



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**



**ESTUDO DO PROCESSO DE DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA  
E SECAGEM DE FILÉS  
DE MAPARÁ (*Hypophthalmus edentatus*)**

---

Por

**Suezilde da Conceição Amaral Ribeiro**

Engenheira Química

Mestre em Engenharia de Alimentos

**Orientador: Prof. Dr. Satoshi Tobinaga**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Alimentos.

**Campinas – SP**

**Fevereiro - 2005**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA F.E.A. – UNICAMP

R354e Ribeiro, Suezilde da Conceição Amaral  
Estudo do processo de desidratação osmótica e secagem de  
filés de mapará (*Hypophthalmus edentatus*) / Suezilde da  
Conceição Amaral Ribeiro. – Campinas, SP : [s.n.], 2005.

Orientador: Satoshi Tobinaga  
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas.  
Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Desidratação osmótica. 2. Secagem. 3. Pescados. 4.  
Superfície de resposta - Metodologia. I. Tobinaga, Satoshi. II.  
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia  
de Alimentos. III. Título.

(ckn/fea)

Palavras-chave em inglês (Keywords): Osmotic dehydration, Drying, Fish, Response surface

Área de concentração: Engenharia de processos a indústria de alimentos

Titulação: Doutor em engenharia de alimentos

Banca examinadora: Miriam Dupas Hubinger

Fernanda Elizabeth Xidieh Murr

Patrícia Moreira Azoubel

Valdecir Luccas

Kil Jin Park (suplente)

Maria Isabel Rodrigues (suplente)

Data de defesa: 28/02/2005

## **BANCA EXAMINADORA**

**Campinas, 28 de fevereiro de 2005**

---

Prof. Dr. Satoshi Tobinaga  
**(Orientador)**

---

Profa. Dra. Fernanda Elizabeth Xidieh Murr  
**(Membro)**

---

Profa. Dra. Mirian Dupas Hubinger  
**(Membro)**

---

Profa. Dra. Patricia Moreira Azoubel  
**(Membro)**

---

Prof. Dr. Valdecir Luccas  
**(Membro)**

---

Prof. Dr. Kil Jin Park  
**(Suplente)**

---

Profa. Dra. Maria Isabel Rodrigues  
**(Suplente)**

*Ao homem, que me ensinou a estudar,  
e que trabalhava de domingo a domingo,  
para nunca deixar de dar às filhas uma educação digna e  
que sonhava um dia em ter uma filha doutora,  
todo o meu amor e lamentação por ele não estar aqui para ver seu sonho concretizado:  
meu pai João Leônidas César Ribeiro (in memorian).*

*À minha mãe Nazaré...*

*Que me deu a vida e que é a minha vida,  
Que me dá amor, carinho e atenção sempre,  
que perdeu muitas horas de sono comigo,  
e que abriu mão dos momentos de convívio,  
sofrendo com minha ausência, para que este dia  
chegasse.*

***A vocês, papai e mamãe, ofereço este título!***

*Ao Eder...  
pelo amor, cumplicidade  
e extrema paciência, e ao Lupy pelos momentos  
de alegria, amor e tranquilidade.  
Este suporte emocional foi fundamental  
para vencer todos os desafios.*

*Ao mestre Satoshi com carinho.*

*Ofereço minha amizade eterna por todas as palavras  
de conforto nos momentos difíceis e por  
ter compartilhado comigo todos os momentos  
felizes também.*

*Obrigada pelos ensinamentos e pela grande  
experiência de vida passadas a mim todos os dias.*

*Você foi um segundo pai pra mim.*

*Sou muito agradecida a Deus por tê-lo colocado  
no meu caminho. Ele sabe o que faz!*

*Sinto muita honra e orgulho de ter sido sua orientada,  
e também o peso da responsabilidade de ser a última.*

*Fique certo do seu dever cumprido!*

*Você sempre será lembrado pelos seus alunos,  
por ter sido um professor querido, competente, alegre,  
e muito amável.*

*Sentiremos saudades...!*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, nosso pai, que sempre esteve ao meu lado, e a todos os santos que intercederam por mim, nos momentos de maior dificuldade.

À UNICAMP e a todos os meus professores da pós-graduação, por fazerem parte de minha vida acadêmica, todo o meu respeito e admiração.

Ao CNPq, por ter me concedido a oportunidade de estudar longe da minha cidade, com dignidade.

Às minhas manas queridas Natália, Graça, Carmelita pela força e palavras de incentivo.

Aos Professores Dr. Kil Jin Park e Dr<sup>a</sup>. Fernanda Xidieh Murr que me acompanharam desde o mestrado até o doutorado com ensinamentos valiosos, palavras de conforto, sugestões e amizade. Mestres, muito obrigada!

Aos professores Dr<sup>a</sup>. Mirian Dupas Hubinger, Dr<sup>a</sup>. Patrícia Azoubel, Dr. Valdecir Luccas, Dr<sup>a</sup>. Maria Isabel Rodrigues, que contribuíram de forma grandiosa, apresentando valiosas sugestões para o enriquecimento deste trabalho.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Helena Cardello, pela sua disponibilidade e enorme contribuição na avaliação sensorial do trabalho.

À Profa Dr<sup>a</sup>. Lireny por ter contribuído nos ensaios preliminares de oxidação e também por me permitir assistir às aulas de Óleos e gorduras, para que eu tivesse maior entendimento sobre este assunto.

Ao Prof. Dr. Pedro de Felício, pelo incentivo, amizade e ensinamentos.

Aos funcionários da FEA, especialmente ao Sr. Cosme (Secretaria de pós-graduação), Sr. Reinaldo, Sr<sup>a</sup>. Sônia, Sr. Edinho e Sr. Aparecido (DEA), Sr<sup>a</sup>. Creuza (FEA) e pela boa vontade em ajudar e pelo profissionalismo acima de tudo.

À EDIFRIGO (Santarém – Pará) pela doação de peixes de excelente qualidade utilizados no desenvolvimento da pesquisa.

Aos meus irmãozinhos paraenses Ricardo Lyan, Cristiane Santos, Lydiane Leal, Samira Leão e Laura Abreu, por terem feito parte da minha família em Campinas, dividindo alegrias e tristezas, mas acima de tudo, esperança de dias melhores para todos nós.

À minha querida turma de mestrado de 1998 Eder Araujo, Patrícia Azoubel, Luciana Schramm, Daniel Atala, Guilherme (GUIGA), Isabel Berto, Fernando Cascardo (*in memorian*), Daniela Pelegrini, Fernanda Burgel, Sueli Horata e Luciano. Vocês, meus amigos queridos, contribuíram muito com amizade, companheirismo e cumplicidade de pessoas que se querem bem.

Aos meus amigos do Laboratório de Medidas Físicas: Ânoar, Eder, Patty, Daniela, Graziella, Denise, Antônio Manoel, Junior e família, Junko, Robson, Carmel, Márcia, Luise, César, Fernanda, Prof. Satoshi, Prof<sup>a</sup>. Fernanda, Prof. Gasparetto, Ranieri, Maristela e Prof. Viotto que, entre a descontração à base de café, biscoitos, bolos e festas, existiu muito afeto, companheirismo e força de vencer. Esta turma vai deixar saudades...!

À Adélia, Elisângela Mara e Ângela Grandin (LAMEFI-DEA), Juliana Tórfano (Laboratório de Secagem – FEAGRI), Dirce Kabuki e Raquel Manhani (Laboratório de Higiene e Legislação-DTA), José Roberto e Rogê (Carnes- DTA) meus grandes amigos e pessoas iluminadas, que além de me ajudarem em alguns experimentos, me ensinaram a ter um pouco mais de tranquilidade e esperança. Paciência, alegria e bondade devem ser requisitos para ser técnico de laboratório na UNICAMP.

Aos meus “companheiros noturnos” do LEP Mari Vivanco, Honorato, Delia e Severina, minha eterna gratidão por muitas vezes serem minhas únicas companhias das diversas noites que passei no Laboratório realizando experimentos.

À Ana Lurdes (Instrumentação – DTA) e Alessandra Lopes (DTA) por me auxiliaram nos experimentos de cor e à Adriana Ariseto (DTA) por me ajudar com as análises de TBA.

Aos meus amigos paraenses Alessandra, Rafaella, Geormenny, Alcilene, Raul e família, Lucinewton, Marcos (acreano e paraense de coração) e Sueli, que me faziam sentir em casa, na minha Belém do Pará. Vocês são “pai d’égua”!.

Aos amigos que cultivei na FEA Michelle (Microondas), Alfredo, Eliana, Isabel e Aline (LEP), Simone, Márcia, Tânia, Rodi e Cris (Trat. de Resíduos), Vera, Luciana Ninni e Alessandra (LASEFI), Yemiko, Fernanda, Helen, Fifa e Sarthe (Eng. Bioquímica), por quem tenho muito carinho.

## ÍNDICE

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	xi
<b>LISTA DE TABELAS</b>	xv
<b>RESUMO</b>	xxiv
<b>ABSTRACT</b>	xxv
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	1
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	4
2.1. MAPARÁ	4
2.2. MICROBIOLOGIA DO PESCADO	7
2.3. SALGA DO PESCADO	9
2.4. DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA	11
<b>2.4.1. Propriedades do tecido biológico</b>	13
<b>2.4.2. Agentes osmóticos</b>	13
<b>2.4.3. Temperatura</b>	15
<b>2.4.4. Concentração da solução</b>	16
<b>2.4.5. Tratamento matemático</b>	17
2.4.5.1 <i>Otimização</i>	18
2.5 SECAGEM	18
<b>2.5.1. Cinética de Secagem</b>	22
<b>2.5.2. Difusividade Efetiva de Umidade</b>	25
<b>2.5.3. Umidade de Equilíbrio</b>	26
2.6. ATIVIDADE DE ÁGUA	27
2.7. OXIDAÇÃO DE LIPÍDIOS	30
2.8. COR	33
<b>2.8.1 Cor Instrumental</b>	34
2.9 ANÁLISE SENSORIAL	36
2.10 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL	37
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b>	39
3.1. MATERIAL	39
<b>3.1.1. Matéria- prima</b>	39
<b>3.1.2. Equipamentos</b>	39

---

3.2. MÉTODOS	40
<b>3.2.1 Análise Microbiológica da matéria-prima</b>	40
<b>3.2.2 Análises físicas e químicas da matéria-prima</b>	40
<i>3.2.2.1 Análise física</i>	40
<i>3.2.2.2 Análises químicas</i>	41
<b>3.2.3. Obtenção das Amostras</b>	41
<b>3.2.4. Desidratação osmótica</b>	42
<b>3.2.5. Planejamento Experimental</b>	43
<b>3.2.6 Otimização</b>	46
<b>3.2.7 Secagem</b>	46
<b>3.2.8 Análises físico-químicas do produto</b>	47
<i>3.2.8.1. Após desidratação osmótica</i>	47
<i>3.2.8.2. Após secagem</i>	48
<b>3.2.9 Análise Sensorial</b>	49
<b>3.2.10 Análise de dados</b>	50
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	52
4.1. ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DA MATÉRIA-PRIMA	52
4.2. ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DA MATÉRIA-PRIMA	53
4.3. DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA EM SOLUÇÃO DE NaCl	56
<b>4.3.1. Perda de peso</b>	56
<b>4.3.2. Perda de Água</b>	61
<b>4.3.3. Ganho de sólidos</b>	64
<b>4.3.4 Número de ácido tiobarbitúrico (TBA)</b>	69
<b>4.3.5. Ganho de sólidos/Perda de água (GS/PA)</b>	73
<b>4.3.6. Otimização</b>	76
<b>4.3.7. Atividade de água (<math>a_w</math>)</b>	78
4.4. DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA EM SOLUÇÕES TERNÁRIAS	83
<b>4.4.1. Perda de água (PA)</b>	83
<b>4.4.2. Ganho de sólidos (GS)</b>	85
4.5. DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA EM SOLUÇÃO DE NaCl + SACAROSE	88
<b>4.5.1. Perda de peso (PP)</b>	89

---

<b>4.5.2. Perda de Água (PA)</b>	92
<b>4.5.3. Ganho de sólidos (GS)</b>	97
<b>4.5.4. Número de ácido tiobarbitúrico (TBA)</b>	101
<b>4.5.5. Ganho de sólidos / perda de água (GS/PA)</b>	105
<b>4.5.6. Otimização</b>	108
<b>4.5.7. Atividade de água (<math>a_w</math>)</b>	111
<b>4.6. SOLUÇÃO TERNÁRIA UTILIZANDO NaCl + XAROPE DE MILHO</b>	115
<b>4.6.1. Perda de peso (PP)</b>	116
<b>4.6.2. Perda de Água (PA)</b>	121
<b>4.6.3. Ganho de sólidos(GS)</b>	126
<b>4.6.4. Número de ácido tiobarbitúrico (TBA)</b>	132
<b>4.6.5. Ganho de sólidos / perda de água (GS/PA)</b>	137
<b>4.6.6. Otimização</b>	143
<b>4.6.7. Atividade de água (<math>a_w</math>)</b>	147
<b>4.7. CINÉTICA DE SECAGEM</b>	154
<b>4.7.1. Efeito da temperatura do ar</b>	154
<b>2.7.2. Taxa de secagem</b>	157
<b>4.7.2. Modelagem matemática da secagem convectiva</b>	160
4.7.2.1. <i>Modelo de Fick</i>	160
4.7.2.2. <i>Modelo de Page</i>	166
<b>4.8. Caracterização dos produtos finais</b>	170
<b>4.8.1. Análises físico-químicas</b>	170
<b>4.8.2. Análise de cor</b>	172
<b>4.9 Análise sensorial</b>	179
<b>5. CONCLUSÕES</b>	189
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	190
<b>APÊNDICE A</b>	214
<b>APÊNDICE B</b>	216
<b>APÊNDICE C</b>	232
<b>APÊNDICE D</b>	250

**LISTA DE FIGURAS**

<b>Figura 2.1</b>	Mapará ( <i>Hypophthalmus edentatus</i> )	4
<b>Figura 2.2</b>	Principais fluxos que ocorrem durante o processo de desidratação osmótica	12
<b>Figura 2.3</b>	Efeito barreira do açúcar na matriz protéica imersa em solução aquosa ternária contendo sal e açúcar	15
<b>Figura 2.4</b>	Evolução do tempo (t), do teor de água do produto (X), de sua temperatura (T) e da taxa de secagem (dX/dt), para o ar com propriedades constantes	20
<b>Figura 2.5</b>	Espaço de cor CIELAB	35
<b>Figura 3.1</b>	Etapas desenvolvidas no processo de desidratação osmótica	42
<b>Figura 3.2</b>	Esquema do secador de bandejas utilizado nos experimentos	47
<b>Figura 4.1a</b>	Superfície de resposta e curva de nível para a perda de peso, relacionando concentração de NaCl (%) e temperatura (°C) para um tempo de 9 horas de processo na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.	59
<b>Figura 4.1b</b>	Superfície de resposta e curva de nível para a perda de peso, relacionando temperatura (°C) e tempo (h) para uma concentração de 23% de NaCl na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.	59
<b>Figura 4.1c</b>	Superfície de resposta e curva de nível para a perda de peso, relacionando concentração de NaCl (%) e tempo (h) para uma temperatura de 40°C de processo na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.	60
<b>Figura 4.2a</b>	Superfície de resposta e curva de nível para a perda de água, relacionando concentração (%) e temperatura (°C) para um tempo de 9 horas de processo na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.	62
<b>Figura 4.2b</b>	Superfície de resposta e curva de nível para a perda de água, relacionando temperatura (°C) e tempo (h) a uma concentração de 23% de processo na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.	63
<b>Figura 4.2c</b>	Superfície de resposta e curva de nível para a perda de água, relacionando concentração (%) e tempo (h) a temperatura de 40°C de processo na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.	63
<b>Figura 4.3a</b>	Superfície de resposta e curva de nível para o ganho de sólidos, relacionando concentração de NaCl (%) e temperatura (°C) para um tempo de 9 horas de processo na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.	67
<b>Figura 4.3b</b>	Superfície de resposta e curva de nível para o ganho de sólidos, relacionando temperatura (°C) e tempo (h) para uma concentração de 23% de NaCl na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.	67

<b>Figura 4.3c</b>	Superfície de resposta e curva de nível para ganho de sólidos, relacionando concentração de NaCl (%) e tempo (h) para uma temperatura de 50°C de processo na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.	68
<b>Figura 4.4a</b>	Superfície de resposta e curva de nível para TBA, relacionando concentração de NaCl (%) e temperatura (°C) para um tempo de 9 horas de processo na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.	71
<b>Figura 4.4b</b>	Superfície de resposta e curva de nível para TBA, relacionando temperatura (°C) e tempo (h) para uma concentração de 23% de NaCl.	71
<b>Figura 4.4c</b>	Superfície de resposta e curva de nível para TBA, relacionando concentração de NaCl (%) e tempo (h) para uma temperatura de 40°C de processo.	72
<b>Figura 4.5a</b>	Superfície de resposta e curva de nível para GS/PA, relacionando concentração de NaCl (%) e temperatura (°C) para um tempo de 9 horas de processo na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.	75
<b>Figura 4.5b</b>	Superfície de resposta e curva de nível para GS/PA, relacionando temperatura (°C) e tempo (h) para uma concentração de 23% de NaCl na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.	75
<b>Figura 4.5c</b>	Superfície de resposta e curva de nível para GS/PA, relacionando concentração de NaCl (%) e tempo (h) para uma temperatura de 40°C de processo na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.	76
<b>Figura 4.6a</b>	Sobreposição das curvas de contorno (GS/PA) e TBA no tempo de 9 horas de processo na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.	77
<b>Figura 4.6b</b>	Sobreposição das curvas de contorno (GS/PA) e TBA a concentração de 23% na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.	77
<b>Figura 4.6c</b>	Sobreposição das curvas de contorno (GS/PA) e TBA a temperatura de 50°C na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.	78
<b>Figura 4.7a</b>	Superfície de resposta e curva de nível para atividade de água, relacionando concentração de NaCl (%) e temperatura (°C) para um tempo de 9 horas de processo na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.	80
<b>Figura 4.7b</b>	Superfície de resposta e curva de nível para atividade de água, relacionando temperatura (°C) e tempo (h) para uma concentração de 23% de NaCl na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.	81

<b>Figura 4.7c</b>	Superfície de resposta e curva de nível para atividade de água, relacionando concentração de NaCl (%) e tempo (h) para uma temperatura de 40°C na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.	81
<b>Figura 4.8</b>	Estimativa dos efeitos significativos e não significativos para a perda de água durante a desidratação osmótica de filés de mapará, utilizando soluções ternárias.	84
<b>Figura 4.9</b>	Estimativa dos efeitos significativos e não significativos para o ganho de sólidos, durante a desidratação osmótica de filés de mapará, utilizando soluções ternárias.	85
<b>Figura 4.10a</b>	Superfície de resposta e curva de nível para a perda de peso, relacionando temperatura (°C) e concentração de NaCl (%) para 9 horas de processo na desidratação de mapará em solução de NaCl+sacarose.	91
<b>Figura 4.10b</b>	Superfície de resposta e curva de nível para a perda de peso, relacionando temperatura (°C) e tempo (h) para concentração de NaCl de 13% de processo na desidratação de mapará em solução de NaCl+sacarose.	91
<b>Figura 4.10c</b>	Superfície de resposta e curva de nível para a perda de peso, relacionando concentração de NaCl (%) e tempo (h) para uma temperatura de 40°C de processo na desidratação de mapará em solução de NaCl+sacarose.	92
<b>Figura 4.11a</b>	Superfície de resposta e curva de nível para a perda de água, relacionando temperatura (°C) e concentração de NaCl (%) para um tempo de 9 horas de processo na desidratação de mapará em solução de NaCl+sacarose.	95
<b>Figura 4.11b</b>	Superfície de resposta e curva de nível para a perda de água, relacionando temperatura (°C) e tempo (h) a uma concentração de NaCl de 13% no processo de desidratação de mapará em solução de NaCl+sacarose.	95
<b>Figura 4.11c</b>	Superfície de resposta e curva de nível para a perda de água, relacionando concentração de NaCl (%) e tempo (h) a temperatura de 40°C de processo de desidratação de mapará em solução de NaCl+sacarose.	96
<b>Figura 4.12a</b>	Superfície de resposta e curva de nível para o ganho de sólidos, relacionando temperatura (°C) e concentração de NaCl (%) para um tempo de 9 horas de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.	99
<b>Figura 4.12b</b>	Superfície de resposta e curva de nível para o ganho de sólidos, relacionando temperatura (°C) e tempo (h) para uma concentração de 13% de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.	99
<b>Figura 4.12c</b>	Superfície de resposta e curva de nível para ganho de sólidos, relacionando concentração (%) e tempo (h) para uma temperatura de 40°C de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.	100

<b>Figura 4.13a</b>	Superfície de resposta e curva de nível para TBA, relacionando temperatura (°C) concentração (%) para um tempo de 9 horas de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.	103
<b>Figura 4.13b</b>	Superfície de resposta e curva de nível para TBA, relacionando temperatura (°C) e tempo (h) para uma concentração de NaCl de 13% de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.	103
<b>Figura 4.13c</b>	Superfície de resposta e curva de nível para TBA, relacionando concentração (%) e tempo (h) para uma temperatura de 40°C de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.	104
<b>Figura 4.14a</b>	Superfície de resposta e curva de nível para GS/PA, relacionando temperatura (°C) concentração (%) para um tempo de 12 horas de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.	107
<b>Figura 4.14b</b>	Superfície de resposta e curva de nível para GS/PA, relacionando temperatura (°C) e tempo (h) para uma concentração de 12% de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.	107
<b>Figura 4.14c</b>	Superfície de resposta e curva de nível para GS/PA, relacionando concentração (%) e tempo para temperatura de processo de 50°C na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.	108
<b>Figura 4.15a</b>	Sobreposição das curvas de contorno (GS/PA) e TBA no tempo de 12 horas na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.	109
<b>Figura 4.15b</b>	Sobreposição das curvas de contorno (GS/PA) e TBA a concentração de 12% na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.	109
<b>Figura 4.15c</b>	Sobreposição das curvas de contorno (GS/PA) e TBA a temperatura de 50°C na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.	110
<b>Figura 4.16a</b>	Superfície de resposta e curva de nível para atividade de água, relacionando temperatura (°C) concentração (%) para um tempo de 12 horas de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.	113
<b>Figura 4.16b</b>	Superfície de resposta e curva de nível para atividade de água, relacionando temperatura (°C) e tempo (h) para uma concentração de NaCl de 14% de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.	113
<b>Figura 4.16c</b>	Superfície de resposta e curva de nível para atividade de água, relacionando concentração (%) e tempo para temperatura de processo de 50°C na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.	114

<b>Figura 4.17a</b>	Superfície de resposta e curva de nível para a perda de peso, relacionando temperatura (°C) e concentração de NaCl (%) para uma concentração de xarope de 35% e um tempo de 9 horas de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	118
<b>Figura 4.17b</b>	Superfície de resposta e curva de nível para a perda de peso, relacionando temperatura (°C) e concentração de xarope de milho (%) para uma concentração de NaCl de 13% e tempo de 9 horas de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	118
<b>Figura 4.17c</b>	Superfície de resposta e curva de nível para a perda de peso, relacionando temperatura (°C) e tempo (h) para uma concentração de NaCl de 13% e concentração de xarope de milho de 35% na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	119
<b>Figura 4.17d</b>	Superfície de resposta e curva de nível para a perda de peso, relacionando concentração de NaCl (%) e concentração de xarope de milho (%) a temperatura de 40°C e tempo e 9h de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	119
<b>Figura 4.17e</b>	Superfície de resposta e curva de nível para a perda de peso, relacionando concentração de NaCl (%) e tempo (h) para uma temperatura de 40°C de processo e concentração de xarope de milho de 35% na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	120
<b>Figura 4.17f</b>	Superfície de resposta e curva de nível para a perda de peso, relacionando concentração de xarope de milho (%) e tempo (h) para uma temperatura de 40°C de processo e 13% de concentração de NaCl na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	120
<b>Figura 4.18a</b>	Superfície de resposta e curva de nível para a perda de água, relacionando temperatura (°C) e concentração de NaCl (%) para uma concentração de xarope de 35% e um tempo de 9 horas na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	123
<b>Figura 4.18b</b>	Superfície de resposta e curva de nível para a perda de água, relacionando temperatura (°C) e concentração de xarope de milho (%) para uma concentração de NaCl de 13% e tempo de 9 horas de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	123
<b>Figura 4.18c</b>	Superfície de resposta e curva de nível para a perda de água, relacionando temperatura (°C) e tempo (h) para uma concentração de NaCl de 13% e concentração de xarope de milho de 35% na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	124

