A amostra seca a 50 °C apresentou-se estatisticamente iguais entre o tempo inicial e 60 dias para sofrer acréscimos em seus valores já a partir do tempo 3. Nas amostras submetidas ao tratamento osmótico a 50 °Brix e 70 °C percebeu-se um acréscimo gradual nos valores aos longo dos 0 a 120 dias (tempo 4), atingindo o valor mais elevado aos 150 dias (Tempo 5).

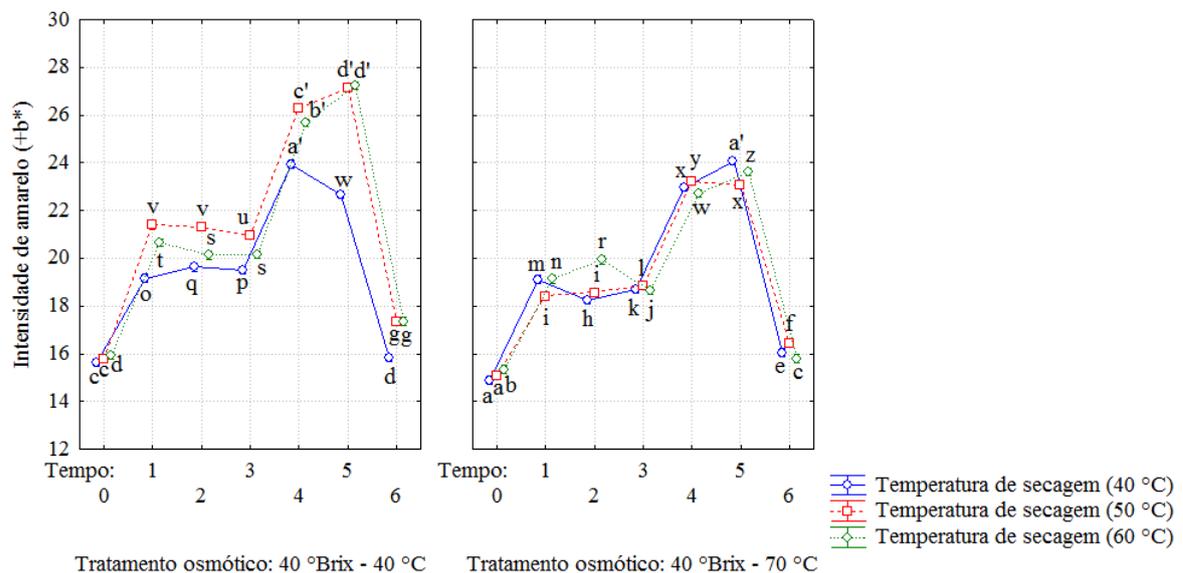
Na amostras seca a 50 °C, assim como a amostra tratada a 40 °Brix, os tempos iniciais se mantiveram estatisticamente iguais até os 60 dias de armazenamento, e já aos

90 dias ocorreu aumento significativo, para sofrer decréscimos em seus valores nos tempos subsequentes. Os valores obtidos para a temperatura de secagem a 60 °C também foram iguais ao longo dos 90 dias de armazenamento, seguida de aumentos aos 90, 120 e 150 (tempos 3, 4 e 5) dias, ocorrendo uma certa estabilidade entre os tempos 4 e 5, seguidas de acentuada diminuição no tempo 6.

De um modo geral, as amostras tratadas sob as mesmas condições osmóticas apresentaram comportamento dos valores semelhantes ao longo dos tempos de armazenamento. É evidente que a maior temperatura de osmose influenciou diretamente na redução dos valores da intensidade de vermelho.

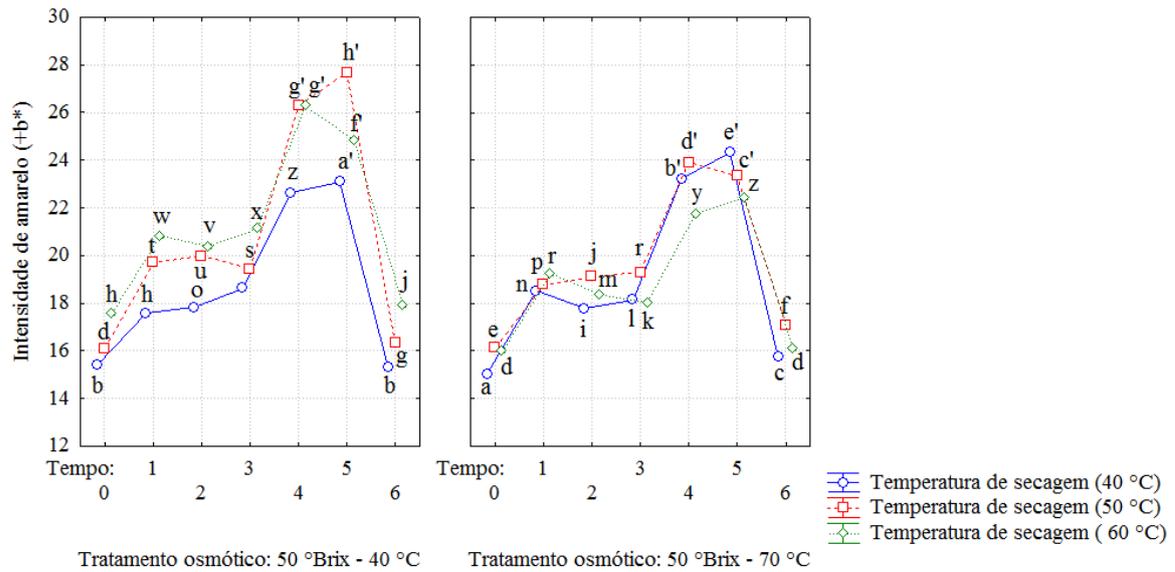
Comparando-se a luminosidade com a intensidade de vermelho, é evidente que o último tempo de armazenamento se destacou em seus valores, ocasionando a maior diminuição da luminosidade e aumento nos valores da matiz(+a\*) nos 180 dias. Essas mudanças a coloração demarcam possíveis alterações já ao final do período de armazenamento.

Nas Figuras 4.28 e 4.29 e Tabela A.4 (Apêndice A) estão apresentados os valores médios da intensidade de amarelo (+b\*) das amostras de farinhas de banana com cascas obtidas dos diferentes tratamentos e armazenadas por 180 dias.



**Figura 4.28** - Valores médios da Intensidade de amarelo (+b\*) das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 40 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C.

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



**Figura 4.29** - Valores médios da Intensidade de amarelo (+b\*) das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 40 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C.

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Pode-se observar para as duas condições de osmose, que em todos os tratamentos os valores expressam um comportamento geral de aumento ao longo dos 150 dias de armazenamento (tempo 5), apresentando diferenças estatísticas em todos os tempos de armazenamento e em todos os tratamentos de secagem. Os picos nos valores da intensidade de amarelo ocorreram aos 120 e 150 dias (tempo 4 e 5), acompanhando o aumento da intensidade de vermelho e reduções nos valores da Luminosidade ocorridas nesses mesmos intervalos de tempo das amostras pré tratadas osmoticamente a 40 °Brix 40 °C, as amostras submetidas ao referido tratamento osmótico e nas condições de 50 °Brix e 40 °C, as amostras atingiram valores aproximados entre os tempos de armazenamento, com valores superiores aos obtidos para as amostras pré-desidratadas a 70 °C para ambas concentrações de osmose, o que é permitido observar que os menores valores da luminosidade foram obtidos na maior temperatura de osmose.

Com relação as temperaturas de secagem das amostras pré-tratadas a osmoticamente a 40 °Brix e 40 °C verifica-se que nas três temperaturas houve estabilidade entre os valores aos 30, 60 e 90 dias (tempos 1, 2 e 3), todavia, a temperatura de 50 °C esse comportamento é referente aos 30 e 60 dias e na temperatura de 60 °C aos 60 e 90 dias. Entre os tratamentos de secagem a 50 e 60 °C apresentaram valores estatisticamente iguais aos 150 e 180 dias (tempos 5 e 6) de armazenamento com

resultados próximos ao obtido para os 120 dias (tempo 4). Entre os tratamentos de secagem as amostras foram estatisticamente iguais no tempo zero nas temperaturas de secagem a 40 e 50 °C, e 50 e 60 °C aos 180 dias (tempo 6), ainda no final do armazenamento a amostra seca a 40 °C não diferiu estatisticamente do tempo inicial da amostra seca a 60 °C.

Nas amostras pré desidratadas osmoticamente a 50 °Brix, as amostras foram estatisticamente iguais entre o tempo inicial e 180 dias (tempo 6) de armazenamento da amostra seca a 40 °C, o tempo zero e da amostra seca a 60 °C e 30 dias da amostra seca a 40 °C, aos 120 dias (tempo 4) das amostras secas a 50 e 60 °C. As amostras desidratadas a 70 °C e 50 °Brix entre os tempos iniciais e finais da temperatura de secagem a 60 °C. Para todos os tratamentos, foi possível observar a Luminosidade (L\*), Intensidade de vermelho (+a\*) e intensidade de amarelo (+b\*) apresentaram comportamento semelhante ao longo dos tempos de armazenamento. Aos 120 e 150 dias (tempos 4 e 5) de armazenamento foi verificado menores valores na intensidade de vermelho (+a) e na intensidade de amarelo (+b), e aos 180 dias (tempo 6) foi detectado os menores valores da luminosidade, demonstrando que as amostras se tornaram mais claras ao longo do armazenamento. Figueirêdo et al. (2005) também constataram reduções nos valores da luminosidade e intensidade de vermelho e intensidade de amarelo com o aumento do tempo de armazenamento, umidade e temperatura das amostras de acerola em pó armazenada por 30 dias.

Este comportamento de diminuição dos valores médios da intensidade de amarelo ao longo dos 120, 150 e 180 dias (tempos 4, 5 e 6) de armazenamento, acompanharam o acréscimo pronunciado dos teores de água e atividade de água das amostras armazenadas obtidas em cada tratamento nos mesmo tempos de armazenamento.

#### **4.5.1- Estudo microbiológico das farinhas armazenadas**

Na Tabela 4.13 são apresentados os resultados das contagens microbiológicas das análises feitas através da determinação para aeróbios totais das amostras de farinha de banana com casca durante o armazenamento. De acordo com os limites microbiológicos estabelecidos pela Tabela 3.10, todos os resultados obtidos encontram-se dentro dos limites estabelecidos pelo Instituto Nacional de Saúde (INSA) (Santos et al, 2005) e Anvisa (Brasil, 2001), apresentando qualidade microbiológica satisfatória para todos os

tempos analisados e em todos os tipos de tratamento, o que comprova que as etapas de processamento da farinha de banana com casca obedeceram boas práticas de fabrico.

**Tabela 4.13** - Contagens (log UFC/g) de microrganismos das farinhas de banana com casca obtidas durante o período de armazenamento

Evolução					
T. S (°C)	T. D. O. (°C)	Concentração de sacarose (°Brix)	Diluições	Contagens (log UFC/g)	Qualidade microbiológica
<b>T0</b>	40 °C	40	10 <sup>-1</sup>	1,40x10 <sup>1</sup>	Satisfatório
		70	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup>	
		40	10 <sup>-1</sup>	1,65 x10 <sup>1</sup>	
		70	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup>	
	50 °C	40	10 <sup>-2</sup>	2,47x10 <sup>1</sup>	Satisfatório
		70	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup>	
		40	10 <sup>-1</sup>	1x10 <sup>1</sup>	
		70	10 <sup>-1</sup>	1,30x10 <sup>1</sup>	
	60 °C	40	10 <sup>-1</sup>	1,48x10 <sup>-1</sup>	Satisfatório
		70	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup>	
		40	10 <sup>-1</sup>	1x10 <sup>1</sup>	
		70	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup>	
T. S (°C)	T. D. O. (°C)	Concentração de sacarose (°Brix)	Diluições	Contagens (log UFC/g)	Qualidade microbiológica
<b>T1</b>	40 °C	40	10 <sup>-1</sup>	1,70 x10 <sup>1</sup>	Satisfatório
		70	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup>	
		40	10 <sup>-1</sup>	1,48x10 <sup>1</sup>	
		70	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup>	
	50 °C	40	10 <sup>-1</sup>	2,48 x10 <sup>1</sup>	Satisfatório
		70	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup>	
		40	10 <sup>-1</sup>	1x10 <sup>1</sup>	
		70	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup>	
	60 °C	40	10 <sup>-1</sup>	1,48 x10 <sup>1</sup>	Satisfatório
		70	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup>	
		40	10 <sup>-1</sup>	1,30 x10 <sup>1</sup>	
		70	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup>	
T. S (°C)	T. D. O. (°C)	Concentração de sacarose (°Brix)	Diluições	Contagens (log UFC/g)	Qualidade microbiológica
<b>T2</b>	40 °C	40	10 <sup>-1</sup>	1,70 x10 <sup>1</sup>	Satisfatório
		70	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup>	
		40	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup>	
		70	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup>	
	50 °C	40	10 <sup>-1</sup>	1,60x10 <sup>1</sup>	Satisfatório
		70	10 <sup>-1</sup>	1x10 <sup>1</sup>	
		40	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup>	
		70	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup>	
	60 °C	40	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup>	Satisfatório
		70	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup>	
		40	10 <sup>-1</sup>	0,70x10 <sup>1</sup>	
		70	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup>	

Cont. Tabela 4.13

<b>T. S (°C)</b>	<b>T. D. O. (°C)</b>	<b>Concentração de sacarose (°Brix)</b>	<b>Diluições</b>	<b>Contagens (log UFC/g)</b>	<b>Qualidade microbiológica</b>
<b>T3</b>	40 °C	40	10 <sup>-1</sup>	0,70 x10 <sup>1</sup>	Satisfatório
		40	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup>	
		50	10 <sup>-1</sup>	1,20x10 <sup>1</sup>	
		50	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup>	
	50 °C	40	10 <sup>-1</sup>	1x10 <sup>1</sup>	Satisfatório
		40	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup>	
		40	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup>	
		50	10 <sup>-1</sup>	2,02x10 <sup>1</sup>	
	60 °C	40	10 <sup>-1</sup>	0,70x10 <sup>1</sup>	Satisfatório
		40	10 <sup>-1</sup>	0,70x10 <sup>1</sup>	
		40	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup>	
		50	10 <sup>-1</sup>	0,70x10 <sup>1</sup>	
<b>T4</b>	40 °C	40	10 <sup>-1</sup>	0,70 x10 <sup>1</sup>	Satisfatório
		40	10 <sup>-1</sup>	0,70 x10 <sup>1</sup>	
		50	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup>	
		50	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup>	
	50 °C	40	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup>	Satisfatório
		40	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup>	
		40	10 <sup>-2</sup>	1,70x10 <sup>1</sup>	
		50	10 <sup>-1</sup>	1,70x10 <sup>1</sup>	
	60 °C	40	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup>	Satisfatório
		40	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup>	
		40	10 <sup>-2</sup>	1,70x10 <sup>1</sup>	
		50	10 <sup>-1</sup>	1x10 <sup>1</sup>	
<b>T5</b>	40 °C	40	10 <sup>-1</sup>	1,78x10 <sup>1</sup>	Satisfatório
		40	10 <sup>-1</sup>	1,18x10 <sup>1</sup>	
		50	10 <sup>-1</sup>	2,23x10 <sup>1</sup>	
		50	10 <sup>-1</sup>	1,74 x10 <sup>1</sup>	
	50 °C	40	10 <sup>-1</sup>	1,65 x10 <sup>1</sup>	Satisfatório
		40	10 <sup>-1</sup>	1,47 x10 <sup>1</sup>	
		40	10 <sup>-1</sup>	1,54 x10 <sup>1</sup>	
		50	10 <sup>-1</sup>	1,30 x10 <sup>1</sup>	
	60 °C	40	10 <sup>-1</sup>	1,70 x10 <sup>1</sup>	Satisfatório
		40	10 <sup>-1</sup>	1,54 x10 <sup>1</sup>	
		40	10 <sup>-1</sup>	1,54 x10 <sup>1</sup>	
		50	10 <sup>-1</sup>	1,60 x10 <sup>1</sup>	
<b>T6</b>	40 °C	40	10 <sup>-1</sup>	1,95 x10 <sup>1</sup>	Satisfatório
		40	10 <sup>-1</sup>	1,65 x10 <sup>1</sup>	
		40	10 <sup>-1</sup>	1,65 x10 <sup>1</sup>	
		50	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup>	

Cont. Tabela 4.13

50 °C	40	40	10 <sup>-1</sup>	1,48x10 <sup>1</sup>	Satisfatório
	70	40	10 <sup>-1</sup>	0,70x10 <sup>1</sup>	
	40	50	10 <sup>-1</sup>	1,60x10 <sup>1</sup>	
	70	50	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup>	
60 °C	40	40	10 <sup>-1</sup>	1,60x10 <sup>1</sup>	Satisfatório
	70	40	10 <sup>-1</sup>	1,40x10 <sup>1</sup>	
	40	50	10 <sup>-1</sup>	1,40x10 <sup>1</sup>	
	70	50	10 <sup>-1</sup>	1,30x10 <sup>1</sup>	

Ao analisarmos os resultados da Tabela 4.13 verifica-se que os fatores envolvidos no processamento das rodela de banana para a obtenção da farinha influenciaram o crescimento microbiológico ao longo dos sete tempos de armazenamento. É possível observar que a temperatura de desidratação osmótica a 70 °C atuou na manutenção da qualidade microbiológica das amostras armazenadas, notadamente nos tempos 0 e 1 nos quais apresentaram contagens inferiores a <1x10<sup>1</sup>UFC/g para as amostras tratadas a 40 e 50 °Brix e secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C. Enquanto as ocorrências de maiores contagens se deram nas amostras tratadas osmoticamente na menor temperatura de osmose (40 °C).

As condições iniciais dos valores microbiológicos obtidos para a farinha analisadas logo após a execução dos processos osmóticos e de secagem, influenciam diretamente na contaminação inicial e conseguinte evolução microbiológica. A maior temperatura de osmose influenciou diretamente na obtenção dos menores resultados de teores de água, atividade de água ( $a_w$ ), menores valores de acidez total titulável e maiores valores de pH que são atributos intrínsecos ideais para a manutenção da qualidade microbiológica.

Na Figura 4.30 está apresentado a evolução dos dados microbiológicos durante o armazenamento das amostras tratadas osmoticamente a 40 °Brix referente as médias das contagens microbiológicas para aeróbios totais.

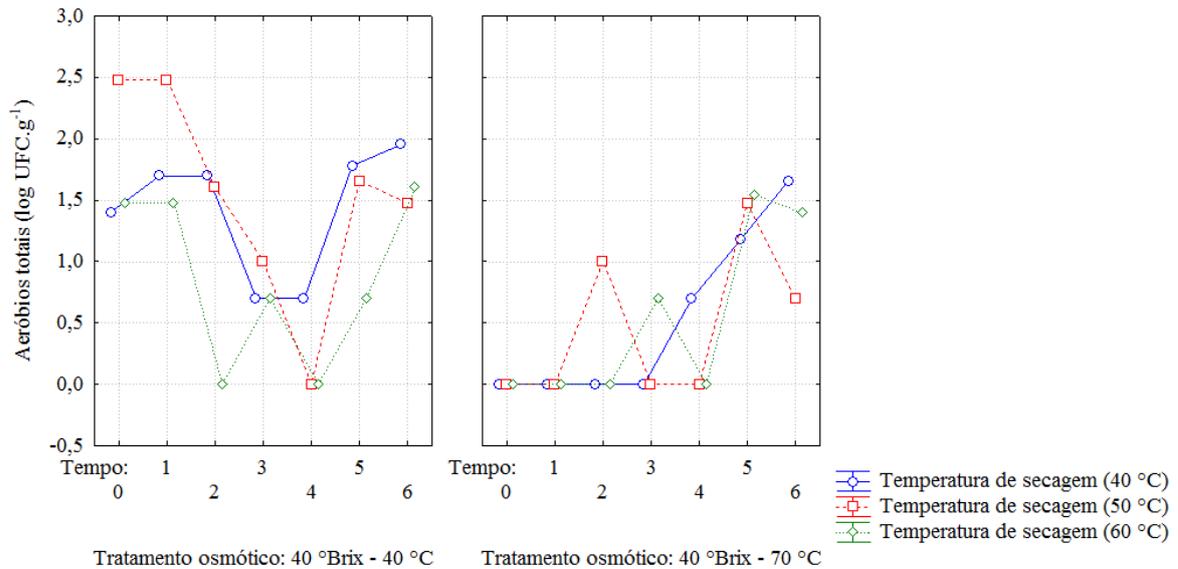
Pode-se verificar que nas amostras submetidas ao tratamento a 40 °Brix e 40 °C as amostras submetidas as diferentes temperaturas de secagem tiveram um comportamento diferente entre si. Na temperatura de 40 °C, os tempos 0, 1 e 2 apresentaram crescimento microbiológico contínuo para sofrer decréscimo e uma ligeira estabilidade entre os tempos 3 e 4, a partir dos 150 dias (tempo 5), as contagens aumentaram expressivamente até o final dos 180 dias (tempo 6). Para a temperatura de secagem a 50 °C, houve contagens maiores no tempo 0, com estabilidade até os 30 dias, reduzindo a <1x10<sup>1</sup> UFC/g para sofrer acréscimos ao longo dos 150 e 180 dias.

A temperatura de 60 °C, apresentou ligeira estabilidade no início e 30 dias de armazenamento, com decréscimos em suas contagens aos 60 e 120 dias inferiores a  $1 \times 10^1$  UFC/g resultando na contagem de microrganismos inferiores a  $1 \times 10^{-1}$  nesses intervalos.

Na amostra pré desidratada a 70 °C, nos tempos referentes a 0 e 30 dias para as três temperaturas de secagem apresentaram contagens inferiores a  $1 \times 10^1$  UFC/g, com aumentos na contagem aos 60 dias de armazenamento na temperatura de secagem a 50 °C, 90 dias para a temperatura de 60 °C, com crescimento aos 150 e 180 dias, para a temperatura de secagem a 40 °C esse aumento foi constante ao longo dos 90 aos 180 dias, atingindo as maiores contagens em relação as temperaturas de 50 e 60 °C que apresentaram reduções ao final do armazenamento.