<b>Figura 4.18d</b>	Superfície de resposta e curva de nível para a perda de água, relacionando concentração de NaCl (%) e concentração de xarope de milho (%) a temperatura de 40°C e tempo e 9h de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	124
<b>Figura 4.18e</b>	Superfície de resposta e curva de nível para a perda de água, relacionando concentração de NaCl (%) e tempo (h) para uma temperatura de 40°C de processo e concentração de xarope de milho de 35% na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	125
<b>Figura 4.18f</b>	Superfície de resposta e curva de nível para a perda de água, relacionando concentração de xarope de milho (%) e tempo (h) para uma temperatura de 40°C de processo e 13% de concentração de NaCl na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	125
<b>Figura 4.19a</b>	Superfície de resposta e curva de nível para ganho de sólidos, relacionando temperatura (°C) e concentração de NaCl (%) para uma concentração de xarope de 35% e um tempo de 9 horas de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	129
<b>Figura 4.19b</b>	Superfície de resposta e curva de nível para ganho de sólidos, relacionando temperatura (°C) e concentração de xarope de milho (%) para uma concentração de NaCl de 13% e tempo de 9 horas de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	130
<b>Figura 4.19c</b>	Superfície de resposta e curva de nível para ganho de sólidos, relacionando temperatura (°C) e tempo (h) para uma concentração de NaCl de 13% e concentração de xarope de milho de 35% na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	130
<b>Figura 4.19d</b>	Superfície de resposta e curva de nível para o ganho de sólidos, relacionando concentração de NaCl (%) e concentração de xarope de milho (%) a temperatura de 40°C e tempo e 9h de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	131
<b>Figura 4.19e</b>	Superfície de resposta e curva de nível para o ganho de sólidos, relacionando concentração de NaCl (%) e tempo (h) para uma temperatura de 40°C de processo e concentração de xarope de milho de 35% na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	131
<b>Figura 4.19f</b>	Superfície de resposta e curva de nível para o ganho de sólidos, relacionando concentração de xarope de milho (%) e tempo (h) para uma temperatura de 40°C de processo e 13% de concentração de NaCl na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	132

<b>Figura 4.20a</b>	Superfície de resposta e curva de nível para TBA, relacionando temperatura (°C) e concentração de NaCl (%) para uma concentração de xarope de 35% e um tempo de 9 horas de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	134
<b>Figura 4.20b</b>	Superfície de resposta e curva de nível para TBA, relacionando temperatura (°C) e concentração de xarope de milho (%) para uma concentração de NaCl de 13% e tempo de 9 horas de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	135
<b>Figura 4.20c</b>	Superfície de resposta curva de nível para TBA, relacionando temperatura (°C) e tempo (h) para uma concentração de NaCl de 13% e concentração de xarope de milho de 35% na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	135
<b>Figura 4.20d</b>	Superfície de resposta e curva de nível para TBA, relacionando concentração de NaCl (%) e concentração de xarope de milho (%) a temperatura de 40°C e tempo e 9h na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	136
<b>Figura 4.20e</b>	Superfície de resposta e curva de nível para TBA, relacionando concentração de NaCl (%) e tempo (h) para uma temperatura de 40°C de processo e concentração de xarope de milho de 35% na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	136
<b>Figura 4.20f</b>	Superfície de resposta e curva de nível para TBA, relacionando concentração de xarope de milho (%) e tempo (h) para uma temperatura de 40°C de processo e 13% de concentração de NaCl na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	137
<b>Figura 4.21a</b>	Superfície de resposta e curva de nível para GS/PA, relacionando temperatura (°C) e concentração de NaCl (%) para uma concentração de xarope de 35% e um tempo de 9 horas.	140
<b>Figura 4.21b</b>	Superfície de resposta e curva de nível para GS/PA, relacionando temperatura (°C) e concentração de xarope de milho (%) para uma concentração de NaCl de 13% e tempo de 9 horas.	140
<b>Figura 4.21c</b>	Superfície de resposta e curva de nível para GS/PA, relacionando temperatura (°C) e tempo (h) para uma concentração de NaCl de 13% e concentração de xarope de milho de 35% na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	141
<b>Figura 4.21d</b>	Superfície de resposta e curva de nível para GS/PA, relacionando concentração de NaCl (%) e concentração de xarope de milho (%) a temperatura de 40°C e tempo e 9h de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	141
<b>Figura 4.21e</b>	Superfície de resposta e curva de nível para GS/PA, relacionando concentração de NaCl (%) e tempo (h) para uma temperatura de 40°C de processo e concentração de xarope de milho de 35%.	142

<b>Figura 4.21f</b>	Superfície de resposta e curva de nível para GS/PA, relacionando concentração de xarope de milho(%) e tempo (h) para uma temperatura de 40°C de processo e 13% de concentração de NaCl.	142
<b>Figura 4.22a</b>	Sobreposição das curvas de contorno (GS/PA) e TBA para temperatura e concentração de NaCl com concentração de xarope de milho em 40% e 12 horas de tempo de processo da desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	143
<b>Figura 4.22b</b>	Sobreposição das curvas de contorno (GS/PA) e TBA para temperatura e concentração de xarope de milho com concentração de NaCl em 14% e 12 horas de tempo de processo da desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	143
<b>Figura 4.22c</b>	Sobreposição das curvas de contorno (GS/PA) e TBA para temperatura e tempo com concentração de NaCl em 14% e concentração de xarope de milho de 40% da desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	144
<b>Figura 4.22d</b>	Sobreposição das curvas de contorno (GS/PA) e TBA para concentração de NaCl e concentração de xarope de milho no tempo de 12 horas e 50°C de temperatura da desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	145
<b>Figura 4.22e</b>	Sobreposição das curvas de contorno (GS/PA) e TBA para concentração de NaCl e tempo de processo, com concentração de xarope de milho em 40% e 50°C de temperatura da desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	145
<b>Figura 4.22f</b>	Sobreposição das curvas de contorno (GS/PA) e TBA para concentração de NaCl e tempo de processo, com concentração de xarope de milho em 40% e 50°C de temperatura da desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	146
<b>Figura 4.23a</b>	Superfície de resposta e curva de nível para atividade de água, relacionando temperatura (°C) e concentração de NaCl (%), para uma concentração de xarope de 40% e um tempo de 12 horas de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	150
<b>Figura 4.23b</b>	Superfície de resposta e curva de nível para atividade de água, relacionando temperatura (°C) e concentração de xarope de milho (%), para uma concentração de NaCl de 14% e tempo de 12 horas de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	150
<b>Figura 4.23c</b>	Superfície de resposta e curva de nível para atividade de água, relacionando temperatura (°C) e tempo (h), para uma concentração de NaCl de 14% e concentração de xarope de milho de 40% na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de	151
<b>Figura 4.23d</b>	Superfície de resposta e curva de nível para atividade de água, relacionando concentração de NaCl (%) e concentração de xarope de milho (%), para uma temperatura de 50°C e tempo de 12h de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	151

<b>Figura 4.23e</b>	Superfície de resposta e curva de nível para atividade de água, relacionando concentração de NaCl (%) e tempo (h), para uma temperatura de 50°C de processo e concentração de xarope de milho de 40% na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	152
<b>Figura 4.23f</b>	Superfície de resposta e curva de nível para atividade de água, relacionando concentração de xarope de milho (%) e tempo (h), para uma temperatura de 50°C de processo e 14% de concentração de NaCl na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	152
<b>Figura 4.24a</b>	Efeito da temperatura na secagem de filés de peixe, sem pré-tratamento (“ <i>in Natura</i> ”)	154
<b>Figura 4.24b</b>	Efeito da temperatura na secagem de filés de peixe, desidratadas em solução de NaCl.	155
<b>Figura 4.24c</b>	Efeito da temperatura na secagem de filés de peixe, desidratados com solução de NaCl + sacarose.	155
<b>Figura 4.24d</b>	Efeito da temperatura na secagem de filés de peixe, desidratados com solução de NaCl+ xarope de milho.	155
<b>Figura 4.25a</b>	Taxa de secagem a T = 40°C do mapará <i>in natura</i> e desidratado osmoticamente.	157
<b>Figura 4.25b</b>	Taxa de secagem a T = 50°C do mapará <i>in natura</i> e desidratado osmoticamente.	158
<b>Figura 4.25c</b>	Taxa de secagem a T = 60°C do mapará <i>in natura</i> e desidratado osmoticamente.	158
<b>Figura 4.26</b>	Ajuste do modelo de Fick do mapará <i>in natura</i> : (a) gráfico em escala linear e (b) gráfico em escala semi-log.	160
<b>Figura 4.27</b>	Ajuste ao modelo de Fick do mapará desidratado em NaCl: (a) gráfico em escala linear e (b) gráfico em escala semi-log.	160
<b>Figura 4.28</b>	Ajuste ao modelo de Fick do mapará desidratado em NaCl + sacarose: (a) gráfico em escala linear e (b) gráfico em escala semi-log.	161
<b>Figura 4.29</b>	Ajuste aomodelo de Fick do mapará desidratado em NaCl + xarope: (a) gráfico em escala linear e (b) gráfico em escala semi-log.	161
<b>Figura 4.30</b>	Ajuste da primeira fase da amostra <i>in natura</i> , utilizando apenas um termo da série do modelo de Fick, em escala semi-log.	163
<b>Figura 4.31</b>	Ajuste da primeira fase da amostra com NaCl, utilizando apenas um termo da série do modelo de Fick, em escala semi-log.	163
<b>Figura 4.32</b>	Ajuste da primeira fase da amostra com NaCl + sacarose, utilizando apenas um termo da série do modelo de Fick, em escala semi-log.	164
<b>Figura 4.33</b>	Ajuste da primeira fase da amostra com NaCl + sacarose, utilizando apenas um termo da série do modelo de Fick, em escala semi-log.	164
<b>Figura 4.34</b>	Ajuste do modelo de secagem de Page para <i>in Natura</i> .	166
<b>Figura 4.35</b>	Ajuste do modelo de secagem de Page para NaCl.	167
<b>Figura 4.36</b>	Ajuste do modelo de secagem de Page para NaCl + sacarose.	167
<b>Figura 4.37</b>	Ajuste do modelo de secagem de Page para NaCl + xarope de milho.	168

<b>Figura 4.38</b>	Diferença total de cor ( $\Delta E^*$ ) das amostras de mapará seco em diferentes temperaturas sem pré-tratamento e com pré-tratamento de desidratação osmótica em soluções binárias e ternárias.	173
<b>Figura 4.39</b>	Valores de $L^*$ (Luminosidade) das amostras de mapará seco em diferentes temperaturas sem pré-tratamento e com pré-tratamento de desidratação osmótica em soluções binária e ternárias.	174
<b>Figura 4.40</b>	Valores de $a^*$ (intensidade de vermelho) das amostras de mapará seco em diferentes temperaturas sem tratamento e com pré-tratamento de desidratação osmótica em soluções binária e ternárias.	175
<b>Figura 4.41</b>	Valores de $b^*$ (intensidade de amarelo) das amostras de mapará seco em diferentes temperaturas sm pré-tratamento e com pré-tratamento de desidratação osmótica em soluções binária e ternárias.	176
<b>Figura 4.42</b>	Perfil dos provadores utilizados no teste de aceitabilidade de bolinho de peixe mapará sem tratamento ( <i>in Natura</i> ), pré-tratados em solução de sacarose e NaCl e em solução de xarope de milho e NaCl	177
<b>Figura 4.43</b>	Histograma de frequência dos valores atribuídos à aparência das amostras de bolinho de peixe mapará sem tratamento ( <i>in Natura</i> ) e pré-tratados em solução binária de NaCl e soluções ternárias de NaCl + sacarose e NaCl+xarope de milho.	179
<b>Figura 4.44</b>	Histograma de frequência dos valores atribuídos ao aroma das amostras de bolinho de peixe mapará sem tratamento ( <i>in Natura</i> ) e pré-tratados em solução binária de NaCl e solução ternária de NaCl + sacarose e NaCl + xarope de milho.	180
<b>Figura 4.45</b>	Histograma de frequência dos valores atribuídos ao sabor das amostras de bolinho de peixe mapará sem tratamento ( <i>in Natura</i> ) e pré-tratados em solução binária de NaCl e solução ternária de NaCl + sacarose e NaCl + xarope de milho.	181
<b>Figura 4.46</b>	Histograma de frequência dos valores atribuídos à textura das amostras de bolinho de peixe mapará sem tratamento ( <i>in Natura</i> ) ou pré-tratados em solução binária de NaCl e solução ternária de NaCl + sacarose e NaCl + xarope de milho.	183
<b>Figura 4.47</b>	Histograma de frequência dos valores atribuídos à impressão global das amostras de bolinho de peixe mapará sem tratamento ( <i>in Natura</i> ) ou pré-tratados em solução binária de NaCl e solução ternária de NaCl + sacarose e NaCl + xarope de milho.	184
<b>Figura 4.48</b>	Histograma de intenção de compra	186

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 2.1</b>	Composição química do mapará ( <i>Hypophthalmus edentatus</i> ) <i>in natura</i>	4
<b>Tabela 2.2</b>	Escala anual da safra do pescado comercializado no “Ver-o-Peso”	5
<b>Tabela 2.3</b>	Classificação do peixe quanto ao teor de gordura e proteína	6
<b>Tabela 2.4</b>	Composição química de peixes de água doce <i>in natura</i>	6
<b>Tabela 2.5</b>	Atividade de água mínima para o crescimento de bactérias patogênicas (pH e temperatura ótimos).	29
<b>Tabela 2.6</b>	Métodos analíticos para determinar o grau de oxidação de gorduras e óleos.	32
<b>Tabela 3.1</b>	Especificações e composição do xarope de milho MOR-REX® 1940.	43
<b>Tabela 3.2</b>	Definição dos níveis das três variáveis estudadas na desidratação osmótica de mapará utilizando solução de NaCl.	44
<b>Tabela 3.3</b>	Planejamento experimental da desidratação osmótica utilizando solução binária de NaCl	44
<b>Tabela 3.4</b>	Definição dos níveis das quatro variáveis estudadas na desidratação osmótica de mapará utilizando soluções ternárias	45
<b>Tabela 3.5</b>	Planejamento fracionário para a desidratação osmótica em soluções ternárias	45
<b>Tabela 3.6</b>	Ingredientes utilizados na formulação do bolinho de peixe mapará	49
<b>Tabela 4.1</b>	Análise microbiológica do pescado <i>in natura</i>	52
<b>Tabela 4.2</b>	Caracterização física do mapará ( <i>Hypophthalmus edentatus</i> )	54
<b>Tabela 4.3</b>	Caracterização química do mapará ( <i>Hypophthalmus edentatus</i> )	54
<b>Tabela 4.4</b>	Resultados da perda de peso, perda de água, ganho de sólidos, TBA, GS/PA e aw obtidos experimentalmente através da desidratação osmótica de filé de mapará utilizando solução binária NaCl – Água	56
<b>Tabela 4.5</b>	Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para perda de peso na desidratação osmótica de filé de mapará em solução de NaCl	58
<b>Tabela 4.6</b>	Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para perda de água na desidratação osmótica de filé de mapará em solução de NaCl	61
<b>Tabela 4.7</b>	Análise de Variância do modelo ajustado para o ganho de sólidos na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.	65
<b>Tabela 4.8</b>	Valores experimentais e valores preditos pelo modelo codificado para a resposta ganho de sólidos na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl.	66
<b>Tabela 4.9</b>	Análise de Variância do modelo codificado ajustado para o TBA na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.	70
<b>Tabela 4.10</b>	Análise de Variância do modelo codificado ajustado para GS/PA na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.	73
<b>Tabela 4.11</b>	Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para atividade de água na desidratação osmótica de filé de mapará em solução de NaCl.	79
<b>Tabela 4.12</b>	Resultados de perda de água e ganho de sólidos obtidos experimentalmente através da desidratação osmótica de filé de mapará.	83
<b>Tabela 4.13</b>	Resultados da perda de peso, perda de água, ganho de sólidos e TBA, obtidos experimentalmente através da desidratação osmótica de filé de mapará, utilizando solução ternária NaCl+sacarose.	88
<b>Tabela 4.14</b>	Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para perda de peso na desidratação osmótica de filé de mapará em solução de NaCl+ sacarose.	90

<b>Tabela 4.15</b>	Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para perda de água na desidratação osmótica de filé de mapará em solução de NaCl + sacarose	93
<b>Tabela 4.16</b>	Valores experimentais e valores preditos pelo modelo codificado para a resposta perda de água na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+ sacarose	94
<b>Tabela 4.17</b>	Análise de Variância (ANOVA) do modelo ajustado para ganho de sólidos, na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl + sacarose.	98
<b>Tabela 4.18</b>	Análise de Variância (ANOVA) do modelo codificado ajustado para TBA na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl+sacarose	102
<b>Tabela 4.19</b>	Análise de Variância (ANOVA) do modelo codificado ajustado para GS/PA na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl+sacarose	106
<b>Tabela 4.20</b>	Análise de Variância do modelo codificado ajustado para a atividade de água na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl+ sacarose.	112
<b>Tabela 4.21</b>	Resultados da perda de peso, perda de água, ganho de sólidos, TBA, GS/PA e atividade de água, obtidos experimentalmente através da desidratação osmótica de filé de mapará, utilizando solução ternária NaCl+xarope de milho.	115
<b>Tabela 4.22</b>	Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para perda de peso na desidratação osmótica de filé de mapará em solução de NaCl+xarope de milho.	117
<b>Tabela 4.23</b>	Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para perda de água na desidratação osmótica de filé de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	122
<b>Tabela 4.24</b>	Análise de Variância do modelo ajustado para o ganho de sólidos na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	127
<b>Tabela 4.25</b>	Valores experimentais e valores preditos pelo modelo codificado para a resposta ganho de sólidos, na desidratação osmótica de mapará, em solução de NaCl + xarope de milho.	128
<b>Tabela 4.26</b>	Análise de Variância do modelo codificado ajustado para o TBA na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	133
<b>Tabela 4.27</b>	Análise de Variância do modelo codificado ajustado para GS/PA na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.	138
<b>Tabela 4.28</b>	Análise de Variância do modelo codificado ajustado para atividade de água na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl+ xarope de milho.	148
<b>Tabela 4.29</b>	Valores experimentais e valores preditos pelo modelo codificado para a resposta atividade de água, na desidratação osmótica de mapará, em solução de NaCl + xarope de milho.	149
<b>Tabela 4.30</b>	Valores de difusividade efetiva, $R^2$ e P obtidos para o modelo de Fick para o mapará <i>in natura</i> e desidratado osmoticamente.	162
<b>Tabela 4.31</b>	Valores de $D_{ef}$ , R e P para o mapará <i>in natura</i> e previamente desidratado osmoticamente em soluções de: NaCl, sacarose + NaCl e Xarope de milho + NaCl, utilizando 1 termo da série para os dados iniciais	165

<b>Tabela 4.32</b>	Energia de ativação calculada para um e cinco termos da série do modelo de Fick.	165
<b>Tabela 4.33</b>	Valores das constantes de secagem K e b, R e P para as 1ª e 2ª fases do período de taxa decrescente na secagem de filés de mapará.	169
<b>Tabela 4.34</b>	Resultados das análises físico-químicas dos produtos finais	170
<b>Tabela 4.35</b>	<b>Tabela 4.35</b> - Parâmetros de cor ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ) e valores de croma e diferença total de cor ( $c^*$ e $\Delta E^*$ ) das amostras secas em diferentes temperaturas, sem tratamento e previamente desidratadas em soluções: binária e ternárias.	172
<b>Tabela 4.36</b>	Quadro de análise de variância (ANOVA) de acordo com a resposta aparência	179
<b>Tabela 4.37</b>	Quadro de análise de variância (ANOVA) de acordo com a resposta aroma	181
<b>Tabela 4.38</b>	Quadro de análise de variância (ANOVA) de acordo com a resposta sabor	182
<b>Tabela 4.39</b>	Quadro de análise de variância (ANOVA) de acordo com a resposta textura	184
<b>Tabela 4.40</b>	Quadro de análise de variância (ANOVA) de acordo com a resposta impressão global.	185
<b>Tabela 4.41</b>	Aceitação média dos atributos aparência, aroma, sabor, textura e impressão global de “Bolinho de Peixe Mapará” seca com e sem pré-tratamento osmótico.	187

## RESUMO

Foi estudada a influência da desidratação osmótica utilizando soluções binária (água + NaCl) e ternárias (água + NaCl + sacarose e água + NaCl + xarope de milho) na secagem convectiva de mapará (*Hypophthalmus edentatus*). Para os pré-tratamentos foi avaliada a influência da temperatura, concentração de NaCl, concentração de açúcar e tempo de imersão, nas respostas perda de peso, perda de água, ganho de sólidos, número de ácido tiobarbitúrico (TBA), ganho de sólidos / perda de água (GS/PA) e atividade de água, através da Metodologia de Superfície de Resposta. Para cada solução, foi escolhida uma condição para proceder à secagem convectiva e esta condição foi determinada pelos menores valores de razão GS/PA e TBA. As condições escolhidas foram: temperatura de 46°C, concentração de 22% e tempo de imersão de 7 horas para desidratação com solução de NaCl; 42°C de temperatura, 11,5% de concentração de sal, 30% de concentração de açúcar e tempo de 8 horas, para desidratação com solução de NaCl + sacarose e 46°C de temperatura, 13% de concentração de sal, 32,5% de concentração de açúcar e tempo de 6 horas para desidratação com solução de NaCl + xarope de milho. As curvas de secagem convectiva foram obtidas a 40, 50 e 60°C de temperatura e velocidade do ar de secagem de 1,5m/s. Para o ajuste dos dados experimentais foram utilizados os modelos difusional, sem considerar o encolhimento, e de Page. Os valores de difusividade efetiva obtidos foram da ordem de  $10^{-10}$  m<sup>2</sup>/s. O Modelo de Page apresentou melhor ajuste em relação ao Modelo difusional. Na análise sensorial todas as amostras obtiveram boas aceitabilidades, com exceção da amostra de mapará desidratada osmoticamente com solução de NaCl + xarope de milho.

## ABSTRACT

It was studied the influence of the osmotic dehydration process using binary (water + NaCl) and ternary (water + NaCl + sucrose and water + NaCl + corn syrup) solutions in the convective drying of “mapará” catfish (*Hypophthalmus edentatus*). The influence of temperature, salt concentration, sugar concentration, immersion time on the responses of weight loss, water loss, solid gain, tiobarbituric acid number (TBA), solid gain / water loss (SG/WL) and water activity was evaluated, through the Response Surface Methodology (RMS). For each solution it was chosen a condition to proceed convective drying and that condition was determined by the smallest values of the SG/WL ratio and TBA. The chosen conditions were: 46°C of temperature, 22% of salt concentration and immersion time of 7 hours for dehydration using water + NaCl; 42°C of temperature, 11.5% of salt dehydration, 30% of sugar concentration and immersion time of 8 hours for dehydration using water + NaCl + sucrose and 46°C of temperature, 13% of salt concentration and 32.5% of sugar concentration using water + NaCl + sucrose. Convective drying was carried out in a fixed bed dryer at 40, 50 e 60°C and air velocity of 1.5m/s. Drying curves were fitted using a diffusional model, considering no shrinkage, and using Page’s model. The obtained diffusion coefficients were in the order of  $10^{-10}$  m<sup>2</sup>/s. The Page’s model presented better fittings in relation to the diffusional model. The sensorial analysis shown great acceptability of all samples, unless osmotically dehydrated “mapará” catfish with NaCl + corn syrup solution.

## 1. INTRODUÇÃO

O peixe salgado desidratado é um produto alimentício de grande procura em diversas partes do mundo, podendo constituir um produto nobre, de alto valor agregado, como por exemplo, o bacalhau. De modo geral, estes produtos salgados desidratados não necessitam de refrigeração para sua conservação, o que implica em redução de custos de transporte e armazenamento (MEDINA VIVANCO, 2003).

A combinação da salga seca e secagem solar no Brasil é a mais antiga e uma das mais importantes técnicas de conservação do pescado. Os peixes salgados e secos a partir desses métodos são normalmente encontrados nas regiões Norte e Nordeste, devido à facilidade no processamento e baixo custo de material, aliados à tradição de cada região. O principal problema é a falta de controle de processo, que pode acarretar em produtos sem qualidade microbiológica e/ou nutricional.

Entre os alimentos de origem animal, o pescado *in natura* caracteriza-se pelo seu elevado potencial de deterioração, quando exposto a condições inadequadas de armazenamento. Sabe-se que a deterioração é decorrente da atividade de enzimas autolíticas, rancificação de gorduras, e principalmente, da atividade de microrganismos deterioradores (LISTON, 1980).