A temperatura de osmose e de secagem, assim como temperatura e umidade relativa no qual o alimento foi armazenado são fatores extrínsecos aos alimentos que tem influencia direta em seu pH, atividade de água e teor de água que predizem a disponibilidade de água livre no meio nutritivo para os alimentos. As maiores temperaturas e graus de osmose propiciaram menores teores de água e teor de água no início do armazenamento, uma vez que tais condições foram eficientes para a eliminação de água.

Nos tempos finais do armazenamento, houveram acréscimos em seus teores de água e atividade de água, possibilitando que os microrganismos utilizassem a água livre presente nas farinhas armazenadas e sofrerem multiplicação e surgimento de colônias de bactérias do tipo cocos e bacilos, por encontrarem valores de pH e atividade de água ideais nesses últimos tempos, apesar das farinhas serem apresentarem teor de água intermediária.

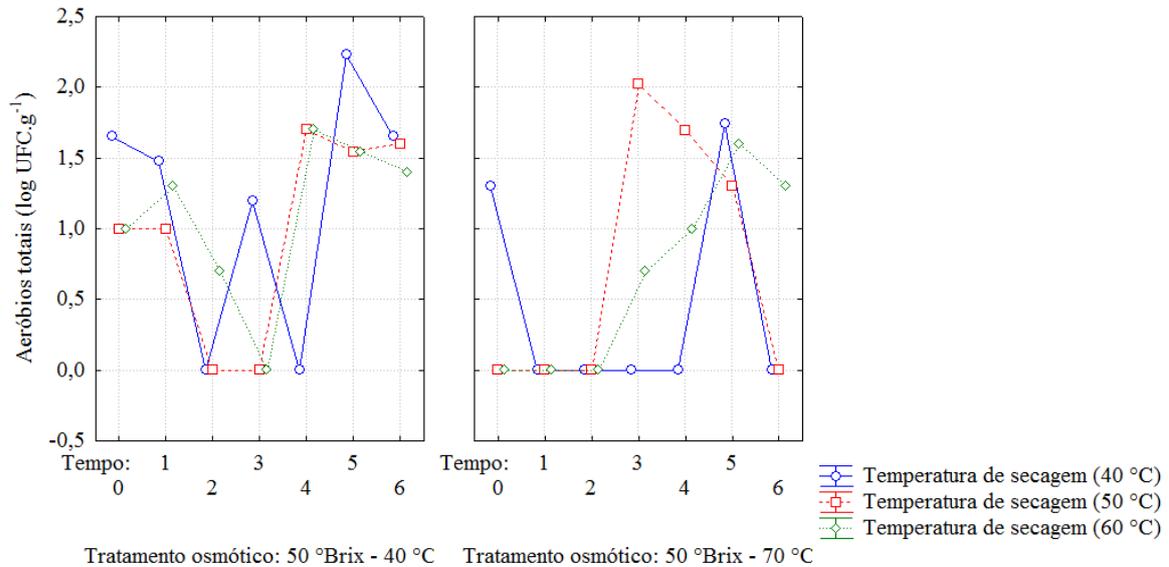


**Figura 4.30-** Evolução das contagens microbiológicas (log UFC. g<sup>-1</sup>) farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 40 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C.

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Figura 4.31 estão apresentados o comportamento microbiológico obtido através das contagens para as amostras de farinhas obtidas no tratamento osmótico em solução de sacarose a 50 °Brix e desidratadas complementarmente com ar aquecido.

Verifica-se assim como na figura anterior que a diferença de temperaturas entre os tratamentos osmóticos influenciaram na evolução microbiológica ao longo do tempo de armazenamento. Na amostra tratada osmoticamente a 40 °C e 40 °C de secagem, ocorreram diminuições a partir do início do armazenamento e nos tempo de 30 e 60 dias de armazenamento, para sofrerem aumentos aos 90 e 150 dias (tempos 3 e 5), com decréscimo aos 180 dias (tempo 6).



**Figura 4.31-** Evolução das contagens análises microbiológicas (log UFC. g<sup>-1</sup>) farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 50 °Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C, secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C e armazenadas por 180 dias a 25 °C. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a temperatura de secagem a 50 °C, houve uma breve estabilidade nos primeiros 30 dias de armazenamento, seguido de decréscimos aos 60 e 90 dias (tempos 2 e 3), com contagens inferiores a  $1 \times 10^1$  UFC.g<sup>-1</sup> para em seguida sofrerem aumentos aos 120, 150 e 180 dias (tempos 4, 5 e 6) com pequenas variações nesses tempos. As amostras secas a 40 e 50 °C apresentaram crescimento microbiológico aproximados aos 90, 120 e 150 dias.

Nas amostras tratadas osmoticamente a 70 °C, ocorreram estabilidades nos tempos iniciais do armazenamento, exceto para o tempo zero da amostra seca a 40 °C, nas demais temperaturas as contagens foram inferiores a  $1 \times 10^1$  UFC/g, para a temperatura de secagem a 40 °C esse comportamento ocorreu entre 30 e 120 dias. O crescimento microbiológico foi pronunciado a partir dos 150 para a temperatura de 40 °C, 90 dias para a temperatura de 50 °C e 150 dias para a temperatura de 60 °C.

Em comparação com os resultados dos teores de água das amostras, constata-se que as amostras que apresentaram contagens nos tempos demonstrados corroboraram com os intervalos com maiores teores de água (Figuras 4.13 e 4.14) e conseqüentemente, maiores atividades de água (4.15 e 4.16). Os últimos tempos de armazenamento apresentaram as maiores contagens em todos os experimentos, demonstrando que já a partir dos 150 dias as amostras apresentaram indícios de deterioração, mas ainda assim,

mantiveram-se dentro dos padrões microbiológicos satisfatórios estabelecidos pelo Instituto Nacional de Saúde (INSA) (Santos et al., 2005) de acordo com os padrões estabelecidos pela RDC nº12 da Anvisa (Brasil, 2001)

Os microrganismos detectados nos tempos 0 e 1 foram predominantemente bacilos, bolores e leveduras. No tempo 2 e 3 bolores e leveduras e apenas bolores no tempo 4. Nos tempos 5 e 6 ocorreu notadamente aparecimentos de colônias de bactérias do tipo bacilos e cocos, e uma colônia de bolores na amostra tratada osmoticamente a 40 °Brix 40 °C e secas a 60 °C.

No tempo 6 a proliferação microbiana se deu predominantemente por bactérias do tipo bacilos e leveduras, por encontrarem as condições ideais para a sua multiplicação, fatores intrínsecos como a umidade e atividade de água aumentadas, também relacionadas aos valores do pH, demonstram que as farinhas de banana passaram a apresentar as condições ideais para a proliferação de bactérias, as quais são importantes para a deterioração de alimentos.

Ao estudarem o controle microbiológico da farinha de banana verde de banana Prata, Borges et al. (2009b) verificaram que os valores encontrados para grupos de fungos filamentosos e leveduras foram <10 UFC/g, estando em conformidade com a Anvisa – Resolução CNNPA nº 12 de 1978 (Brasil, 1978), em que o padrão máximo de bolores e leveduras é de  $10^3 \cdot g^{-1}$ . A contagem padrão que assegura a qualidade limite para a contagem de aeróbios mesófilos apresentado pela Anvisa é  $5 \times 10^5$  UFC/g (Brasil, 1978).

Trabalhos referentes ao armazenamento de farinha de mandioca por 180 dias comprovaram que houve uma baixa contagem de colônias de bolores e leveduras (Dósea et al., 2010).

#### **4.5.2 – Análise das farinhas de banana armazenadas através do PCA**

Após o cálculo das médias obtidas para cada parâmetro analisado durante o armazenamento das amostras das farinhas das rodela de banana com casca submetidas aos pré tratamentos osmóticos e secagem convencional complementar nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C, ao longo dos 7 tempos de armazenamento (0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias), os dados foram tratados através da Análise por Componentes Principais (Figura 4.32 - A), em que construiu-se uma matriz, que serviu de base ao tratamento dos dados da Análise por Componentes Principais.

O plano F1F2 representa toda a informação inicial sobre as características e amostras em estudo. Este plano encerra 59,80% da variância explicada pelos dados originais.

As variáveis teor de água (H) e sólidos solúveis totais (SST) estão correlacionadas com a primeira componente principal, a segunda componente pode ser identificada pelas variáveis atividade de água ( $a_w$ ) e pH, assim como a acidez total titulável (ATT), intensidade de vermelho (Cor-a) e intensidade de amarelo (Cor-b). Nota-se que a variável luminosidade (Cor-L) distinguiu-se das demais variáveis. As variáveis ortogonais ao plano F1F2 não são correlacionadas entre si e as variáveis opostas ao centro estão significativamente correlacionadas negativamente.

Verifica-se grande dispersão das amostras com relação ao tempo de armazenamento, contudo a maior parte dos tratamentos nos tempos 0, 1, 2, 3 e 4 e alguns de 5 não mostraram grande efeito sobre o tempo de armazenamento, tais valores caracterizam-se por apresentarem menores valores dos parâmetros intensidade de vermelho (Cor-a) e acidez total titulável (ATT).

Nos tempos T4 e T5 as amostras caracterizam-se por apresentarem menores valores na intensidade de vermelho e intensidade de amarelo. O efeito do armazenamento no tempo 6 apresentou-se de modo semelhante em todos os tipos de tratamentos. As amostras apresentaram valores de sólidos solúveis totais, atividade de água e teor de água mais elevados e menores valores de cor quanto ao parâmetro luminosidade, o que o distinguiu dos demais tempos de armazenamento, demonstrando que as amostras sofreram deterioração nesse tempo de armazenamento.

Ainda na Figura 4.32-B observa-se o mapa bidimensional e as tendências que as amostras se dispersaram sem seu plano. A identificação dos grupos demarcados foram agrupados de acordo com o tempo de armazenamento. Analisando-se os resultados, verifica-se que o tempo 6 apresentou-se bem distinguido dos demais tempos de armazenamento, com resultados dos sólidos solúveis totais, atividade de água e teor de água mais elevados, redução nos valores da luminosidade, em contraposição aos resultados encontrados nos tempos 1, 2 e 3 para os mesmos parâmetros.

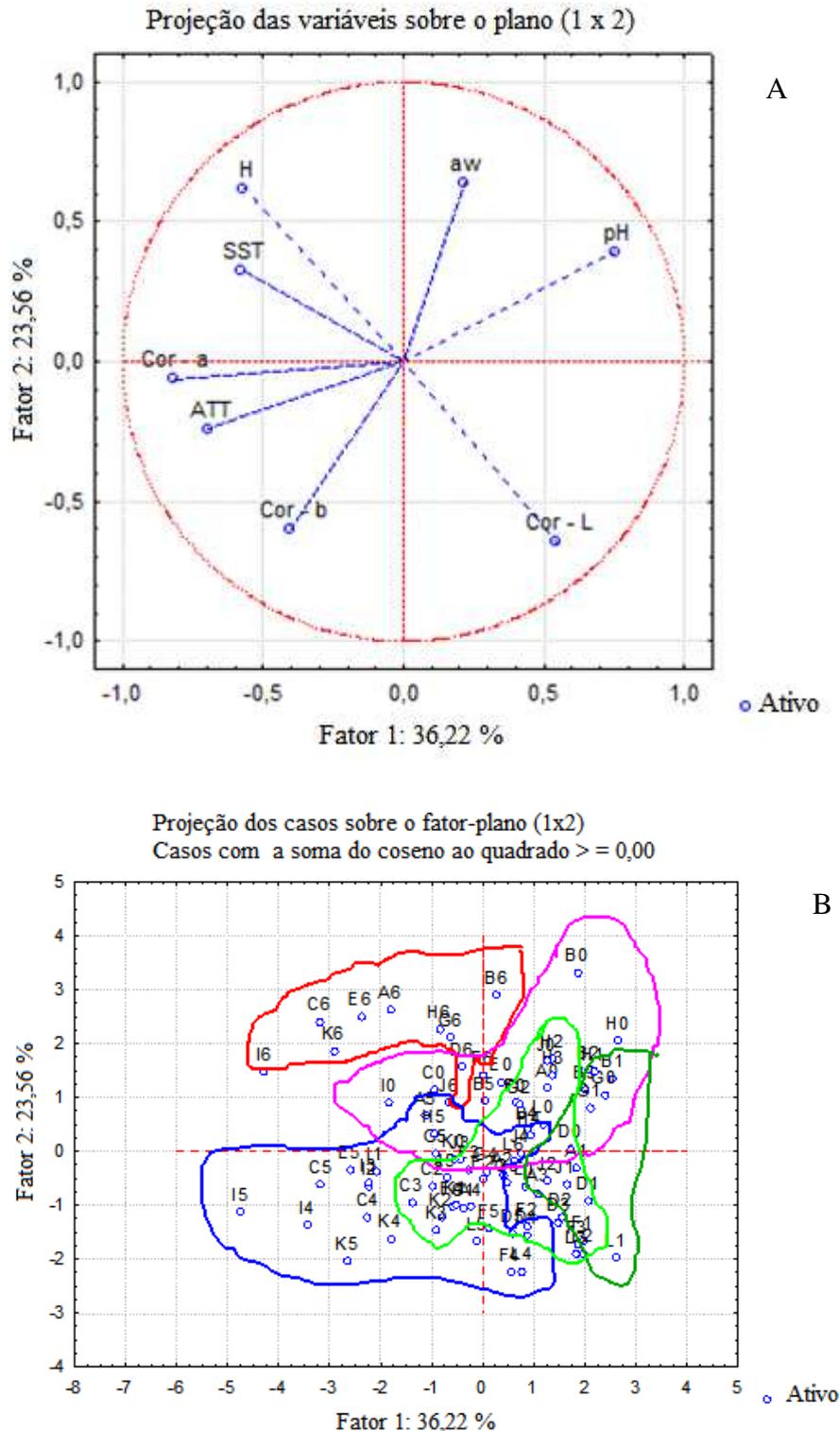
O tempo zero se dispersou entre os tempos 1, 2 e 3, distinguindo-se do tempo 6 e parcialmente dos tempos 4 e 5, que por sua vez se distinguiu do tempo 6 e parcialmente dos demais, sendo opostos ao tempo zero.

Ao avanço do período de armazenamento, foi possível detectar cheiro à ranço nas amostras armazenadas o que pode estar ligado a atividade da enzima lipase. Aos

estudarem o efeito da temperatura de secagem intermitente na inativação enzimática e viscosidade da pasta de aveia, Marini et al.(2007) verificaram o decréscimo na atividade da enzima lipase com a secagem a partir de 60 °C, demonstrando que a peroxidase possui maior estabilidade térmica.

Aos 120 e 150 dias de armazenamento foi verificado menores valores na intensidade de vermelho (+a\*) e na intensidade de amarelo (+b\*), e aos 180 dias foi detectado os menores valores da luminosidade, demonstrando que as amostras se tornaram mais claras ao longo do armazenamento. Figueirêdo et al. (2005) também constataram reduções nos valores da luminosidade e intensidade de vermelho e intensidade de amarelo com o aumento do tempo de armazenamento, teor de água e temperatura das amostras de acerola em pó armazenada por 30 dias

Foram encontrados valores superiores para a acidez total titulável e inferiores para intensidade de vermelho e intensidade de amarelo ao final do armazenamento. Com base nos resultados obtidos na análise de componentes principais, verifica-se que as amostras analisadas no tempo 6 já estavam alteradas e as amostras que mantiveram a estabilidade em seus resultados ao longo do armazenamento foram as amostras desidratadas e com secagem convencional complementar descritas: 40 °Brix e 40 °C – 40 °C (A), 40 °Brix e 40 °C – 60 °C (C), 40 °Brix e 70 °C – 40 °C (G), 40 °Brix e 70 °C – 60 °C (I), 50 °Brix e 70 °C – 50 °C (K), 50 °Brix e 70 °C – 60 °C (L).



**Figura 4.32**—Projeção das variáveis e das amostras\* analisadas durante o armazenamento no plano F1F2 a 59,80% de variância.

\*A(\*)= amostra desidratada osmoticamente a 40 °Brix e 40 °C e seca a 40 °C; B(\*)= 40 °Brix e 70 °C e seca a 40 °C; C(\*)= 40 °Brix e 40 °C e seca a 50 °C; D(\*)= 40 °Brix e 70 °C e seca a 50 °C; E(\*)= 40 Brix e 40 °C e seca a 60 °C; F(\*)= 40 °Brix e 70 °C e seca a 60 °C; G(\*)= 50 °Brix e 40 C e seca a 40 °C; H(\*)= 50 °Brix e 70 °C e seca a 40 °C; I(\*)= 50 °Brix e 40 °C e seca a 50 °C; J(\*)= 50 °Brix e 70 °C e seca a 50 °C.

#### 4.6 – Estudo da otimização das formulações de bolos elaborados com farinha de banana com casca

Na Tabela 4.14 estão apresentados os resultados das análises físicas das formulações dos bolos com adição de farinha de banana com a presença das cascas.

**Tabela 4.14** – Resultados das análises físico-químicas das formulações de bolos com farinha de banana

Formulações (%FB; %Gord.)	Teor de água	Aw	Cor crosta L	Cor Crosta a	cor crosta b	Cor miolo L	Cor miolo a	Cor miolo b	Volume específico (cm <sup>3</sup> /g)	Massa específica (g/mL)
<b>Padrão</b>	34,74 ab	0,912 ab	69,43 d	-0,82 c	27,58 b	74,05 h	-3,03 c	22,11 h	4,124	0,249
<b>1 (6,5;5,6)</b>	35,14 ab	0,927 ac	53,92 a	4,84 a	27,24 b	48,40 c	6,64 h	26,17 ab	5,148	0,195
<b>2 (3,90; 8,65)</b>	33,30 ac	0,861 b	52,92 a	4,84 a	29,51 f	46,78 b	7,43 ab	26,27 b	7,394	0,135
<b>3 (6,5; 11,74)</b>	33,25 ac	0,921 a	52,81 a	7,12 j	31,80 c	42,90 a	9,07 i	25,38 ac	6,522	0,154
<b>4 (3,90; 4,31)</b>	34,38 ab	0,967 c	56,67 abc	4,29 g	27 88 b	47,38 bc	7,35 a	26,08 ab	6,196	0,161
<b>5 (3,90;8,65)</b>	31,14 c	0,935 ac	56,93 ab	5,65 i	31,15 c	41,37 a	11,02 j	28,54 i	7,184	0,139
<b>6 (3,90;12,99)</b>	36,62 b	0,911 ab	55,25 ab	2,87 f	20,75 d	42,35 a	5,27 g	17,34 e	6,265	0,160
<b>7 (1,30; 11,74)</b>	35,52 ab	0,906 ab	60,34 bc	0,76 e	19,33 a	50,56 f	2,37 e	17,09 e	6,061	0,166
<b>8 (1,30; 5,60)</b>	35,04 ab	0,941 ac	61,20 c	0,46 d	19,20 a	52,22 f	2,90 f	20,81 g	6,061	0,166
<b>9 (8,65; 7,58)</b>	33,40 ac	0,901 ab	44,49 e	5,36 h	19,01 a	38,03 d	7,62 b	15,61 d	7,370	0,136
<b>10 (0,22; 8,65)</b>	34,28 ac	0,967 c	72,4 d	-2,69 b	22,49 e	65,22 b	-0,84 ab	24,57 c	7,259	0,138

Médias seguidas com letras iguais numa mesma coluna não diferem estatisticamente ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey

De acordo com os resultados expressos na Tabela 4.14, verifica-se que o teor de água variou de 31,13% (formulação 5) até 36,62% (formulação 6), percebe-se que os valores mais elevados dos teores de água estão relacionados com os maiores teores de gordura referente as formulações 6 e 7, embora, para esse parâmetro a formulação 7 não tenha diferido estatisticamente das formulações padrão, 1, 6 e 8, ainda assim com seus valores corroborando com o teor de água encontrado para os bolos comerciais, próximos a 30 %, estando em consonância com os bolos elaborados com pó de cupuaçu e kefir de Esteller et al.(2006). Os maiores de teores de água nas formulações com maiores percentuais de gordura demonstram que os bolos absorveram mais água em seu interior, devido a agregação das moléculas de gordura do leite à gordura do bolo.

A atividade de água dos bolos variou significativamente entre as formulações sendo superior nas formulações 4 e 10 que não diferiram estatisticamente entre si. O menor valor obtido foi encontrado para a formulação 2. Apesar das variações, os resultados estão dentro dos valores obtidos por Gutkosk et al. (2009) referentes as amostras de bolos elaborados com teores de aveia e gordura, nos quais a atividade de água média dos bolos variaram de 0,88 a 0,90; com maiores teores referentes ao bolo com 0% de aveia e o menor (0,86) observado para a formulação com 60 % de aveia e 15 % de gordura. Valores superiores acima de 0,88 favorecem o desenvolvimento de bolores e leveduras.

Em relação aos parâmetros da cor, verifica-se que a Luminosidade ( $L^*$ ) da crosta e do miolo dos bolos apresentaram valores elevados na amostra padrão (sem adição de farinha de banana) e a formulação 10 (0,22% de farinha de banana e 8,65% de gordura), as formulações com adição de farinha de banana apresentaram menores valores da luminosidade enquanto a intensidade de vermelho ( $+a^*$ ) e intensidade de amarelo ( $+b^*$ ) se mostraram superiores. Contrariamente, a formulação padrão e formulação 10 apresentaram valores negativos para a intensidade de vermelho, o que condiz com o deslocamento da matiz do componente ( $a^*$ ) para a cor verde. O acréscimo de farinha de banana propiciou a redução da luminosidade e consequente aumento da intensidade de vermelho, devido a adição de fibras e a própria coloração da farinha.

Ainda em relação a Luminosidade da crosta, verificou-se que as formulações 1,2 e 3 não diferiram estatisticamente entre si quanto a luminosidade de crosta, o que também foi confirmado para as formulações 5 e 6 ambas com 3,90% de farinha de banana, apresentaram valores muito próximos para a intensidade de vermelho.

O volume específico, é um parâmetro de qualidade que indica se a fermentação do bolo foi excessiva, resultando num volume específico muito elevado, ou se ocorreram problemas na formação da estrutura do bolo na fermentação, resultando num baixo volume. A medição da massa específica é essencial para caracterização do bolo sendo um indicador da quantidade de ar incorporado.

Nos volumes específicos dos bolos experimentais nota-se que houve diferenças entre as amostras, sendo os bolos 2 e 9 (7,370 e 7,394 mL/ g) detentores do maior volume específico, ou seja, com maior crescimento durante o cozimento. Verificou-se que o volume específico e a massa específica têm um comportamento inverso.

Os resultados obtidos neste trabalho, são positivos visto que densidade alta ou volume específico baixo (denso), não são apelativos para o consumidor, regularmente associadas com alto teor de umidade, pouca aeração, difícil mastigação, sabor impróprio e baixa conservação. Por isso os bolos necessitam de quantidade adequada de líquidos, fermento químico e emulsificante.

Quando o volume aumenta com o acréscimo de farinha de banana, a massa específica diminui, tal como comprovado quando se comparava os resultados com o bolo padrão. Demonstrando serem bolos mais leves. Também para a massa específica se verificou a existência de diferenças, onde os resultados variaram 0,185 g/mL a 0,135 g/mL. Ozores et al. (2015) estudando a a adição de 5 e 10% de farinha de maracujá tiveram um aumento significativo no volume específico em relação ao bolo padrão, entretanto, quando estudada para a adição de 20% da mesma farinha o volume específico não apresentou diferenças estatísticas em comparação aos bolos com 5% e padrão. O mesmo comportamento foi observado por Guimarães et al. (2010) ao estudarem a adição de farinha da entrecasca da melancia na elaboração de bolos, onde verificaram que ao adicionar 7% houve aumento no volume, mas quando adicionaram 30%, houve diminuição, o que provavelmente se deve ao fato das fibras absorverem a água intermolecular, aumentando consenquentemente o seu peso e não alterando o seu volume espacial.

Quando comparados com outros produtos derivados de trigo como pães e biscoitos, os bolos, pelo seu alto teor de líquidos, apresentam-se como produtos macios e aerados, com menor volume específico e maior densidade da massa (Esteller, et al., 2006).

Os resultados obtidos neste trabalho, são positivos visto que densidade alta ou volume específico baixo (denso), não são apelativos para o consumidor, regularmente

associadas com alto teor de umidade, pouca aeração, difícil mastigação, sabor impróprio e baixa conservação. Por isso os bolos necessitam de quantidade adequada de líquidos, fermento químico e emulsificante.

Na Tabela 4.15 estão apresentados os efeitos lineares e quadrático de cada variável e sua interação, na incorporação dos bolos. Considera-se que uma variável teve um efeito significativo na resposta quando o valor de  $p < 0,05$ .

**Tabela 4.15** – Efeitos linear (L) e quadrático (Q) das variáveis independentes farinha de banana e gordura para os fatores dependentes das análises físicas e químicas

Variáveis	Teor de água R <sup>2</sup> =0,753 R <sup>2</sup> ajust= 0,000		Aw R <sup>2</sup> =0,812 R <sup>2</sup> ajust= 0,574		Cor da crosta L R <sup>2</sup> =0,810 R <sup>2</sup> ajust= 0,574		cor da crosta a R <sup>2</sup> =0,895 R <sup>2</sup> ajust= 0,765		Cor da crosta b R <sup>2</sup> =0,821 R <sup>2</sup> ajust= 0,595	
	Efeito	Valor de p	Efeito	Valor de p	Efeito	Valor de p	Efeito	Valor de p	Efeito	Valor de p
FB (L)	-0,854	0,347	-	0,023	-12,064	0,023	5,009	0,01	-13,565	0,013
FB (Q)	1,644	0,197	12,694	0,181	7,583	0,181	-4,987	0,026	3,155	0,459
G (L)	0,463	0,596	-3,769	0,348	-3,761	0,348	-0,280	0,810	-1,021	0,769
G (Q)	3,303	0,036	0,83	0,868	0,830	0,868	-2,913	0,114	0,983	0,830
FB*G	-1,186	-4,342	-2,287	0,672	-1,287	0,617	1,479	0,393	-0,079	0,987
Variáveis	cor do miolo L R <sup>2</sup> =0,820 e R <sup>2</sup> ajust= 0,596		cor miolo a R <sup>2</sup> =0,771 e R <sup>2</sup> ajust= 0,484		cor da miolo b R <sup>2</sup> =0,520R <sup>2</sup> ajust= 0,000		volume específico R <sup>2</sup> =0,613 R <sup>2</sup> ajust= 0,129		massa específica R <sup>2</sup> =0,607 R <sup>2</sup> ajust= 0,117	
	Efeito	Valor de p	Efeito	Valor de p	Efeito	Valor de p	Efeito	Valor de p	Efeito	Valor de p
FB (L)	-	0,014	3,630	0,029	3,897	0,365	-0,040	0,938	0,004	0,773
FB (Q)	13,565	0,458	-1,463	0,368	-8,619b	0,163	-1,288	0,117	0,030	0,142
G (L)	3,513	0,769	0,128	0,912	-1,373	0,737	0,314	0,556	-0,010	0,487
G (Q)	-1,021	0,830	-1,909	0,257	-5,044	0,375	-0,620	0,393	0,014	0,438
FB*G	0,983	0,987	0,999	0,553	2,259	0,697	0,960	0,182	-0,026	0,215

Os modelos relativos ao teor de água e cor do miolo ( $b^*$ ) não possuem efeitos significativos para nenhum dos termos, apresentando valores de  $p > 0,05$  e os valores de coeficientes de determinação ( $R^2$  e  $R^2$  ajust) são extremamente baixos, significando que a equação pode ser desconsiderada, uma vez que os dados preditos pelo modelo e os dados obtidos experimentalmente não coincidem e os fatores analisados não foram significativos a 95 % de probabilidade.

Quanto a atividade de água ( $a_w$ ) o efeito linear foi significativo na resposta do acréscimo de farinha e gordura as formulações, com coeficiente de determinação igual 0,75. Os bolos que apresentam maior valor de  $a_w$  são o 5 e o 8, que contêm valores baixos de farinha de banana. A atividade de água é menor quando a quantidade de farinha de banana e gordura é maior. Os efeitos eliminados foram o efeito quadrático de farinha de banana e a interação entre farinha de banana e gordura, devido ao valor de  $p$ .

Verifica-se para os atributos atividade de água, cor da crostra ( $L^*$ ), cor da crostra ( $a^*$ ) e cor da crostra ( $b^*$ ) e para o interior dos bolos referentes aos parâmetros luminosidade e intensidade de vermelho; o efeito linear e quadrático da farinha de banana apresentam um efeito significativo na resposta, ao contrário dos efeitos lineares e quadráticos das variável gordura e entre as interações das variáveis.

Houve diminuição nos valores da luminosidade ( $L^*$ ), aumento dos valores da intensidade de vermelho ( $a^*$ ) e intensidade de amarelo ( $b^*$ ) conforme o aumento da incorporação da farinha de banana nas formulações. O que corrobora com os resultados expostos na Tabela 4.13, dentre os quais os maiores valores da luminosidade foram obtidas para a formulação padrão e 10, correspondendo a 69,43 e 72,40, para essas mesmas amostras, verifica-se os valores correspondentes ao verde ( $-a^*$ ) iguais a -0,82 e -2,69 para a crostra e -3,03 e -0,84 do interior dos bolos.

A quantidade de farinha de banana foi fator preponderante nas alterações da coloração dos bolos. Com o aumento da incorporação de farinha de banana os bolos apresentam coloração mais escura que se deve ao fato da farinha apresentar elevados teores de açúcares. Panzarinet al. (2014) atribuem a combinação dos parâmetros ( $a^*$ ) e ( $b^*$ ) positivos resultantes da coloração castanha, características dos bolos, enquanto os menores valores de ( $L^*$ ) mais escuras nas amostras que ao contrário traduzem na reflexão da luz, indicando um bolo de coloração mais clara.

## 4.6.1 – Textura

Na Tabela 4.16 estão apresentados os resultados das análises de textura das 10 formulações de bolos enriquecidos com farinha de banana com casca e diferentes proporções de gordura

**Tabela 4.16** – Resultados da análise de textura dos bolos contendo diferentes proporções de farinha de banana com casca e gordura

<b>Formulação (%FB;% Gord)</b>	<b>Dureza</b>	<b>Mastigabilidade</b>	<b>Coesividade</b>	<b>Elasticidade</b>	<b>Gomosidade</b>	<b>Adesividade</b>	<b>Fraturabilidade</b>
<b>1 (6,5;5,6)</b>	1,55 ab	0,67 a	0,43 a	0,93 ab	0,70 a	-0,74 a	-0,26 a
<b>2 (3,90; 8,65)</b>	-0,20 a	-0,11 a	0,41 a	0,99 b	-0,10 a	-0,70 ab	-0,20 a
<b>3 (6,5; 11,74)</b>	3,19 ab	1,44 a	0,52 a	0,84 ab	1,76 a	-0,15 ab	-0,04a
<b>4 (3,90; 4,31)</b>	-0,08 a	-0,01 a	0,48 a	0,85 ab	-0,02 a	-0,08 ab	-0,07 a
<b>5 (3,90;8,65)</b>	1,06 ab	0,43 a	0,45 a	0,87 ab	0,51 a	-0,22 ab	1,06 ab
<b>6 (3,90;12,99)</b>	-0,07 a	-0,04 a	0,47 a	0,92 ab	-0,04 a	-0,13 ab	1,11 ab
<b>7 (1,30; 11,74)</b>	1,26 ab	0,63 a	0,44 a	0,91 ab	0,67 a	-0,16 ab	0,99 ab
<b>8 (1,30; 5,60)</b>	6,04 b	2,06 a	0,44 a	0,77 a.	2,66 a	0,00 b	0,00 a
<b>9 (8,65; 7,58)</b>	1,99 ab	0,26 a	0,17 b	0,84 ab	0,33 a	-0,18 ab	4,47 b
<b>10 (0,22; 8,65)</b>	2,24 ab	0,69 a	0,38 ab	0,84 ab	0,80 a	-0,03 ab	1,67 ab

Médias marcadas com letras iguais numa mesma coluna não diferem estatisticamente ( $p \leq 0.05$ ) pelo teste de Tukey.

De acordo com os resultados expressos na Tabela 4.16, a formulação 8 diferiu estatisticamente das demais formulações por apresentar maior valor da dureza, devido a baixa incorporação de farinha de banana e gordura. A mesma formulação apresentou valores superiores para a gomosidade e mastigabilidade e inferior para a elasticidade, adesividade, fraturabilidade o que é coerente com a reduzida maciez do bolo. Quando a quantidade de farinha de banana e gordura é muito baixa a dureza é elevada, quanto menos gordura menor maciez. A dureza também é elevada quando a quantidade de farinha de banana e gordura é muito elevada, visto que a presença de farinha de banana vai aumentar o teor de fibras e de proteína. O ponto mais baixo de dureza acontece quando se tem um equilíbrio das variáveis independentes.

Segundo Esteller et al. (2006) a adição de gordura melhora a maciez, mas o excesso reduz a coesividade, massas ricas em açúcares e gorduras são macias, apresentam melhor elasticidade e facilitam a mastigação, já o excesso provoca a baixa coesividade e a massa desagrega com falicidade.

A mastigabilidade não difere entre as formulações, já as formulações 9 e 10 apresentaram os menores valores obtidos para a coesividade, diferindo estatisticamente entre si. A mastigabilidade não apresentou diferenças significativas. Mas pode-se verificar que a amostra 8, com baixo percentual de farinha de banana e gordura, apresentou maior valor para mastigabilidade, comportamento semelhante à dureza

Na Tabela 4.17 estão apresentados os efeitos linear e quadrático para cada variável, bem como a sua interação incorporação dos bolos, considerando-se que uma variável tenha efeito significativo na resposta quando o valor de  $p < 0,05$ .

Perante os resultados expressos, as variáveis da textura não possuem efeitos significativos para nenhum dos termos (linear, quadrático, ou a interação) apresentando valores de  $p > 0,05$ . Os valores da diferença entre o ( $R^2$  e  $R^2_{ajust}$ ) são elevados, significando que a equação não pode ser considerada, exceto para a mastigabilidade em que o valor entre os resultados preditos e observados foi aproximado.

Verifica-se de acordo com os resultados da dureza das formulações é mais elevada quando a quantidade de farinha de banana e gordura são muito baixas, a dureza é elevada, sendo possível perceber a influência da gordura na maciez dos bolos, é também observado que as quantidades mais elevadas da farinha da banana se traduz em um aumento da dureza devido ao aumento no teor de fibras dos bolos, o ponto baixo da dureza acontece quando se há o equilíbrio entre as variáveis independentes farinha de banana com casca e gordura.

**Tabela 4.17** – Efeito linear (L) e quadrático (Q) das variáveis Farinnha de banana e gordura em relação a textura dos bolos

Formulação (%FB;%Gord)	Dureza R <sup>2</sup> =0,667 R <sup>2</sup> ajust= 0,251		Mastigabilidade R <sup>2</sup> = 0,509 R <sup>2</sup> ajust= 0,525		Coesividade R <sup>2</sup> =0,605 R <sup>2</sup> ajust= 0,111	
	Efeito	Valor de p	Efeito	Valor de p	Efeito	Valor de p
FB (L)	- 0,717	0,567	-0,293	0,598	-0,056	0,423
FB (Q)	2,672	0,154	0,799	0,303	-0,114	0,248
G (L)	- 0,772	0,539	-0,170	0,756	0,014	0,771
G (Q)	0,484	0,767	0,302	0,679	0,087	0,363
FB*G	3,206	0,121	1,100	0,204	0,046	0,639

Formulação (%FB;%Gord)	Elasticidade R <sup>2</sup> =0,755 R <sup>2</sup> ajust= 0,449		Gomosidade R <sup>2</sup> = 0,549 R <sup>2</sup> ajust= 0,772		Adesividade R <sup>2</sup> =0,629 R <sup>2</sup> ajust= 0,166		Fratrabilidade R <sup>2</sup> =0,488 R <sup>2</sup> ajust= 2,381	
	Efeito	Valor de p	Efeito	Valor de p	Efeito	Valor de p	Efeito	Valor de p
FB (L)	0,022	0,535	-0,378	0,575	- 0,234	0,238	0,666	0,574
FB (Q)	- 0,089	0,105	0,947	0,313	0,276	0,284	1,827	0,274
G (L)	0,037	0,321	-0,233	0,726	0,091	0,169	0,709	0,551
G (Q)	- 0,045	0,354	0,354	0,689	0,277	0,224	-0,723	0,643
FB*G	- 0,115	0,068	1,525	0,158	0,374	0,239	-0,393	0,811

A dureza é definida como a força necessária para atingir uma dada deformação e é influenciada pela formulação (qualidade da farinha, quantidade de gorduras, ovos, teor de água e conservação do bolo) (Esteller et al., 2006). Os valores negativos para a mastigabilidade estão coerentes com os valores da dureza, o que significa dizer que nas formulações 2, 4 e 6, ambos com 3,9 % de farinha de banana e altos teores de gordura, interferiram na redução da firmeza dos bolos, ou seja, o interior do bolo ficou mais macio o que ocasionou seus efeitos sobre a mastigabilidade.

Quanto a elasticidade dos bolos, a taxa à qual um bolo deformado volta ao seu estado indeformado após a aplicação de uma força variou entre 0,765 a 0,987. A elasticidade apresenta um comportamento oposto a dureza, sendo mais elevada nos bolos com mais gordura. Nas formulações estudadas, foi observado que a formulação 8 com as menores proporções de farinha de banana e gordura, foi a que obteve o menor valor médio

para a elasticidade, diferindo estatisticamente das demais formulações que não diferiram estatisticamente entre si, indicando que quantidades de farinha de banana e gordura superiores a 1,30 e 5,60, respectivamente, apresentam influência significativa na capacidade dos bolos voltarem a sua forma inicial. Tal comportamento está atrelado com a influência de ingredientes umectantes como o leite, a manteiga, a sacarose e os ovos, principalmente pela interação entre os fatores analisados (farinha de banana e gordura).

A adesividade é a força necessária para superar a atração entre o alimento e o palato. Com base nos resultados apresentados na Tabela 4.15, é possível observar que este atributo é diretamente proporcional ao aumento da quantidade de gordura incorporada aos bolos. A adesividade apresentou decréscimo com o aumento da incorporação da farinha de banana. O que pode ser explicado pela influência da gordura no aumento do teor de água da massa, entretanto os valores da adesividade são bastante baixos, denotando que os bolos não são pegajosos. Esteller et al., (2006) também verificou comportamento semelhante em suas formulações de bolos, denotando que a adesividade é influenciada pelo aumento do teor de água da massa, presença de sacarose e ingredientes com propriedades umectantes, como a gordura; além do tempo de armazenamento e embalagem. Os valores da adesividade são bastante baixos, indicando que os bolos elaborados com farinha de banana com casca não são pegajosos.

A fraturabilidade está relacionada a coesão e relaciona a força necessária para que o produto se quebre, de acordo com os resultados expressos na Tabela 4.15 esse atributo teve uma variação de 0,000 (Formulação 9) a 4,47 (Formulação 8), a qual apresenta o maior percentual de farinha de banana e gordura. Valores elevados de fraturabilidade geralmente estão associados a snacks e bolachas que são considerados mais quebradiços.

Apesar da mastigabilidade não apresentar diferenças significativas, a formulação 8 apresentou o maior valor relacionado a dureza (2,06) comportando-se de forma semelhante a dureza, as quais apresenta uma elevada correlação, quanto maior a dureza, maior a mastigabilidade. O comportamento de tal atributo, demonstra que os maiores valores da dureza estão relacionados com o aumento do percentual de farinha de banana com casca e de gordura, também verifica-se que quando as quantidades de gordura e farinha de banana com casca são muito baixas a mastigabilidade também aumenta. Osawa (2009) também verificou o mesmo comportamento para a mastigabilidade dos bolos, em que ao acrescer a concentração de amido pré-gelatinizado houve diminuição da firmeza tornando o bolo mais macio e apresentando menores valores da mastigabilidade.

A coesividade, usada para expressar a capacidade e taxa à qual os materiais se desintegram, não apresentou diferenças significativas. O resultado menor foi 0,382, característico da formulação 10, que contém apenas 0,2% de farinha de banana, sendo o bolo menos coeso, indicando que se rompe mais facilmente do que os outros bolos. Comportamento semelhante foi obtido por (Bitencourt et al., 2014), onde os valores de coesividade variaram entre 0,45 a 0,5 para bolos enriquecidos com semente de abóbora.

Essa propriedade relaciona interações moleculares dos componentes, principalmente pontes de hidrogênio, dissulfeto e ligações cruzadas com a participação de íons metálicos e a mobilidade da água na massa. Baixos valores de coesividade caracterizam bolos de difícil manipulação e fatiamento, porque esfarelam com facilidade.

A coesividade aumenta com o aumento da inclusão da farinha de banana com casca devido a presença de fibras. Quanto maior a coesão, maior a capacidade que o bolo tem de quebrar quando sujeito a diferenças bruscas de temperatura, determinadas condições de armazenamento, perda de atração intramolecular entre os ingredientes, secagem e tendência para quebrar com o envelhecimento (Karaoglu e Kotancilar, 2009).

A gomosidade (dureza × coesividade), também não apresentou diferenças significativas, justificado devido a não variação da coesividade. A amostra 8 apresenta valores de gomosidade mais altos, tal como para a dureza e mastigabilidade, demonstrado pela elevada correlação entre estas variáveis.

#### **4.6.2 – Análise sensorial dos bolos com farinha da polpa de banana com casca**

##### **4.6.2.1 – Seleção dos provadores**

Após a pré seleção dos provadores, foram selecionados 16 provadores dos 26 inscritos para a realização dos testes, dos quais 25% eram do sexo masculino e 75% do sexo feminino, com idades entre 20 e 57 anos, não fumantes, sem alergias ou doenças e com disponibilidade para participarem de todas as provas sensoriais.

Dos provadores selecionados, 18,75% consomem bolos diariamente, 43,75% uma vez por semana, 31,25% 1-2 vezes por semana e apenas 6,25% ocasionalmente. Quanto ao consumo de fibras, 93,75% dos provadores tem o hábito de comer produtos enriquecidos com fibras e 6,25 não costumam consumir; 56,25% consomem produtos sem açúcar como bolachas, pastilhas, sucos e bolos.

A preferência dos consumidores produtos ricos em fibra e sem adição de açúcar é elevada. Sendo que 67% dos provadores gostaram dos produtos e 13% gostaram

multíssimo. Para 13% dos provadores o sabor foi indiferente, sendo que 7% não gostou dos produtos. Nenhum provador respondeu que desgostou muito.

Após as sessões das análises sensoriais para treino, os provadores foram selecionados de acordo com a regra de eliminação de outliers segundo Tchebichev. Os resultados da sua aplicação estão expostos na Tabela 4.18.

**Tabela 4.18** – Resultado da aplicação do Teorema de Tchebichev

<b>Provedor</b>	<b>Número de acertos</b>	<b>Resultado</b>
1	64,29%	Não selecionado
2	100%	Selecionado
3	100%	Selecionado
4	100%	Selecionado
5	100%	Selecionado
6	100%	Selecionado
7	64,29%	Não selecionado
8	57,14%	Não selecionado
9	100%	Selecionado
10	100%	Selecionado
11	100%	Selecionado
12	64,29%	Não selecionado
13	100%	Selecionado
14	64,29%	Não selecionado
15	100%	Selecionado
16	100%	Selecionado

Conforme os resultados expressos na Tabela 4.18, foram selecionados os provedores que obtiveram pelo menos 70% dos acertos segundo Anzaldúa-Morales (1994). Dos 16 provedores iniciais foram selecionados 11 que é considerado um número aceitável segundo Teixeira e Meinert(1987).

#### 4.6.2.2 – Análise sensorial das 10 formulações

Na Tabela 4.19 estão apresentados os resultados da análise sensorial descritiva quantitativa para as dez formulações com adição de farinha de banana com casca.