Nos últimos anos tem aumentado o interesse no tratamento de alimentos utilizando soluções altamente concentradas, para obter significativa remoção de água com controle de incorporação de soluto no produto. Esta técnica é denominada classicamente de “Desidratação osmótica” (PONTING *et al.*, 1966) e mais recentemente tem sido chamada “Desidratação por impregnação-imersão” ou processo “DII” (RAOULT WACK *et al.*, 1991).

A utilização de soluções binárias e ternárias utilizando NaCl, na salga ou desidratação osmótica em produtos de origem animal, tem um poder de redução de atividade de água devido à alta difusividade do sal nos tecidos animais (DEL VALLE e

NICKERSON 1967<sub>a,b</sub>; LEITÃO, 1983; ZUGARRAMURDI e LUPIN, 1976; NEVES, 1998; MEDINA VIVANCO, 1998). No entanto, em produtos salgados, o sal atua como catalisador, acelerando o processo de oxidação, verificando-se então a formação de peróxidos, posteriormente aldeídos e ácidos hidroxilados. A maior ou menor susceptibilidade à rancificação depende de vários fatores como o teor de gordura, o conteúdo de polinsaturados, a temperatura de estocagem, entre outros (BASTOS, 1977).

A secagem artificial de peixe vem apresentando bons resultados na conservação do pescado, porque possibilita um melhor controle de temperatura e umidade em relação à secagem solar. A finalidade de secar alimentos, até níveis nos quais a quantidade de água livre, ou atividade de água, seja suficientemente baixa para que não possa ser utilizada por microrganismos ou participar de reações bioquímicas deteriorantes, é possibilitar períodos maiores de armazenamento com requisitos mínimos de embalagem e reduzir o custo de transporte (OKOS *et al.*, 1992).

A aceitação de produtos cárneos depende, em uma larga extensão, da aceitação de seu sabor. Por isso, a oxidação lipídica é um fator limitante na vida-de-prateleira desses produtos. Segundo MENDES (1999), a mais notável alteração é a rancidez, que resulta em modificação no sabor e aroma, implicando, sem dúvida alguma, na redução da aceitabilidade do produto pelo consumidor.

A cor é um dos atributos mais importantes em um alimento. Ela determina a sua aparência e é utilizada como critério para a identificação e o julgamento da qualidade do produto. Se a cor de um alimento é alterada, a seleção e a avaliação de sua qualidade se tornam muito difíceis. Os alimentos, tanto *in natura* como industrializados, apresentam cor devido à sua habilidade de refletir ou emitir quantidades de energia em comprimentos de onda capazes de estimular a retina.

Diante do exposto, o objetivo geral deste trabalho foi otimizar o processo de desidratação osmótica de filés de mapará em soluções binária (NaCl-água) e ternárias

(NaCl-sacarose-água e NaCl-xarope de milho-água) e realizar o processo de secagem convectiva das amostras otimizadas bem como avaliá-las sensorialmente.

Os objetivos específicos foram:

- Caracterizar a matéria-prima, através de análises físicas, químicas e microbiológicas;
  
- Avaliar a influência da temperatura, concentração de NaCl, concentração de açúcar e tempo de imersão nas respostas perda de peso, perda de água, ganho de sólidos, número de ácido tiobarbitúrico (TBA), ganho de sólidos / perda de água (GS/PA) e atividade de água, na desidratação osmótica de filés de mapará;
  
- Otimizar o processo de desidratação osmótica de mapará utilizando a Metodologia de Superfície de Resposta, determinando, através da sobreposição das curvas de GS/PA e TBA, a região de maior perda de água, menor ganho de sólidos e menor oxidação;
  
- Estudar a cinética de secagem do músculo de peixe, considerando difusividade efetiva constante;
  
- Caracterizar os produtos finais, através de análises físicas, químicas e sensorial.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. MAPARÁ

O mapará (*Hypophthalmus edentatus*), também conhecido como mapurá, peixe-gato, mapará de cameté ou oleiro (FRANCO,1999) é uma das principais espécies, em termos de volume e valor de produção, no baixo e no médio Tocantins (SUDAM, 1997). O mapará (Figura 2.1) possui carne saborosa e alcança até 3 kg de peso, com um rendimento de filé superior a 60%. É planctófago muito voraz, com grande deslocamento no meio aquático. Vive em grandes cardumes na cidade de Cameté no estado do Pará.



**Figura 2.1** – Mapará (*Hypophthalmus edentatus*)

A Tabela 2.1 mostra a composição química do mapará, segundo FRANCO (1999).

**Tabela 2.1** - Composição química do mapará (*Hypophthalmus edentatus*) *in natura*.

<b>Composição química (em 100 gramas)</b>	
Calorias	115,0
Glicídios (g)	---
Proteínas (g)	18,9
Lipídios (g)	3,8
Cálcio (mg)	34,0
Fósforo (mg)	225,0
Ferro (mg)	1,1
Retinol (mcg)	32,0
Tiamina (mcg)	60,0
Riboflavina (mcg)	180,0
Niacina (mg)	2,6

Fonte: FRANCO (1999)

O mapará é um peixe de corpo alongado e comprido lateralmente, adaptado à vida pelágica, ou seja, à meia água. Formam cardumes, sendo muito importantes na pesca comercial da região de Santarém - PA e apresenta-se amplamente distribuído nos rios do

Pará (FERREIRA *et al.*, 1998). De acordo com INHAMUNS (2000), este peixe é uma espécie de bagre nativa da região amazônica, com pouca aceitação para o consumo pela população local, porém bastante aceito no mercado externo. Os valores de lipídios da Tabela 2.1 são bem diferentes dos encontrados por INHAMUNS (2000), que determinou a umidade e a porcentagem de lipídios totais de mapará em diferentes períodos sazonais. Na época de cheia a umidade variou de 60% a 67% (média de 64%±3%), e a porcentagem de lipídios variou de 18% a 21,5% (média de 19%±2%), enquanto que na época de seca a umidade variou de 64% a 67% (média de 65%±1%), e a porcentagem de lipídios variou de 13,5% a 15,6% (média de 15%±1%).

O mapará encontra-se entre os peixes comercializados na Região Norte. Na Tabela 2.2 pode-se verificar a diversidade de algumas espécies comercializadas no mercado do Ver-o-Peso, em Belém, relacionadas com os meses de maior intensidade de comercialização, considerada como a época de maior quantidade de peixes.

**Tabela 2.2** – Escala anual da safra do pescado comercializado no “Ver-o-Peso”

<b>Espécies</b>	<b>Época de safra</b>
Filhote, dourada, piramutaba, pescada amarela, gurijuba, tainha, pratiqueira, bagre, cação, uritinga, cangatá, arraia, sardinha	janeiro a março
Camorim, corvina, pescada go, mero, xaréu, serra, peixe pedra, pirapema, sarda, <b>mapará</b> .	abril a agosto
Tucunaré, tamuatá, apaiari, curimatá, acari, surubim, pirarucu, traíra, jeju, pacu, piranha, pescada branca	agosto a dezembro
Camarão	abril a julho

*Fonte: SECON (1993) citado por FIGUEIREDO FILHO (1997)*

ACKMAN (1989) dividiu os peixes em quatro categorias quanto ao seu teor de gordura: magro (<2%), baixo teor de gordura (2-4%), medianamente gordo (4-8% de gordura) e altamente gordo (>8%).

A Tabela 2.3 mostra a classificação de peixes quanto ao teor de gordura e proteína, de acordo com SANCHES (1989).

**Tabela 2.3** – Classificação de peixes quanto ao teor de gordura e proteína

<b>Categoria</b>	<b>Classe</b>	<b>Gordura (%)</b>	<b>Proteína (%)</b>
A	Gordura baixa, proteína alta	<5	15 – 20
B	Gordura média, proteína alta	5 – 10	15 – 20
C	Gordura alta, proteína baixa	>15	15
D	Gordura baixa, proteína muito alta	<5	>20
E	Gordura baixa, proteína baixa	<5	<15

Fonte: SANCHES (1989)

A composição química do pescado apresenta variações significativas de espécie para espécie, como também entre peixes da mesma espécie. GURGEL e FREITAS (1972) citam como fatores responsáveis por esta variação o tamanho, a alimentação, a estação do ano e o local de captura. A Tabela 2.4, fornece a composição química de algumas espécies de água doce.

**Tabela 2.4** – Composição química de peixes de água doce *in natura*

<b>Espécie</b>	<b>Nome popular</b>	<b>Composição (%)</b>			
		<b>Umidade</b>	<b>Proteína</b>	<b>Lipídios</b>	<b>Cinzas</b>
<sup>1</sup> <i>Hypophthalmus edentatus</i>	Mapará	67,70	12,50	18,30	0,70
<sup>2</sup> <i>Brycon cephalus</i>	Matrinchã	69,96	17,80	9,91	0,72
<sup>3</sup> <i>Tilapia melanopleura</i>	Tilápia	73,05	18,90	3,40	2,20
<sup>3</sup> <i>Cichla ocellaris</i>	Tucunaré	72,88	21,00	1,10	2,50
<sup>4</sup> <i>Colossoma mitrei</i>	Pacu	67,70	13,00	17,00	1,30
<sup>4</sup> <i>Colossoma macropomum</i>	Tambaqui	73,71	18,11	7,06	1,20

Fonte: <sup>1</sup> OLIVEIRA e SOARES (1999); <sup>2</sup> RIBEIRO (2000); <sup>3</sup> GURGEL e FREITAS (1972); <sup>4</sup> MACHADO e SGARBIERI (1991)

GUIMARÃES *et al.* (1988) citados por LOURENÇO *et al.* (1999), encontraram produtos com umidade média de 49,69% e cloretos 17,2%, em três pontos da cidade de Belém (Porto do Sal, Porto da Conceição e Porto da Palha), onde há o processamento e comercialização de peixe salgado. Estes valores são considerados inadequados para preservação deste tipo de produto em condições ambientais.

## 2.2. MICROBIOLOGIA DO PESCADO

Enquanto o peixe está vivo sua pele atua como uma barreira mecânica à penetração das bactérias, razão pela qual seu músculo, quando recentemente capturado, é considerado estéril. Logo após a sua morte o peixe perde suas defesas tornando-se vulnerável ao ataque microbiano. O tipo de deterioração observado pode ser, em grande parte, atribuído a alterações nos tecidos dos peixes, causadas pelo ataque de tipos específicos de bactérias e dos produtos gerados por elas. A extensão da deterioração é determinada pela carga microbiana inicial, pela temperatura do músculo do peixe, pelo tempo decorrido depois de sua morte e pelas práticas sanitárias adotadas (LEITÃO, 1977).

Como a decomposição do pescado é causada principalmente por bactérias, uma das maneiras de se retardar essa decomposição é diminuir a temperatura até um nível em que as bactérias não cresçam ou o façam muito lentamente (TORNES e GEORGE, 1976). A entrada de microrganismos na carne do pescado e a decomposição gradual das substâncias nitrogenadas começam quase que simultaneamente à autólise. Se o pescado é mantido sob gelo, ocorre inibição da atividade bacteriana e o processo de autólise é mais intenso que a decomposição bacteriana. Já quando a temperatura é maior a decomposição bacteriana predomina (BEIRÃO *et al.*, 2000).

A preservação do pescado por congelamento baseia-se na transformação de grande parte da água do pescado em gelo e redução da temperatura a níveis tais que impedem ou dificultam a ação de agentes deterioradores. Quando um pescado é resfriado a temperaturas próximas a 0°C, não ocorre modificação nos tecidos e, a baixas temperaturas, diminuem as reações bioquímicas de degradação e crescimento microbiano (SOUDAN, 1965). Em temperaturas próximas a -3°C cessa a multiplicação de algumas bactérias e leveduras. Os microrganismos que poderiam deteriorar o pescado não se desenvolveriam abaixo de -10°C. À -12°C o crescimento da maioria dos microrganismos é bloqueado. À -20°C cerca de 90% da água de constituição do pescado encontra-se congelada (CLUCAS, 1981; SAINCLIVIER, 1993; GEROMEL e FORSTER, 1982).

De acordo com GRAM e HUSS (1999), os peixes são propensos à contaminação por uma variedade de microrganismos, dependendo do meio em que vivem e das condições de manuseio e da temperatura. A composição da microflora de diferentes espécies de peixes provenientes de águas frias após sofrerem deterioração, apresenta bactérias Gram negativas, enquanto espécies de peixes de águas tropicais apresentam bactérias Gram positivas, além de bactérias entéricas. Os microrganismos aeróbicos inicialmente crescem na superfície do peixe, e quando a superfície começa a modificar-se e aumentar o muco residual, começa o desenvolvimento de bactérias anaeróbicas.

Usualmente, há apenas duas espécies de bactérias que ocorrem naturalmente no pescado, o *Clostridium botulinum* (Tipo E) e o *Vibrio parahaemolyticus*. Entretanto, outras bactérias patogênicas que ocasionalmente estão associados aos pescados como *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Vibrio cholerae*, provavelmente representam contaminações de fontes terrestres (PEDROSA-MENABRITO e REGENSTEIN, 1988; GELLI, 1988; LEITÃO, 1994). A contaminação pode estar relacionada com a matéria-prima, o ambiente ou ainda serem consequência de manuseio e/ou estocagem incorretos durante o processamento e comercialização (HOFFMANN *et al.*, 1999).

O *Staphylococcus aureus* é uma bactéria halotolerante anaeróbica facultativa (BERGDOLL, 1989; BUCHANAN e GIBBONS, 1974) que produz uma enterotoxina bastante termoestável. Esta enterotoxina, quando presente no alimento, é capaz de resistir às técnicas convencionais de processamento térmico (BERGDOLL, 1989).

A *Salmonella* é uma enterobactéria que pode causar graves infecções gastrointestinais de origem alimentar, o que torna sua presença em alimentos um relevante problema de saúde pública. No Brasil, sua ocorrência tem sido observada em todos os tipos de alimentos, principalmente os de origem animal (BONILHA e FALCÃO, 1994; FUZIHARA e FRANCO, 1993).

As bactérias coliformes são importantes nas alterações dos alimentos pela capacidade de crescer bem em inúmeros substratos e por utilizar como fonte de energia um grande número de hidratos de carbono e alguns compostos nitrogenados como fonte de nitrogênio, pela capacidade de síntese da maioria das vitaminas que necessitam, além de produzirem, a partir dos açúcares, consideráveis quantidades de ácidos e gás, podendo ocasionar sabores anormais (JAY, 1970).

### 2.3. SALGA DO PESCADO

A utilização do sal como agente de preservação de alimentos remonta a tempo imemoriais. Sua utilização na elaboração de cecinas – carnes salgadas/dessecadas elaboradas originalmente na Espanha – está registrada desde o Século IV a.C. no tratado agrícola de Lúcio Junio Moderato Columela (VELASCO, 1995). Este registro provavelmente se refere à salga de carne suína que, juntamente com os pescados, eram as mais utilizadas. O gado bovino era utilizado, preferencialmente, para o trabalho e fornecimento de leite (CARVALHO JR., 2002).

A salga de peixe é um dos métodos mais antigos usados pelo homem para preservar alimentos. Seu uso remonta às civilizações do Antigo Egito e da Mesopotâmia, há 4.000 anos a.C., passando pela idade do bronze, idade clássica – onde documentos escritos induzem a crer que o atum era salgado e seco – Idade média – com Marco Polo relatando a salga de atum no Golfo Pérsico (CUTTING, 1962).

Antes do advento da refrigeração, foi a produção de carnes salgadas/dessecadas em larga escala que tornou possível o suprimento de proteína de alta qualidade a populações localizadas à grandes distância das fontes de matéria prima. A extensão da vida-de-prateleira, associada à salga ou à dessecação de alimentos perecíveis, resultou no aparecimento de uma gama variada de produtos cárneos em várias partes do mundo. No Brasil, a origem do consumo de carnes salgadas confunde-se com a própria história do país, pois o pescado salgado fazia parte da dieta dos marinheiros que acompanharam Cabral na viagem do descobrimento (CARVALHO JR., 2002).

O processo de salga, por mais empírico que pareça, é um processo complexo devido a vários fatores físico-químicos, bioquímicos e microbiológicos, que devem ser levados em consideração para obter-se o produto desejado. Pode-se obter produtos curados que chegam a durar semanas, meses ou anos, e para isso é necessário levar em consideração vários fatores como: tipo e qualidade do pescado, manuseio, temperatura de conservação, embalagem, etc. (PINHEIRO, 1995).

O processo de salga pode ser dividido em três estágios. No primeiro estágio o peixe é exposto a altas pressões osmóticas. O movimento do sal para o interior do peixe é sempre acompanhado por um movimento mais ativo da sua água para a salmoura circundante. A camada exterior da carne controla a velocidade de penetração do sal. Nesta etapa, ocorre um decréscimo considerável no peso do peixe, as camadas interiores da carne não foram ainda completamente penetradas pelo sal. Na segunda etapa a pressão osmótica ainda exerce influência, embora em escala reduzida. A concentração de sal na camada superficial do tecido muscular é igualada à da salmoura circundante. Na terceira etapa, uma menor quantidade de sal se move para o interior do peixe. As concentrações nos fluidos celulares de todas as partes do peixe se aproximam e, finalmente, iguala-se à concentração da salmoura (VOSKRESENSKY, 1965; BORGSTROM, 1971 citado por BERAQUET, 1974).

Segundo BERAQUET (1974), a probabilidade de um peixe salgado ser depreciado está relacionada a parâmetros como concentração de sal e teor de umidade. Assim, geralmente a salga é seguida de secagem. Os fatores que determinam a taxa de penetração do sal no interior do peixe são os seguintes:

Fatores relativos ao peixe:

Tipo de carne;

Conteúdo de matéria graxa;

Razão entre o tecido conectivo e o tecido muscular;

Estágio da carne em relação ao rigor mortis;

Tamanho dos pedaços tratados.

Fatores externos:

Impurezas do sal;

Temperatura da salmoura;

Concentração da salmoura;

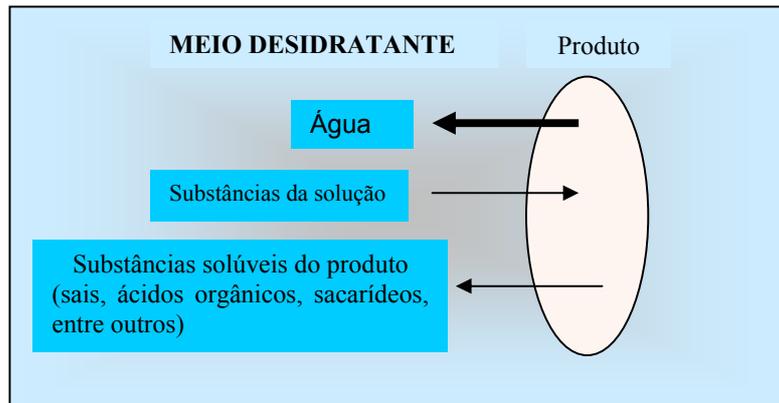
Volume da salmoura;

Atividade microbiana facilitando a entrada do sal.

## 2.4. DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA

A desidratação osmótica consiste na imersão do alimento, inteiro ou em pedaços, em soluções aquosas (por exemplo: sais, açúcar, sorbitol, glicerol...) de alta pressão osmótica provocando a remoção da água presente no alimento (RAOULT- WACK *et al.*, 1989, TORREGGIANI, 1993). Alimentos de origem animal, como peixes, frequentemente são processados em soluções aquosas, tendo o sal como o principal agente desidratante.

O processo de desidratação osmótica baseia-se na imersão de alimentos, inteiro ou fatiado, em soluções hipertônicas, originando dois fluxos simultâneos e em contra-corrente: uma saída da água do produto para a solução e uma migração de solutos da solução para o sólido. Um terceiro fluxo, também envolvido consiste na perda de alguns sólidos naturais, como açúcares, minerais, entre outros nutrientes que, embora sejam insignificantes proporcionalmente aos dois fluxos principais, podem ser importantes para as qualidades organolépticas (aroma, cor, textura) e nutricionais (mineral e vitamina) do produto (RAOULT-WACK *et al.*, 1989). A Figura 2.2 ilustra o mecanismo descrito:



**Figura 2.2** – Principais fluxos que ocorrem durante o processo de desidratação osmótica.

Muitos pesquisadores têm estudado os diferentes aspectos da desidratação osmótica, tais como o tipo e concentração do soluto empregado, tempo e temperatura de processo, a combinação do processo de osmose com outras operações unitárias, qualidade do produto final, etc. (RAOULT-WACK *et al.*, 1992; MEDINA-VIVANCO, 1998; AZOUBEL, 1999; ARAUJO, 2000; EL-AOUAR, 2001). Por exemplo, a taxa de remoção de água depende fortemente das variáveis e parâmetros do processo. No geral, quanto maior a concentração do soluto, o tempo de contato, agitação e a temperatura, maior a transferência de massa. A saída de água é mais favorecida pelo uso de altas temperaturas do que entrada de soluto (PONTING *et al.*, 1966; LERICI *et al.*, 1985).

Com exceção dos Países Nórdicos, quando filés de arenque eram tradicionalmente curados em salmoura contendo sal e sacarose para obter um produto salgado-adocicado de peixe (MAGNUSSON e MÖLLER, 1985; GUDMUNSDOTTIR e STEFANSSON, 1997), poucos estudos têm sido realizados utilizando salga e secagem de produtos cárneos com soluções aquosas utilizando sal e açúcar (COLLIGNAN *et al.*, 2001, COLLIGNAN e RAOULT-WACK, 1994; MEDINA-VIVANCO, 2003).

#### **2.4.1. Propriedades do tecido biológico**

A transferência de água e dos solutos, depende das propriedades intrínsecas dos tecidos biológicos (MEDINA-VIVANCO, 2003). Nos tecidos animais, a transferência de massa é fortemente influenciada pelo conteúdo de lipídios (COLLIGNAN *et al.*, 2001).

Segundo WANG *et al.*(2000), a presença de gordura faz com que o sal tome um caminho tortuoso que reduz significativamente a sua difusividade. Outros estudos mostraram que a carne e o filé de peixe, com as mesmas dimensões e conteúdo de gordura, produtos que têm uma diferença marcante nas suas matrizes protéicas, tiveram um comportamento semelhante (quantitativa e qualitativamente) com respeito à transferência de massa (COLLIGNAN e RAOULT-WACK, 1994). BOHUON (1995) reportou que a perda de água e o ganho de sólidos diminuíram com o aumento do conteúdo de gordura no filé de peixe.

A transferência de massa dentro do tecido animal tem sido estudada em diversos processos, como a marinação, salga e secagem, apresentando porém muitas divergências. DUSSAP e GROS (1980) estudando a difusão do NaCl em carne bovina e suína, reportaram a influência da orientação das fibras na difusão de solutos, porém o mesmo Gros (DJELVEH e GROS,1988) constatou que o transporte de NaCl não é afetado pela orientação das fibras.

#### **2.4.2. Agentes osmóticos**

Para escolher o agente osmótico existem considerações a serem feitas, como por exemplo, as mudanças nos valores nutritivos e nas propriedades sensoriais do produto final e no custo do processo (LENART, 1996). A solução osmótica usada deve ter baixa atividade de água ( $a_w$ ) e, além disso, o soluto deve ser inócuo e de gosto agradável (LERICI *et al.*, 1985).

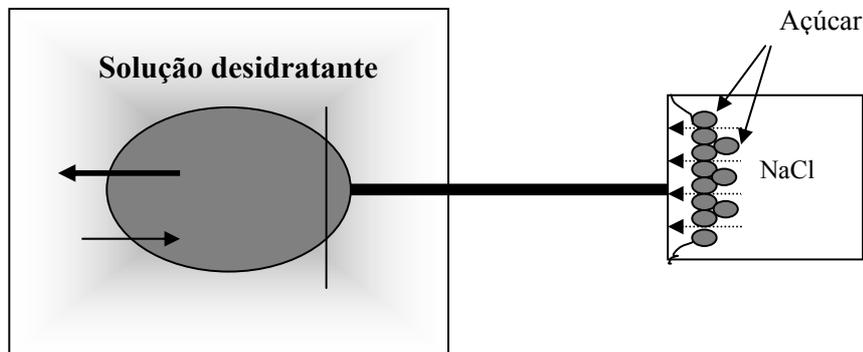
O sal (NaCl) é certamente o aditivo mais conhecido e utilizado e tem muitos papéis. O sal é o mais importante dos condimentos e o elemento de uso mais amplo nas carnes preparadas. Ele é essencial na nutrição humana e tem sido um valioso ingrediente alimentar desde o começo da civilização, e de tal forma fixa sua participação no processo industrial. Muitos preferem para os produtos curados, a designação genérica de “salgados” (PARDI *et al.*, 1994).

O sal não possui nenhuma ação material específica antimicrobiana. Seus efeitos sobre os microrganismos estão em função da concentração. O sal, em concentrações suficientemente elevadas, atrai osmoticamente a água, fazendo com que esta não possa ser aproveitada pelos microrganismos. Esta falta de água provoca a redução ou interrupção total dos processos vitais. Em concentrações suficientemente elevadas de sal, os íons do mesmo penetram no líquido intracelular, alterando o metabolismo celular pelo que se pode supor, e que também prejudica as células bacterianas por este efeito. A sensibilidade dos distintos microrganismos ao sal é muito variada (PRANDL *et al.*, 1994).

Durante os últimos anos foram desenvolvidas e reportadas muitas pesquisas concernentes à desidratação osmótica, seja utilizando soluções aquosas de açúcares ou sal ou combinações delas (FARKAS e LAZAR, 1969; DALLA ROSA *et al.*, 1982; ISLAM e FLINK, 1982; CONWAY *et al.* 1983; BISWAL e LE MAGUER, 1989; BERISTAIN *et al.*, 1990; BISWAL *et al.* 1991; MARCOTTE e LE MAGUER, 1991; WELTI *et al.*, 1995). Na grande maioria destas pesquisas os resultados indicam que a perda de água, o ganho de sólidos e a perda de peso dos produtos alimentícios, submetidos à desidratação osmótica, têm comportamento similar em relação ao tempo.

A incorporação de sal é especialmente limitada pela presença do açúcar. Este efeito barreira do açúcar, impedindo a penetração do sal, tem sido demonstrado em pesquisas com frutas, vegetais, carnes e peixes (BOLIN *et al.*, 1983; LENART e FLINK, 1984; FAVETTO *et al.*, 1981; COLLIGNAN e RAOULT-WACK, 1994; BOHUON *et al.*, 1998). Este fenômeno é devido à formação de uma cobertura totalmente concentrada de açúcar no

produto alimentício (Figura 2.3). Esta cobertura de açúcar reduz substancialmente o coeficiente de difusão do sal (BOHUON *et al.*, 1998).



**Figura 2.3** – Efeito barreira do açúcar na matriz proteica imersa em solução aquosa ternária contendo sal e açúcar (COLLIGNAN *et al.*, 2001).

O tipo do açúcar utilizado na solução afeta a cinética do processo. O uso de solutos com alto peso molecular favorecem a perda de água e a diminuição do ganho de sólidos (a migração é limitada pelo alto peso molecular), promovendo uma maior perda de peso do material. Açúcares de baixo peso molecular (glicose, frutose) favorecem a incorporação de sólidos, devido à alta velocidade de penetração das moléculas (CONTRERAS e SMYRL, 1981).

Estudos realizados por HAWKES e FLINK (1978) sobre a utilização de misturas binárias de solutos (sal, maltodextrina e lactose) com sacarose, com a finalidade de reduzir os custos e melhorar a eficiência do processo, mostraram que estas combinações podem ser quase tão eficientes quanto a sacarose sozinha na mesma concentração total.

### 2.4.3. Temperatura

A influência da temperatura na cinética de desidratação osmótica é decisiva, fazendo com que haja um aumento da velocidade de transferência de massa com o aumento da temperatura (LENART e FLINK, 1984; LERICI *et al.*, 1985). CONTRERAS e SMYRL

(1981) ressaltam que altas temperaturas permitem melhor circulação da solução osmótica devido à redução da viscosidade.

Segundo MEDINA-VIVANCO (2003) altas temperaturas ativam os mecanismos de autólise, que deterioram o alimento de origem animal. PONTING *et al.* (1966) relatam que, para produtos de origem vegetal, o escurecimento não enzimático, o amolecimento da parede vegetal e a deterioração de sabor que se iniciam a partir de 50°C limitam o processo. YANG e LE MAGUER (1992) ressaltam que um valor muito alto pode levar à destruição celular.

BISWAL e BOZORGMEHR (1991) estudando a desidratação de batata em solução salina, verificaram que a temperatura de 40°C era muito alta para o tratamento, sendo sugerida pelos autores a temperatura de 20°C como a ideal.

THEMELIN *et al.* (1997) verificaram, durante a etapa de secagem, uma limitação no processo de transferência de água na parte interior de fatias de maçã desidratadas osmoticamente, exatamente pela formação de uma camada protetora concentrada em sacarose na superfície do produto. De acordo com os autores, um aumento da temperatura durante o processo de desidratação osmótica faz com que haja uma maior taxa de perda de água, com ganho de sólidos intermediário.

SERENO *et al.* (2001) trabalhando com cilindros de maçãs, utilizando soluções binárias de sacarose e cloreto de sódio e soluções ternárias com ambos os solutos em diferentes concentrações e temperaturas, concluíram que o aumento da temperatura faz com que a taxa de desidratação aumente.

#### **2.4.4. Concentração da solução**

RAOUT-WACK *et al.* (1992) estudaram a aplicação de soluções altamente concentradas (50 a 70g de soluto /100g de solução) na eficiência do processo de desidratação osmótica de frutas. De acordo com os autores, um aumento da concentração

da solução osmótica proporciona uma maior perda de água e, conseqüentemente, uma maior perda de peso pela fruta. A utilização de soluções osmóticas concentradas pode reduzir as perdas de solutos hidrossolúveis, como é o caso do ácido ascórbico, mediante formação de uma camada periférica concentrada em soluto, prevenindo o arraste dos mesmos.

A desidratação osmótica utilizando soluções ternárias (sal-água-açúcar) em vegetais (ISLAM e FLINK, 1982; LERICI *et al.*, 1985), na salga de filé de bacalhau (COLLIGNAN e RAOUT-WACK, 1994), em bacalhau negro e salmão em géis, carragena e gelatina (BOHUON, 1995) é relativamente recente e mostra como a presença de açúcar favorece a perda de água e diminui a entrada de sal.

#### 2.4.5. Tratamento matemático

Estudos que investigaram o efeito da temperatura e concentração de solutos na cinética de desidratação osmótica, verificaram que os transportes de água e soluto podem ser acompanhados pela determinação do grau de perda de água (PA ou WL) e ganho de sólidos (GS ou SG) (LERICI *et al.*, 1985) que podem ser calculados de acordo com as seguintes equações (HAWKES e FLINK, 1978):

- Perda de água (WL)

$$WL(\%) = \frac{MA_o - (M_t - MS_t)}{MA_o + MS_o} \times 100 \quad (2.1)$$

- Ganho de sólidos (SG)

$$SG(\%) = \frac{MS_t - MS_o}{MA_o + MS_o} \times 100 \quad (2.2)$$

Onde:

$MA_o$  = massa da água inicialmente presente (g);

$MS_o$  = massa dos sólidos inicialmente presentes (g);

$M_t$  = massa da amostra no tempo t (g);

$MS_t$  = peso dos sólidos no tempo t (g).

#### 2.4.5.1 Otimização

A desidratação osmótica é um processo que geralmente envolve uma significativa remoção de água (40-70g de água é perdida por 100g da massa inicial do produto) com uma limitada e controlada incorporação de sólidos (5-25g de soluto ganho em 100g da massa inicial) (RAOULT-WACK, 1994).

Vários autores como LAZARIDES *et al.* (1995), RAVINDRA e CHATTOPADHYAY (2000), AZOUBEL (2002); ALVES (2003), BARBOSA JÚNIOR, (2002) utilizaram a razão ganho de sólidos/ perda de água (GS/PA) como um indicador do grau que o processo de desidratação alcança e verificaram que quanto menor for o valor desta relação, maior será a perda de água e menor o ganho de sólidos.

SERENO *et al.* (2001), desidratando maçãs em solução binárias e ternárias de sacarose e NaCl, utilizaram a relação perda de água/ganho de sólidos (PA/GS) para avaliar a desidratação e verificaram que quanto mais alta a relação PA/GS, maior a desidratação do produto.

## 2.5 SECAGEM

A secagem artificial de produtos biológicos, tais como pescados e seus derivados, é um dos mais comuns métodos de preservação, tendo como propósito auxiliar na melhoria da qualidade do produto e diminuir seu potencial de deterioração durante a estocagem (PINTO e TOBINAGA, 1993).

A desidratação consiste em um processo simultâneo de transferência de calor e de massa. A transferência de calor ocorre durante a evaporação da água removida da amostra sólida secando, enquanto a transferência de massa acontece durante a remoção da água da superfície desta amostra por meio de um fluido secante externo que geralmente é o ar (DINCER e DOST, 1995). Os fatores que governam a velocidade desses fenômenos de transferência determinam a taxa de secagem, tais como pressão de vapor d'água no material e no ar de secagem, temperatura e velocidade do ar de secagem, velocidade de difusão da água no material, espessura e superfície exposta para secagem (VAN ARSDEL, 1973).

Os métodos de cálculos da taxa de secagem diferem segundo o período de taxa constante e taxa decrescente. Para produtos agrícolas e alimentícios, o período de taxa decrescente é quase sempre o único observado, e nesse caso a transferência interna de água é que governa e fixa a taxa de secagem (DAUDIN, 1983).

Os mecanismos de transporte de água no interior dos sólidos durante a secagem segundo FORTES e OKOS (1980) são:

- Difusão líquida devido ao gradiente de concentração;
- Difusão de vapor, em consequência do gradiente de vapor, causado pelos gradientes de temperatura;
- Movimento líquido devido às forças capilares;
- Fluxo de líquido ou vapor devido à diferença na pressão total, causada pela pressão externa, encolhimento, temperaturas altas e capilaridade;
- Escoamento por efusão que existe quando o caminho livre médio das moléculas de vapor for compatível com o diâmetro dos poros;
- Movimento líquido em consequência da força gravitacional.

As características específicas de cada produto, associadas às propriedades do ar de secagem e ao meio de transferência de calor adotado, determinam diversas condições de secagem. Entretanto, a transferência de calor e de massa entre o ar de secagem e o produto é fenômeno comum a qualquer condição de secagem. O processo de secagem, baseado na

transferência de calor e de massa, pode ser dividido em três períodos, conforme apresentado na Figura 2.4:



**Figura 2.4** – Evolução do tempo (t), do teor de água do produto (X), de sua temperatura (T) e da taxa de secagem ( $dX/dt$ ), para o ar com propriedades constantes. *Fonte: BROD et al. (1999)*

A curva (a) representa a diminuição do teor de água do produto durante a secagem (umidade do produto em base seca)  $X=X_{BS}$ , em relação à evolução do tempo de secagem (t), ou seja, é a curva obtida pesando o produto durante a secagem numa determinada condição de secagem. A curva (b) representa a velocidade (taxa) de secagem do produto (variação da umidade do produto por tempo)  $dX/dt$  em relação à evolução do tempo (t), ou seja, é a curva obtida diferenciando a curva (a). A curva (c) representa a variação da temperatura do produto durante a secagem (variação da temperatura do produto (T) em relação à evolução do tempo (t)), ou seja, é a curva obtida medindo a temperatura do produto durante a secagem (PARK *et al.*, 2001).

A região 0 corresponde ao período de indução, durante o qual o material se adapta às condições de secagem. Neste período ocorre uma elevação gradual da temperatura do produto e da pressão de vapor de água. Esse aumento continua até que o material atinja a temperatura de bulbo úmido do ar.

A região 1 corresponde ao período de taxa constante, onde a quantidade de água disponível no produto é muito grande e a pressão de vapor de água na superfície é igual à pressão de vapor de água pura na temperatura do produto (temperatura de bulbo úmido). O mecanismo de secagem neste período é semelhante ao da evaporação de água pura.

O período de taxa decrescente tem seu início no instante em que o material atinge o teor de umidade crítica (região 2). Neste ponto, o movimento do líquido do interior do sólido é insuficiente para manter a taxa de evaporação na superfície deste, que torna-se cada vez mais seca. A velocidade de secagem começa a decrescer e a temperatura do material tende assintoticamente à temperatura do ar. A secagem continua até que o produto atinja a umidade de equilíbrio, onde a pressão parcial do vapor na superfície deste sólido é igual à pressão do vapor na fase gasosa (STRUMILLO e KUDRA, 1986).

Na secagem de alimentos, muitas vezes, observa-se somente a região 2, principalmente devido às dificuldades que a água líquida dentro do produto encontra para alcançar a superfície. Os mecanismos de transporte de água em materiais alimentícios ainda não foram completamente esclarecidos, uma vez que os sistemas envolvidos como células, fibras, membranas, etc, são muito complexos (SARAVACOS e MAROULIS, 2001).

Segundo STRUMILLO e KUDRA (1986), a secagem a taxa decrescente é dividida em duas fases:

- *Primeira fase*: a água livre (fase líquida) presente no interior do produto é contínua, sem a presença de ar, e ocupa todos os poros do produto. O movimento de água do interior para a superfície ocorre por capilaridade e este mecanismo controla a velocidade de secagem.

- *Segunda fase*: a remoção de água da superfície de evaporação provoca a entrada de ar no interior do produto, que dá origem a bolsas de ar que ficam dispersas na fase líquida dentro dos poros. Nesta fase o escoamento capilar ocorre apenas em alguns pontos localizados.

### 2.5.1 Cinética de Secagem

Existem diversas teorias de secagem que tentam explicar os mecanismos de migração de umidade no interior dos sólidos durante o período de taxa decrescente, como também, a utilização de um grande número de modelos matemáticos para estimar as transferências simultâneas de calor e de massa envolvidas (PINTO e TOBINAGA, 1996).

O modelo de difusão líquida, segundo a Lei de Fick, tem apresentado bons resultados em aplicação tanto de alimentos de origem vegetal quanto animal, provavelmente, devido ao fato destes produtos não apresentarem um período de taxa constante nas curvas características de secagem (ARAUJO, 2000). Um dos primeiros a analisar o aspecto da difusão interna de água líquida na secagem foi LEWIS (1921), interpretando a secagem como fenômeno de difusão de água líquida. A relação fundamental é apresentada na equação (2.3) e assumindo volume constante, o que é uma abstração pois a água que evapora, na maioria dos casos de produtos alimentícios, é parte integrante da matriz estrutural.

$$\frac{dX}{dt} = -\nabla \cdot (D \cdot \nabla X) \quad (2.3)$$

Onde:

$X$ : umidade no tempo  $t$ , base seca

$t$ : tempo de secagem, s

$D$ : difusividade efetiva,  $m^2/s$

CRANK (1975) apresenta diversas soluções analíticas da equação de difusão para diferentes condições iniciais e de contorno, considerando a difusividade constante ou variando com a umidade. No entanto, estas soluções somente se aplicam a sólidos com formas geométricas simples e regulares, como esféricas, cilíndricas e placas planas infinitas ou paralelepípedo. Em sistemas de coordenadas retangulares, a equação de difusão pode ser escrita como:

$$\frac{\partial X}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( D_{ef} \frac{\partial X}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( D_{ef} \frac{\partial Y}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( D_{ef} \frac{\partial Z}{\partial z} \right) \quad (2.4)$$

Assumindo a forma geométrica de uma placa plana infinita, onde a transferência de umidade durante a secagem é predominantemente unidirecional e considerando a difusividade efetiva constante, a equação acima se reduz a:

$$\frac{\partial X}{\partial t} = D_{ef} \frac{\partial^2 X}{\partial y^2} \quad (2.5)$$

Processando a secagem pelas duas faces da placa plana infinita de espessura  $2l$ , expostas às mesmas condições atmosféricas constantes, desprezando o encolhimento do material durante a secagem e a resistência externa ao transporte de massa, e considerando que na interface a umidade seja a de equilíbrio constante, o valor médio volumétrico da solução analítica da equação (2.5) é (CRANK, 1975):

$$\frac{X_t - X_e}{X_o - X_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{(2i+1)^2} \exp \left[ - (2i+1)^2 \pi^2 D_{ef} \frac{t}{4l^2} \right] \quad (2.6)$$

Onde:

$X_t$  = umidade média no tempo  $t$  (kg água/kg massa seca);

$X_e$  = umidade de equilíbrio (kg água/kg massa seca);

$X_o$  = umidade inicial da amostra (kg água/kg massa seca);

$D_{ef}$  = difusividade efetiva ( $m^2/s$ );

$t$  = tempo (s);

$l$  = meia espessura (m).

Para as condições em que o tempo de secagem é longo e o adimensional de umidade é inferior a 0,6, os termos da equação (2.6) correspondentes a  $i > 1$  são desprezíveis (RAO e RIZVI, 1986; UDDIN *et al.*, 1990; HAWLADER *et al.*, 1991). Sob estas condições, tem-se que:

$$\ln \left( \frac{X_t - X_e}{X_o - X_e} \right) = \ln \left( \frac{8}{\pi^2} \right) - \frac{\pi^2 D_{ef} t}{4l^2} \quad (2.7)$$

e a difusividade efetiva pode ser obtida através da inclinação da reta no gráfico de  $\ln \left( \frac{X_t - X_e}{X_o - X_e} \right)$  versus  $t$ .

A utilização de modelos empíricos também tem sido feita para descrever a cinética de secagem de vários produtos. LEWIS (1921) apresentou um modelo exponencial que assume que a taxa de secagem é proporcional ao teor de água livre do material:

$$\frac{dX}{dt} = -K(X - X_e) \quad (2.8)$$

Onde:

$K$  = constante de secagem.

Outros modelos também têm sido empregados para ajustar os dados experimentais de secagem, entre eles estão duas modificações da Lei exponencial, na forma integrada. A equação (2.9) é similar à solução do Modelo de Fick para tempos de secagem longos quando apenas o primeiro termo da série for significativo. Segundo PINTO (1996) esta equação tem sido bastante utilizada para determinação de parâmetros de difusividade efetiva a partir da constante de secagem.

$$\left[ \frac{X_{(t)} - X_e}{X_o - X_e} \right] = a \exp(-Kt) \quad (2.9)$$

onde:

$a$  = parâmetro do modelo

A equação (2.10) é conhecida como o Modelo de Page (PAGE, 1949) e foi proposta para descrever a secagem do milho. Posteriormente, outros pesquisadores, como exemplo LY e MOREY (1988), PATHAK e AGRAWAL (1991), PINTO (1996), RIBEIRO (2000), ARAÚJO (2000), AZOUBEL (1999), EL-AOUAR (2001) aplicaram o modelo para estudar a cinética de secagem de outros produtos alimentícios, como pescados e frutas.

$$\left[ \frac{X_{(t)} - X_e}{X_o - X_e} \right] = \exp(-Kt^b) \quad (2.10)$$

Onde:

$b$  = parâmetro do modelo

## 2.5.2 Difusividade Efetiva de Umidade

A difusividade efetiva de umidade é uma importante propriedade de transporte, sendo útil na análise das operações de processamento de produtos alimentícios, como a secagem. Porém, devido à complexa composição e a estrutura física dos alimentos, não são conseguidas estimativas precisas desta propriedade, sendo assim necessárias medidas experimentais, como observado nos trabalhos de SARAVACOS *et al.* (1984, 1989).

As curvas de secagem são utilizadas para estimar as difusividades efetivas. A difusividade efetiva varia com a umidade, porém em muitos alimentos as curvas representativas sugerem uma difusão bimodal, isto é, dois valores distintos, para a difusividade efetiva como, por exemplo, músculos de peixe, conforme apresentado em TOBINAGA e PINTO (1992).

A temperatura e a umidade são as variáveis mais relevantes em comparação a outras que afetam a difusividade efetiva, mas sem deixar de mencionar algumas como: constituição química e física do produto, forma e tamanho as quais podem adequar-se ao modelo matemático que descreva o processo de difusão (BRENNAN e WANG, 1980).

Alguns autores, como VACCAREZZA *et al.*(1974), SUAREZ *et al.*(1980) e VAGENAS e MARINOUS-KOURIS (1991), concluíram que a temperatura exerce considerável influência sobre a velocidade de desidratação e, conseqüentemente, no modelo difusivo, afetando o valor da difusividade, e sua dependência se aproxima de uma Lei do tipo Arrhenius, expressa pela equação:

$$D_{ef} = A \exp\left[-\frac{E_a}{R(T + 273)}\right] \quad (2.11)$$

Onde:

$A$  = Constante da equação de Arrhenius

$E_a$  = Energia de ativação (KJ/mol)

$T$  = Temperatura (°C)

$R$  = Constante universal dos gases ( $8,314 \times 10^{-3}$  KJ/mol.K)

### 2.5.3 Umidade de Equilíbrio

A umidade que o produto alcança quando, deixado em contato com uma determinada condição atmosférica, por um longo tempo, é definida como umidade de equilíbrio (GUSTAFSON e HALL, 1974). Ela é particularmente importante na secagem porque representa o valor limite para uma dada condição de umidade relativa e temperatura (NOGUEIRA, 1991).

Segundo TREYBAL (1968) ao se colocar um material biológico exposto a uma certa umidade relativa, ocorre um fenômeno de transferência de massa no sentido de se alcançar um equilíbrio dinâmico entre a umidade do produto e de sua vizinhança . Tal fato acontece quando a pressão de vapor na superfície do material se iguala à do ar que o envolve.

Se um alimento for seco até uma umidade menor do que normalmente possui quando em equilíbrio com o ambiente, ele retornará ao seu equilíbrio na estocagem ou manipulação, se precauções não forem tomadas (CHEN e CHEN, 1974).

## 2.6 ATIVIDADE DE ÁGUA ( $a_w$ )

A água é um dos principais componentes dos alimentos e pode exercer diversas funções importantes para as suas características físico-químicas, tais como: solvente, componente adsorvido, plastificante e reagente (QUAST e TEIXEIRA NETO, 1975).

Vários alimentos com o mesmo teor de água diferem significativamente em perecibilidade. Isto é atribuído ao fato da água estar presente no alimento, porém, sem estar disponível para o crescimento de microrganismos e reações, já que está ligada aos constituintes sólidos do alimento e/ou apresentado mobilidade reduzida e não se comportando como água pura (RIBEIRO e SERAVALLI, 2004).

A atividade de água é uma das propriedades mais importantes para o processamento, conservação e armazenamento de alimentos. Ela quantifica o grau de ligação da água contida no produto e conseqüentemente sua disponibilidade para agir como um solvente e participar das transformações químicas, bioquímicas e microbiológicas (LABUZA, 1977).

A atividade de água ( $a_w$ ) é uma função termodinâmica que é definida pela razão entre a fugacidade da água na mistura ( $f_a$ ) e a fugacidade da água pura no estado padrão ( $f_a^0$ ), ambas à mesma temperatura. A fugacidade está relacionada com uma “pressão corrigida” e pode ser interpretada como a tendência da água líquida em escapar para o estado gasoso (GAL, 1972).

A intensidade e a taxa de deterioração dos alimentos podem ser relacionadas pela atividade de água ( $a_w$ ) (WOLF *et al.*, 1985), que é expressa como a relação entre a pressão de vapor da água no alimento ( $p_f$ ) e a pressão de vapor da água pura ( $p_o$ ) na mesma temperatura:

$$a_w = \frac{P_f}{P_o} \quad (2.12)$$

O valor máximo da atividade de água é 1, na água pura. Em concordância com este fato, a  $a_w$  de uma solução ou de um alimento é sempre inferior a unidade. Com a introdução do conceito de atividade de água, os alimentos passaram a ser classificados em alimentos de alta atividade, quando a atividade de água é maior que 0,90; atividade de água intermediária, na faixa de 0,90 a 0,60 e baixa atividade de água, quando  $a_w$  é menor que 0,60. A medida de atividade de água é de fundamental importância, uma vez que, por meio dela, podem ser previstas reações de oxidação de lipídios, escurecimento não-enzimático, atividade enzimática, desenvolvimento de microrganismos, assim como o comportamento de misturas de alimentos com diferentes atividades de água, e também escolher os sistemas adequados de sua embalagem (QUAST e TEIXEIRA NETO, 1975; TORREZAN *et al.*, 1997).

O conhecimento do valor da atividade de água é fundamental para avaliar os riscos microbiológicos e a estabilidade química e física dos alimentos (BEUCHAT, 1987; BOURNE, 1987). Os vários processos de desidratação têm como objetivo comum a redução da atividade de água para níveis inferiores a 0,60, uma vez que nestes níveis de atividade de água a maioria das reações de deterioração dos alimentos é desacelerada, com exceção da reação de oxidação de lipídios (TEIXEIRA NETO, 2001). Segundo JAYARAMAN e DAS GUPTA (1987) os microrganismos não podem crescer em alimentos desidratados quando a atividade de água é menor ou igual ao intervalo 0,6-0,7, mas outras reações enzimáticas ou não (oxidação de lipídios, escurecimento enzimático, etc) , que causam mudança de cor, *flavour* e estabilidade continuam atuando no processo de desidratação e armazenagem. A atividade de água tem sido um parâmetro usual para

predizer a deterioração do alimento ou para determinar o ponto final da secagem requerido para uma maior vida-de-prateleira do produto.

A Tabela 2.5 mostra a atividade de água mínima para o crescimento de bactérias patogênicas (pH e temperatura ótimos) de acordo com CHIRIFE e FAVETTO (1992).