**Tabela 4.19** – Resultados da análise sensorial dos bolos contendo farinha de banana com casca

Formulação (%FB;%Gord)		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
<b>1 (6,5; 5,6)</b>	1	5,70	5,25	4,32	2,89	0,84	2,57	3,20	3,21	2,13	3,53	4,64	5,16	1,06	4,66
<b>2 (3,90; 8,65)</b>	3	7,49	7,25	5,93	2,84	0,91	3,43	3,57	4,85	1,65	4,29	5,06	5,72	1,22	5,91
<b>3 (6,5; 11,74)</b>	7	4,23	3,83	4,28	1,12	1,22	2,74	2,18	3,89	0,74	3,80	3,42	3,86	0,85	4,09
<b>4 (3,90; 4,31)</b>	8	3,60	3,61	4,27	0,91	0,86	3,93	2,76	3,04	0,71	2,46	3,19	3,41	0,57	3,89
<b>5 (3,90; 8,65)</b>	4	5,99	5,66	5,08	1,39	1,00	3,01	3,31	3,52	1,52	2,46	4,22	4,06	2,10	3,53
<b>6 (3,90; 12,99)</b>	6	5,11	4,59	4,04	1,10	1,12	3,04	2,20	4,32	0,89	4,65	3,98	4,92	0,40	4,98
<b>7 (1,30; 11,74)</b>	9	6,69	6,36	3,81	1,38	0,81	4,41	2,71	4,18	1,50	3,81	4,32	4,87	0,80	4,87
<b>8 (1,30; 5,60)</b>	10	2,52	2,19	3,78	0,60	1,13	3,63	2,94	2,43	0,50	2,98	2,86	3,04	0,93	3,30
<b>9 (8,65; 7,58)</b>	2	5,51	5,17	5,79	2,20	0,95	3,17	3,82	4,91	1,56	4,37	4,62	5,15	1,03	5,06
<b>10 (0,22; 8,65)</b>	5	6,63	6,72	5,21	1,89	1,75	3,70	4,17	4,44	1,58	2,98	4,40	4,90	0,56	4,48

FB-Farinha de banana; Gord-Gordura; A- Cor da crosta; B- Cor do miolo; C- Homogeneidade do miolo; D-Cheiro a fruta; E- Cheiro a margarina; F- Fraturabilidade; G- Elasticidade; H-Maciez do miolo; I-Presença de fibra; J-Humidade; K- Sabor doce; L-Sabor agradável; M- Sabor residual estranho; N- Apreciação global.

Através da Tabela 4.19, verifica-se que os atributos apresentam algumas semelhantes entre as formulações. As variáveis cor da crostra, cor do interior, sabor doce e sabor agradável estão correlacionadas entre si.

As formulações 2 e 9 apresentam valores mais elevados quanto a apreciação global na análise sensorial. O contrário ocorreu com a formulação 8, a qual apresenta a menor quantidade de farinha de banana.

Utilizou-se os valores de coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o  $R^2$  ajustado para a percepção da qualidade de ajuste do modelo. Ocorre um melhor ajuste do modelo quando os valores estão mais próximos, sendo valores acima de 0,75 considerados como bons, e acima de 0,9 muito bons. O sinal positivo ou negativo no termo quadrático de uma variável indica se a superfície de resposta será côncava ou convexa, respectivamente.

As superfícies de resposta dos fatores homogeneidade, cheiro a fruta, cheiro a margarina, fraturabilidade, elasticidade e sabor residual não são representadas devido ao baixo valor de coeficiente de determinação

**Tabela 4.20** – Efeito linear e quadrático das variáveis farinha de banana com casca e gordura em relação aos atributos das análises sensoriais.

Variáveis	Cor da crostra R <sup>2</sup> =0,894 R <sup>2</sup> ajust= 0,760		Cor do miolo R <sup>2</sup> =0,851 R <sup>2</sup> ajust= 0,665		Homo. do miolo R <sup>2</sup> =0,718 R <sup>2</sup> ajust= 0,365		Cheiro a fruta R <sup>2</sup> =0,725 R <sup>2</sup> ajust= 0,380	
	Efeito	Valor de p	Efeito	Valor de p	Efeito	Valor de p	Efeito	Valor de p
FB (L)	-0,225	0,691	- 0,425	0,511	0,457	0,363	0,613	0,238
FB (Q)	-0,883	0,274	- 0,815	0,387	-0,392	0,542	-0,085	0,892
G (L)	1,190	0,087	1,015	0,186	-0,097	0,837	-0,187	0,693
G (Q)	-2,601	0,02	- 2,662	0,034	-1,740	0,042	-1,128	0,126
FB*G	-2,816	0,019	- 2,791	0,036	-0,035	0,959	-1,272	0,112
Variáveis	Fratrabilidade R <sup>2</sup> =0,580 R <sup>2</sup> ajust= 0,054		Elasticidade R <sup>2</sup> =0,866 R <sup>2</sup> ajust= 0,699		Maciez do miolo R <sup>2</sup> =0,653e R <sup>2</sup> ajust= 0,221		Presença de fibras R <sup>2</sup> =0,935R <sup>2</sup> ajust= 0,852	
	Efeito	Valor de p	Efeito	Valor de p	Valor de p	Valor de p	Efeito	Valor de p
FB (L)	-0,870	0,089	- 0,192	0,492	0,287	0,603	0,287	0,603
FB (Q)	0,156	0,776	0,316	0,401	0,115	0,873	0,115	0,873
G (L)	-0,076	0,854	-0,519	0,111	1,052	0,107	1,052	0,107
G (Q)	0,210	0,704	-1,201	0,023	-0,880	0,261	-0,880	0,261
FB*G	-0,308	0,606	-0,394	0,335	-0,535	0,498	-0,535	0,498

Cont. Tabela 4.20

Variáveis	Umidade R <sup>2</sup> =0,562 e R <sup>2</sup> ajust= 0,015		Sabor doce R <sup>2</sup> =0,866 e R <sup>2</sup> ajust= 0,698		Sabor agradável R <sup>2</sup> =0,725e R <sup>2</sup> ajust= 0,380		Sabor residual R <sup>2</sup> =0,725 R <sup>2</sup> ajust= 0,381		Apreciação global R <sup>2</sup> =0,438R <sup>2</sup> ajust= 0,000	
	Efeito	Valor de p	Efeito	Valor de p	Efeito	Valor de p	Efeito	Valor de p	Efeito	Valor de p
FB (L)	0,625	0,320	0,293	0,344	0,211	0,471	0,211	0,470	0,346	0,610
FB (Q)	0,253	0,746	-0,249	0,528	-	0,106	-	0,106	-	0,877
G (L)	1,049	0,130	0,330	0,293	-	0,599	-	0,599	0,361	0,372
G (Q)	0,130	0,867	-1,177	0,031	-	0,041	-	0,041	-	0,589
FB*G	-0,282	0,736	-1,339	0,025	-	0,918	-	0,919	-	0,294
					0,041		0,041		1,070	

Retirando os termos significativos de modo a aproximar os valores de ( $R^2$  e  $R^2$  ajust) obteve-se as seguintes equações:

$$\text{Cor da Crostra} = -12,09 + 1,99\text{FB} + 3,27\text{G} - 0,065\text{FB}^2 - 0,18\text{FB}\times\text{G} - 0,14\text{G}^2 \quad (4.7)$$

$$\text{Presença de fibras} = -4,12 + 0,69\text{FB} + 0,99\text{G} + 4,78\text{FB}^2 - 0,07\text{FB}\times\text{G} - 0,04\text{G}^2 \quad (4.8)$$

$$\text{Sabor agradável} = 0,66 + 0,79\text{FB} + 0,43\text{G} - 0,07\text{FB}^2 - 0,02\text{G}^2 \quad (4.9)$$

$$\text{Apreciação global} = -0,74 + 0,72\text{FB} + 0,80\text{G} - 0,01\text{FB}^2 - 0,07\text{FB}\times\text{G} - 0,03\text{G}^2 \quad (4.10)$$

Os modelos empíricos dos parâmetros estatisticamente significativos foram obtidos através de regressão linear aos dados experimentais e estão representados nas equações 4.7, 4.8, 4.9 e 4.10 que representam respectivamente a cor da crostra, presença de fibras, sabor agradável e apreciação global das formulações analisadas durante as análises sensoriais, com coeficiente de determinação de  $R^2 = 0,95$  que representa satisfatoriamente a variação dos dados observados.

Com base em tais resultados, a cor da crostra e do miolo, verifica-se que apenas houve efeito significativo quadrático para a inserção da farinha de banana e gordura. O que é confirmado pelo menor valor obtido para a formulação 8 a qual apresenta a menor quantidade de farinha de banana. A cor da crostra e cor do miolo, as formulações 2 apresentou valores mais elevados em comparação a formulação 7, devido ao alto teor de gordura. O que pode ser observado na Figura 4.33 que confirma a influência das maiores quantidades de farinha de banana com casca e gordura nas alterações da cor da crostra. Entretanto, para se obter um efeito otimizado, não é necessário utilizar os maiores teores de farinha de banana e gordura.

Os valores obtidos para as fibras não variaram muito entre as formulações, entretanto, os provadores atribuíram um menor valor para as fibras na formulação 8, com maiores valores de fibras atribuídos para as formulações que possuíam maior percentuais de farinha de banana.

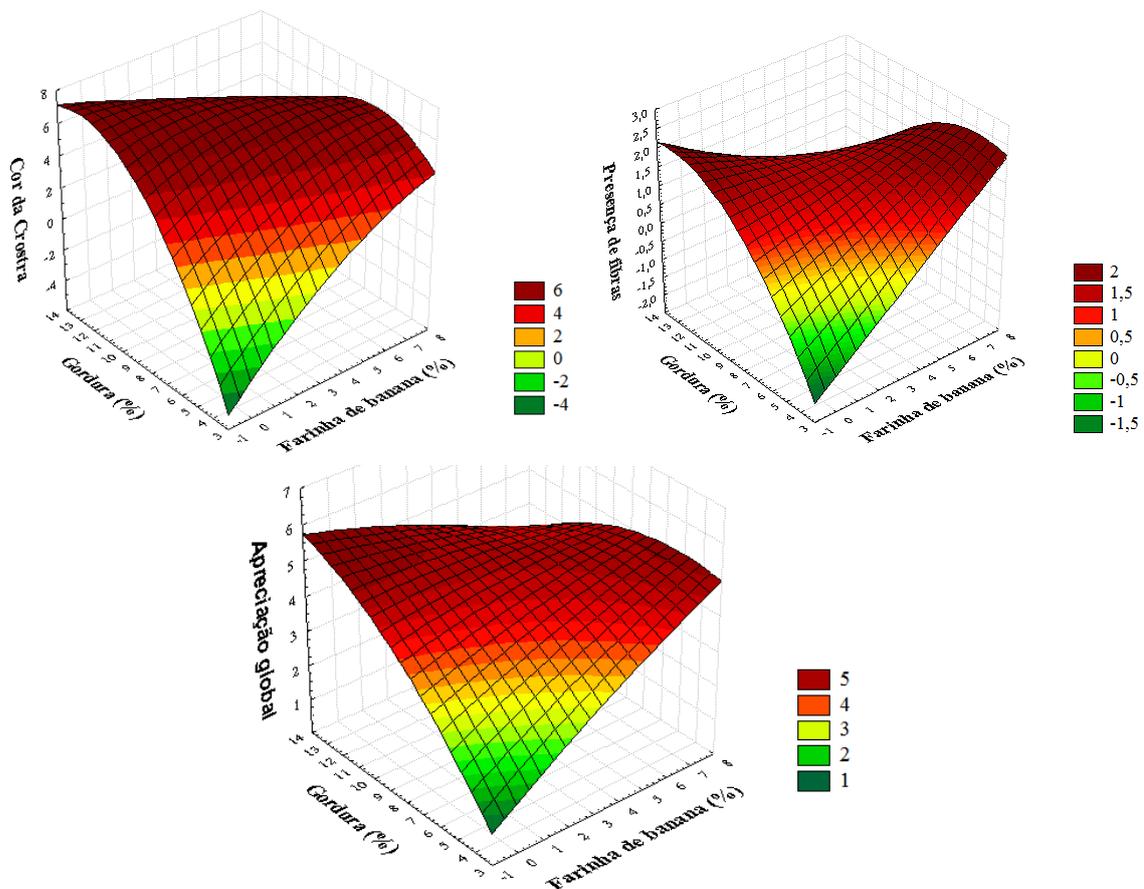
O atributo cheiro a fruta não foi um parâmetro muito expressivo para os provadores, sendo a pontuação mais elevada de 2,89. Mas, os provadores aperceberam-se que o cheiro de fruta estava menos presentes nas formulações com menor percentual de farinha de fruta (7, 8 e 10), e mais elevado nas formulações com maior maior percentual de farinha de fruta. Miranda et al. (2013) também verificaram a influência da farinha da casca de maracujá no aroma das formulações de bolos e concluíram que foi possível notar diferenças de sabor e cheiro a fruta encontradas pelos provadores, notadamente relacionadas com a redução do aroma característico da entre a amostra padrão e a medida que houve acréscimos da farinha da casca de maracujá na formulação,

estando essas formulações dentro dos padrões considerados como aceitos pelos provadores.

O parâmetro da fraturabilidade também não apresentou diferenças significativas a 5% de probabilidade. O valor mais elevado foi atribuído à formulação 9, que contém a maior quantidade de farinha de banana.

Em relação a elasticidade, não houve diferença significativas, sendo o valor mais elevado de 4,17 e o menos elevado 2,20. O valor mais elevado foi atribuído à formulação 5 e o menor à formulação 6. A diferença entre estas formulações está na quantidade de gordura, que é mais elevada no bolo 6.

A maciez do miolo foi um atributo menos percebido pelos provadores nas formulações 8, 9 e 10 que apresenta menores quantidades de farinha de banana. Estando a maciez vinculada ao sabor agradável, o que permite perceber que quanto maiores as quantidades de farinha de banana e gordura, maior o valor atribuído à maciez.



**Figura 4.33** – Superfícies de resposta relativas aos atributos cor da crosta e presença de fibras em função do teor de margarina (%) e farinha da polpa de banana com casca (%).

A presença de fibras teve efeito significativo entre os atributos avaliados, tais resultados não variaram muito entre as formulações, naquela com maior percentual de farinha de banana foi detectável os maiores resultados para a percepção da presença de fibras entre os provadores.

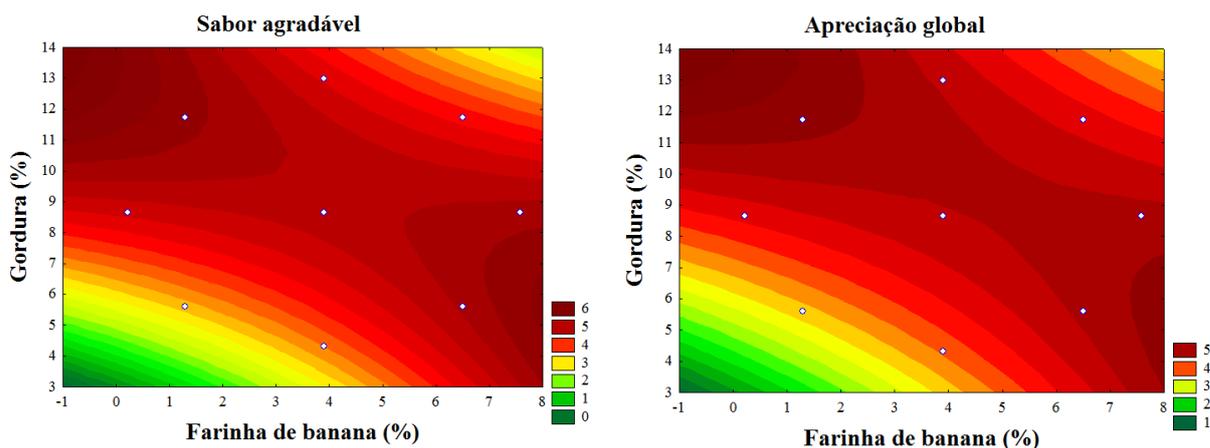
A umidade dos bolos apresentou-se mais elevadas para as formulações com maiores percentuais de gorduras, e os menores valores estavam relacionados as formulações com menores percentuais de de farinha de banana com casca, o que é percebido pela formulação 6 que apresenta a maior quantidade de gordura.

Os maiores valores da apreciação global estão relacionados ao maior percentual de farinha de banana adicionada, com uma correlação de 0,718. Os resultados mais elevados para este parâmetro foram referentes as formulações 1, 2, 3 e 7 o que comprova que os provadores demonstraram preferência pelas formulações com maiores quantidades de farinha de banana com casca e de gordura. Os provadores apreciaram as formulações com maiores percentuais de gordura por estarem habituados a consumirem bolos comerciais com maiores teores elevados, a farinha de banana auxiliou em outros atributos, melhorando a maciez, sabor agradável, sabor a fruta e melhorando a coloração dos bolos tornando-os mais atrativos e saborosos.

O sabor agradável e apreciação global estão correlacionados por apresentarem comportamento semelhante, quanto maior o percentual de farinha de banana maiores os valores atribuídos para esses atributos.

A seleção do bolo foi realizada através das superfícies de resposta relativas aos atributos Saboroso e Apreciação Global, uma vez que são os que melhor representam o gosto e preferência do consumidor. Ambas as superfícies de repostas apontam para um bolo rico em farinha de fruta e rico em gordura.

Na Figura 4.34 está apresentado o ponto ótimo para os bolos elaborados com farinha de banana com casca/margarina que foi 6,5/11,74%.



**Figura 4.34**—Projeções planas dos atributos saboroso e apreciação global para as equações obtidas da análise do RSM para bolos com farinha de polpa de banana com casca.

Devido a estes resultados, optou-se por selecionar a formulação do delineamento experimental que obtiveram maior notação em apreciação global e sabor agradável, a formulação 3 com 6,5% de farinha de banana e 11,74% de margarina. Tais valores correspondem ao valor intermediário de farinha de banana e o segundo maior percentual de gordura entre as formulações analisadas (Tabela 4.21), o que nos leva a concluir que não é necessário grandes quantidades de farinha de banana para se obter resultados na qualidade organolépticas dos bolos. Embora, para o percentual de gordura, haja uma preferência e familiaridade dos provadores por bolos ricos em gordura, assim como os bolos comerciais aos quais estão acostumados a consumir.

**Tabela 4.21** – Formulação selecionada

<b>Ingredientes</b>	<b>Melhor bolo</b>	<b>(%)</b>
Ovo	60g	32,86
Poliol	25g	13,69
Estévia	0,17g	0,09
Gordura	25,39g	13,91
Leite	15g	8,22
Farinha de trigo	44,16g	8,22
Farinha de banana	10,84g	5,94
Fermento	2g	1,09
<b>Total</b>	<b>182,56g</b>	<b>84,03</b>

### 4.6.3 – Análise da formulação otimizada

#### 4.6.3.1- Composição centesimal

Na Tabela 4.22 estão apresentados os valores obtidos nas análises de composição nutricional da formulação selecionada de bolos com incorporação de farinha de banana com casca e também a composição do bolo tradicional com sacarose.

**Tabela 4.22**–Composição centesimal dos bolos com farinha da polpa da banana com cascas (em relação a matéria seca)

	<b>Bolo otimizado</b>	<b>Bolo padrão</b>
Teor de água(%)	25,167	30,60
Proteínas(%)	10,850	8,04
Lípidos(%)	18,845	18,15
Fibras(%)	2,379	-
Cinza(%)	1,801	1,51
Carboidratos (%)	43,759	41,69
Açúcares(%)	8,841	-
Valor calórico (kcal/100g)	376,834	362,32

Os teores de água do bolo formulado com farinha de banana com casca é aproximado ao bolo tradicional, os teores estão próximos aos resultados apresentados por Estelleret al. (2006) obtidos para bolos produzidos com pó de cupuaçu e kefir, com teores de água entre 32 e 35%. Vieira et al. (2013) obtiveram valores superiores para bolos elaborados com a polpa e casca em relação a bolos com incorporação apenas de polpa de banana, seus valores para a incorporação integral da banana se assemelha ao resultado obtido no presente trabalho.

O teor de proteínas obtido para o bolo enriquecido com farinha de banana apresentou-se superior à formulação tradicional, tais valores se assemelham aos resultado obtido por Vieira et al. (2010) para bolos enriquecidos com farinha da casca de maracujá, que apresentaram 9,37% de proteínas. O que também corrobora com a composição centesimal do bolo da casca de banana Prata, com 9,55% de proteínas obtido por Rego et al. (2010). Segundo Medeiros et al, (2010) o teor de proteínas da casca da banana é cerca de 8% do peso do produto seco. O que favorece ao enriquecimento do bolo formulado com a farinha obtida das rodela de polpa de banana com as cascas, apesar de possuírem proteínas de baixo valor biológico quando comparados as proteínas dos cereais.

O maior valor obtido para este parâmetro é superior em relação aos bolos comerciais (7,26%) analisados por Silva et al, (2013a); confirmando que a incorporação da farinha de frutas auxilia no aumento do teor protéico, uma vez que a casca de banana é fonte adicional de proteínas, a substituição parcial da farinha de trigo pela farinha de banana com cascas pode colaborar com o perfil de aminoácidos destes produtos.

Em relação ao teor de fibras apresentado para o bolo otimizado, verifica-se que a adição de farinha de banana aumentou ligeiramente seu teor, entretanto, segundo a Anvisa (Brasil, 1978) para um bolo ser considerado fonte rica de fibras tem que conter no mínimo 3 a 6 g de fibras por 100 g de produto, todavia, foi mostrado que a adição de farinha de banana aumenta o teor de fibras dos bolos devido a presença de uma maior quantidade nas cascas, sendo considerada como fonte de fibras. Guimarães et al. (2010) comprovaram que a adição de farinha de fruta aumenta o teor de fibras, em seu trabalho os resultados passou de 0,59 para 2,51% de fibras.

Ao estudarem Cupcakes enriquecidos com farinha de casca de banana Carvalho et al. (2012) verificaram que o teor de fibras aumentou de 0,7 para 2,33% em relação ao bolo padrão, resultados que estão de acordo com a presente formulação otimizada.

Bolos formulados com casca de banana apresentam cerca de 1,83% de fibras enquanto os bolos sem cascas apresentam 1,63% (Vieira et al., 2013).

**Tabela 4.23** - Valores de fibra total, fibra insolúvel e solúvel presentes no bolo otimizado

<b>Fibra total (%)</b>	<b>Fibra insolúvel (%)</b>	<b>Fibra solúvel (%)</b>
2,379	1,029	1,350

A farinha da polpa de banana apresenta consideráveis teores de fibra alimentar total, sendo que a farinha da casca de banana apresenta uma concentração bem superior, sendo essas farinhas excelentes fontes de fibras que auxiliam a atingir maiores teores nas dietas, através da incorporação em diferentes produtos alimentícios.

Na Tabela 4.23 estão apresentadas os valores das fibras insolúveis e solúveis dos bolos. O teor de fibras da banana variou entre 1,1 e 2,5% sendo a casca detentora do maior teor de fibras que a polpa (1,99%) (Taco, 2011). As fibras insolúveis encontram-se principalmente em frutos e cereais e apresentam funções importantes no organismo como prevenção de câncer de intestino (FIB, 2008).

Os valores obtidos para o percentual de cinzas foi semelhante ao obtido por Guimarães et al. (2010) para bolos elaborados com farinha da entrecasca da melancia, em

que a adição de apenas 7% da farinha seus teores de cinzas aumentaram de 1,23 para 2,17%. Rego et al. (2010) obteve teores de cinzas para o bolo enriquecido com casca de banana Prata em torno de 0,6%.

O bolo de banana apresenta melhor valor nutritivo que os bolos sem adição da farinha de banana com cascas, o que pode ser comprovado pelos maiores resultados nos valores percentuais das cinzas o que demonstra que e assemelha-se aos resultados obtidos na caracterização da polpa e da casca que a banana com casca é rica em potássio, fósforo, cálcio e ferro, o que contribui para a melhoria nutricional das formulações.

O aumento nos teores de cinzas também foram obtidos por Rios (2014) e Gularte et al. (2012) em bolos formulados com diferentes tipos de frutas.

Rios (2014) verificou aumento do resíduo mineral nas formulações de bolos elaboradas pela substituição da gordura vegetal hidrogenada por óleos vegetais, as determinações de minerais indicaram aumentos nos valores, corroborando com a faixa de valores de resíduos minerais obtidas por Gularte et al., (2012) variando de 1,4 a 1,8% em bolos formulados com diferentes fontes de fibras.

A elevada concentração de minerais devido a presença das cascas de banana fornece uma composição de elementos essenciais a mais que na polpa. O que pode ser observado na Tabela 4.24.

**Tabela 4.24**—Composição mineral do bolo enriquecido com farinha de banana com casca

<b>Bolo Final</b>								
	<b>Fe</b>	<b>Cu</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>	<b>K</b>	<b>Na</b>	<b>Mg</b>	<b>Ca</b>
(mg/100g)	1,468	0,049	0,001	0,398	160,903	491,425	16,060	30,582

Fasolin et al. (2007) ao estudarem a inclusão da farinha de banana verde na elaboração de cookies e verificarem que os teores de minerais mais abundantes na farinha de banana foram o fósforo (190 mg/100 g), potássio (185,90 mg/100 g) e cálcio (157,67 mg/100 g) e que o teor de ferro embora considerado baixo (3,08 mg/100 g) foi superior ao verificado para a farinha de trigo (1,3 mg/100 g), farinha de centeio (1,1 mg/100 g) e farinha de banana (2,8 mg/100 g).

Na Tabela 4.25 estão apresentados os teores de açúcares redutores, não redutores e totais do bolo elaborado com farinha de banana com cascas.

**Tabela 4.25** - Resultados da análise de açúcares da formulação otimizada

	AR	ANR	ART(%)
Bolo otimizado	4,841	4,001	8,841

Os resultados obtidos para glicídios totais (Tabela 4.22) foram semelhantes ao resultado obtido para Rego et al. (2010) para o bolo elaborado com casca de banana Prata com 40% de carboidratos. Valores obtidos para bolos tradicionais do mercado chegam a 51,65% de carboidratos (Silva et al., 2013b), a diminuição nos seus teores nos bolos elaborados com farinha de banana se deve a redução de açúcar e acréscimo das fibras pelas cascas de banana. O que foi verificado por Vieira et al. (2013) para bolos formulados com casca de banana que apresentaram valores mais baixos de glicídios em relação aos bolos elaborados apenas com a polpa de banana, o que está relacionado aos maiores teores de fibras.

Em Cupcakes elaborados com farinha de casca de banana Carvalho et al. (2012) verificaram que o teor de carboidratos diminuiu com a adição de farinha de banana, reduzindo de 65,11 para 47,1%.

Os valores médios referentes aos teores de açúcares redutores e não redutores foram semelhantes, embora haja o resultado dos açúcares redutores sejam 0,84% superior aos não redutores, existe um maior percentual de glicose e frutose na composição do bolo do que sacarose.

Os açúcares redutores são muito importantes do ponto de vista do sabor, o que corrobora com o alto teor obtido para a banana Pacovan que apresenta maiores resultados para açúcares redutores e não redutores (Ribeiro et al., 2012).

O valor calórico do bolo elaborado com farinha de banana com cascas no presente trabalho foi de 376,83 kcal, valor semelhante ao obtido por Guimarães et al. (2010) para bolos elaborados com a farinha da entrecasca da melancia, em que para 7% de farinha o valor energético obtido foi de 324,24 kcal. Borges et al. (2009b) ao analisarem farinha de banana verde obteve 373 kcal/100 g.

Silva et al. (2013b) obtiveram o valor calórico do bolo otimizado com polvilho azedo, farinha de albedo de laranja e 130% de açúcar, da ordem de 370,63 Kcal/100g e comparou com o bolo comercial com 332,57 kcal/100 g, que são resultados aproximados a formulação otimizada do presente estudo.

O valor calórico da formulação otimizada foi muito aproximado ao bolo padrão, o que contraria os resultados obtidos por Miranda et al. (2013) no estudo de bolos enriquecidos com farinha da casca de maracujá em que a adição da farinha reduziu o valor calórico dos bolos.

#### 4.6.3.2 – Composição físico química da formulação otimizada armazenada

O bolo otimizado foi armazenado durante cinco dias em embalagens de PPBIO (Polietileno Biorientado) e submetido a análises físico químicas (Tabela 4.26), textura e microbiológicas.

**Tabela 4.26**—Resultados das análises físico químicas dos bolos durante o armazenamento

	Teor de água	Aw	PH	ATT	Cor crosta L	Cor Crosta a	Cor crosta b	Cor miolo L	Cor miolo a	Cor miolo b
<b>0</b>	25,167a	0,880a	7,333a	0,026a	49,277a	11,183b	31,350a	57,270a	5,103a	31,323a
<b>1</b>	22,282b	0,858bc	7,273ac	0,019a	35,107d	10,900d	15,037d	46,740c	5,017a	18,697c
<b>2</b>	24,464a	0,848c	7,163b	0,018a	32,493e	10,947d	14,070e	47,963d	5,063a	20,033d
<b>3</b>	25,548a	0,863b	7,250c	0,024a	39,227b	11,623a	17,633b	49,523b	4,673b	20,033d
<b>4</b>	25,661a	0,858bc	7,230bc	0,020a	37,343c	11,077c	16,970c	47,870d	4,653b	19,137b

Médias seguidas com letras iguais ao longo do armazenamento não diferem estatisticamente a ( $p \leq 0.05$ ) pelo teste de Tukey

De acordo com a Tabela 4.24 verifica-se que apenas o tempo 1 diferenciou-se estatisticamente dos outros tempos de armazenamento, no qual apresentou valor médio de teor de água inferior aos demais (22,28%). Esse declínio em seus teor de água pode ter sido ocasionado pela perda de seus teores para a ambiente no qual o bolo estava armazenado, uma vez que a embalagem não é completamente eficiente para controlar as trocas de água do bolo com o meio. Os tempo subsequentes, não diferiram estatisticamente entre si, o que indica que nesse intervalo de tempo as amostras podem ter entrado em equilíbrio higroscópico com o ar ambiente.

Os valores médios da atividade de água ( $a_w$ ) sofreram variações ao longo do armazenamento, demarcados por diferenças estatísticas em todos os tempos de armazenamento, e apenas os tempos 1 e não diferiram estatisticamente entre si. Os tempos 1 e 2 foram os que apresentaram declínio mais acentuado em seus valores, para em seguida sofrerem aumentos nos tempos 3 e 4. Embora tenha ocorrido ganho de umidade

pelas amostras de bolos, os mesmos tendenciam a entrarem em equilíbrio com as condições de armazenamento.

Apesar do teor de água se manter relativamente estável durante os dias de armazenamento, a embalagem não contribuiu para o total impedimento do ganho de água pela atmosfera do bolo. Os resultados da atividade de água estão de acordo com os obtidos por Osawa et al.(2009) que também obtiveram resultados superiores a 0,800 ao longo do armazenamento dos bolos.

Os valores médios da atividade de água estão dentro da faixa crítica para a estabilidade dos bolos, pois alimentos com valores superiores a 0,850 são propensos a deteriorações microbiológicas em geral, uma vez que o nível mínimo para o crescimento de leveduras é de 0,880 e 0,700 para bolores. Por isso é imprescindível as boas práticas de higiene durante a elaboração e acondicionamento dos bolos em embalagens adequadas e devidamente seladas para evitarem o contato, contaminação e multiplicação microbiológica nesses alimentos.

O conhecimento das condições de armazenamento melhoradas, bem como a embalagem empregada e sua relação com os parâmetros avaliados são importantes para maximizar a vida de prateleira de um alimento.

Os valores médios obtidos para o pH dos bolos demonstra que houve diferenças significativas em todos os tempos do armazenamento, demarcado pela diminuição dos seus valores mais acentuados até o segundo dia de armazenamento, para em seguida sofrer um ligeiro aumento no tempo 3. Entretanto, não ocorreram variações bruscas que alterassem a estabilidade de seus valores. Os decréscimos nos valores médios do pH acompanham os aumentos dos teores de água nos mesmos intervalos de tempo, o que pode ser explicada pelo aumento de íons  $H^+$  devido à umidade. Borges et al., (2010a) ao estudarem a estabilidade da pré-mistura de bolo elaborado com 60 % de farinha de banana verde, observaram reduções nos valores de pH em função do tempo de armazenamento, notadamente nos intervalos em que também houveram aumentos nos teores de água das amostras. Os autores atribuíram diferentes fatores que podem ser responsáveis pela redução do pH tal como a combinação de conservantes, tipo de embalagem empregada, as condições de processamento térmico e a temperatura ambiente. Em relação a acidez total titulável, os autores verificaram que os valores da pré-mistura se mantiveram estáveis ao longo de 60 dias de armazenamento, com tendência ao aumento aos 90 dias e depois redução aos 120 dias de armazenamento.

Os valores da acidez total titulável não apresentou diferenças estatísticas em todos os tempos, comportamento semelhante foi obtido por Carvalho et al. (2012) para a análise do bolo elaborados com farinha de feijão.

De acordo com os valores médios da luminosidade ( $L^*$ ) referentes a crostra e miolo dos bolos durante o armazenamento, verifica-se de acordo com a Tabela 4.25 que todos os tempos diferiram estatisticamente, para para a crostra quanto para o miolo, neste último as reduções ocorreram nos tempos 0, 1 e 2 , para sofrerem aumentos no tempo 3. Já os valores analisados para o miolo dos bolos demonstraram redução expressiva entre os tempos 0 e 1, já os tempos 2 e 4 não diferiram estatisticamente entre si, o que demonstrou ligeira estabilidade entre esses tempos. A luminosidade da crostra e miolo reduziram expressivamente entre o tempo inicial e tempo 1, o que demonstra que houve escurecimento das amostras a partir do tempo 1 até o final do armazenamento.

A redução de luminosidade, aumento da intensidade de vermelho ( $+a^*$ ) e a sua consequente redução nos últimos dias de armazenamento, e a redução da intensidade de amarelo ( $+b^*$ ) demonstram que ao final do 4 dias houve a degradação dos pigmentos carotenóides, responsáveis pela coloração que vão desde o amarelo até o vermelho. A sua estabilidade e provável degradação depende de fatores como temperatura, disponibilidade de oxigênio, a influência de luz através da embalagem, ganho de umidade e atividade de água.

No entanto, a luminosidade foi expressivamente reduzida ao longo dos tempos de armazenamento, que foi o fator mais significativo. Borges et al. (2010), ao estudarem a influência da temperatura sobre as alterações físicas, físico-químicas e químicas da geléia da casca da banana Prata, também observaram comportamento semelhante das durante o armazenamento e atribuíram a influência da oxidação de pigmentos presentes na casca, como clorofila, caroteno e compostos fenólicos, ocasionando o escurecimento das geléias.

O parâmetro intensidade de vermelho (Tabela 4.26) para a crostra e miolo dos bolos sofreram oscilações entre os tempos de armazenamento, seus valores médios variaram apresentando diferenças significativas nos tempos 1, 3 e 4, caracterizados pela diminuição dos seus valores ao longo do armazenamento. O comportamento da intensidade de vermelho do miolo foram mais consistentes, nos três primeiros dias de armazenamento seu valores mantiveram-se constantes, com decréscimos significativos nos dois últimos dias de armazenamento.

Os valores médios da intensidade de amarelo da crostra e do miolo dos bolos apresentaram diminuição acentuada já após as primeiras 24 horas do armazenamento, diferindo estatisticamente em todos os tempos do armazenamento para a crostra, para o miolo os tempos 2 e 3 foram iguais estatisticamente entre si.

Valores de ( $b^*$ ) (Figura 4.38) são traduzidos para amostras com coloração amarela ou dourada, que estão presentes em produtos ricos em proteínas, açúcares redutores e ovos. Com a presença de luz e oxigênio, pode ocorrer a oxidação dos carotenoides e ocasionando a redução dos valores de ( $b^*$ ). Gomes et al. (2014) verificaram correlações entre a luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo, assim como o teor de água, durante a avaliação da estabilidade de misturas de bolo sem glúten. Ainda para os parâmetros da cor, os autores observaram que o tempo de armazenamento não exerceu grande influência e tais alterações ocorreram devido a amostra propriamente.

#### 4.6.3.3 – Textura dos bolos armazenados

Na Tabela 4.27 estão apresentadas as médias dos parâmetros da análise de textura obtidas para cada tempo de armazenamento do bolo armazenamento em embalagem de polietileno biorientado.

**Tabela 4.27** – Variação dos atributos da textura durante o armazenamento

Tempo (dias)	Dureza	Mastigabilidade	Coesividade	Elasticidade	Gomosidade	Adesividade	Fraturabilidade
0	6,107a	2,482a	0,469a	0,865a	2,884a	-0,052a	0
1	6,307a	2,335a	0,457a	0,805ab	2,885a	-0,066a	0
2	6,787a	2,697a	0,511a	0,779b	3,458a	-0,040a	0
3	7,529a	3,021a	0,472a	0,830ab	3,639a	-0,071a	0
4	7,972a	3,095a	0,483a	0,809ab	3,844a	-0,011a	0

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente ( $p \leq 0,5$ ) pelo teste de Tukey

Ao longo dos 4 dias de armazenamento, foi verificado que a dureza e a mastigabilidade não apresentaram diferenças estatísticas ao longo dos dias de prateleira, todavia, dos tempo 3 e 4 ocorreram ligeiros aumentos em seus valores, este fato se deve as perdas de umidade dos bolos devido a diferença de umidade entre o bolo e o ambiente no qual estão inseridos, tornando-os mais ressecados e endurecidos, com facilidade de esfarelamento e aumentando a força necessária para a mastigação, o aumento da gomosidade que também apresentou acréscimos nos seus valores a partir do tempo 2.

Os valores da coesividade não apresentaram diferenças significativas durante o período de vida de prateleira.

A elasticidade apresentou diferenças significativas em todos os tempos de armazenamento, influenciada pela diminuição de seus valores ao longo dos dias de armazenamento, demonstrando que os bolos perderam a elasticidade, tornando-se mais quebradiços. Em contrapartida, a adesividade apresentou ligeiro aumento em seus valores no transcorrer dos tempos, esse comportamento pode ter sido influenciado pela presença de ingredientes com propriedades umectantes.

Apesar do aumento da dureza e ressecamento ao longo do armazenamento, este período de armazenamento não influenciou na fraturabilidade dos bolos o que é interessante pois a fraturabilidade é uma propriedade que está associada aos produtos com altos graus de dureza e baixo grau de coesão.

A embalagem de polietileno biorientado se mostrou eficaz para o armazenamento dos bolos, apesar de permitir a troca de umidade entre o bolo e o meio, resultando primeiramente no ganho de umidade pelos bolos, seguida das perdas que contribuíram para o ressecamento e endurecimento dos mesmos, a composição dos bolos podem influenciar no ganho de água pelos mesmos, formulações com maiores teores de gordura apresentam maior capacidade de absorção de água e conseqüentemente provoca variações na dureza, mastigabilidade e gomosidade. Esteller et al. (2006) observaram que a adição de ingredientes na elaboração de bolos de chocolates produzido com pó de kefir e cupuaçu, e perceberam que a variação dos ingredientes pareceu não influenciar significativamente a perda da coesividade no bolo padrão e nas formulações elaboradas com pós de kefir e cupuaçu, porém a elasticidade reduziu com envelhecimento durante o período de armazenamento.

Pelos resultados apresentados, os bolos apresentaram boa estabilidade durante os 4 dias de armazenamento, e a embalagem utilizada favoreceu na sua conservação dentro desse período, mesmo favorecendo a absorção de umidade, todavia, a embalagem escolhida é a mais utilizada em bolos comerciais e apresentam baixo custo, além de permitirem a visualização do aspecto dos bolos acondicionados na mesma o que pode ser um fator atraente ao consumidor.

#### 4.6.3.4 – Análises microbiológicas dos bolos armazenados

Na tabela 4.28 estão apresentados os resultados das análises microbiológicas realizadas ao longo dos cinco tempos de armazenamento.

**Tabela 4.28** – Análises microbiológicas efetuadas durante o armazenamento

<b>Tempo</b>	<b>Diluição</b>	<b>Evolução</b>	<b>Resultado</b>
T0	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup> UFC/g	Satisfatório
T1	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup> UFC/g	Satisfatório
T2	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup> UFC/g	Satisfatório
T3	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup> UFC/g	Satisfatório
T4	10 <sup>-1</sup>	<1x10 <sup>1</sup> UFC/g	Satisfatório

De acordo com os limites microbiológicos estabelecidos pela Tabela 3.11, todos os resultados obtidos encontram-se dentro dos parâmetros exigidos pelos Instituto Nacional de Saúde (INSA) (Santos et al., 2005) e de acordo com os padrões estabelecidos pela RDC nº 12 da Anvisa (Brasil, 2001), por apresentarem qualidade microbiológica satisfatória em todos os tempos analisados para a embalagem estudada.

Tais resultados significam que os bolos foram elaborados e armazenados seguindo todas as boas práticas de fabrico, não adquirindo nenhuma contaminação durante a produção e/ou armazenamento e que a embalagem escolhida favoreceu na manutenção na qualidade microbiológica. Os valores determinados para todas as amostras mantiveram-se abaixo de 100 UFC/g para as contagens de aeróbios totais, bolores e leveduras, isso provou que as farinhas podem ser utilizadas após o período de armazenamento de 180 dias para as amostras desidratadas nas condições de 50 °Brix e principalmente para a temperatura de 70 °C e que o período de armazenamento dos bolos dentro dos quatro dias, em temperatura ambiente e utilizando a embalagem de polipropileno biorientado mantém suas características microbiológicas seguras para consumo humano.