**Tabela 2.5.** Atividade de água mínima para o crescimento de bactérias patogênicas (pH e temperatura ótimos)

<b>Bactéria patogênica</b>	<b>a<sub>w</sub></b>
<i>Campylobacter jejuni</i>	0,990
<i>Aeromonas hydrophila</i>	0,970
<i>Clostridium botulinum E</i>	0,970
<i>Clostridium botulinum G</i>	0,965
<i>Shigella spp.</i>	0,960
<i>Yersinia enterocolitica</i>	0,960
<i>Clostridium perfringens</i>	0,950
<i>Clostridium botulinum A e B</i>	0,945
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	0,940
<i>Salmonella spp.</i>	0,940
<i>Escherichia coli</i>	0,835
<i>Listeria monocytogenes</i>	0,930
<i>Bacillus cereus</i>	0,930
<i>Bacillus subtilis</i>	0,910
<i>Staphylococcus aureus (anaeróbio)</i>	0,910
<i>Staphylococcus aureus (aeróbio)</i>	0,860

Fonte: CHIRIFE e FAVETTO (1992)

Três classes gerais de compostos químicos têm sido usados habitualmente como depressores de atividade de água na produção de alimentos: polióis (propileno glicol, glicerol, sorbitol...), açúcares (sacarose, glicose, frutose...) e os sais minerais (cloreto de sódio, cloreto de potássio e lactato de sódio). Os polióis apresentam alta afinidade com a água, são solúveis, têm baixo peso molecular, porém são mais caros que os açúcares, conferem sabor amargo aos produtos e a adição de altas concentrações acarretam aumento da viscosidade (ANTUNES e CANHOS, 1983). Os cloretos de sódio e de potássio são os sais de uso mais antigo e ainda bastante utilizados como solutos.

## 2.7 OXIDAÇÃO DE LIPÍDIOS

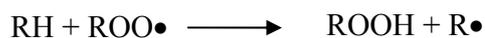
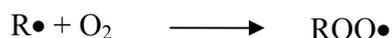
A oxidação de lipídios é um dos mecanismos primários de deterioração da qualidade em alimentos, especialmente em produtos cárneos, limitando sua estabilidade e aceitação (GRAY *et al.*, 1996). As alterações na qualidade destes produtos incluem deterioração do sabor, descoloração, destruição de nutrientes e formação de compostos tóxicos (KANNER, 1994). A mais notável destas alterações é a rancidez, definida como fator adverso de qualidade, promovida direta ou indiretamente por reações de lipídios, produzindo sabor e aroma indesejáveis ou propriedades funcionais inaceitáveis (ALLEN e HAMILTON, 1983).

Estas modificações nos produtos cárneos ocorrem em seus ácidos graxos, principalmente através de um mecanismo autocatalítico de “radicais livres”, chamado autoxidação, que envolve três etapas:

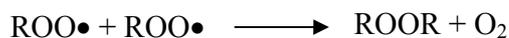
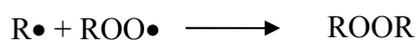
1ª etapa: *Iniciação*



2ª etapa: *Propagação*



3ª etapa: *Terminação*



Onde:

RH: ácido graxo insaturado

R• : radical livre

ROO•: radical peróxido

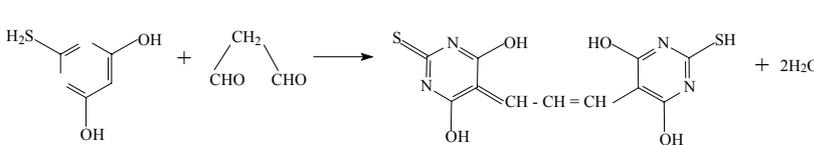
ROOH: hidroperóxido

Enquanto os produtos primários da rancidez oxidativa, os hidroperóxidos, são inodoros e insípidos, os seus produtos de decomposição, como aldeídos, cetonas, álcoois e hidrocarbonetos, normalmente contribuem para o desenvolvimento do sabor desagradável. A deterioração de lipídios, além de afetar o sabor, também resulta na destruição de ácidos graxos essenciais e de vitaminas lipossolúveis. Em adição, produtos de rancidez oxidativa podem possuir atividade tóxica, cancerígena ou mutagênica (SHAHIDI, 1995). Estes compostos também podem interagir com outros constituintes do alimento, causando alterações nutricionais e funcionais (SHERWIN, 1978).

Os metais podem promover a oxidação lipídica por facilitar a iniciação ou por promover a decomposição dos hidroperóxidos. O ferro, em algumas formas, promove a oxidação dos lipídios da carne. A mioglobina e a hemoglobina têm sido consideradas catalisadoras da reação (LOVE, 1987).

A extensão da oxidação dos lipídios pode ser medida por métodos químicos, sensoriais e instrumentais. O princípio de alguns métodos analíticos é apresentado na Tabela 2.6.

**Tabela 2.6** – Métodos analíticos para determinar o grau de oxidação de gorduras e óleos

Medida	Método	Princípio da Reação
Valor de ácido	Alcali	$R - CH_2 - COOH + KOH \rightarrow R - CH_2 - COOK + H_2O$
Valor de peróxido	Iodometria	$R - CH_2 - \underset{\text{OOH}}{\text{CH}} - CH = CH - + 2KI \rightarrow R - CH_2 - \underset{\text{OH}}{\text{CH}} - CH = CH - + I_2 + K_2O$ $I_2 + 2 Na_2S_2O_3 \rightarrow Na_2S_4O_6 + 2 NaI$
Valor de carbonil	2,4-DNHP  Hidroxilamina	$R - CHO + \text{NO}_2 - \text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)_2 - \text{NH} - \text{NH}_2 \rightarrow R - CH = N - \text{NH} - \text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)_2 + H_2O$ $R - CH = N - \text{NH} - \text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)_2 \rightarrow R - CH = N - N = \text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)_2 + \text{O}$ $R - CHO + H_2N - OH \rightarrow R - CH = N - OH$
Numero de TBA	Ácido tiobarbitúrico	

2,4-DNPH= 2,4 Dinitrofenilhidrazina, TBA= Ácido tiobarbitúrico. Fonte: NARITA, 1993.

O Malonaldeído, o produto de separação do endoperóxido de ácido graxo insaturado, é formado da reação com o ácido tiobarbitúrico e o produto de reação é medido fotometricamente a 532 nm. A análise de TBA não é muito específica quando muito pouco malonaldeído livre é formado durante o processo de peroxidação do lipídio (JADHAV *et al.*, 1996; JANERO e BURGHARDT, 1988; KOSUGI *et al.*, 1988).

De acordo com TORRES e OKANI (1997), mais importante que o teor lipídico de um alimento, é a forma como o mesmo se encontra, bem como sua possível participação em doenças crônico-degenerativas, pois o malonaldeído, além de outros produtos de oxidação lipídica, possui relação com a formação de câncer em seres humanos.

OGAWA *et al.* (1999) explicam que no pescado salgado a oxidação de lipídios é favorecida tendo em vista que, além de conterem muitos ácidos graxos poliinsaturados, a

presença do sal (cloreto de sódio) acelera esta reação. O processo de oxidação ocorre tanto durante a salga como no período de estocagem . Com a decomposição dos lipídios, são formados ácidos graxos de cadeia curta, compostos carbonílicos, etc., ocasionando odor desagradável e sabor adstringente ao pescado e rancificação do óleo.

Nos produtos secos, defumados, salgados, congelados, entre outros. elaborados a partir de peixes gordos, podem aparecer durante a estocagem coloração amarelada ou laranja-avermelhado na parte abdominal e nas guelras. Esta ocorrência chama-se “rusting” . A diferença entre rancificação e “rusting” é que no segundo ocorre , além da inferioridade do paladar e aroma, mudança na coloração (para marrom) do produto (OGAWA, 1999).

São inúmeras as conseqüências nutricionais da oxidação lipídica, dentre elas a destruição parcial dos ácidos graxos insaturados, linoléico e linolênico, destruição parcial de vitaminas lipossolúveis como a vitamina A, carotenóides e tocoferóis; destruição parcial da vitamina C; formação de produtos secundários da oxidação lipídica e compostos de Maillard, capazes de reagir com biomoléculas (especialmente proteínas), diminuindo a absorção destas; irritação da mucosa intestinal por peróxidos, entre outras (FERRARI, 1998).

Segundo MARUF *et al.* (1990) a oxidação de lipídios e o escurecimento associado do peixe salgado e seco alteram a cor e o sabor do produto e podem diminuir o valor nutricional da proteína.

## 2.8 COR

A cor de um alimento deve-se à presença de pigmentos naturais. Estes pigmentos são instáveis, participam de diferentes reações e, em função disto, a alteração de cor de um alimento é um indicador das alterações químicas e bioquímicas possíveis de ocorrer durante o processamento e estocagem (RIBEIRO e SERAVALLI, 2004).

Em geral, as várias espécies de pescado apresentam coloração própria do músculo, líquido corporal, vísceras e, sobretudo, da pele e couro. Esta diversificação de cor se deve à presença de vários pigmentos, tais como mioglobina, hemoglobina, bilinas, hemocianina, carotenóides, melaninas, etc (MAIA e OGAWA, 1999).

### 2.8.1 Cor Instrumental

A cor pode ser definida como a sensação visualizada por indivíduo quando a energia da luz correspondente ao espectro visível atinge a retina do olho. A região do espectro eletromagnético sensível ao olho humano situa-se na faixa de comprimento de onda ( $\lambda$ ) situa-se entre 390nm a 750nm (FRANCIS e CLYDESDALE, 1975).

A cor instrumental pode ser utilizada como parâmetro para estabelecimento de padrão de qualidade de um produto *in natura* ou processado (ALMEIDA, 1995; HUNG *et al.*, 1995; GIMENO *et al.*, 2000), ou ainda como fator de qualidade determinante da vida-de-prateleira de um produto, quando se estuda a sua variação com o tempo de estocagem (CHAI *et al.*, 1991; KAJUNA *et al.*, 1998; GONZÁLES *et al.*, 1999).

As cores referentes à faixa visível do espectro podem ser descritas subjetivamente, como por exemplo “vermelho”, e objetivamente, segundo o seu comprimento de onda. As cores vermelho, amarelo, verde e violeta, apresentam comprimentos de onda situados ao redor de 680nm, 575nm, 520nm e 450nm, respectivamente (FERREIRA, 1991).

Com o objetivo de normalizar a medição da cor, em 1931 a CIE (Commission Internationale de l’Eclairage) adotou os seguintes métodos para medição e especificação de cor: uso de fontes de luz-padrão definidas pela CIE, condições exatas para observação ou medição da cor, uso de unidades matemáticas apropriadas para expressar a cor e definição do observador-padrão (JIMÉNEZ e GUTIÉRREZ, 2001).

A medida da cor pode ser realizada através de espectrofotômetro, colorímetros triestímulos e colorímetros visuais. O espectrofotômetro é um instrumento que fornece a análise espectral das propriedades de reflectância e/ou transmitância de um objeto a cada comprimento de onda, e pode calcular indiretamente as informações psicofísicas (colorimetria). O colorímetro triestímulo é um instrumento que proporciona medições correlatas à percepção do olho humano através dos valores triestímulos (XYZ, L a b, etc). Os colorímetros visuais são de dois tipos: aditivos e subtrativos. Os colorímetros visuais aditivos baseiam-se na adição das três cores primárias (vermelho, verde e azul) para formar quaisquer cores; enquanto, os colorímetros visuais subtrativos envolvem a remoção de partes do espectro visível através de filtros com as cores primárias (HUNTER e HAROLD, 1981).

Em 1976, a CIE recomendou o uso da escala de cor CIE  $L^*a^*b^*$ , ou CIELAB (Figura 2.5). O máximo valor de  $L^*$  (luminosidade) é 100, e representa uma perfeita reflexão difusa, enquanto que o valor mínimo é zero e constitui o preto. Os eixos  $a^*$  e  $b^*$  não apresentam limites numéricos específicos. A coordenada  $a^*$  varia do vermelho ( $+a^*$ ) ao verde ( $-a^*$ ), e a coordenada  $b^*$  do amarelo ( $+b^*$ ) ao azul ( $-b^*$ ). Os valores delta ( $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  e  $\Delta b^*$ ) indicam o quanto a amostra diferiu do padrão para  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , e são frequentemente utilizados no controle de qualidade e ajustes de formulação, além de serem utilizados para o cálculo da diferença total de cor ( $\Delta E^*$ ) (HUNTERLAB, 1996).

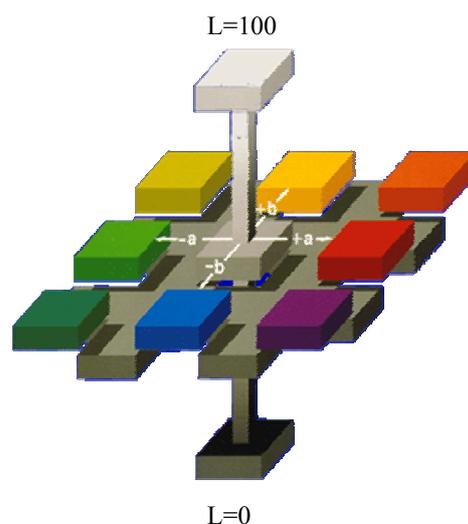


Figura 2.5 - Espaço de cor CIELAB (sistema de cores Hunter).

Vários trabalhos utilizam o sistema de cores Hunter para a descrição da cor instrumental. ARCHANA *et al.* (1995) estudaram os efeitos do processamento térmico nas cores da beterraba, cenoura e tomate. FERREIRA *et al.* (1999) apresentam o mesmo estudo da degradação da cor de urucum. Na secagem de amendoim desidratado osmoticamente em solução de sacarose, ERTEKIN e CAKALOZ (1996) observaram uma cor do produto final mais atrativa e melhorias em outras características como aroma e textura.

## 2.9 ANÁLISE SENSORIAL

A análise sensorial é um dos métodos mais utilizados no controle de qualidade nas indústrias de pescado, pela sua rapidez no julgamento e facilidade de execução. Nenhum equipamento é necessário e várias amostras podem ser avaliadas ao mesmo tempo. É exercida em diferentes situações: na recepção da matéria-prima, durante o processamento e no produto acabado (RUIVO, 1988 e RABELO, 1988).

Os testes sensoriais utilizam os órgãos dos sentidos humanos como "instrumentos" de medida e devem ser incluídos como garantia de qualidade de alimentos por ser uma medida multidimensional integrada e possuir importantes vantagens como, por exemplo, determinar a aceitação de um produto por parte dos consumidores (CARDELLO e CARDELLO, 1998).

A análise sensorial é um campo muito importante na indústria de alimentos, pois contribui direta ou indiretamente para inúmeras atividades, como desenvolvimento de novos produtos, controle de qualidade, reformulação e redução de custos de produtos, relações entre condições de processo, ingredientes, aspectos analíticos e sensoriais. No teste sensorial é muito importante a padronização das amostras. Muitas vezes o atributo que se pretende avaliar é influenciado por outros fatores, como a quantidade de amostra e a cor do produto (PAL *et al.*, 1985).

Os métodos de avaliação sensorial podem ser divididos em métodos discriminativos ou métodos de diferenças, métodos descritivos ou métodos analíticos e métodos afetivos ou métodos subjetivos (DUTCOSKY, 1996).

Os testes afetivos são utilizados quando se necessita conhecer o "status afetivo" dos consumidores com relação ao(s) produto(s), e para isso são utilizadas escalas hedônicas. (FERREIRA, 2000). MEILLGAARD *et al.* (1999) citam que os métodos afetivos avaliam a resposta pessoal do indivíduo, sua preferência ou não em relação a um produto ou a uma característica específica. Os testes afetivos medem o grau com que o consumidor gosta ou desgosta de um produto e qual sua preferência por um produto ao invés de outro.

## 2.10 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

A falta de um planejamento experimental muitas vezes é a causa do insucesso de uma investigação, sendo raros os pesquisadores que pensam em estatística antes de realizar seus experimentos. Através de planejamentos experimentais baseados em princípios estatísticos pode-se extrair do sistema em estudo o máximo de informação útil, fazendo o mínimo de experimentos (BARROS NETO *et al.*, 2001).

A essência de um bom planejamento consiste em projetar um experimento de forma que ele seja capaz de fornecer exatamente o tipo de informação que procuramos. Para isso, é preciso definir claramente que objetivo se pretende alcançar com os experimentos, porque isso determinará que tipo de planejamento experimental deve ser utilizado. Quando se deseja fazer uma triagem inicial dos fatores, é vantajoso começar pela execução de planejamentos fatoriais fracionários. Esses planejamentos são extremamente econômicos e podem ser usados para estudar vinte ou mais fatores experimentais ao mesmo tempo. Os planejamentos fatoriais completos avaliam quantitativamente a influência das variáveis sobre a resposta de interesse, bem com suas possíveis interações. Quando o objetivo principal do pesquisador é otimizar o seu sistema, isto é, maximizar ou minimizar algum tipo de resposta, utiliza-se a metodologia da superfície de resposta (BARROS NETO *et al.*, 2001).

A metodologia de superfície de resposta foi amplamente e efetivamente utilizada em investigações industriais e outros processos para melhoria e/ou desenvolvimento nutricional de produtos devido a sua utilidade prática na otimização dos mesmos (DRAPER & LIN, 1990; FICHTATI *et al.*, 1990; FLOROS & CHINNAN, 1988). Esta metodologia pressupõe o uso de planejamentos experimentais com o objetivo de investigar e estudar sobre a forma funcional dos processos ou sistemas que envolvem uma ou mais respostas que são influenciadas por vários fatores ou variáveis independentes (CORZO e GOMEZ, 2004). Um apropriado planejamento experimental é fundamental para habilitar um investigador a explorar o processo em estudo e encontrar através da otimização, o máximo ou o mínimo, se estes existirem, ou determinar a região, dentro do espaço total dos fatores, que seja a condição operacional desejável (MYERS, 1971).

A metodologia de superfície de resposta, do inglês *Response Surface Methodology* (RSM) é uma técnica de análise de processos baseada no emprego de planejamentos fatoriais, cujo principal atrativo é a redução do número de ensaios necessários para se avaliar a influência de determinadas variáveis na resposta em estudo, além de fornecer resultados melhores dos que os obtidos pela análise de uma variável tradicional, que além de necessitar uma maior quantidade de experimentos, não fornece as interações que podem existir entre as variáveis (BOX *et al.*, 1978).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. MATERIAL

##### 3.1.1. Matéria- prima

Foi utilizado peixe da espécie mapará (*Hypophthalmus edentatus*) da EDIFRIGO Comercial Industrial (Santarém – Pará).

As espécies, oriundas do estado do Pará, foram trazidas a Campinas, previamente lavadas (com água clorada), evisceradas, embaladas em sacos plásticos e congeladas a -18°C.

##### 3.1.2. Equipamentos

- Balança analítica digital BOSH (Modelo SAE200), precisão de 0,0001.
- Incubadora refrigerada “shaker” da marca TECNAL (modelo TE – 421), com controle de agitação e temperatura.
- Estufa à vácuo da marca SUPRILAB, modelo EST 920).
- Fritadeira com controle de temperatura, marca FRITANELLA WALITTA.
- Secador de bandejas pertencente ao Laboratório de Secagem (FEAGRI/UNICAMP) (ver Figura 3.2), constituído por um compartimento de secagem, sistema de aquecimento constituído de resistências elétricas e um sistema de ventilação com escoamento forçado por um ventilador axial acionado por um motor de 0,75kW, 220V, trifásico, 3450rpm.

## 3.2. MÉTODOS

### 3.2.1 Análise Microbiológica da matéria-prima

A avaliação da qualidade microbiológica foi efetuada adotando-se o procedimento de VANDERZANT e SPLITTOESSER (1992).

Foram realizadas as seguintes análises microbiológicas para o pescado “*in natura*” de acordo com a Resolução – RDC nº12, de 02 de janeiro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, de acordo com a metodologia do FDA. Sendo consideradas *amostras representativas* (Apêndice A):

- Detecção de *Salmonella*;
- Contagem de *Staphylococcus aureus*.

Como a matéria-prima foi manipulada antes de chegar a Campinas, foi realizada a análise de Coliformes fecais de acordo com a Portaria 451 de 19/09/1997 do MINISTÉRIO DA SAÚDE, para verificar a sanidade do lote recebido.

### 3.2.2. Análises físicas e químicas da matéria-prima

#### 3.2.2.1. Análise física

Foi realizada com um lote de 25 peixes eviscerados da EDIFRIGO (*Fast fish*). Foram verificados o comprimento, a largura, a espessura com auxílio de trena e paquímetro, e o peso das amostras em balança analítica.

### 3.2.2.2. Análises químicas

Foram realizadas em triplicata de acordo com os procedimentos descritos a seguir:

- Umidade: pesou-se 1g da amostra em cadinho de alumínio, previamente tarado. O conjunto de cadinho e amostra foi colocado em estufa a vácuo a 70°C e 660mmHg, até peso constante, de acordo com a metodologia da AOAC (1995).
- Cinzas: determinada por incineração da matéria orgânica, em forno mufla a 550°C, até peso constante, de acordo com a AOAC (1995).
- Proteínas: mediante a determinação do nitrogênio total, pelo método Kjeldahl. Neste método, determina-se o conteúdo de nitrogênio na matéria orgânica, incluindo o nitrogênio proteico propriamente dito e outros compostos nitrogenados não proteicos, tais como aminas, aminoácidos, entre outros. Neste caso, o resultado foi expresso em proteína bruta ou total, utilizando para o cálculo o fator 6,25 (AOAC,1995).
- Lipídios: determinado pelo método de BLIGH e DYER (1959), utilizando clorofórmio e metanol como solvente, sendo posteriormente colocadas em estufa com circulação forçada a 100°C, até peso constante conforme metodologia da AOAC (1995).

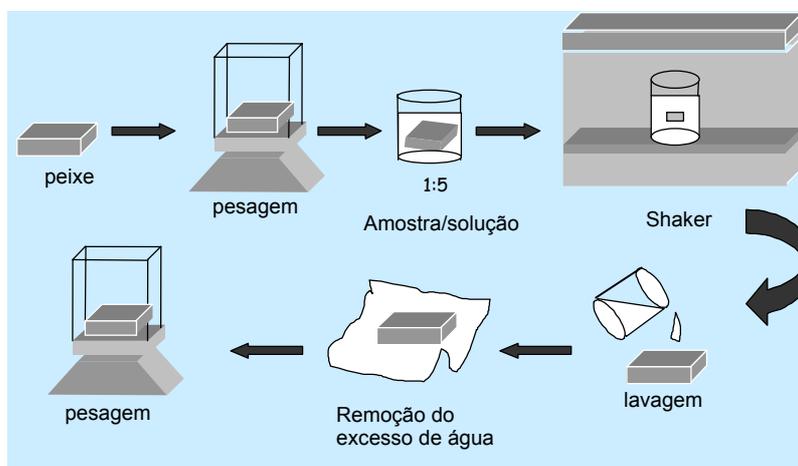
### **3.2.3. Obtenção das amostras**

As amostras foram obtidas com o auxílio de um cortador de aço inox, desenvolvido para se obter placas de 3cm de comprimento e 2cm de largura. Após a obtenção das placas as amostras eram submetidas a um novo corte, em cortador também projetado para este fim, com o objetivo de se obter placas com uma espessura de 0,5cm.

### 3.2.4. Desidratação osmótica

A matéria-prima, devidamente cortada na geometria de placa plana, foi pesada e colocada em béquer de vidro de 600mL, contendo solução aquecida à temperatura de processo. A relação amostra/solução de 1:5 foi utilizada para garantir a concentração constante da solução osmótica. O conjunto amostra-solução desidratante foi então levado à incubadora refrigerada e mantida na temperatura de estudo. Foi adotada uma agitação constante de 80rpm, pois esta agitação provia uma movimentação satisfatória da amostra dentro da solução sem que a mesma sofresse impacto com as paredes do béquer.

As amostras, depois de um tempo pré-estabelecido pelo planejamento experimental, foram retiradas do “shaker”, lavadas com água destilada para retirar o excesso da solução, depois envolvidas em papel absorvente para remoção do excesso de água, e foram novamente pesadas. O fluxograma das etapas realizadas no processo de desidratação osmótica é apresentado na Figura 3.1.



**Figura 3.1** – Etapas do processo de desidratação osmótica.

A desidratação osmótica foi realizada utilizando-se três agentes desidratantes: NaCl, sacarose comercial e xarope de milho MOR-REX®1940 (Corn Products Brasil). As especificações e composição do xarope de milho estão apresentadas na Tabela 3.1.