## 5– CONCLUSÃO

- A concentração da solução de sacarose influencia nos processos de perda de água e ganho de sólidos, já a temperatura de desidratação osmótica não exerceu influência significativa ( $p \leq 0,05$ ) no ganho de sólidos e perda de água das rodela de banana com cascas. Todavia, a maior perda de água e ganho de sólidos foi influenciado na concentração de 60 °Brix e temperatura de 70 °C;
- O modelo de Peleg se ajustou satisfatoriamente aos resultados experimentais da perda de água ocorrida durante o processo de desidratação osmótica e os modelos de Page e Silva et alii descrevem satisfatoriamente o ganho de sacarose;
- O processo de desidratação osmótica reduziu o tempo de secagem das rodela de banana com cascas e o modelo de Page se ajustou satisfatoriamente aos resultados da cinética de secagem;
- As farinhas tratadas nas maiores temperaturas de osmose, maiores concentrações de sacarose e maiores temperaturas de secagem apresentaram menores teores de água e tendência a maiores teores de sólidos solúveis totais; e as amostras secas nas menores temperaturas de secagem apresentaram maiores valores nas atividades de água;
- Os maiores valores obtidos para a Luminosidade ( $L^*$ ) e intensidade de amarelo ( $+b^*$ ) das farinhas foram obtidas para as amostras tratadas nas maiores temperaturas de osmose e de secagem, exceto para a amostra tratada na temperatura de secagem a 40 °C enquanto a intensidade de vermelho ( $+a^*$ ) foram inferiores para essas mesmas condições;
- Os resultados das análises físico-químicas demonstraram que as cascas da banana apresentaram maiores teores de minerais do que as partes comestíveis, podendo ser utilizadas como fontes de K, Mg, Na, Ca e Mn;
- Todas as amostras de farinha estão dentro dos padrões microbiológicos para consumo possuindo valores inferiores a  $1 \times 10^{-1}$  (log UFC.g<sup>-1</sup>) para aeróbios totais, bolores e leveduras; a temperatura de osmose a 70 °C influenciou a melhor estabilidade microbiológica das farinhas e durante o armazenamento;
- Ao final do armazenamento as farinhas armazenadas apresentaram elevados teores de sólidos solúveis totais, acidez total titulável, atividade de água ( $a_w$ ) e teor de

água; menores valores quanto ao pH e Luminosidade ( $L^*$ ) que se distinguiu dos demais tempos do armazenamento;

- A maior temperatura de osmose e de secagem complementar foi preponderante na obtenção dos menores valores da atividade de água ( $a_w$ ), maiores valores de sólidos solúveis totais e melhor estabilidade microbiológica das farinhas armazenadas ao final dos 180 dias de armazenamento para ambas concentrações osmóticas e todas as temperaturas de secagem;
- A evolução microbiológica acompanhou o aumento dos teores de água e atividade de água ao longo do tempo de armazenamento, principalmente a partir dos 150 dias; e ao final do armazenamento, as farinhas submetidas a todos os tratamentos mantiveram-se dentro dos padrões microbiológicos considerados satisfatórios;
- Foi detectado o desenvolvimento de bolores e leveduras ao final do armazenamento das farinhas;
- A incorporação de farinha de banana com cascas melhorou as características físicas dos bolos, influenciando a coloração mais escura e acastanhada típica de bolos tradicionais;
- Os bolos com maiores teores de farinha de banana apresentaram maior aceitação atribuídos aos maiores resultados relativos ao sabor agradável e apreciação global;
- Os maiores valores referentes apreciação global dos bolos foram referentes as formulações 1, 2, 3 e 7 com percentuais mais elevados de farinha de banana e gordura;
- A formulação que melhor representou o perfil dos provadores foi a formulação 3 com 6,5% de farinha de banana e 11,74% de margarina, a preferência pelo bolo com maior teor de gordura representa os hábitos de consumo dos provadores por bolos vendidos no mercado;
- A dureza, gomosidade e mastigabilidade aumentaram com quantidades muito elevadas ou muito baixas de farinha de banana; apresentaram alta correlação entre si;
- A elasticidade foi superior nas formulações com maiores percentuais de gordura e farinha de banana e a adesividade diminuiu com o aumento da concentração de farinha de banana;

- A gordura contribuiu para a melhoria da textura dos bolos, tornando-os mais macios, elásticos e aumentando a sua mastigabilidade. Contudo, adicionada em grandes quantidades torna os bolos menos coesos e mais fraturáveis;
- O bolo otimizado apresentou cor castanha mais escura, os valores de L\* das formulações diminuíram com o aumento da incorporação de farinha de banana;
- Com o aumento da incorporação de farinha de banana, o volume específico aumenta e a massa específica diminui;
- Os teores de umidade, proteína bruta, fibras e cinzas aumentaram com a incorporação da farinha de banana;
- O teor de fibras obtido após a formulação do bolo otimizado não possibilitou classificar o bolo como fonte rica de fibras, embora exista um aumento nos teores de fibras devido a maior quantidade existente nas cascas da banana;
- A elasticidade dos bolos armazenado diminuiu ao longo do armazenamento e a dureza, mastigabilidade apresentaram tendências ao aumento com o período do armazenamento.
- O aproveitamento integral da banana com as cascas proporciona a formação de bolos com melhores propriedades e é de maior interesse para as indústrias visto que as cascas é um co-produto que geralmente é descartado e é promissor na elaboração de produtos;

## **6 – SUJESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

- Estudar outros tipos de cortes e espessuras dos frutos e verificar a sua influência nos processos de secagem e desidratação osmótica;
- Analisar outros tipos de agentes osmóticos e em diferentes concentrações e temperatura;
- Estudar o processo de desidratação osmótica e a secagem complementar da polpa e da casca separadamente;
- Estudar a secagem complementar em microondas com o intuito de avaliar a sua viabilidade caseira e industrial;
- Estudar a secagem complementar através do processo de liofilização das amostras de banana previamente desidratadas osmoticamente, avaliar as suas características físico-químicas, químicas e microbiológicas, armazenamento e a aplicação das farinhas na elaboração de novos produtos;
- Elaborar novos produtos a partir da banana pré desidratada osmoticamente, como a sua inclusão em bombons de cacau e substituição da gordura pela farinha rica em fibras e avaliar a sua influência na textura, propriedades organolépticas e aceitação pelos provadores;
- Utilizar a farinha de banana liofilizada para a elaboração de shakes dietéticos e/ou sorvetes, quanto as suas propriedades funcionais, características organolépticas e aceitação sensorial;
- Estudar a estabilidade da farinha e de seus produtos em outros tipos de embalagens.

## 7-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABUD, A. K. S.; NARAIN, N. Incorporação da farinha de resíduos do processamento de polpa de fruta em biscoitos: uma alternativa de combate ao desperdício. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 12, n. 4, p. 257-265, 2009.

AFNOR – Association Française de Normalisation. Norma Internationale – ISO 4833. Microbiologie des aliments – methode horizontales pour le dénombrement des micro-organismes – Tchniquepar des colonies a 30 °C. 2003, p. 1-10.

ALEMAR, T. S.; SANTOS, G. M.; SOUSA, H. A.; ALMEIDA, S. G. Concentração de sal para desidratação osmótica e melhor tempo e condição de secagem em microondas de hortaliças. **Anuário da produção de iniciação científica discente**, v. 13, n.1, p. 83-92, 2010.

AMORIM, T. P. **Avaliação de polpa e de casca de banana *in natura* e desidratada**. 2012, 55 f. Monografia (Graduação em Nutrição) Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRS. Porto Alegre – RS.

ANZALDUA-MORALES, A. **La evaluacion sensorial de los alimentos en la teoria y la práctica**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1994, p.21-23.

AOAC – Association Official Methods of Analysis (16 ed.). Washington, D.C. EUA: Associacion of Oficial Analytical Chemists, 1996.

AQUINO, C. F.; NISHIYMA, C.; HBINGER, M. D.; SIQUEIRA, D. L.; CECON, P. R.; RIBEIRO, S. M. R. Teores de minerais em polpas e cascas de frutos de cultivares de bananeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 7, p. 546-553, 2014.

ARGANDOÑA, E. J.; NISHIYAMA, C.; HUBINGER, M. D. Qualidade final do melão osmoticamente desidratado em soluções de sacarose com adição de ácidos. **Pesquisa agropecuária**, v. 37, n. 12, p. 1803-1810, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 12994. **Métodos de Análise de Alimentos e Bebidas**. São Paulo: ABNT. 1993. p. 2.

ATARES, L.; SOUSA, G.; OLIVEIRA, F. A. R. Process conditions effect on the quality of banana osmotically dehydrated. **Journal of Food Engineering**, v. 103, n.4, p. 401-408, 2011.

ATARÉS, L.; CHIRALT, A.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C. Effect of solute on osmotic dehydration and rehydration of vacuum impregnated apple cylinders (cv. Granny Smith). **Journal of Food Engineering**, v. 89, n. 1, p. 49-56, 2008.

AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos. 2 ed.** Brasília: Editora Técnica, 2012, 326 p.

BELMIRO, T. M. C.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; FERNANDES, T. K.S.; BEZERRA, M. C. T. Alterações químicas e físico-químicas em grãos de abóbora durante o armazenamento. **Revista Brasileira de engenharia agrícola e ambiental**. v. 14, n. 9, p. 1000-1007, 2010.

BATTOCHIO, J. R.; CARDOSO, J. M. P.; KIKUCHI, M.;MACCHIONE, M.; MODOLO, M.; PAIXÃO, A. L.; PINCHELLI, A. M.; SILVA, A. R.; SOUSA, V. C.; WADA, J. K. A.; BOLINI, H. M. A. Perfil sensorial de pão de forma integral. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 2, p. 428-433, 2006.

BERTOLINI, A. C.; BELLO-PEREZ, L. A.; MENDEZ-MONTEALVO, G.; ALMEIDA, C. A. S.; LAJOLO, F. Rheological and functional properties of flours from banana pulp and peel. **Starch-starke**, v. 62, n. 6, p. 277-284, 2010.

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, p. 241-249, 2013.

BEZERRA, V. S.; DIAS, J. S. A. Avaliação física-química de frutos de bananeiras. **Acta Amazônica**, v. 39, n. 2, p. 423-428, 2009.

BIACCHI, S. M. Análise qualitativa e sensorial de edulcorantes em bolo caseiro. 2006, 43 p. Monografia (Graduação em Nutrição) Centro Universitário Franciscano – UNIFRA. Santa Maria – RS.

BITENCOURT, C.; DUTRA, F. L. G.; PINTO, V. Z.; HELBIG, E.; BORGES, L. R. Elaboração de bolos enriquecidos com sementes de abóbora: avaliação química, física e sensorial. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 32, n. 1, p. 19-32, 2014.

BOGALHO, J. S. **Efeitos da substituição da sacarose por edulcorantes intensos e agentes de corpo nas características físicas e sensoriais em chocolate**. 2011, 88f. Dissertação (Engenharia Alimentar- Qualidade e Segurança Alimentar) Instituto Superior de Agronomia – UTL – Portugal.

BORGES, A. M.; PEREIRA, J.; SILVA-JÚNIOR, A.; LUCENA, E. M. P.; SALES, J. C. Estabilidade da pré-mistura de bolo elaborada com 60% de farinha de banana verde. **Ciência Agrotécnica**, v. 34, n. 1, p. 173-181, 2010a.

BORGES, S. V.; MANCINI, M. C.; CORRÊA, J. L. G.; LEITE, J. Secagem de bananas prata e d'água por convecção forçada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 5, p. 1413-1423, 2010b.

BORGES, A. L.; SILVA, A. L.; BATISTA, D. C.; MOREIRA, F. R. B.; FLORI, J. E.; ARAÚJO, J. L. P.; PINTO, J. M.; CASTRO, J. M. C.; MOURA, M. S. B.; AZOUBEL, P. M.; CUNHA, T. J. F.; SILVA, S. O.; CORDEIRO, Z. J. M. Sistema de produção da bananeira irrigada. *Embrapa Semiárido*, v.4, 2009a.

BORGES, A. M.; PEREIRA, J.; LUCENA, E. M. P. Caracterização da farinha de banana verde. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 333-339, 2009b.

BRASIL. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. Instituto Adolfo Lutz. 4.ed. Normas analíticas do instituto Adolfo Lutz. São Paulo. v.1, 2008. 1020p.

BRASIL, ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº263. Regulamento técnico produtos e cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial da União**, Brasília, de 22 de setembro de 2005. Disponível em:<[http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/1ae52c0047457a718702d73fbc4c6735/RDC\\_263\\_2005.pdf?MOD=AJPERES](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/1ae52c0047457a718702d73fbc4c6735/RDC_263_2005.pdf?MOD=AJPERES)>. Acesso em 06 de Ago. de 2015.

BRASIL. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 02 de Janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 jan. 2001. Seção 1. Disponível em:<[http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC\\_12\\_2001.pdf/15ffddf6-3767-4527-bfac-740a0400829b](http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_12_2001.pdf/15ffddf6-3767-4527-bfac-740a0400829b)>Acesso em: 30 de julho de 2016.

BRASIL. ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico sobre Biscoitos e Bolachas, Cereais e Derivados, Amidos e Féculas, Malte e Derivados, Farinhas. **Diário Oficial da União, Brasília**, 30 de março de 1978. Disponível em:<[http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/e57b7380474588a39266d63fbc4c6735/RESOLUCAO\\_12\\_1978.pdf?MOD=AJPERES](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/e57b7380474588a39266d63fbc4c6735/RESOLUCAO_12_1978.pdf?MOD=AJPERES)> Acesso em: 28 de maio de 2016.

CABRAL, A. C.; FERNANDES, M. H. C. Aspectos Gerais sobre a Vida de prateleira de Produtos Alimentícios. **Boletim do ITAL**, v. 17, n. 4, p. 371-493, 1980.

CARVALHO, K. H.; BOZATSKI, L. C.; SCORSIN, M.; NOVELLO, D.; PEREZ, E.; DALLA SANTA, H. S.; SCORSIN, G.; BATISTA, M. G. Desenvolvimento de cupcake adicionado de farinha da casca de banana: características sensoriais e químicas. **Alimentos e Nutrição**, v. 23, n. 3, p. 475-481, 2012.

CARVALHO, A. V.; SECCADIO, L. L.; MOOURÃO-JÚNIOR, M.; NASCIMENTO, W. M. O. Qualidade pós-colheita de cultivares de bananeira do grupo ‘macã’, na região de Belém - PA. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 4, p. 1095-1102, 2011.

CASTRO, D. S.; NUNES, J. S.; SILVA-JÚNIOR, A. F. D.; EVERTON, J. Influência da temperatura no processo de desidratação osmótica de pedaços de goiaba. **Revista GEINTEC**, v. 4, n. 5, p. 1413-1423, 2014.

COSTA, J. N. Estudo da estabilidade de maracujá (*Passiflora edulis Sims j. flavicarpa Degener*) em pó, proveniente de cultivo orgânico. 2012, 102 p. (Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal do Ceará – UFCE. Fortaleza – CE.

CUNHA, C. S.; CASTRO, C. F.; PIRES, C. V.; HALBOTH, N. V.; MIRANDA, L. S. Influência da textura e do sabor na aceitação de cremes de aveia por indivíduos de diferentes faixas etárias. **Alimentos e Nutrição Araraquara**. v. 20, n. 4, p. 573-580, 2009.

DAMIANI, F. A. S.; SILVA, F. A.; RODOVALHO, E. C.; BECKER, F. S.; ASQUIERI, E. R.; OLIVEIRA, R. A.; LAGE, M. E. Aproveitamento de resíduos vegetais para produção de farofa temperada. **Alimentos e Nutrição**, v. 22, n. 4, p. 657-662, 2011.

DANTAS, D. J. Características agronômicas de cultivares de bananeira em três ciclos de produção e reação de genótipos a *Cosmopolites Sordidus* no vale do Açu-RN. Mossoró: UFRS, 2010. 84 p. Tese de doutorado.

DAVEY, M. W.; VAN DEN BERGH, I.; MARKHAM, R.; SWNNEN, R.; KEULEMANS, J. Genetic variability in *Musa* fruit provitamin A carotenoids, lutein and mineral micronutrient contents. **Food Chemistry**, v. 115, p. 806-813, 2009.

DIAMANTE, L. M.; IHNS R, SAVAGE, G.P.; VANHANEN, L. A new mathematical model for thin layer drying of fruits. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 45, n. 9, p. 1956–1962, 2010.

DIONELLO, R. G.; BERBERT, P. A.; MOLINA, M. A. B.; PEREIRA, R. C.; VIANA, A. P.; CARLESSO, V. O. Secagem de fatias de abacaxi in natura e pré-desidratada por imersão-impregnação: cinética e avaliação de modelos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 1, p. 232-240, 2009.

DOURADO, K. K. F.; LIMA, L. C.; ROUWS, J. R. C.; LIMA, P. C.; FLORES, J. C.; OLIVEIRA, K. A. M. Avaliação da qualidade de bananas-passa cv. prata em rodela submetidas a diferentes temperaturas de secagem. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 23, n. 1, p. 157-162, 2012.

DÓSEA, R. R.; MARCELLINI, P. S.; SANTOS, A. A.; RAMOS, A. L. D.; LIMA, A. S. Qualidade microbiológica na obtenção de farinha de fécula de mandioca em unidades tradicionais e modelo. **Ciência Rural**, v. 40, n. 2, p. 441-446, 2010.

DURÁN, S.; RODRÍGUEZ, M. P.; CORDÓN, A. K.; RECORD, JINIVA. Stevia (stevia rebaudiana), non-caloric natural sweetener. **Revista chilena de nutrición**, v. 39, n. 4, p. 203-206, 2012.

EGEA, M. B.; LOBATO, L. P. Desidratação osmótica como pré-tratamento para frutas e hortaliças. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 73, n. 4, p. 216-223, 2014.

EL-DASH, A.; MIRANDA, M. Z. Farinha integral de trigo germinado. Características nutricionais e estabilidade ao armazenamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 3, p. 216-223, 2002.

EMAGA, T. H.; BINDELLE, J.; AGNEESESENS, R.; BULDGEN, A.; WATHELET, B. M. Ripening influences banana and plantain peels composition and energy content. **Tropical Animal Health Production**, v. 43, n. 1, p. 171-177, 2011.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa fruta. 2006. Disponível em: <[http://www.jornalentreposto.com.br/antiores/janeiro\\_2006/transporte.htm](http://www.jornalentreposto.com.br/antiores/janeiro_2006/transporte.htm)> Acesso em: 28 de abril de 2013.

ESTELLER, M. S.; ZANCANARO-JÚNIOR, O.; LANNES, S.C.S. Bolo de “chocolate” produzido com pó de cupuaçu e kefir. **Revista brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n. 3, p. 447-454, 2006.

FARINELLI, B. C. F.; HONORATO, C. A.; AGOSTINI, J. S.; BIN, M. C. Elaboração, Análise Sensorial e Características Físico-Químicas do Biscoito Doce de Casca de Banana. **Ensaio e Ciência: C. Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 18, n. 2, p. 77-82, 2014.

FASOLIN, L. H.; ALMEIDA, G. C.; CASTANHO, P. S.; NETTO-OLIVEIRA, E. R. Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliações química, física e sensorial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, p. 524-529, 2007.

FERRARI, C. C.; RODRIGUES, L. K.; TONON, R. V. HUBINGER, M. D. Cinética da transferência de massa de melão desidratado osmoticamente em soluções de sacarose e maltose. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 564-570, 2005.

FERREIRA NETO, C. J.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Avaliação sensorial e da atividade de água em farinhas de mandioca temperadas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 4, p. 795-802, 2005.

FIB - Food Ingredients Brasil. **Dossiê de Fibras Alimentares**. Revista-FI, nº 3, p. 42-65, 2008.

FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; MARTUCCI, E. T. Alterações da cor da acerola em pó sob condições controladas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 7, n. 1, p. 49-57, 2005.

FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. De M.; NORONHA, M. A. S. Armazenamento de abacaxi minimamente processado. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. especial, n. 1, p. 95-103, 2003.

FONSECA, H.; CANTARELLI, P. R. Princípios e métodos gerais de conservação de alimentos pelo controle da umidade, por preservativos e por radiações: embalagens. In: CAMARGO, R.; FONSECA, H. Tecnologia dos produtos agropecuários: alimentos. São Paulo: Nobel, 1984. p. 97- 112

FRANCO, C. F. O.; FABRI, E. G.; BARREIRO, M. N.; MANFIOLLI, M. H.; HARDER, M.N. C.; RUCKER, N. C. A. Urucum: sistemas de produção para o Brasil. João Pessoa: Emepa, 2008. 112p.

FUENTES-BERRIO, L.; ACEVEDO-CORREA, D.; GELVEZ-ORDOÑEZ, V. M. Alimentos funcionales: impacto y retos para el desarrollo u bienestar de la sociedad colombiana. **Biotecnología em el Sector Agropecuario y Agroindustrial**, v. 13, n. 2, p. 140-149, 2015.

GALDINO, P. O.; QUEIROZ, A. J. de M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; SILVA, R. N. G. Avaliação da estabilidade da polpa de umbu em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 5, n. 1, p. 73-80, 2003.

GERMER, S. P. M.; QUEIROZ, M. R.; AGUIRRE, J. M.; BERBARI, S. A. G.; ANJOS, V. D. Desidratação osmótica de pêssegos em função da temperatura e concentração do xarope de sacarose. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 2, p. 161-169, 2011.

GOMES, L. O.F.; SANTIAGO, R. A. C.; KOAKUZU, S. N.; BASSINELLO, P. Z. Estabilidade microbiológica e físico-química de misturas para bolos em glúten e qualidade dos bolos prontos para consumo. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 17, n. 4, p. 283-295, 2014.

GOMES, J. F.; VIEIRA, R. R.; LETA, F. R. Colorimetric indicator for classification of bananas during ripening. **Scientiae Horticulturae**, v. 150, p. 201-205, 2013.

GOMES, A. T.; CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. Desidratação Osmótica: uma tecnologia de baixo custo para o desenvolvimento da agricultura familiar. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 3, p. 212-226, 2007.

GONÇALVES, A. A.; BLUME, A. R. Efeito da desidratação osmótica como tratamento preliminar na secagem do abacaxi. **Estudos Tecnológicos**, v. 4, n. 2, p. 124-134, 2008.

GONDIM, J. A. M.; MOURA, M. F. V.; DANTAS, A. S.; SANTOS, R. L. S. M. Composição centesimal e de minerais em casca de frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 825-827, 2005.

GUIMARÃES, R. R.; FREITAS, M. C. J.; SILVA, V. L. M. Bolos simples elaborados com farinha da entrecasca da melancia (*Citrullus vulgaris*, sobral):avaliação química, física e sensorial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 2, p. 354-363, 2010.

GULART, M.; DE LA HERA, E.; GÓMEZ, M.; ROSSEL, C. Effect of different fibers on the bater and gluten-free layer cakes properties. **LWT – Food Science an Technology**, v. 48, p. 209-214, 2012.

GUTKOSKI, L. C.; TEIXEIREAM D. M. F; DURIGON, A.; GANZER, A. G.; BERTOLIN, T. E.; COLLA, L. M. Influência dos teores de aveia e de gordura nas características tecnológicas e funcionais de bolos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 254-261, 2009.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**, v. 29, n. 3, p. 1-117, 2016.

JAIN, S. K.; VERMA, R. C.; MURDIA, L. K.; JAIN, H. K.; SHARMA, G. P. **Journal Food Science and Technology**, v. 48, n. 2, p. 211-217, 2011.

JESUS, S. C.; FOLEGATTI, M. I. S.; MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO, R. L. Caracterização física e química de frutos de diferentes genótipos de bananeira. **Bragantia**, v. 63, n. 3, p. 315-323, 2004.

KALETA, A.; GÓRNICKI. K. Evaluation of drying models of apple (var. McIntosh) dried in a convective dryer. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 45, n. 5, p. .891–898, 2010.

KARAOGLU, M. M.; KOTANCILAR, H. G. Quality and textural behavior of parbaked and cake during prolonged storage. **Internacional Journal of Food Science and Technology**, v. 44, n. 1, p. 93-99, 2009.

LEONEL, S.; LEONEL, M.; SAMPAIO, A. C. Processamento de frutos de abacaxizeiro cv smooth cayenne: perfil de açúcares e ácidos dos sucos e composição nutricional da farinha das cascas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. especial, p. 29-36, 2014.

LIMA, G. F. Aditivos alimentares: definições, tecnologia e reações adversas. **Revista Eletrônica de Ciências**, v. 4, n. 2, p. 101-107, 2011.

LOPES, E. B.; ALBUQUERQUE, I. C.; VASCONCELOS, E. C. Levantamento fitopatológico de doenças da bananeira com ênfase à sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) nos municípios produtores de banana da Paraíba. 2008. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2008\\_2/Sigatoka/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2008_2/Sigatoka/index.htm)>. Acesso em: 22 abril 2013.

LOPES, E. S.; CASTILHO, L.; CLEMENTE, E. Influência do revestimento e da temperatura na qualidade de mandioquinha-salsa minimamente processada. **Revista Tecnológica**, p. 49-56, 2011.

LOUREIRO, M. N.; FIGUERÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; OLIVEIRA, E. N. Armazenamento de buriti em pó: efeito da embalagem nas características físicas e químicas. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, p. 1092-1100, 2013.

LOURES, M. M.; MINIM, V. P.; CERESINO, E. B.; CARNEIRO, R. C.; MINIM, L. A. Análise descritiva por ordenação na caracterização sensorial de iogurte diet sabor morango enriquecido com concentrado proteico de soro. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 3, p. 661-668, 2010.

LUNARDI, H.; ROSA, G. S. Estudo da influência da liofilização nos parâmetros de cor de frutas tropicais. In: In: XXXVII ENEMP, Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados, 2015, São Carlos. **Anais do XXXVII Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados**, 2015.

MACHADO, L. J.; SO, M. Y. U.; DIAS, G. S.; FERNANDES, E. F.; SALES, A. L. Aceitabilidade Sensorial e Sustentabilidade da Banana Chips Comercializada em

Macapá. In: Congresso Norte e Nordeste de Pesquisa e Inovação, 7, 2012. Palmas. **Anais...** Palmas: ISBN, 2012. CD – ROM.

MAEDA, M.; LORETO, R. L. Desidratação osmótica de bananas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 19, n. 1, p. 60-6, 1998.

MALGARIM, M. B.; CANTILLANO, F. R. F.; SOUZA, E. L.; COUTINHO, E. F. Estádios de maturação e variação da temperatura de armazenamento na qualidade pós-colheita de ameixas cv. Amarelinha. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 1, p. 29-35, 2005.

MALDONADO, R.; PACHECO-DELAHAYE, E. Elaboración de galletas com uma mezcla de harina de trigo y plátano verde. **Archivos Latinoamericanos e Nutritión**, v. 50, p. 387-393, 2000.

MARINI, L. J.; GUTKOSKI, L. C.; ELIAS, M. C. Efeito da temperatura de secagem e relação de interminterência na inativação enzimática e viscosidade de pasta de aveia. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 13, n. 1, p. 55-60, 2007.

MARLETT, J. M.; YANG, E. J.; SLAVIN, J. L. Position of the American Dietetic Association: health implications of dietary fiber. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 102, p. 993-1000, 2002.

MARQUES, L. F.; DUARTE, M. E. M.; MATA, M. E. R. C.; NUNES, L. S.; COSTA, T. L.; COSTA, P. B. S.; DUARTE, S. T. G. Secagem precedida de desidratação osmótica de pseudofruto de caju: comparação entre modelos matemáticos aplicados. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 9, n. 2, p. 161-170, 2007.

MATSUURA, F. C. A.; COSTA, J. P.; FOLEGATTI, M. I. S. Marketing de banana: preferências do consumidor quanto aos atributos de qualidade dos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 1, p. 48-52, 2004.

MATSUURA, F.C.A.U.; CARDOSO, R.L.; RIBEIRO, D.E.; SILVA, S.O. Avaliação sensorial dos frutos de híbridos de bananeira da cultivar Prata Anã. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.21, p.29-31, 1999.

MEDEIROS, M. J.; OLIVEIRA, P. A. A. C.; SOUZA, J. M. L.; SILVA, R. F.; SOUZA, M. L. Composição química de misturas de farinha de banana verde com castanhão-do-brasil. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, v. 69, n. 3, p. 396-402, 2010.

MENEZES, M. L.; STROHER, A. P.; PEREIRA, N. C.; BARROS, S. T. D. Análise da cinética e ajustes de modelos matemáticos aos dados de secagem do bagaço de maracujá. **Engevista**, v. 15, n. 2, p.176-186, 2013.

MENEZES, T. J. B; SARMENTO, S. B. S.; DAIUTO, E. R. Influência de enzimas de maceração na produção de puba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 4, p. 386-390, 1998.

MERCALI, G.; MARKZAK, L. D.; TESSARO, I. C.; & NOREÑA, C. P. Evaluation of water, sucrose and NaCl effective diffusivities during osmotic dehydration of banana (*Musa sapientum*, shum.). **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, n. 1, p. 82-91, 2011.

MERCALI, G. D.; KECHINSKI, C. P.; COELHO, J. A.; TESSARO, I. C.; MARCZAK, L. D. F. Estudo da transferência de massa durante a desidratação osmótica de mirtilo. **Brasilian Journal of Food Tecnology**, v. 13, n. 2, p. 91-97, 2010.

MERCALI, G. D. **Estudo da transferência de massa na desidratação osmótica de banana (*Musa sapientum*, Shum.)**. 2009, 163f. Dissertação (Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRS – Porto Alegre.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing suga. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

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

OLIVEIRA, A. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; BRITO, J. G. estabilidade da polpa de *Cereus jamacaru* em pó durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 147-153, 2015a.

OLIVEIRA, E. B.; GURJÃO, F. F.; GOUVEIA, D. S.; ROCHA, A. P. T.; NUNES, E. N. Cinética de degradação de cores de frutas frescas refrigeradas. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 36, n. 1, p. 183-189, 2015b.

OLIVEIRA, V. S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Caracterização físico-química e comportamento higroscópico de sapoti liofilizado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 342-348, 2011

OLIVEIRA, L. F.; BORGES, S. V.; NASCIMENTO, J.; CUNHA, A. C.; JESUS, T. B.; PEREIRA, P. A. P.; PEREIRA, A. G.; FIGUEIREDO, L. P.; VALENTE, W. A. Utilização de casca de banana na fabricação de doces de banana em massa - avaliação da qualidade. **Alimentos e Nutrição**, v. 20, n. 4, p. 581-589, 2009.

OLIVEIRA, T. K.; LESSA, L. S.; SILVA, S. O.; OLIVEIRA, J. P. Características agronômicas de genótipos de bananeira em três ciclos de produção em Rio Branco, AC. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 43, n. 8, p. 1003-1010, 2008.

OLIVEIRA, E. C.; OLIVEIRA, E. R.; LIMA, L. C. D. O.; VILLAS BOAS, E. V. D. B. Composição Centesimal do Cogumelo do Sol (*Agaricus blazei*). *Revista Universidade Federal de Alfenas*, p. 169-172, 1999.

ORTOLAN, F.; HECKTHEUER, L. H.; MIRANDA, M. Z. Efeito do armazenamento à baixa temperatura (-4°C) na cor e no teor de acidez da farinha de trigo. *Food Science and Technology*, v. 30, n. 1, 2010.

OSAWA, C. C.; FONTES, L. C. B.; MIRANDA, E. H. W.; CHANG, Y. K.; STEEL, C. Avaliação físico-química de bolo de chocolate com coberturas comestíveis à base de gelatina, ácido esteárico, amido modificado ou cera de carnaúba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 1, p. 92-99, 2009.

OZORES, B.; STORCK, C. R.; FOGAÇA, A. O. Aceitabilidade e características tecnológicas de bolo enriquecido com farinha de maracujá. **Disciplinarum Scientia**, v.16, n. 1, p. 61-69, 2015.

PADILHA, V. M.; ROLIM, P. M.; SALGADO, S. M.; LIVERA, A. S.; ANDRADE, S. A. C.; GUERRA, N. B. Perfil sensorial de bolos de chocolate formulados com farinha e yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 3, p. 735-740, 2010.

PACHECO-DELAHAYE, E.; MALDONADO, R.; PÉREZ, E.; SCHROEDER, M. Production and characterization on unripe plantain (*Musa paradisiaca* L.) flours. **Interciencia**, v. 33, n. 4, p. 1-7, 2008.

PALMA, E. A. M.; BARROS, G. V.; PINTO, J. A.; PIMENTEL, S. L. B. **Aproveitamento da banana na panificação**. 2008. 30f. Projeto (Obtenção de Título de Técnico em Agroindústria) – Escola Técnica Federal de Palmas, Paraíso do Tocantins.

PANZARINI, N. H.; RABBERS, A.; TRINDADE, J. L. F. da; MATOS, E. A. S. A.; CANTERI, M. H. G.; BITTENCOURT, J. V. M. Elaboração de bolo de mel enriquecido com fibras do bagaço da indústria cervejeira. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 8, p. 1154-1164, 2014.

PESSOA, T. R. B. **Avaliação do processo de farinha da casca de banana (*Musa sapientum*) das variedades prata, pacovan e maçã**. 2009, 123 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia e Alimentos) Universidade Federal da Paraíba – UFPB. João Pessoa – PB.

PEREIRA, C. T. M.; SILVA, C. R. P.; LIMA, A.; PEREIRA, D, M.; COSTA, C. N.; CAVANCANTE-NETO, A. A. Obtenção, caracterização físico-química e avaliação da

capacidade antioxidante *in vitro* da farinha do resíduo da acerola (*Malpighia glabra* L.) **Acta Tecnológica**, v. 8, n. 2, p. 50-56, 2013.

PINHEIRO, J. M. S. **Tecnologia pós-colheita para conservação de bananas da cultivar Tropical**. 2009. 68 f. Dissertação (Produção Vegetal no Semiárido) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba – MG.

PINHEIRO, A. C. M.; VILAS BOAS, E. V. B.; MESQUITA, C. T. Ação do 1-metilciclopropano (1-MCP) na vida de prateleira da banana-maçã. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, v. 27, n. 1, p. 25-28, 2005.

PIRES, V. C. F.; SILVA, F. L. H.; SOUZA, R. M. S. Parâmetros da secagem da banana pacovan e caracterização físico-química da farinha de banana verde. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 1, p. 197-209, 2014.

PONTES, S. F. O. **Processamento e qualidade de banana da terra (*Musa sapientum*) desidratada**. 2009, 86 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos) Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB. Itapetinga – BA.

PROSKY, L.; ASP, N. G.; SCHWEITZER, T. F.; DEVRIES, W. J.; FURDA, I. Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods and food products: interlaboratory study. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, v.71, p. 1017-1024, 1988.

RAMOS, D. P.; LEONEL, M.; LEONEL, S. Amido resistente em farinhas de banana verde. **Alimentos e Nutrição**, v. 20, n. 3, p. 479-483, 2009.

RAPINA, L. F. V. **Perfil sensorial e aceitação de bolos de laranja formulados com prebióticos**. 2011. 78 f. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, São José do Rio Preto – SP.

REBELLO, L. P.; RAMOS, A. M.; PERTUZATTI, P. B.; BARCIA, M. T.; CASTILLO - MUÑOZ, N.; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I. Flour of banana (*Musa* AAA) peel as a

source of antioxidante phenolic compounds. **Food Research Internacional**, v. 55, p. 397-403, 2014.

REGO, F. F. A.; ROCHA, R. H. C.; SOUSA, F. A.; OLIVEIRA, M. G. F.; SILVA, J. M. C. Análise a composição centesimal do bolo da casca de banana Prata. In: 50º Congresso Brasileiro de Química, 2010, Cuiabá. **Anais do 50º Congresso Brasileiro de Química**, 2010.

RESENDE, O.; ARCANJO, R. V.; SIQUEIRA, V. C.; RODRIGUES, S. Modelagem matemática para a secagem de clones de café (*Coffea canefora* Pierre) em terreiro de concreto. **Acta Scientiarum, Agronomy**, v. 31, n. 2, p. 189-196, 2009.

RIBEIRO, R. D.; FINZER, J. R. D. Desenvolvimento de biscoito tipo cookie com aproveitamento de farinha de sabugo de milho e casca de banana. **FAZU**, n. 7, p. 120-124, 2010.

RIBEIRO, L. R.; OLIVEIRA, L. M.; SILVA, S. O.; BORGES, A. L. Caracterização física e química de bananas produzidas em sistemas de cultivo convencional e orgânico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 3; p. 774-782, 2012.

RICHTER, V. B. **Desenvolvimento de uma técnica descritiva por ordenação**. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2006.

RIOS, R. V. **Efeitos da substituição de gordura vegetal hidrogenada nas propriedades estruturais dos bolos**. 2014. 131f. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Ciências Farmacêuticas) – Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, SP.

RIVA, M.; CAMPOLONGO, S.; LEVA, A. A.; MAESTRELLI, A.;TOTTEGGIANI, D. Structure-property relationships in osmoair-dehydrated apricot cubes. **Food Research International**, v. 38, n. 5, p. 533-542, 2005.

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

RODRIGUES, M. I., IEMMA, F. A., Noções sobre experimentos fatoriais; Comparação do uso das metodologias; Estratégia experimental para fatoriais fracionados e delineamento composto central rotacional (DCCR). In: Planejamento de Experimentos e Otimização de Processos, v. 1, capítulo 3, 4, 5, Campinas, SP, 2 ed., Editora Cárita, 2009.

RODRIGUES, R.M.; REGES, C.M.; REGES, I.S.; SILVA, V.P. 2004. Influência da desidratação osmótica como tratamento preliminar no tempo de secagem de abacaxi variedade pérola. In: XIX Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos: Estratégia para o Desenvolvimento, Recife, 2004. Anais digitais... Recife, 2004, 4 p.

ROCHA, F. L.; MINIM, V. P. R.; DELLA LUCIA, F.; MINIM, L. A. COIMBRA, J. S. R. Avaliação da influência dos milhos QPM nas características sensoriais de bolo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 129-134, 2003.

RORIZ, R. F. C. **Aproveitamento dos resíduos alimentícios obtidos das centrais de abastecimento do estado de Goiás S/A para alimentação humana**. 2012, 162f. Dissertação (Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Goiás – UFG – GO.

ROSSO, C. R. **Aproveitamento do resíduo da agroindústria da banana: caracterização química e levantamento de parâmetros termodinâmicos**. 2009, 164 f. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Engenharia de Alimentos) Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis – SC.

SANGUINETTI, M. G. **Análise e composição físico-química e sensorial de bolos elaborados com farinha de arroz e de banana verde**. 2014, 44 p. Monografia (Graduação em Nutrição) Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRS. Porto Alegre – RS.

SANTANA, F. A.; OLIVEIRA, L. A.; VIANA, E. S.; SILVEIRA, S. M.; SOUSA, M. R.; AMORIM, E. P. Avaliação da cor de diferentes genótipos de bananeiras por

colorímetro digital. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 2010, Natal. Anais do Congresso Brasileiro de fruticultura, 2010.

SANTOS, J. C.; SILVA, G. F.; SANTOS, J. A. B. Processamento e avaliação da estabilidade da farinha de banana verde. **Exacta**, v. 8, n. 2, p. 219-224, 2010.

SANTOS, M. I. , CORREIA, C., CUNHA, M. I. C., SARAIVA, M. M., NOVAIS, M. R.. Valores Guia para avaliação da qualidade microbiológica de alimentos prontos a comer preparados em estabelecimentos de restauração. **Revista da Ordem dos Farmacêuticos**, p. 66-68, 2005.

SARMENTO, J. D. A.; MORAIS, P. L. D.; ALMEIDA, M. L. B.; SILVA, G. G.; SARMENTO, H. A.; BATALHA, S. A. Qualidade pós-colheita de banana submetida ao cultivo orgânico e convencional. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 14, n. 1, p. 85-94, 2012.

SAVITA, S. M.; SHEELA, K.; SUNANDA, S. Stevia rebaudiana – A functional Component for food industry. **Journal of Human Ecology**. 2004. Disponível em: <<http://www.krepublishers.com/02-Journals/JHE/JHE-15-0-000-000-2004-Web/JHE15-4-237-304-2004-Abst-PDF/JHE-15-4-261-264-2004-Savita/JHE-15-4-261-264-2004-Savita.pdf>>. Acesso em: 05 de mai 2016.

SENSING, K. M. Comunicação precisa da cor. Aebdpk – Sakai, Japão, 1998. 56p.

SENA, F. H. S.; CAMPOS, R. G. C.; CUNHA, L. M. V.; DIAS, T. T.; SILVA, R. F.; SILVA, F. G. Compostagem com Cascas de Banana: Uma Solução para a Cidade de Janaúba/MG. In: VII Congresso Brasileiro de Agroecologia, 2011, Fortaleza. **Anais... Fortaleza**, 2011. CD-ROM.

SILVA, C. D. M.; PIRES, C. R. F.; LIMA, J. P.; PEREIRA, A. S.; SILVA, C. A. Desidratação osmótica para a obtenção de cagaita passa. **Journal of bioenergy and food Science**, v. 2, n. 4, p. 226-233, 2015a.

SILVA, S. A.; BARBOSA-JÚNIOR, J. L.; BARBOSA, M. I. M. J. Farinha de banana verde como ingrediente funcional em produtos alimentícios. **Tecnologia de Alimentos**, v. 45, n. 12, 2015b.

SILVA, E. T.; SILVA, E. C. O.; GUSMÃO, R. P.; LOPES, J. D.; GUSMÃO, T, A. S. Modelagem matemática da desidratação osmo-convectiva da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) utilizando soluções mistas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 4, p. 39-48, 2015c.

SILVA, W. P.; SILVA, C. M. D.P.S.S.; GAMA, F.J. A.; GOMES, J. P. Mathematical models to describe thin-layer drying and to determine drying rate of whole bananas. **Journey of the Saudi Society of Agricultural Science**, v. 13, n. 1, p. 67-74, 2014.

SILVA, W. P.; SILVA, C. M. D. P. S.; SOUSA, J. A. R.; FARIAS, V. S. O. Empirical and diffusion models to describe water transport into chickpea (*Cicer arietinum* L.). **International Journal of Food Science and Technology**, v. 48,n. 2, p. 267-273 , 2013a.

SILVA, I. C. V.; SANTOS, A. A. O.; SANTANA, D. G.; SANTOS, A. J. A. O.; LEITE, M. L. C. Avaliação da influência das variáveis açúcar, polvilho azedo e albedo de laranja na elaboração de bolos de chocolate. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 16, n. 3, p. 175-183, 2013b.

SILVA, T. N.; CALASANS, T. N.; MARTINS, C. R.; LÉDO, A. S.; AMORIM, E. P.; LÉDO, A. S. Caracterização física de frutos de diferentes genótipos de bananeira em Nossa Senhora das Dores-SE. In: XXII congresso brasileiro de fruticultura, 2012, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: SBR, 2012. CD-ROM.

SILVA, M. A. C.; SILVA, Z. E.; MARIANI, V. C.; DARCHE, S. Mass transfer during the osmotic dehydration of West indian cherry. *LWT – Food Sciency and Technology*, v. 45,n.2, p. 246-252, 2012.

SILVA, M. B. L.; RAMOS, A. M. Composição química, textura e aceitação sensorial de doces em massa elaborados com polpa de banana e banana integral. **Revista Ceres**, v. 56, n.5, p. 551-554, 2009.

SILVA, R. N. G.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; GALDINO, P. O. Armazenamento de umbu-cajá em pó. **Ciência Rural**, v. 35, n. 5, p. 1179–1184, 2005.

SILVA, W. P. Da; SILVA, C. M. S. e; CAVALCANTI, C. G.; SILVA, D. P.; SOARES, I. B.; OLIVEIRA, J. A. "LAB Fit Ajuste de Curvas". Um software em português para tratamento de dados experimentais. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 26, 419-427, 2004.

SOUSA, P. H. M.; MAIA, G. A.; SOUZA-FILHO, M. S. M.; FIGUEIREDO, R. W.; NASSU, R. T.; SOUZA-NETO, M. A. Influência da concentração e da proporção fruto:xarope na desidratação osmótica de bananas processadas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 126-130, 2003.

SOUZA, D. S.; PIMENTEL, J. D. R.; OLIVEIRA-JÚNIOR, A. M. Avaliação da Influência de Variáveis de Processo Sobre a Cinética de Desidratação Osmótica da Polpa de Abacate (*Persea americana* L.). **UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 14, n. 1, p. 31-5, 2012.

SOUZA, D. S.; PIMENTEL, J. D. R.; OLIVEIRA-JÚNIOR, A. M. Avaliação da influência de variáveis de processo sobre a cinética de desidratação osmótica da polpa de abacate (*Persea americana* L.). **UNOPAR**, v. 14, n. 1, p. 31-5, 2011.

SOUZA, T. S.; CHAVES, M. A.; BONOMO, R. C. F.; SOARES, R. D.; PINTO, E. G.; COTA, I. Desidratação osmótica de frutículos de jaca (*Artocarpus integrifolia* L.): aplicação de modelos matemáticos. **Acta Scientiarum Technology**, v. 31, n. 2, p. 225-230, 2009.

SOUZA NETO, M. A.; MAIA, G. A.; LIMA, J. R.; FIGUEIREDO, W.; SOUZA-FILHO, M. S. M.; LIMA, A. S. Desidratação osmótica de manga seguida de secagem convencional: avaliação das variáveis de processo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 5, p. 1021-1028, 2005.

TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 2011.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E. B. **Análise sensorial de alimentos**. Florianópolis: Ed. da UFCS, 1987, 180p.

TORRES, E. A. F. S.; CAMPOS, N. C.; DUARTE, M. Composição centesimal e valor calórico de alimentos de origem animal. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 2, p. 145-150, 2005.

TRIOLA, M. F. Introdução à estatística. 10 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

VASCONCELOS, J. I. L. A. **Desidratação osmótica de figo da índia (*Opuntia ficus indica*)**. 2010, 76 f. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE. Recife – PE.

VIEIRA, C. F. S.; MARTINS, G. A.; BORGES, S. V.; CARNEIRO, J. D. S.; REGES, I. S. Utilização de farinha de casca de maracujá amarelo em bolo. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v. 6, n. 11, 2010.

VIEIRA, L. S.; VIEIRA, C. R.; FARIA, T.; AZEREDO, E. M. C. Aproveitamento integral de alimentos: desenvolvimento de bolos de banana destinados à alimentação escolar. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 11, n. 1, p. 185-194, 2013.