**Tabela 3.1** – Especificações e composição do xarope de milho MOR-REX® 1940.

Características físico-químicas	Mínimo	Máximo
Umidade (%)	-	5,0
Dextrose equivalente	38	40
pH	4,5	5,5
Composição aproximada em açúcares (% base seca)		
Dextrose	15	
Maltose	12	
Outros açúcares	73	

### 3.2.5. Planejamento Experimental

O planejamento experimental foi utilizado para avaliar o processo de desidratação osmótica de mapará em soluções binária de água + NaCl, e ternárias de água + NaCl + sacarose e água + NaCl + xarope de milho. Foi estudada a influência dos fatores temperatura, concentração da solução e tempo de processo sobre as respostas de perda de peso, perda de água, ganho de sólidos, TBA (número de ácido tiobarbitúrico) GS/PA (ganho de sólidos / perda de água) e atividade de água.

Para a desidratação osmótica com solução binária utilizando NaCl, foi realizado um planejamento fatorial completo  $2^3$ , com pontos centrais (nível 0) e pontos axiais (níveis  $\pm \alpha$ ). Desta forma, cada fator foi estudado em 5 níveis diferentes (KHURI e CORNELL, 1996) conforme mostrado na Tabela 3.2. Os pontos centrais servem para estimar o erro experimental e determinar a precisão da equação polinomial. Os pontos axiais ( $\pm \alpha$ ) são utilizados para a ampliação do modelo linear, tornando-o quadrático. O valor de  $\alpha$  é função do número de variáveis independentes (k), sendo definido pela equação 3.1 (BARROS NETO *et al.*, 2001).

$$\alpha = (2^k)^{1/4} \quad (3.1)$$

Como são três variáveis independentes, o valor de  $\alpha$  é 1,6818.

**Tabela 3.2** – Definição dos níveis das três variáveis estudadas na desidratação osmótica de mapará utilizando solução de NaCl.

Fatores	-1,68 (-α)	-1	0	+1	+1,68 (+α)
Temperatura (°C) – X1	23	30	40	50	57
Concentração da solução (%) – X2	20	21	23	25	26
Tempo de imersão (h) – X3	4	6	9	12	14

O planejamento requer a execução de um número mínimo de experimentos. No estudo da desidratação osmótica com solução de NaCl, foram realizados 17 ensaios (Tabela 3.3), sendo oito fatoriais (combinação entre os níveis ±1), três centrais (três variáveis no nível 0) e seis axiais (uma variável no nível ±α e duas em nível 0) gerando um modelo quadrático, onde o valor das variáveis dependentes (perda de peso (PP), perda de água (PA), ganho de sólidos (GS), TBA, GS/PA e atividade de água (a<sub>w</sub>)) é função das variáveis independentes (temperatura, concentração de NaCl e tempo de imersão), conforme descreve a equação abaixo:

$$Y = f(T, C, t) = \beta_0 + \beta_1 T + \beta_{11} T^2 + \beta_2 C + \beta_{22} C^2 + \beta_3 t + \beta_{33} t^2 + \beta_{12} TC + \beta_{13} Tt + \beta_{23} Ct \quad (3.2)$$

**Tabela 3.3** – Planejamento experimental da desidratação osmótica utilizando solução binária de NaCl

	Codificado			Real		
	T (°C)	C (%)	t (h)	T (°C)	Conc. de NaCl (%)	t (h)
1	-1	-1	-1	30	21	6
2	+1	-1	-1	50	21	6
3	-1	+1	-1	30	25	6
4	+1	+1	-1	50	25	6
5	-1	-1	+1	30	21	12
6	+1	-1	+1	50	21	12
7	-1	+1	+1	30	25	12
8	+1	+1	+1	50	25	12
9	-α	0	0	23	23	9
10	+α	0	0	57	23	9
11	0	-α	0	40	20	9
12	0	+α	0	40	26	9
13	0	0	-α	40	23	4
14	0	0	+α	40	23	14
15	0	0	0	40	23	9
16	0	0	0	40	23	9
17	0	0	0	40	23	9

Como nem sempre os coeficientes mostrados na equação (3.2) são estatisticamente significativos, foi necessário realizar uma análise estatística apropriada para assegurar a validade destes coeficientes dentro de um nível de confiança estabelecido (p).

Após a análise estatística dos coeficientes, uma análise de variância (ANOVA), que consiste na avaliação do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e do teste F, verificando desta maneira se o modelo representa um grau de ajuste adequado aos dados experimentais.

Para a desidratação osmótica, com soluções ternárias utilizando NaCl + sacarose e NaCl + xarope de milho foi utilizado primeiramente um planejamento fracionário  $2^{4-1}$  (com oito pontos fatoriais e três pontos centrais (nível 0) totalizando 11 experimentos) para avaliar a significância dos fatores estudados (temperatura, concentração de sal, concentração de açúcar e tempo de processo) em relação à perda de água e ganho de sólidos. A Tabela 3.4 mostra os três níveis estudados para cada variável e a Tabela 3.5 mostra o planejamento fracionário.

**Tabela 3.4** – Definição dos níveis das quatro variáveis estudadas na desidratação osmótica de mapará utilizando soluções ternárias

<i>Fatores</i>	<i>-1</i>	<i>0</i>	<i>+1</i>
Temperatura (°C) – X1	30	40	50
Concentração de sal (%) – X2	12	13	14
Concentração de açúcar (%) – X3	30	35	40
Tempo de imersão (h) – X4	6	9	12

**Tabela 3.5** – Planejamento fracionário para a desidratação osmótica em soluções ternárias

	<i>Codificado</i>				<i>Real</i>			
	T (°C)	NaCl (%)	Açúcar (%)	t (h)	T (°C)	NaCl (%)	Açúcar (%)	t (h)
1	-1	-1	-1	-1	30	12	30	6
2	+1	-1	-1	+1	50	12	30	12
3	-1	+1	-1	+1	30	14	30	12
4	+1	+1	-1	-1	50	14	30	6
5	-1	-1	+1	+1	30	12	40	12
6	+1	-1	+1	-1	50	12	40	6
7	-1	+1	+1	-1	30	14	40	6
8	+1	+1	+1	+1	50	14	40	12
9	0	0	0	0	40	13	35	9
10	0	0	0	0	40	13	35	9
11	0	0	0	0	40	13	35	9

Após a exclusão dos efeitos não significativos, realizou-se um planejamento completo para cada solução ternária, onde foi estudada a influência dos fatores significativos sobre as respostas de perda de peso, perda de água, ganho de sólidos, TBA, GS/PA e atividade de água.

### 3.2.6 Otimização

A otimização do processo osmótico dos filés de mapará teve como objetivo manter as características iniciais do pescado “*in natura*”, utilizando temperatura, concentração da solução e tempo de desidratação que não provocassem muitas alterações na estrutura do material.

A melhor condição de processamento de desidratação, como pré-tratamento de secagem, foi determinada utilizando Metodologia de Superfície de Resposta (RSM), realizando a sobreposição dos gráficos de GS/PA e TBA para maximizar a perda de água e minimizar o ganho de sólidos e TBA.

### 3.2.7 Secagem

As amostras “*in natura*” e a melhor condição de desidratação osmótica, para as três soluções de NaCl, NaCl + sacarose e NaCl + xarope de milho, foram submetidas ao processo de secagem até alcançar massa constante. As variáveis de processo de secagem foram temperatura (40, 50 e 60°C) medida através de termopares, que foram registradas no indicador de temperatura OIPE (Modelo CSE8) e velocidade do ar de secagem (1,5m/s) medida através de anemômetro digital (Modelo LCA 6000 AIR FLOW Co). A cinética de secagem foi estudada de acordo com o item 2.5.1. A Figura 3.2 mostra o secador utilizado no processo.

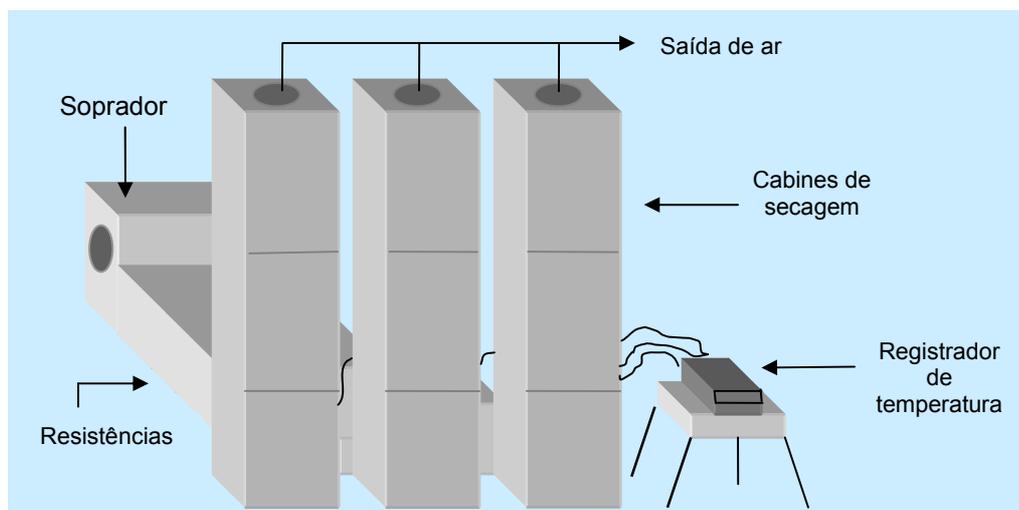


Figura 3.2 – Esquema do secador de bandejas utilizado nos experimentos

### 3.2.8 Análises físico-químicas do produto

As análises foram realizadas em triplicata de acordo com os procedimentos descritos a seguir:

#### 3.2.8.1. Após desidratação osmótica

- *Número de ácido tiobarbitúrico (TBA)*: foi determinado de acordo com a metodologia de TARLADGIS *et al.* (1960). Os destilados obtidos foram submetidos à reação de cor com ácido 2-tiobarbitúrico e lidos em espectrofotômetro a 532nm.
- *Atividade de água ( $a_w$ )*: foi realizada utilizando aparelho analisador de atividade de água, Decagon, série 3TE, que aplica o princípio do ponto de orvalho, onde a água é condensada em superfície espelhada e fria e detectada por sensor infravermelho

### 3.2.8.2. Após secagem

- *Açúcares totais*: de acordo com o método de Munson & Walker (AOAC, 1995), que consiste na redução do cobre presente na solução de Fehling através de açúcar invertido. O conteúdo de açúcar foi estimado pelo volume de solução de açúcar necessário para reduzir completamente a solução de Fehling de volume conhecido.
- *Determinação de cloretos*: foi determinado através da quantificação de íons Cl<sup>-</sup>, seguindo o método de titulação direta com AgNO<sub>3</sub>, utilizando K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> como indicador segundo Método de Mohr (AOAC, 1995);
- *Número de ácido tiobarbitúrico (TBA)*: conforme descrito no item 3.2.8.1
- *Atividade de água (a<sub>w</sub>)*: conforme descrito no item 3.2.8.1
- *Determinação de cor*: foi realizada em equipamento espectrofotômetro para cor Colorquest II (Hunter Lab), com sistema de cor Cielab, calibrado previamente, operando com iluminante D65, ângulo 10° no modo RSIN, no espaço CIE (Comission Internacionale de L'Eclairage) **L\***, **a\***, **b\***, onde:

- **L\***: luminosidade

- **a\***: intensidade de cor vermelha

- **b\***: intensidade de cor amarela

A diferença total de cor ( $\Delta E^*$ ) foi calculada de acordo com a equação (3.3):

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (3.3)$$

O valor de croma C\* foi calculado de acordo com a equação (3.4)

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (3.4)$$

### 3.2.9 Análise Sensorial

Os produtos resultantes da secagem do mapará até 40% de umidade foram avaliados sensorialmente através do Teste de Aceitabilidade. Estes pescados foram imersos em água à temperatura ambiente por 2 horas antes do processamento.

Como não há na literatura metodologia específica para a realização de análise sensorial de peixe desidratado e seco, fez-se necessário a elaboração de uma padronização específica para avaliação das amostras.

Foram elaborados bolinhos de peixe com as amostras desidratadas e secas, e também com a amostra “*in natura*”, com o mínimo de ingredientes possíveis, tendo como objetivo não mascarar o sabor do peixe. Optou-se em trabalhar com este produto, depois de fazer uma pesquisa em vários restaurantes e verificar que o bolinho de peixe era um produto que, além de não sofrer muita interferência no sabor, tinha uma boa aceitação pelos consumidores.

Os ingredientes utilizados na formulação do bolinho de peixe mapará estão descritos na Tabela 3.6.

**Tabela 3.6** - Ingredientes utilizados na formulação do bolinho de peixe mapará

<b>Ingredientes</b>	<b>%</b>
Carne de pescado	49,7
Batata cozida amassada	49,7
Cebola desidratada	0,4
Alho desidratado	0,2

*\*Nas amostras “in natura” foi adicionado 4% de NaCl (p/p)*

As amostras foram envolvidas em camadas de farinha de rosca, clara de ovo e novamente farinha de rosca e, posteriormente, foram embaladas em filme plástico e refrigeradas até o momento da análise.

Os bolinhos foram fritos à 180°C, em uma fritadeira marca FRITANELLA WALITTA com registrador de temperatura por 2,15 minutos (tempo e temperatura determinados a partir de testes preliminares).

A análise foi realizada por uma equipe de 25 provadores não treinados, de ambos os sexos, com idade variando de 20 a 60 anos, onde foram avaliadas as características sensoriais do produto. O método de aceitabilidade consiste de uma escala hedônica não estruturada, que varia de “desgostei extremamente” (1) até “gostei extremamente” (9) de acordo com a Ficha 1 (Apêndice E). Cada julgador tinha que avaliar, para cada amostra, os atributos aparência, aroma, sabor, textura e impressão global, e também indicar sua intenção de compra diante de cada amostra avaliada, em uma escala de cinco pontos que variava de “certamente não compraria” (1) a “certamente compraria” (5).

De acordo com o procedimento experimental, cada provador recebeu uma amostra codificada de cada vez (apresentação monádica) juntamente com a ficha de avaliação. As amostras foram servidas em pratos brancos de plástico, à temperatura de aproximadamente 40-45°C.

### **3.2.10 Análise de dados**

Para a análise dos dados experimentais obtidos no processo de desidratação osmótica, bem como elaboração dos modelos, foi utilizado o software STATISTICA 5.0 (STATSOFT, 1997). Foi considerado preditivo o modelo que apresentou regressão significativa e falta de ajuste não significativa com confiança de 95%, e alto valor do coeficiente de determinação  $R^2$ .

Foram calculados os desvios relativos para cada ensaio somente para modelos que apresentavam falta de ajuste significativa com confiança de 95%, através da equação 3.5:

$$\text{Desvio relativo (\%)} = \left( \frac{V_{\text{exp}} - V_{\text{pred}}}{V_{\text{exp}}} \right) \times 100 \quad (3.5)$$

$V_{\text{exp}}$  = valor experimental

$V_{\text{pred}}$  = valor predito pelo modelo

Os ajustes dos modelos das curvas de cinética de secagem foram realizados através de regressão linear e não linear utilizando o mesmo software (STATISTICA 5.0). Para a escolha dos melhores ajustes foi utilizado como critério os valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) entre os valores experimentais e os valores preditos pelos modelos e o módulo do desvio relativo médio (P), cuja definição encontra-se descrita pela equação 3.6 (LOMAURO *et al.*, 1985):

$$P = \frac{100}{N} \sum_{n=1}^N \left[ \frac{V_{\text{exp}} - V_{\text{pred}}}{V_{\text{exp}}} \right] \quad (3.6)$$

P = desvio relativo médio (%)

N = número de pontos experimentais

Para os resultados da análise sensorial foi realizada uma análise de variância (ANOVA), com objetivo de verificar se houve diferença significativa entre as amostras em relação aos atributos, com 95% de confiança.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. MATERIAL

##### 3.1.1. Matéria- prima

Foi utilizado peixe da espécie mapará (*Hypophthalmus edentatus*) da EDIFRIGO Comercial Industrial (Santarém – Pará).

As espécies, oriundas do estado do Pará, foram trazidas a Campinas, previamente lavadas (com água clorada), evisceradas, embaladas em sacos plásticos e congeladas a -18°C.

##### 3.1.2. Equipamentos

- Balança analítica digital BOSH (Modelo SAE200), precisão de 0,0001.
- Incubadora refrigerada “shaker” da marca TECNAL (modelo TE – 421), com controle de agitação e temperatura.
- Estufa à vácuo da marca SUPRILAB, modelo EST 920).
- Fritadeira com controle de temperatura, marca FRITANELLA WALITTA.
- Secador de bandejas pertencente ao Laboratório de Secagem (FEAGRI/UNICAMP) (ver Figura 3.2), constituído por um compartimento de secagem, sistema de aquecimento constituído de resistências elétricas e um sistema de ventilação com escoamento forçado por um ventilador axial acionado por um motor de 0,75kW, 220V, trifásico, 3450rpm.

## 3.2. MÉTODOS

### 3.2.1 Análise Microbiológica da matéria-prima

A avaliação da qualidade microbiológica foi efetuada adotando-se o procedimento de VANDERZANT e SPLITTOESSER (1992).

Foram realizadas as seguintes análises microbiológicas para o pescado “*in natura*” de acordo com a Resolução – RDC nº12, de 02 de janeiro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, de acordo com a metodologia do FDA. Sendo consideradas *amostras representativas* (Apêndice A):

- Detecção de *Salmonella*;
- Contagem de *Staphylococcus aureus*.

Como a matéria-prima foi manipulada antes de chegar a Campinas, foi realizada a análise de Coliformes fecais de acordo com a Portaria 451 de 19/09/1997 do MINISTÉRIO DA SAÚDE, para verificar a sanidade do lote recebido.

### 3.2.2. Análises físicas e químicas da matéria-prima

#### 3.2.2.1. Análise física

Foi realizada com um lote de 25 peixes eviscerados da EDIFRIGO (*Fast fish*). Foram verificados o comprimento, a largura, a espessura com auxílio de trena e paquímetro, e o peso das amostras em balança analítica.

### 3.2.2.2. Análises químicas

Foram realizadas em triplicata de acordo com os procedimentos descritos a seguir:

- Umidade: pesou-se 1g da amostra em cadinho de alumínio, previamente tarado. O conjunto de cadinho e amostra foi colocado em estufa a vácuo a 70°C e 660mmHg, até peso constante, de acordo com a metodologia da AOAC (1995).
- Cinzas: determinada por incineração da matéria orgânica, em forno mufla a 550°C, até peso constante, de acordo com a AOAC (1995).
- Proteínas: mediante a determinação do nitrogênio total, pelo método Kjeldahl. Neste método, determina-se o conteúdo de nitrogênio na matéria orgânica, incluindo o nitrogênio proteico propriamente dito e outros compostos nitrogenados não proteicos, tais como aminas, aminoácidos, entre outros. Neste caso, o resultado foi expresso em proteína bruta ou total, utilizando para o cálculo o fator 6,25 (AOAC,1995).
- Lipídios: determinado pelo método de BLIGH e DYER (1959), utilizando clorofórmio e metanol como solvente, sendo posteriormente colocadas em estufa com circulação forçada a 100°C, até peso constante conforme metodologia da AOAC (1995).

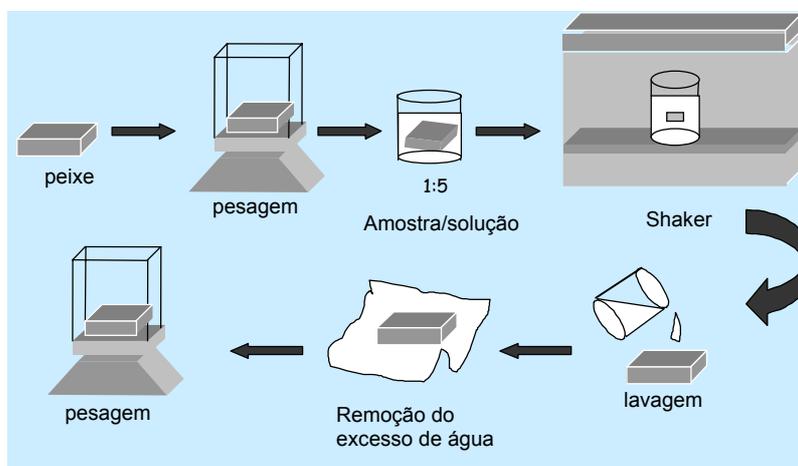
### **3.2.3. Obtenção das amostras**

As amostras foram obtidas com o auxílio de um cortador de aço inox, desenvolvido para se obter placas de 3cm de comprimento e 2cm de largura. Após a obtenção das placas as amostras eram submetidas a um novo corte, em cortador também projetado para este fim, com o objetivo de se obter placas com uma espessura de 0,5cm.

### 3.2.4. Desidratação osmótica

A matéria-prima, devidamente cortada na geometria de placa plana, foi pesada e colocada em béquer de vidro de 600mL, contendo solução aquecida à temperatura de processo. A relação amostra/solução de 1:5 foi utilizada para garantir a concentração constante da solução osmótica. O conjunto amostra-solução desidratante foi então levado à incubadora refrigerada e mantida na temperatura de estudo. Foi adotada uma agitação constante de 80rpm, pois esta agitação provia uma movimentação satisfatória da amostra dentro da solução sem que a mesma sofresse impacto com as paredes do béquer.

As amostras, depois de um tempo pré-estabelecido pelo planejamento experimental, foram retiradas do “shaker”, lavadas com água destilada para retirar o excesso da solução, depois envolvidas em papel absorvente para remoção do excesso de água, e foram novamente pesadas. O fluxograma das etapas realizadas no processo de desidratação osmótica é apresentado na Figura 3.1.



**Figura 3.1** – Etapas do processo de desidratação osmótica.

A desidratação osmótica foi realizada utilizando-se três agentes desidratantes: NaCl, sacarose comercial e xarope de milho MOR-REX®1940 (Corn Products Brasil). As especificações e composição do xarope de milho estão apresentadas na Tabela 3.1.

**Tabela 3.1** – Especificações e composição do xarope de milho MOR-REX® 1940.

Características físico-químicas	Mínimo	Máximo
Umidade (%)	-	5,0
Dextrose equivalente	38	40
pH	4,5	5,5
Composição aproximada em açúcares (% base seca)		
Dextrose	15	
Maltose	12	
Outros açúcares	73	

### 3.2.5. Planejamento Experimental

O planejamento experimental foi utilizado para avaliar o processo de desidratação osmótica de mapará em soluções binária de água + NaCl, e ternárias de água + NaCl + sacarose e água + NaCl + xarope de milho. Foi estudada a influência dos fatores temperatura, concentração da solução e tempo de processo sobre as respostas de perda de peso, perda de água, ganho de sólidos, TBA (número de ácido tiobarbitúrico) GS/PA (ganho de sólidos / perda de água) e atividade de água.

Para a desidratação osmótica com solução binária utilizando NaCl, foi realizado um planejamento fatorial completo  $2^3$ , com pontos centrais (nível 0) e pontos axiais (níveis  $\pm \alpha$ ). Desta forma, cada fator foi estudado em 5 níveis diferentes (KHURI e CORNELL, 1996) conforme mostrado na Tabela 3.2. Os pontos centrais servem para estimar o erro experimental e determinar a precisão da equação polinomial. Os pontos axiais ( $\pm \alpha$ ) são utilizados para a ampliação do modelo linear, tornando-o quadrático. O valor de  $\alpha$  é função do número de variáveis independentes (k), sendo definido pela equação 3.1 (BARROS NETO *et al.*, 2001).

$$\alpha = (2^k)^{1/4} \quad (3.1)$$

Como são três variáveis independentes, o valor de  $\alpha$  é 1,6818.

**Tabela 3.2** – Definição dos níveis das três variáveis estudadas na desidratação osmótica de mapará utilizando solução de NaCl.