VON LOESECKE, H. W. Bananas, chemistry, physiology and technology. New York: Interscience Publishers, 1949.

WALL, M.M. Ascorbic acid, vitamin A, and mineral composition of banana (*Musa sp.*) and papaya (*Carica papaya*) cultivars grown in Hawaii. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, p. 434-445, 2006.

YADAV, A. K.; SINGH, V. Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review. **Journal Food Science and Technology**, v. 59, n. 9, p. 1654 -1673, 2014.

YADAV, B. S.; YADAV, R.; JATAIN, M. Optimization of osmotic dehydration conditions of peach slices in sucrose solution using response surface methodology. **Journal Food Science and Technology**, v. 49, n. 5, p. 547-555, 2012.

ZANATTA, C. L.; SCHLABITZ, C.; ETHUR, E. M. Avaliação físico-química e microbiológica de farinhas obtidas a partir de vegetais não conformes à comercialização. **Alimentos e Nutrição**, v. 21, n. 3, p. 459-468, 2010.

## ANEXO A

**Tabela A.1-**Valores médios dos teores de água e atividade de água ( $a_w$ ) das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 50°Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C e secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C

<b>Teor de água (%)</b>						
Tratamentos osmóticos						
Tempo (meses)	40 °Brix-40 °C			40 °Brix-70 °C		
	Temperaturas de secagem (°C)			Temperaturas de secagem (°C)		
	40	50	60	40	50	60
0	12,14 w	14,37 s	14,24 s	14,32 t	10,35 i	15,67 d
1	13,980 r	12,79 m	12,69 m	13,36 n	10,92 f	9,49 c
2	15,36 w	15,60 y	14,86 u	15,08 v	11,74 l	13,64 h
3	12,91 k	12,36 k	12,69 m	12,30 j	10,11 e	8,88 b
4	12,36 k	12,20 i	13,50 q	11,08 g	8,87 b	8,53 a
5	16,91 a'	16,36 a'	17,37 a'	14,79 u	12,05 o	12,25 l
6	19,27 b'	20,05 d'	19,16 b'	16,03 z	15,49 y	13,65 p
Tempo	50 °Brix-40 °C			50 °Brix-70 °C		
	40	50	60	40	50	60
0	12,14 v	13,68 d	14,69 q	9,98 x	15,11 i	15,10 d
1	14,83 u	14,88 u	14,41 s	14,41 s	11,15 f	9,57 c
2	16,56 a'	15,15 w	14,83 u	15,03 t	12,33 j	10,68 e
3	11,77 h	12,65 l	12,36 j	13,68 n	11,08 f	9,37 b
4	12,76 l	12,84 m	12,89 k	13,43 j	11,37 g	8,26 a
5	16,18 z	16,43 a'	13,81 s	16,33 y	13,60 o	12,32 j
6	17,34 b'	18,20 c'	20,45 d'	16,42 y	14,33 r	14,29 r
<b>Atividade de água (<math>a_w</math>)</b>						
Tratamentos osmóticos						
Tempo	40 °Brix-40 °C			40 °Brix-70 °C		
	40	50	60	40	50	60
0	0,481 z	0,386 g	0,374 e	0,481 z	0,389 q	0,335 a
1	0,458 w	0,389 g	0,383 g	0,480 z	0,395 i	0,346 b
2	0,431 p	0,384 g	0,376 f	0,465 x	0,388 g	0,345 b
3	0,432 q	0,378 g	0,380 g	0,456 v	0,388 g	0,337 a
4	0,445 s	0,395 h	0,390 g	0,453 u	0,401 k	0,366 c
5	0,470 x	0,402 o	0,404 l	0,451 t	0,397 j	0,369 d
6	0,466 x	0,435 r	0,422 n	0,445 s	0,416 m	0,393 h
Tempo	50 °Brix-40 °C			50 °Brix-70 °C		
	40	50	60	40	50	60
0	0,471 z	0,376 g	0,355 d	0,466 z	0,429 r	0,350 c
1	0,477 a'	0,378 h	0,365 f	0,491 b'	0,436 s	0,366 f
2	0,464 z	0,380 h	0,364 f	0,502 c'	0,412 n	0,357 d
3	0,379 h	0,375 h	0,363 e	0,475 a'	0,377 g	0,348 b
4	0,459 x	0,396 l	0,390 k	0,477 a'	0,463 w	0,385 i
5	0,450 u	0,389 j	0,331 a	0,454 v	0,412 l	0,395 o
6	0,445 t	0,403 m	0,422 m	0,450 u	0,419 p	0,362 e

Médias seguidas da mesma letra, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

**Tabela A.2-**Valores médios dos sólidos solúveis totais e pH das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 50°Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C e secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C

<b>Sólido Solúveis Totais (°Brix)</b>						
Tratamentos osmóticos						
Tempo (meses)	40 °Brix-40 °C			40 °Brix-70 °C		
	Temperaturas de secagem (°C)			Temperaturas de secagem (°C)		
	40	50	60	40	50	60
0	2,84 g	3,27 k	3,24 k	3,24 k	2,51 b	3,34 l
1	2,11 a	2,61d	2,81 f	2,61 c	2,61 b	2,81 f
2	2,70 d	2,70 e	2,70 e	2,70 e	2,70 d	2,70 e
3	2,55 h	3,42 m	3,42 m	3,05 j	3,19 l	2,92 h
4	2,92 h	3,12 j	3,32 l	3,05 i	2,95 j	3,02 i
5	3,34 l	3,61 n	3,74 p	3,74 p	3,44 p	3,74 p
6	3,72 o	3,79 p	4,22 r	3,82 q	3,79 q	3,95 q
Tempo	50 °Brix-40 °C			50 °Brix-70 °C		
	40	50	60	40	50	60
0	1,95 c	3,34 h	2,84 c	3,12 f	3,24 g	3,34 h
1	2,20 f	2,94 d	2,61 a	2,38 b	2,81 a	2,71 b
2	2,70 b	2,70 b	2,70 b	2,86 b	3,19 b	2,70 b
3	3,42 i	3,23 h	2,92 d	2,92 d	3,02 e	3,03 c
4	2,92 d	3,15 d	2,92 d	3,09 d	2,92 d	2,92 d
5	3,31 h	3,74 k	3,57 k	3,31 h	3,24 g	3,24 g
6	3,55 j	3,82 l	3,72 k	3,82 l	3,72 k	3,32 h
<b>pH</b>						
Tratamentos osmóticos						
Tempo	40 °Brix-40 °C			40 °Brix-70 °C		
	40	50	60	40	50	60
0	5,41 u	5,28 l	5,51 y	5,81 f'	5,47 w	5,50 x
1	5,38 s	5,20 g	5,43 v	5,72 e'	5,30 o	5,35 q
2	5,27 l	5,18 f	5,29 n	5,66 c'	5,18 e	5,20 g
3	5,35 p	5,14 c	5,40 t	5,67 d'	5,28 m	5,38 s
4	5,25 j	5,12 b	5,37 r	5,56 a'	5,24 i	5,15 d
5	5,29 j	5,12 b	5,28 l	5,53 z	5,23 g	5,26 k
6	5,19 g	5,07 a	5,23 h	5,60 b'	5,19 g	5,27 l
Tempo	50 °Brix-40 °C			50 °Brix-70 °C		
	40	50	60	40	50	60
0	5,51 q	5,04 n	5,30 s	5,68 u	5,49 s	5,49 s
1	5,49 s	4,98 d	5,24 d	5,57 t	5,38 p	5,32 o
2	5,33 o	4,89 c	5,09 h	5,49 s	5,22 l	5,23 l
3	5,40 q	4,99 d	5,20 k	5,49 s	5,33 o	5,25 m
4	5,31 o	5,01 d	5,11 i	5,43 r	5,43 r	5,19 j
5	5,32 o	4,82 b	5,03 e	5,27 n	5,01 g	5,05 e
6	5,27 n	4,74a	5,05 f	5,11 i	5,08 g	5,09 h

Médias seguidas da mesma letra, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

**Tabela A.3-** Valores médios da acidez total titulável e Luminosidade (L\*) das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 50°Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C e secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C

<b>Acidez total titulável (% ácido málico)</b>						
Tratamentos osmóticos						
Tempo (meses)	40 °Brix-40 °C			40 °Brix-70 °C		
	Temperaturas de secagem (°C)			Temperaturas de secagem (°C)		
	40	50	60	40	50	60
0	0,83 w	0,76 s	0,56 o	0,31 a	0,69 o	0,56 l
1	0,80 v	0,75 s	0,60 n	0,33 b	0,46 g	0,44 g
2	0,88 x	0,76 t	0,72 r	0,34 c	0,55 k	0,50 h
3	0,85 w	0,79 u	0,78 u	0,33 a	0,56 m	0,46 g
4	0,85 w	0,79 u	0,66 p	0,39 e	0,44 f	0,61 o
5	0,93 z	0,86 w	0,84 w	0,38 d	0,53 j	0,53 i
6	0,92 y	0,84 w	0,74 r	0,38 d	0,50 h	0,46 f
Tempo	50 °Brix-40 °C			50 °Brix-70 °C		
	40	50	60	40	50	60
0	0,55 n	0,56 s	0,78 n	0,28 i	0,40 a	0,37 e
1	0,59 h	0,81 q	0,80 p	0,33 x	0,67 j	0,42 q
2	0,69 k	0,87 u	0,87 u	0,41 y	0,43 j	0,52 l
3	0,73 m	0,83 r	0,93 w	0,39 z	0,53 k	0,53 l
4	0,73 m	0,92 v	0,86 t	0,40 s	0,33 g	0,79 r
5	0,81 r	0,93 v	0,97 x	0,53 l	0,46 i	0,66 l
6	0,70 l	1,04 z	0,92 v	0,40d	0,55 a	0,53 c
<b>Luminosidade (*L)</b>						
Tratamentos osmóticos						
Tempo	40 °Brix-40 °C			40 °Brix-70 °C		
	40	50	60	40	50	60
0	52,34 i	44,76 a	47,23 e	46,19 b	51,13 g	52,14 i
1	61,55 x	54,73 j	56,99 q	56,11 n	60,67 u	60,82 v
2	61,88 y	54,91 j	55,74 l	56,34 p	62,31 a'	61,26 x
3	61,99 z	55,03 k	55,60 l	55,63 p	64,25 b'	61,08 w
4	58,48 s	49,13 g	57,47 r	52,03 i	57,58 r	59,25 t
5	55,94 l	52,71 i	55,62 l	55,59 m	66,13 c'	63,41 b'
6	47,42 d	44,01 a	46,33 c	47,22 d	50,48 h	49,19 f
Tempo	50 °Brix-40 °C			50 °Brix-70 °C		
	40	50	60	40	50	60
0	51,11 h	42,25 a	51,66 i	49,10 e	53,40 k	57,26 r
1	58,64 v	49,29 f	55,34 n	54,78 m	62,32 z	67,22 e'
2	58,43 e	49,00d	56,98 r	55,75 o	62,65 a'	65,20 d'
3	59,11 t	48,32 d	56,06p	54,33 l	48,32 c	64,98 d'
4	57,68 s	48,28 c	53,16k	59,35 w	54,78 x	61,21 m
5	60,47 y	50,64 g	56,34 q	57,01 r	63,47 c'	63,40 b'
6	50,23 g	41,52 a	47,83 g	48,65 c	52,62 j	58,56 u

Médias seguidas da mesma letra, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

**Tabela A.4**-Valores médios da intensidade de vermelho (+a\*) e intensidade de amarelo (+b\*) das farinhas de banana com casca, osmoticamente desidratadas a 50°Brix nas temperaturas de 40 e 70 °C e secas convencionalmente a 40, 50 e 60 °C

<b>Intensidade de vermelho (+a*)</b>						
Tratamentos osmóticos						
Tempo (meses)	40 °Brix-40 °C			40 °Brix-70 °C		
	Temperaturas de secagem (°C)			Temperaturas de secagem (°C)		
	40	50	60	40	50	60
0	4,09 a	5,96 g	5,02 c	5,36 j	4,45 b	4,31 b
1	3,96 a	6,68 q	5,50 m	5,25 i	4,35 b	4,50 c
2	4,56 c	6,83 w	5,64 o	5,38 k	4,27 b	5,04 f
3	4,70 d	7,18 y	6,20 t	5,59 n	4,69 d	4,92 e
4	5,77 p	8,55 b'	6,68 v	6,92 x	5,93 r	5,66 o
5	6,02 s	8,70 c'	7,97 a'	6,83 x	5,40 j	5,44 l
6	5,44 l	7,70 z	6,56 u	5,69 o	5,20 h	4,85 d
Tempo	50 °Brix-40 °C			50 °Brix-70 °C		
	40	50	60	40	50	60
0	4,76 d	7,90 w	6,22j	5,38 g	4,79 e	4,08 a
1	4,61 c	7,73 t	6,57 l	5,51 h	4,82 e	4,11 a
2	4,99 f	7,46 p	5,89 i	5,83 i	4,76 e	4,02 a
3	5,32 g	8,01 x	6,71 n	6,13 j	7,86 u	4,28 b
4	6,41 k	9,99 z	7,67 r	6,41 k	7,18 o	5,57 h
5	6,91 m	10,05 z	7,48 q	7,64 s	6,40 k	5,54 h
6	5,25 g	7,87 v	6,70 n	6,12 j	5,83 i	4,01a
<b>Intensidade de amarelo (+b*)</b>						
Tratamentos osmóticos						
Tempo	40 °Brix-40 °C			40 °Brix-70 °C		
	Temperaturas de secagem (°C)			Temperaturas de secagem (°C)		
	40	50	60	40	50	60
0	15,66 c	15,90 c	15,76 d	14,92 a	15,33 a	15,29 b
1	18,66 o	21,37 v	20,67 t	19,09 m	18,12 i	19,23 n
2	19,60 q	20,30 v	20,13 s	18,23 h	18,58 i	19,90 r
3	19,31 p	20,89 u	20,15 s	18,69 k	18,82 l	19,60 j
4	23,94 a'	26,28 c'	25,69 b'	22,97 x	23,20 y	22,70 w
5	22,66 w	27,01 d'	27,22 d'	24,03 a'	23,05 x	23,62 z
6	15,84 d	17,37 g	17,34 g	16,01 e	16,36 f	15,80 c
Tempo	50 °Brix-40 °C			50 °Brix-70 °C		
	40	50	60	40	50	60
0	15,49 b	16,26 d	17,66 h	15,05 a	16,06 e	15,99 d
1	17,56 h	19,66 t	20,95 w	18,47 n	18,71 p	19,16 r
2	17,94 o	20,01 u	20,38 v	18,34 i	19,09 j	18,73 m
3	18,61 h	19,46 s	21,14 x	18,08 l	19,29 r	18,02 k
4	22,63 z	26,56 g'	26,27 g'	23,27 b'	23,92 d'	21,85 y
5	23,19 a'	27,67 h'	24,84 f	24,32 e'	23,35 c'	22,43 z
6	15,48 b	16,33 g	17,89 g	15,81 c	17,07 f	16,10 d

Médias seguidas da mesma letra, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

## ANEXO B – Treino dos provadores

Definições e exemplos de referência dos atributos sensoriais das amostras para a prova de análise sensorial descritiva quantitativa

Definição		Exemplos de referência (adaptados)
<b>Aparência</b>		
<b>Cor castanha da crosta</b>	Cor castanha característica de bolo comum	Muito clara: cor de chá preto diluído Muito escura: cor de chá preto concentrado
<b>Cor bege do miolo</b>	Cor bege característica de miolo de bolo comum	Muito clara: miolo de pão de forma Muito escura: cor de bolacha maria
<b>Uniformidade da crosta</b>	Homogeneidade da crosta em relação à presença de bolhas de ar	Ausente: Esponja de banho Intenso: crosta de pão
<b>Homogeneidade do miolo</b>	Ausência de bolhas de ar na massa, tuneis de ar, compactação da massa.	Intenso: Bolo comercial (tipo Danecake) Ausente: esponja de banho
<b>Aroma</b>		
<b>Aroma de ananás</b>	Aroma característico de ananás	Ausente: água destilada Intenso: suco de Ananás
<b>Aroma a margarina</b>	Aroma associado à presença de margarina na formulação	Ausente: água destilada Intenso: margarina derretida
<b>Queimado da crosta</b>	Aroma a bolo torrado	Ausente: água destilada Intenso: cheiro a queimado
<b>Sabor</b>		
<b>Sabor de ananás</b>	Sabor característico de ananás	Ausente: água destilada Intenso: sumo de ananás concentrado
<b>Gosto doce</b>	Sabor adocicado/ sabor característico da sacarose	Ausente: Miolo de pão de forma de padaria Intenso: Sabor a açúcar
<b>Sabor residual estranho</b>	Sensação olfatogustativa que ocorre após degustação do bolo devido à presença de algum ingrediente que esteja em maior evidencia na formulação. Ex. estévia, margarina	Ausente: água Intenso: sensação após comer adoçante/óleo/gordura
<b>Queimado da crosta</b>	Sabor a bolo torrado	Ausente: sabor a Bolo comercial (tipo Danecake) Intenso: sabor a queimado

<b>Massa crua</b>	Sabor a massa de bolo antes de ir ao forno	Ausente: Sabor a Bolo cozido Intenso: Sabor a massa crua/fermento
<b>Textura</b>		
<b>Maciez</b>	Força necessária para comprimir a amostra entre os dentes	Ausente: Miolo de pão de forma Intenso: Pão de milho tipo broa
<b>Umidade/Umectância</b>	Sensação provocada pela quantidade de água presente no bolo	Ausente: Bolacha Maria Intenso: Torta de laranja
<b>Fragilidade /Fraturabilidade</b>	Facilidade com que a crosta se parte	Ausente: Miolo de pão de forma Intenso: Pão de milho tipo broa Intenso: Pão de milho tipo broa
<b>Granulosidade /Fibrosidade</b>	Percepção oral do tamanho e da forma dos grânulos de fibra presentes na farinha de ananás utilizada na formulação	Ausente: Miolo de pão de forma Intenso: Miolo pão de sementes/ bolachas ricas em fibras
<b>Oleosidade</b>	Percepção oral da presença de óleo	Ausente: Miolo de pão de forma Intenso: churros
<b>Qualidade Global</b>	Características sensoriais gerais que determinam o perfil sensorial do alimento	Péssimo: impossível comer (devido ao aspecto e/ou características físicas e de flavor) Excelente: apetece comer mais

Fonte: Adaptação de Rapina (2011), Rocha et al. (2003), Padilha et al. (2010), Battocchio et al. (2006).

## ANEXO C - Questionário de recrutamento para análise sensorial quantitativa descritiva

### QUESTIONÁRIO DE RECRUTAMENTO DE PROVADORES PARA ANÁLISE SENSORIAL

Está a ser convidado a participar na análise sensorial de bolos enriquecidos com fibras a partir da farinha integral (casca + polpa) de banana. Por favor, preencha o questionário abaixo

Nome: \_\_\_\_\_

Sexo: F ( ) M ( ) Idade: \_\_\_\_\_ Profissão: \_\_\_\_\_

Email: \_\_\_\_\_

Telefone: \_\_\_\_\_

#### 1. Disponibilidade no mês de Julho:

	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Tarde (14h-19h)					

#### 2. Com que frequência costuma consumir bolos:

- ( ) diariamente ( ) ocasionalmente (menos de 1 vez por mês, na média)  
 ( ) 1 vez por semana  
 ( ) 1-2 vezes por mês

#### 3. Costuma consumir produtos ricos em fibras? ( ) Sim ( ) Não

Em caso positivo, especifique o(s) tipo(s) de produto(s):

\_\_\_\_\_

#### 4. Costuma consumir produtos sem adição de açúcar? ( ) Sim ( ) Não

Em caso positivo, especifique o(s) tipo(s) de produto(s):

\_\_\_\_\_

#### 5. Caso já tenha provado produtos ricos em fibras e sem adição de açúcar, marque com um "x" a opção que melhor represente o seu agrado:

- ( ) Desgostei MUITÍSSIMO ( ) Gostei  
 ( ) Não gostei ( ) Gostei MUITÍSSIMO  
 ( ) Indiferente

#### 6. Tem algum problema de saúde que restrinja/limite o consumo de bolos? ( ) sim ( ) não

Em caso positivo, seleccione a opção abaixo:

- ( ) Doença celíaca  
 ( ) Intolerância a lactose  
 ( ) Alergia à proteína do ovo  
 ( ) Hipertensão arterial  
 ( ) Diabetes

Outra: \_\_\_\_\_

#### 1. Fuma? ( ) sim ( ) não

Lisboa, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2015

Assinatura do participante

\_\_\_\_\_

ANEXO D – Folha de prova utilizada nas sessões das análises sensoriais

**Folha de prova**

Sexo:  F  M  Data: \_\_\_\_\_  
 Idade: \_\_\_\_\_ Nome: \_\_\_\_\_

Classifique as amostras que lhe são apresentadas marcando com um traço na escala apresentada:  
 Amostra: \_\_\_\_\_

**Cor**  \_\_\_\_\_

**Crosta**  Muito Clara  Muito escura

**Interior/massa**  Muito Clara  Muito escura

**Homogeneidade**  (Presença de bolhas de ar na massa, torção de ar, compactação de massa)

**Crosta**  Ausente  Intenso

**Miolo**  Ausente  Intenso

**Cheiro**  \_\_\_\_\_

**A fruta**  Ausente  Intenso

**A margarina**  Ausente  Intenso

Outros: \_\_\_\_\_

**Textura**  \_\_\_\_\_

**Fraturabilidade**  Ausente (massa muito coesa)  Intenso (emigalha-se com facilidade)

---

**Molez do miolo**  Ausente (compacto)  Intenso (Leve)

**Oleosidade do miolo**  Ausente  Intenso

**Granulosidade**  Ausente  Intenso

**Humidade**  Ausente (seco)  Intenso (úmido)

**Sabor**  \_\_\_\_\_

**Doce**  Ausente  Intenso

**A Fruta**  Ausente  Intenso

**A massa crua**  Ausente  Intenso

**A Margarina**  Ausente  Intenso

**Sabor residual estranho**  Ausente  Intenso

Outros: \_\_\_\_\_

**Apreciação global do Bolo**  Pésimo  Excelente