Fatores	-1,68 (-α)	-1	0	+1	+1,68 (+α)
Temperatura (°C) – X1	23	30	40	50	57
Concentração da solução (%) – X2	20	21	23	25	26
Tempo de imersão (h) – X3	4	6	9	12	14

O planejamento requer a execução de um número mínimo de experimentos. No estudo da desidratação osmótica com solução de NaCl, foram realizados 17 ensaios (Tabela 3.3), sendo oito fatoriais (combinação entre os níveis ±1), três centrais (três variáveis no nível 0) e seis axiais (uma variável no nível ±α e duas em nível 0) gerando um modelo quadrático, onde o valor das variáveis dependentes (perda de peso (PP), perda de água (PA), ganho de sólidos (GS), TBA, GS/PA e atividade de água (a<sub>w</sub>)) é função das variáveis independentes (temperatura, concentração de NaCl e tempo de imersão), conforme descreve a equação abaixo:

$$Y = f(T, C, t) = \beta_0 + \beta_1 T + \beta_{11} T^2 + \beta_2 C + \beta_{22} C^2 + \beta_3 t + \beta_{33} t^2 + \beta_{12} TC + \beta_{13} Tt + \beta_{23} Ct \quad (3.2)$$

**Tabela 3.3** – Planejamento experimental da desidratação osmótica utilizando solução binária de NaCl

	Codificado			Real		
	T (°C)	C (%)	t (h)	T (°C)	Conc. de NaCl (%)	t (h)
1	-1	-1	-1	30	21	6
2	+1	-1	-1	50	21	6
3	-1	+1	-1	30	25	6
4	+1	+1	-1	50	25	6
5	-1	-1	+1	30	21	12
6	+1	-1	+1	50	21	12
7	-1	+1	+1	30	25	12
8	+1	+1	+1	50	25	12
9	-α	0	0	23	23	9
10	+α	0	0	57	23	9
11	0	-α	0	40	20	9
12	0	+α	0	40	26	9
13	0	0	-α	40	23	4
14	0	0	+α	40	23	14
15	0	0	0	40	23	9
16	0	0	0	40	23	9
17	0	0	0	40	23	9

Como nem sempre os coeficientes mostrados na equação (3.2) são estatisticamente significativos, foi necessário realizar uma análise estatística apropriada para assegurar a validade destes coeficientes dentro de um nível de confiança estabelecido (p).

Após a análise estatística dos coeficientes, uma análise de variância (ANOVA), que consiste na avaliação do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e do teste F, verificando desta maneira se o modelo representa um grau de ajuste adequado aos dados experimentais.

Para a desidratação osmótica, com soluções ternárias utilizando NaCl + sacarose e NaCl + xarope de milho foi utilizado primeiramente um planejamento fracionário  $2^{4-1}$  (com oito pontos fatoriais e três pontos centrais (nível 0) totalizando 11 experimentos) para avaliar a significância dos fatores estudados (temperatura, concentração de sal, concentração de açúcar e tempo de processo) em relação à perda de água e ganho de sólidos. A Tabela 3.4 mostra os três níveis estudados para cada variável e a Tabela 3.5 mostra o planejamento fracionário.

**Tabela 3.4** – Definição dos níveis das quatro variáveis estudadas na desidratação osmótica de mapará utilizando soluções ternárias

<i>Fatores</i>	<i>-1</i>	<i>0</i>	<i>+1</i>
Temperatura (°C) – X1	30	40	50
Concentração de sal (%) – X2	12	13	14
Concentração de açúcar (%) – X3	30	35	40
Tempo de imersão (h) – X4	6	9	12

**Tabela 3.5** – Planejamento fracionário para a desidratação osmótica em soluções ternárias

	<i>Codificado</i>				<i>Real</i>			
	T (°C)	NaCl (%)	Açúcar (%)	t (h)	T (°C)	NaCl (%)	Açúcar (%)	t (h)
1	-1	-1	-1	-1	30	12	30	6
2	+1	-1	-1	+1	50	12	30	12
3	-1	+1	-1	+1	30	14	30	12
4	+1	+1	-1	-1	50	14	30	6
5	-1	-1	+1	+1	30	12	40	12
6	+1	-1	+1	-1	50	12	40	6
7	-1	+1	+1	-1	30	14	40	6
8	+1	+1	+1	+1	50	14	40	12
9	0	0	0	0	40	13	35	9
10	0	0	0	0	40	13	35	9
11	0	0	0	0	40	13	35	9

Após a exclusão dos efeitos não significativos, realizou-se um planejamento completo para cada solução ternária, onde foi estudada a influência dos fatores significativos sobre as respostas de perda de peso, perda de água, ganho de sólidos, TBA, GS/PA e atividade de água.

### 3.2.6 Otimização

A otimização do processo osmótico dos filés de mapará teve como objetivo manter as características iniciais do pescado “*in natura*”, utilizando temperatura, concentração da solução e tempo de desidratação que não provocassem muitas alterações na estrutura do material.

A melhor condição de processamento de desidratação, como pré-tratamento de secagem, foi determinada utilizando Metodologia de Superfície de Resposta (RSM), realizando a sobreposição dos gráficos de GS/PA e TBA para maximizar a perda de água e minimizar o ganho de sólidos e TBA.

### 3.2.7 Secagem

As amostras “*in natura*” e a melhor condição de desidratação osmótica, para as três soluções de NaCl, NaCl + sacarose e NaCl + xarope de milho, foram submetidas ao processo de secagem até alcançar massa constante. As variáveis de processo de secagem foram temperatura (40, 50 e 60°C) medida através de termopares, que foram registradas no indicador de temperatura OIPE (Modelo CSE8) e velocidade do ar de secagem (1,5m/s) medida através de anemômetro digital (Modelo LCA 6000 AIR FLOW Co). A cinética de secagem foi estudada de acordo com o item 2.5.1. A Figura 3.2 mostra o secador utilizado no processo.

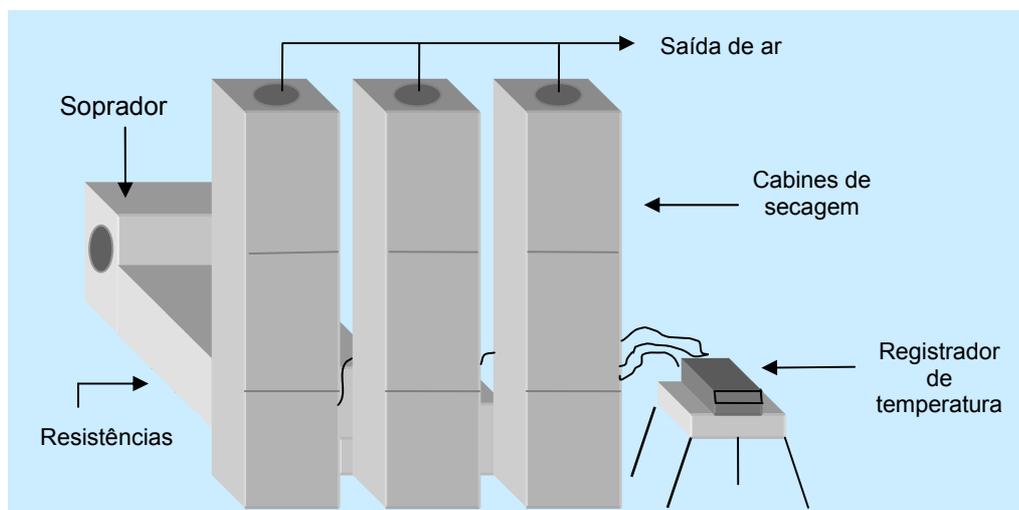


Figura 3.2 – Esquema do secador de bandejas utilizado nos experimentos

### 3.2.8 Análises físico-químicas do produto

As análises foram realizadas em triplicata de acordo com os procedimentos descritos a seguir:

#### 3.2.8.1. Após desidratação osmótica

- *Número de ácido tiobarbitúrico (TBA)*: foi determinado de acordo com a metodologia de TARLADGIS *et al.* (1960). Os destilados obtidos foram submetidos à reação de cor com ácido 2-tiobarbitúrico e lidos em espectrofotômetro a 532nm.
- *Atividade de água ( $a_w$ )*: foi realizada utilizando aparelho analisador de atividade de água, Decagon, série 3TE, que aplica o princípio do ponto de orvalho, onde a água é condensada em superfície espelhada e fria e detectada por sensor infravermelho

### 3.2.8.2. Após secagem

- *Açúcares totais*: de acordo com o método de Munson & Walker (AOAC, 1995), que consiste na redução do cobre presente na solução de Fehling através de açúcar invertido. O conteúdo de açúcar foi estimado pelo volume de solução de açúcar necessário para reduzir completamente a solução de Fehling de volume conhecido.
- *Determinação de cloretos*: foi determinado através da quantificação de íons  $\text{Cl}^-$ , seguindo o método de titulação direta com  $\text{AgNO}_3$ , utilizando  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  como indicador segundo Método de Mohr (AOAC, 1995);
- *Número de ácido tiobarbitúrico (TBA)*: conforme descrito no item 3.2.8.1
- *Atividade de água ( $a_w$ )*: conforme descrito no item 3.2.8.1
- *Determinação de cor*: foi realizada em equipamento espectrofotômetro para cor Colorquest II (Hunter Lab), com sistema de cor Cielab, calibrado previamente, operando com iluminante D65, ângulo  $10^\circ$  no modo RSIN, no espaço CIE (Comission Internacionale de L'Eclairage)  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , onde:

-  $L^*$ : luminosidade

-  $a^*$ : intensidade de cor vermelha

-  $b^*$ : intensidade de cor amarela

A diferença total de cor ( $\Delta E^*$ ) foi calculada de acordo com a equação (3.3):

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (3.3)$$

O valor de croma  $C^*$  foi calculado de acordo com a equação (3.4)

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (3.4)$$

### 3.2.9 Análise Sensorial

Os produtos resultantes da secagem do mapará até 40% de umidade, foram avaliados sensorialmente através do Teste de Aceitabilidade. Este valor dentro do limite estipulado por LOURENÇO *et al.*(1999) que trabalhou com a salga seca e secagem solar de mapará.

Como não há na literatura metodologia específica para a realização de análise sensorial de peixe desidratado e seco, fez-se necessário a elaboração de uma padronização específica para avaliação das amostras.

Foram elaborados bolinhos de peixe com as amostras desidratadas e secas, e também com a amostra “*in natura*”, com o mínimo de ingredientes possíveis, tendo como objetivo não mascarar o sabor do peixe. Optou-se em trabalhar com este produto, depois de fazer uma pesquisa em vários restaurantes e verificar que o bolinho de peixe era um produto que, além de não sofrer muita interferência no sabor, tinha uma boa aceitação pelos consumidores.

Os ingredientes utilizados na formulação do bolinho de peixe mapará estão descritos na Tabela 3.6.

**Tabela 3.6** - Ingredientes utilizados na formulação do bolinho de peixe mapará

<b>Ingredientes</b>	<b>%</b>
Carne de pescado	49,7
Batata cozida amassada	49,7
Cebola desidratada	0,4
Alho desidratado	0,2

*\*Nas amostras “in natura” foi adicionado 4% de NaCl (p/p)*

As amostras foram envolvidas em camadas de farinha de rosca, clara de ovo e novamente farinha de rosca e, posteriormente, foram embaladas em filme plástico e refrigeradas até o momento da análise.

Os bolinhos foram fritos à 180°C, em uma fritadeira marca FRITANELLA WALITTA com registrador de temperatura por 2,15 minutos (tempo e temperatura determinados a partir de testes preliminares).

A análise foi realizada por uma equipe de 25 provadores não treinados, de ambos os sexos, com idade variando de 20 a 60 anos, onde foram avaliadas as características sensoriais do produto. O método de aceitabilidade consiste de uma escala hedônica não estruturada, que varia de “desgostei extremamente” (1) até “gostei extremamente” (9) de acordo com a Ficha 1 (Apêndice E). Cada julgador tinha que avaliar, para cada amostra, os atributos aparência, aroma, sabor, textura e impressão global, e também indicar sua intenção de compra diante de cada amostra avaliada, em uma escala de cinco pontos que variava de “certamente não compraria” (1) a “certamente compraria” (5).

De acordo com o procedimento experimental, cada provador recebeu uma amostra codificada de cada vez (apresentação monádica) juntamente com a ficha de avaliação. As amostras foram servidas em pratos brancos de plástico, à temperatura de aproximadamente 40-45°C.

### **3.2.10 Análise de dados**

Para a análise dos dados experimentais obtidos no processo de desidratação osmótica, bem como elaboração dos modelos, foi utilizado o software STATISTICA 5.0 (STATSOFT, 1997). Foi considerado preditivo o modelo que apresentou regressão significativa e falta de ajuste não significativa com confiança de 95%, e alto valor do coeficiente de determinação  $R^2$ .

Foram calculados os desvios relativos para cada ensaio somente para modelos que apresentavam falta de ajuste significativa com confiança de 95%, através da equação 3.5:

$$\text{Desvio relativo (\%)} = \left( \frac{V_{\text{exp}} - V_{\text{pred}}}{V_{\text{exp}}} \right) \times 100 \quad (3.5)$$

$V_{\text{exp}}$  = valor experimental

$V_{\text{pred}}$  = valor predito pelo modelo

Os ajustes dos modelos das curvas de cinética de secagem foram realizados através de regressão linear e não linear utilizando o mesmo software (STATISTICA 5.0). Para a escolha dos melhores ajustes foi utilizado como critério os valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) entre os valores experimentais e os valores preditos pelos modelos e o módulo do desvio relativo médio (P), cuja definição encontra-se descrita pela equação 3.6 (LOMAURO *et al.*, 1985):

$$P = \frac{100}{N} \sum_{n=1}^N \left[ \frac{V_{\text{exp}} - V_{\text{pred}}}{V_{\text{exp}}} \right] \quad (3.6)$$

P = desvio relativo médio (%)

N = número de pontos experimentais

Para os resultados da análise sensorial foi realizada uma análise de variância (ANOVA), com objetivo de verificar se houve diferença significativa entre as amostras em relação aos atributos, com 95% de confiança.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DA MATÉRIA-PRIMA

Em função dos padrões microbiológicos exigidos pela Resolução – RDC nº12, de 02 de janeiro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, e Portaria 451 de 19 de setembro de 1997, do Ministério da Saúde, foram realizadas análises microbiológicas específicas e seus resultados estão apresentados na Tabela 4.1.

**Tabela 4.1** – Análise microbiológica do pescado *in natura*

<i>Análises</i>	<i>Mapará “in natura”</i>	<i>Legislação</i>
<b>Coliformes fecais</b>	NMP<3/g*	Max 10 <sup>2</sup> /g
<b><i>Salmonella</i></b>	Ausência em 25g	Ausência em 25 g
<b><i>Staphylococcus aureus</i></b>	<1×10 <sup>2</sup> u.f.c/g**	Max 10 <sup>3</sup> /g

*NMP: número mais provável*

*\*\*u.f.c/g: unidade formadora de colônia por grama da amostra*

A Tabela 4.1 indica que a matéria-prima congelada estava dentro dos limites da Legislação Brasileira, portanto apta para o processamento e/ou consumo.

As ausências de coliformes fecais, *Staphylococcus aureus* e *Salmonella*, confirmam que os procedimentos sanitários e higiênicos foram corretamente seguidos desde a captura até a preparação da matéria-prima. Se houvesse a confirmação da presença de tais bactérias, a matéria-prima deveria ser descartada para impedir qualquer tipo de contaminação.

Alimentos que sofrem manipulação são potencialmente capazes de causar intoxicação estafilocócica e os manipuladores são importantes fontes de contaminação de *S. aureus* (NETO *et al.*, 2002). Trabalhos realizados por ANDRADE e ZELANTE (1989) avaliando a ocorrência de *S. aureus* enterotoxigênicos nas mãos, boca e fezes em portadores assintomáticos, verificaram que 24,8% das linhagens isoladas foram enterotoxigênicas. Resultados similares foram descritos por PEREIRA *et al.* (1994), trabalhando com manipuladores de alimentos de cozinha industrial encontraram 30,9% de cepas enterotoxigênicas dos 55 isolados de *S. aureus*.

No Brasil pesquisas realizadas em diferentes regiões do país, mostraram a ocorrência de *S. aureus* em pescado (DAMS *et al.*, 1996, HYLUY *et al.*, 1996). O *S. aureus* é um dos agentes patogênicos mais comuns, responsável por surtos de intoxicação de origem alimentar. As peculiaridades do seu *habitat* tornam a sua presença largamente distribuída na natureza, sendo transmitido aos alimentos por manipuladores (IARIA *et al.*, 1980; CASTRO e IARIA, 1984), na maioria dos casos por portadores e também por animais, principalmente, gado leiteiro com mastites, apresentando altos números do microrganismo no leite (MACHOSHVILI *et al.*, 1991).

Segundo FRANCO e GUTH (1985), além da gravidade da constatação do alimento estar contaminado por microrganismos de origem fecal, a presença de *E coli* pode ter um significado particularmente importante, uma vez que se constitui em linhagens enteropatogênicas, causadoras de vários surtos gastroenterites, provocadas pela ingestão de água e/ou alimentos contaminados.

A *Salmonella* constitui um alto risco à saúde do consumidor por ser um contaminante de alimentos manipulados sem os cuidados higiênico-sanitários, além do armazenamento e transporte dos mesmos serem feitos de maneiras inadequadas. Alimentos *in natura* de origem animal são as maiores fontes de *Salmonella*, e o risco de ser contrair uma salmonelose, tem início quando esses alimentos, já contaminados, entram em contato direto com o manipulador que poderá servir como agente disseminador desses microrganismos aos equipamentos, utensílios e alimentos já preparados (ROITMAN *et al.* 1988).

#### 4.2. ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DA MATÉRIA-PRIMA

Um lote de, aproximadamente, 20kg de mapará eviscerado, cedido pela “Edifrigio” (Santarém – Pará), apresentou as seguintes características físicas e químicas, como mostram as Tabela 4.2 e 4.3, respectivamente:

**Tabela 4.2** – Caracterização física do mapará (*Hypophthalmus edentatus*)

<i>Características físicas</i>	<i>Número de exemplares</i>	<i>Valor mínimo</i>	<i>Valor máximo</i>	<i>Média dos valores</i>	<i>Desvio</i>
<i>Peso total (g)</i>	25	489,03	804,21	676,44	113,49
<i>Comprimento (cm)</i>	25	37,80	46,10	42,02	2,44
<i>Largura (cm)</i>	25	10,10	16,35	13,21	2,11
<i>Espessura (cm)</i>	24	3,10	4,20	3,77	0,38

O peixe mapará apresentou também um bom aproveitamento de filé, com rendimento médio em peso de 52,67% do peso total dos exemplares analisados, após a etapa de beneficiamento. Se for levada em consideração toda a parte comestível (filé+aparas) este valor alcança 63,82% do seu peso, resultado este muito parecido ao determinado por LOURENÇO *et al.* (1999) que alcançou 64,76% do peso total dos exemplares analisados, após a etapa de beneficiamento.

**Tabela 4.3** – Caracterização química do mapará (*Hypophthalmus edentatus*)

<i>Componentes (Base úmida)</i>	<i>Valor mínimo</i>	<i>Valor máximo</i>	<i>Média dos valores</i>	<i>Desvio padrão</i>
<i>Umidade (%)</i>	63,98	64,03	64,01	0,03
<i>Lipídios (%)</i>	17,67	18,01	17,85	0,17
<i>Proteína (%)</i>	16,29	16,43	16,35	0,07
<i>Cinzas (%)</i>	0,88	0,93	0,91	0,03

Comparando os dados da Tabela 4.3 aos encontrados por OLIVEIRA e SOARES (1999) que, realizando a composição química do mapará “*in natura*”, determinaram que este continha 67,7% de umidade, 12,5% de proteína, 18,3% de lipídios e 0,7% de cinzas, verifica-se que apenas a porcentagem de lipídios foi compatível, porém os outros valores estão relativamente próximos. Os valores de cinzas e proteínas são muito parecidos aos encontrados por LOURENÇO *et al.*(1999) que estudaram as características químicas do mapará “*in natura*” e também salgado e seco e verificaram que a composição química do músculo “*in natura*” apresentava 80,83% de umidade, 17,18% de proteína, 1,16% de lipídios e 0,83% de cinzas, e o músculo salgado e seco apresentou 33,87% de umidade, 33,45% de proteína, 9,60% de lipídios e 23,08% de cinzas e 18,20% de NaCl.

Os valores de umidade da Tabela 4.3 foram os que mais se distanciaram dos valores encontrados por LOURENÇO *et al.*(1999), mas esta diferença pode ser devido à perda de umidade durante o congelamento e também a idade do animal, época do ano e condição nutricional. LOURENÇO *et al.*(1999) obtiveram suas amostras através da pesca artesanal no Rio Tocantins, no mês de junho de 1998, no município de Abaetebuba - Pará, e as amostras foram transportadas ao laboratório em caixas isotérmicas contendo gelo em escamas, a média do comprimento e peso dos indivíduos foi de 28 cm de comprimento e 248,4g de peso. OLIVEIRA e SOARES (1999) coletaram amostras aleatórias nas feiras livres de Manaus e no município de Iranduba –AM, nos meses de novembro e dezembro de 1997 e de janeiro a junho de 1998, as amostras de mapará variaram de 660 a 1065g de peso e espessura entre 3,5 a 5,0cm, resultados estes semelhantes aos apresentados na Tabela 4.2.

Segundo DEAN (1990) o pescado pode conter de 60 a 65% de umidade e 0,6 a 36% de lipídios, sendo que este último componente apresenta esta grande variação em vista do tipo de músculo corporal analisado (a carne dorsal apresenta menor quantidade lipídica que a carne abdominal), espécie de peixe, sexo, idade época do ano, *habitat* e dieta.

Os peixes gordurosos apresentam grande variação no teor de água com a época do ano. De um modo geral, conforme aumenta o teor de gordura no músculo do pescado, diminui o teor de água na mesma proporção. Desta forma, o teor de água no músculo de pescado gordo situa-se, de um modo geral, na faixa de 60-75%, dependendo do pescado e da época do ano (GEROMEL e FORSTER, 1982), como no caso do mapará utilizado neste trabalho.

CONTRERAS-GUZMÁN (1994) relata que a fração de cinzas em peixes de água doce apresenta variações em quantidades que vão desde 0,90 a 3,39%. Este intervalo é compatível ao valor de cinzas encontrado (Tabela 4.3). Com relação aos minerais, a carne de pescado é considerada uma fonte valiosa de cálcio e fósforo particularmente, apresentando também quantidades razoáveis de sódio, potássio, manganês, cobre, cobalto, zinco, ferro e iodo.

### 4.3. DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA EM SOLUÇÃO DE NaCl

Na Tabela 4.4 estão apresentados os valores de perda de peso, perda de água, ganho de sólidos, TBA, atividade de água, e a razão GS/PA, obtidos experimentalmente do processo de desidratação osmótica do filé de mapará, seguindo a planilha do planejamento experimental completo 2<sup>3</sup>, com seis pontos axiais e três centrais.

**Tabela 4.4** – Resultados da perda de peso, perda de água, ganho de sólidos, TBA, GS/PA e  $a_w$  obtidos experimentalmente através da desidratação osmótica de filé de mapará utilizando solução binária NaCl - Água.

	<i>Codificado</i>			<i>Real</i>			<i>Respostas</i>					
	T (°C)	C (%)	t (h)	T (°C)	Conc. de NaCl (%)	t (h)	PP (%)	PA (%)	GS (%)	TBA (mg Mal./1000 g)	GS/PA	$a_w$
1	-1	-1	-1	30	21	6	4,401	15,402	11,001	0,041	0,714	0,873
2	+1	-1	-1	50	21	6	19,657	26,707	7,050	0,302	0,264	0,866
3	-1	+1	-1	30	25	6	5,072	21,893	16,821	0,310	0,768	0,841
4	+1	+1	-1	50	25	6	23,251	32,321	9,070	0,982	0,281	0,829
5	-1	-1	+1	30	21	12	6,431	20,930	14,499	0,705	0,693	0,870
6	+1	-1	+1	50	21	12	24,230	32,695	8,465	0,824	0,259	0,865
7	-1	+1	+1	30	25	12	5,686	25,449	19,763	1,026	0,777	0,828
8	+1	+1	+1	50	25	12	26,570	35,023	8,453	1,658	0,241	0,818
9	- $\alpha$	0	0	23	23	9	1,516	14,998	13,482	0,400	0,899	0,856
10	+ $\alpha$	0	0	57	23	9	30,024	36,496	6,471	1,235	0,177	0,840
11	0	- $\alpha$	0	40	20	9	9,346	22,033	12,687	0,077	0,576	0,873
12	0	+ $\alpha$	0	40	26	9	14,072	30,341	16,269	0,722	0,536	0,826
13	0	0	- $\alpha$	40	23	4	10,858	23,401	12,543	0,206	0,536	0,861
14	0	0	+ $\alpha$	40	23	14	20,221	31,866	11,645	1,150	0,365	0,840
15	0	0	0	40	23	9	16,579	27,773	11,194	0,442	0,403	0,825
16	0	0	0	40	23	9	15,134	26,208	11,074	0,462	0,423	0,832
17	0	0	0	40	23	9	15,861	26,991	11,130	0,418	0,412	0,829

#### 4.3.1. Perda de peso (PP)

Os resultados da análise estatística, aplicados aos dados experimentais de perda de peso, foram determinados através do erro puro e pelo SS residual, e são apresentados nas Tabelas 1 e 2 (Apêndice B). Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e da interação, em **negrito**, são significativos com 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ).

O efeito estimado indica o quanto cada fator influi nas respostas estudadas (neste caso, a perda de peso). Quanto maior é o seu valor, maior é a sua influência, e um efeito positivo indica que ao passar de um valor mínimo a um máximo da variável, a resposta aumenta. Já um efeito negativo indica o contrário, ou seja, ao passar de um valor mínimo para o valor máximo, a resposta diminui.

O valor t indica o quão grande é a variável em relação ao seu desvio. Assim quanto maior o valor de t, maior é a probabilidade da variável ser estatisticamente significativa.

O valor do coeficiente p está ao nível de significância da variável independente sobre a resposta em estudo. Normalmente é escolhido como intervalo de confiança, o valor de 95%. Sendo assim, pode-se afirmar que, para valores de p inferiores 0,05, a variável é considerada estatisticamente significativa.

Como podem ser observados nas Tabelas 1 e 2 (Apêndice B), os fatores significativos foram os mesmos, tanto levando em consideração o erro puro como para o SS residual. Na figura 1 (Apêndice C) é apresentado um gráfico de barras dos valores dos efeitos significativos sobre a perda de peso na desidratação osmótica de filé de mapará com solução de NaCl.

Verifica-se também que os parâmetros temperatura (L), concentração (L) e tempo (L) apresentam efeito positivo para perda de peso, ou seja, um aumento em qualquer um desses fatores acarreta um aumento na perda de peso enquanto o parâmetro concentração (Q) apresenta efeito negativo, ou seja, um aumento nesse fator acarreta uma diminuição na perda de peso. Verifica-se também que a temperatura (L) é a que apresenta maior efeito sobre a perda de peso.

Após a eliminação dos parâmetros com efeitos não significativos, verificou-se através da análise de variância (ANOVA) a significância da regressão e da falta de ajuste com 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ), utilizando o teste F, para o planejamento estudado, conforme a Tabela 4.5.

**Tabela 4.5**– Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para perda de peso na desidratação osmótica de filé de mapará em solução de NaCl

<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>GL</i>	<i>MQ</i>	<i>F<sub>calculado</sub></i>	<i>F<sub>tabelado</sub></i> <i>(p≤0,05)</i>	<i>R<sup>2</sup></i>
<b>Regressão</b>	1146,12	4	286,53	174,71	3,26	0,98
<b>Resíduo</b>	19,64	12	1,64			
<b>Falta de ajuste</b>	18,60	10	1,86	3,56	19,40	
<b>Erro puro</b>	1,05	2	0,52			
<b>Total</b>	1165,76	16				

SQ: soma quadrática      GL: grau de liberdade      MQ: média quadrática

Segundo BARROS NETO *et al.* (2001), uma regressão, embora significativa do ponto de vista do teste F, pode não ser útil para realizar previsões por cobrir uma faixa de variação pequena dos fatores estudados. BOX e WETZ (1973) sugeriram que para uma regressão ser significativa não apenas estatisticamente, mas também ser útil para fins preditivos, o valor de F calculado para a regressão deve ser no mínimo de quatro a cinco vezes maior que o valor de F tabelado. Já o F da falta de ajuste em relação ao erro puro, pelo contrário, deve apresentar o menor valor possível, pois um alto F indica que há uma grande falta de ajuste dos dados ao modelo obtido. O modelo codificado proposto para representar a perda de peso na desidratação osmótica de filé de peixe mapará em solução de NaCl é o seguinte:

$$PP (\%) = 15,78 + 8,80T + 1,01C - 1,42C^2 + 1,93t \quad (4.1)$$

Onde:

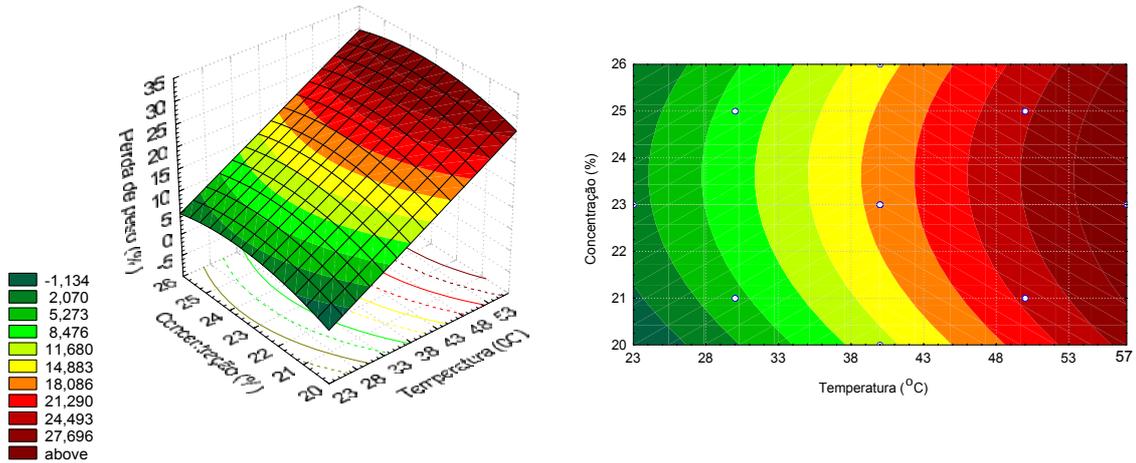
*T* : temperatura (°C)

*C* : concentração de NaCl (%)

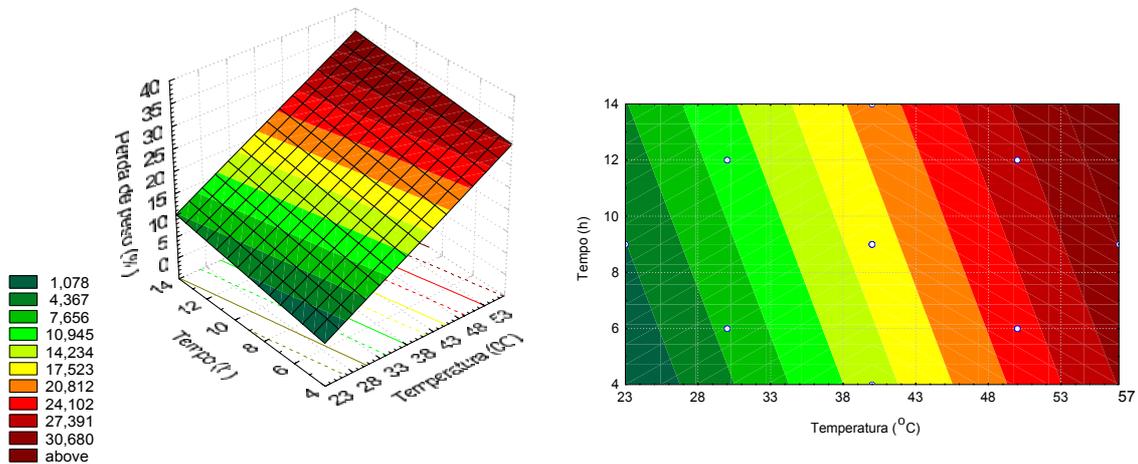
*t* : tempo (h)

A análise de variância (Tabela 4.5) mostrou que o modelo ajustado para a perda de peso (Equação 4.1) foi significativo com 95% de confiança e também preditivo, satisfazendo o critério sugerido por BOX e WETZ (1973) visto que o F calculado foi 53,6 vezes maior que o F tabelado e a falta de ajuste não foi significativa no mesmo nível de confiança. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi de 0,98, indicando que o modelo explicou 98% da variação dos dados observados.

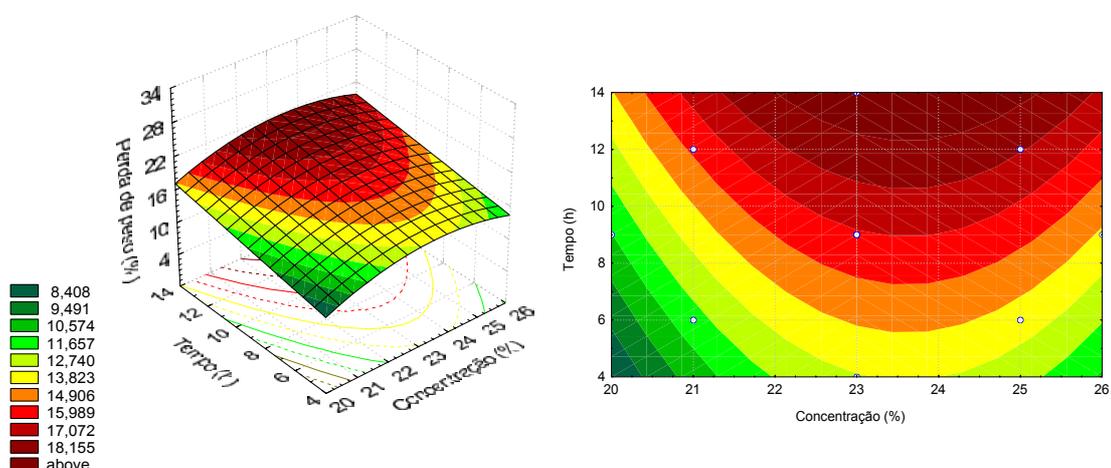
Nas figuras 4.1a, 4.1b e 4.1c são mostradas as superfícies de resposta e curvas de níveis geradas através do modelo proposto, considerando-se os pontos médios dos tempos, concentração e temperatura. Estas superfícies confirmam a análise dos efeitos realizados anteriormente e permitem visualizar a variação da resposta para cada parâmetro estudado.



**Figura 4.1a** – Superfície de resposta e curva de nível para a perda de peso, relacionando concentração de NaCl (%) e temperatura (°C) para um tempo de 9 horas de processo na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.



**Figura 4.1b** – Superfície de resposta e curva de nível para a perda de peso, relacionando temperatura (°C) e tempo (h) para uma concentração de 23% de NaCl na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.



**Figura 4.1c** – Superfície de resposta e curva de nível para a perda de peso, relacionando concentração de NaCl (%) e tempo (h) para uma temperatura de 40°C de processo na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.

Através das Figuras 4.1a e 4.1b observa-se um aumento da perda de peso com a elevação da temperatura e do tempo e que a região de 21,5 a 25,5% de concentração de NaCl resultou também em uma maior perda de peso. Observa-se também, que para valores de temperatura inferiores a 30°C, a perda de peso não ultrapassa 11%, independentemente dos valores de concentração e tempo. Estes resultados podem ser compatíveis ao primeiro estágio a que se referem MEDINA VIVANCO (1998), VORSKRESENSKI (1965), ZAITSEV *et al.* (1969). Estes autores fazem referência a três estágios no processo de salga: o primeiro ocorre o aumento da perda de peso em função do tempo e da concentração até atingir um máximo; o segundo é quando a perda de peso passa a decrescer quando a umidade já atingiu um valor constante, enquanto a concentração de cloreto de sódio ainda não atingiu um patamar; o final do segundo estágio apresenta uma parcial redistribuição de sal e água dentro do músculo. No terceiro estágio uma menor quantidade de sal se movimentam mas o peso do peixe aumenta.

### 4.3.2 Perda de Água (PA)

Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e das interações na perda de água de filé de mapará em solução de NaCl, assim como o erro, o coeficiente t e a significância estatística, podem ser observados nas Tabelas 3 e 4 (Apêndice B). Estes valores foram determinados através do erro puro e pelo SS residual, respectivamente. Para ambos, os fatores significativos foram os mesmos. Os valores em negrito apresentam-se significativos a  $p \leq 0,05$ .

Através das Tabelas 3 e 4 (Apêndice B) verifica-se que os parâmetros significativos temperatura (L), concentração (L) e tempo (L) apresentam um efeito positivo na perda de água, ou seja, um aumento em qualquer um desses fatores acarreta um aumento na perda de água. Observa-se também que o parâmetro temperatura (L) é o que apresenta maior efeito. Na figura 2 (Apêndice C) é apresentado um gráfico de barras dos valores dos efeitos significativos sobre a perda de água na desidratação osmótica de filé de mapará com solução de NaCl.

Eliminando os fatores não-significativos, verificou-se a significância da regressão e da falta de ajuste com 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ), através do teste F, na análise de variância. Na Tabela 4.6 encontram-se os valores calculados e tabelados de F.

**Tabela 4.6** – Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para perda de água na desidratação osmótica de filé de mapará em solução de NaCl.

<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>GL</i>	<i>MQ</i>	<i>F<sub>calculado</sub></i>	<i>F<sub>tabelado</sub></i> <i>(p ≤ 0,05)</i>	<i>R<sup>2</sup></i>
<b>Regressão</b>	614,02	3	204,65	180,86	3,41	0,98
<b>Resíduo</b>	14,71	13	1,13			
<b>Falta de ajuste</b>	13,49	11	1,23	2,00	19,40	
<b>Erro puro</b>	1,22	2	0,61			
<b>Total</b>	628,74	16				

SQ: soma quadrática      GL: grau de liberdade      MQ: média quadrática

O modelo codificado proposto para representar a perda de água na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl é o seguinte:

$$PA(\%) : 26,50 + 5,80T + 2,41C + 2,34t \quad (4.2)$$

Onde:

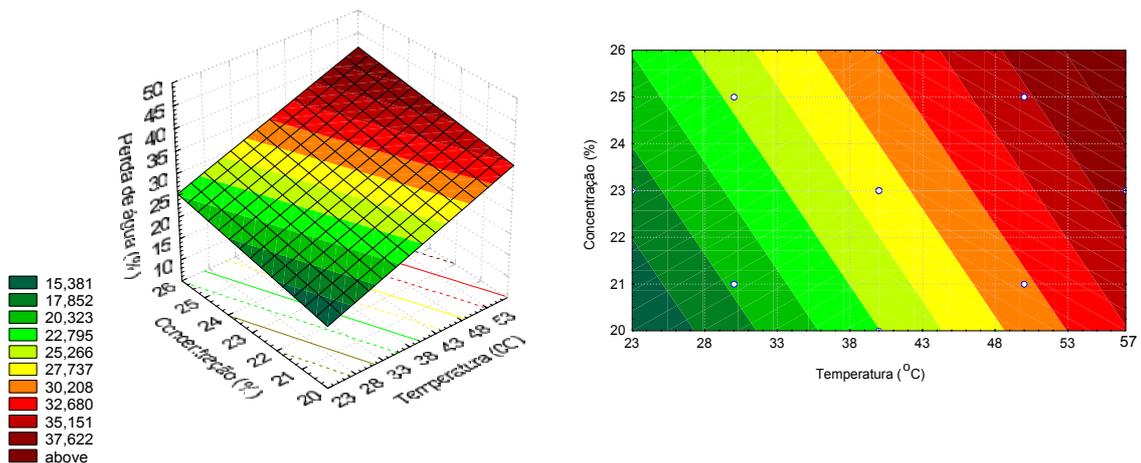
$T$  : temperatura (°C)

$C$  : concentração(%)

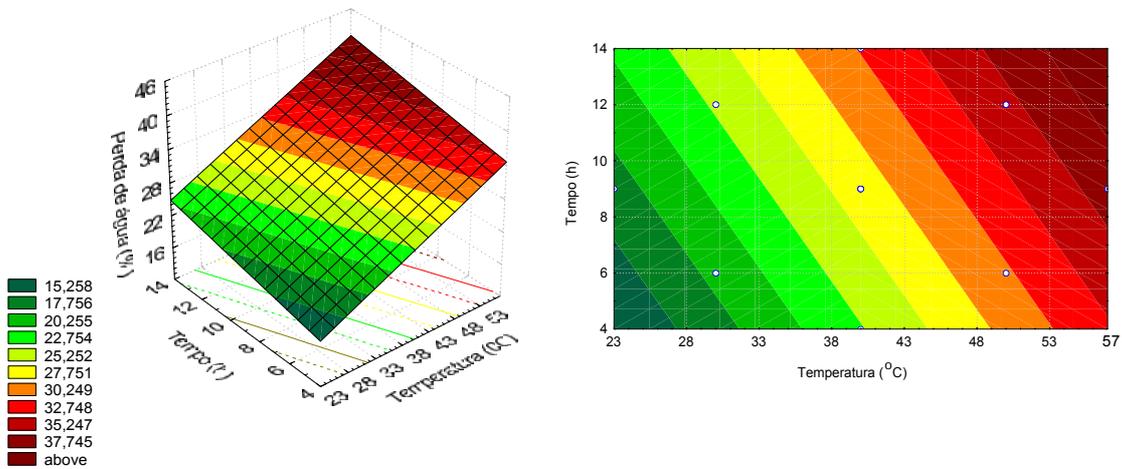
$t$  : tempo (h)

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi de 0,98, indicando que o modelo explicou 98% da variação dos dados observados. O modelo apresentou regressão significativa com 95% de confiança (F calculado superior ao F tabelado) e falta de ajuste não significativo no mesmo nível de confiança (F calculado inferior ao F tabelado). Sendo assim o modelo ajustado para perda de água no processo de desidratação osmótica foi considerado preditivo.

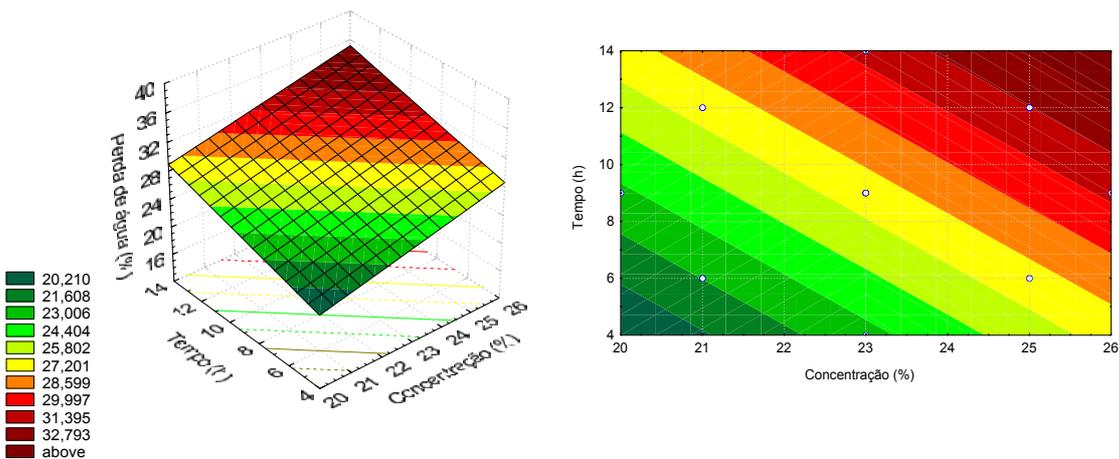
As figuras 4.2a, 4.2b e 4.2c mostram as superfícies de resposta e curvas de nível geradas, através do modelo proposto, considerando-se pontos médios de tempo, concentração e temperatura.



**Figura 4.2a** – Superfície de resposta e curva de nível para a perda de água, relacionando concentração (%) e temperatura (°C) para um tempo de 9 horas de processo na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.



**Figura 4.2b** – Superfície de resposta e curva de nível para a perda de água, relacionando temperatura (°C) e tempo (h) a uma concentração de 23% de processo na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.



**Figura 4.2c** – Superfície de resposta e curva de nível para a perda de água, relacionando concentração (%) e tempo (h) a temperatura de 40°C de processo na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.

Através da Figuras 4.2a, 4.2b, 4.2c, que representa as curvas e superfícies de resposta do modelo codificado, observa-se um aumento de perda de água com elevação dos parâmetros estudados, sendo a temperatura o parâmetro que exerce maior influência, conforme descrito anteriormente. MEDINA VIVANCO (2003) trabalhando com

desidratação osmótica tilápia, observou a mesma influência do tempo e da concentração de NaCl na perda de água, porém esta perda foi maior nas primeiras sete horas de processo.

### 4.3.3. Ganho de sólidos (GS)

Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e das interações no ganho de sólidos, no processo de desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl, o coeficiente  $t$  e a significância estatística podem ser observados nas Tabelas 5 e 6 (Apêndice B), calculados pelo erro puro e SS residual, respectivamente. Os valores em negrito nestas Tabelas são significativos com 95% de confiança.

Na Figura 3 (Apêndice C) são apresentados nos efeitos estimados de cada fator e suas interações, na forma de gráfico de barras para melhor visualização.

Para a solução de NaCl, observa-se que os fatores que são significativos a 95% de confiança, tanto pelo erro puro quanto pelo SS residual são a temperatura (L), a concentração (L) e concentração (Q). Percebeu-se também que a interação temperatura  $\times$  concentração analisada pelo SS residual apresentou um  $p$  igual a 0,06, significando que ele está dentro de um limite de confiança de 94%. Sendo assim, não seria conveniente descartá-lo.

Os parâmetros concentração (L), concentração (Q), apresentam um efeito positivo no ganho de sólidos, ou seja, um aumento em qualquer um desses fatores acarreta um aumento no ganho de sólidos, enquanto os parâmetros temperatura (L) e a interação temperatura  $\times$  tempo apresentam um efeito negativo, ou seja, um aumento nestes fatores acarreta na diminuição do ganho de sólidos. Observa-se ainda que o parâmetro temperatura (L) é o que apresenta maior efeito no ganho de sólidos.

Eliminando-se os efeitos não significativos, realizou-se a Análise de Variância (ANOVA) para verificar a significância da regressão e da falta de ajuste ao nível de 95% de confiança, como mostra a Tabela 4.7.

**Tabela 4.7**– Análise de Variância do modelo ajustado para o ganho de sólidos na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.

<i>Fonte de Variação</i>	<i>SQ</i>	<i>GL</i>	<i>MQ</i>	<i>F<sub>calculado</sub></i>	<i>F<sub>tabelado</sub></i> <i>(p≤0,05)</i>	<i>R<sup>2</sup></i>
<b>Regressão</b>	176,58	4	44,15	20,27	3,41	0,87
<b>Resíduo</b>	26,14	12	2,18			
<b>Falta de ajuste</b>	26,13	10	2,61	725,81	19,40	
<b>Erro puro</b>	0,01	2	0,00			
<b>Total</b>	202,71	16				

SQ: soma quadrática      GL: grau de liberdade      MQ: média quadrática

Analisando os valores obtidos na Tabela 4.7, observa-se que o modelo apresentou regressão significativa, mas o modelo não pode ser considerado preditivo, pois a falta de ajuste também foi significativa (F calculado superior ao F tabelado). O alto valor de F calculado para a falta de ajuste é devido ao fato de que a MQ do erro puro apresentar um valor muito inferior à MQ da falta de ajuste (devido à boa repetição dos ensaios dos pontos centrais), isso faz com que a razão entre eles resulte num valor muito alto. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) obtido foi 0,87, indicando que o modelo explicou 87% da variação dos dados experimentais.

O modelo codificado proposto para representar o ganho de sólidos na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl é o seguinte:

$$GS(\%) = 10,93 - 2,99T + 1,40C + 1,16C^2 - 1,13TC \quad (4.3)$$

Onde:

$T$  : Temperatura (°C)

$C$  : Concentração (%)

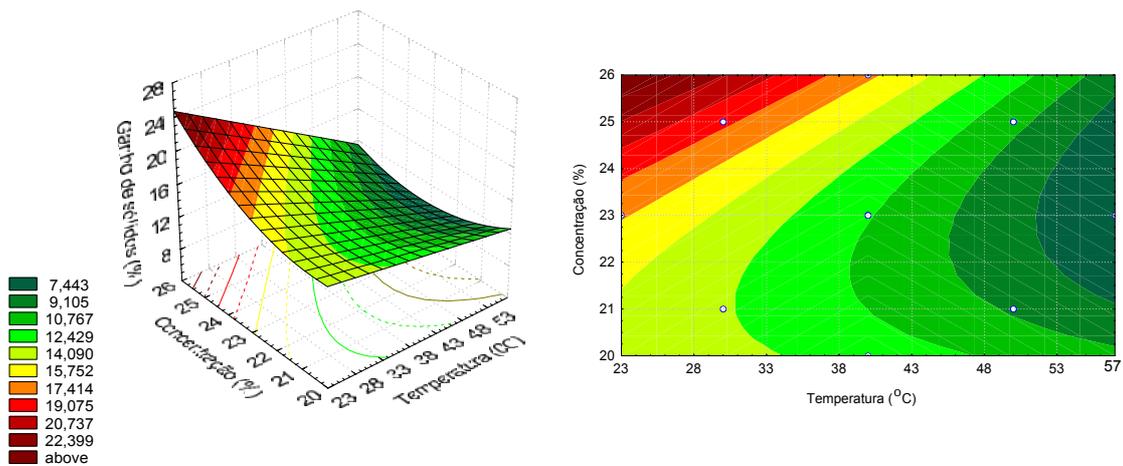
Para melhor visualização do ajuste do modelo, foram calculados os valores de ganho de sólidos preditos pelo modelo e comparados com os valores experimentais, obtendo-se os desvios relativos entre eles, como mostra a Tabela 4.8.

**Tabela 4.8** – Valores experimentais e valores preditos pelo modelo codificado para a resposta ganho de sólidos na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl.

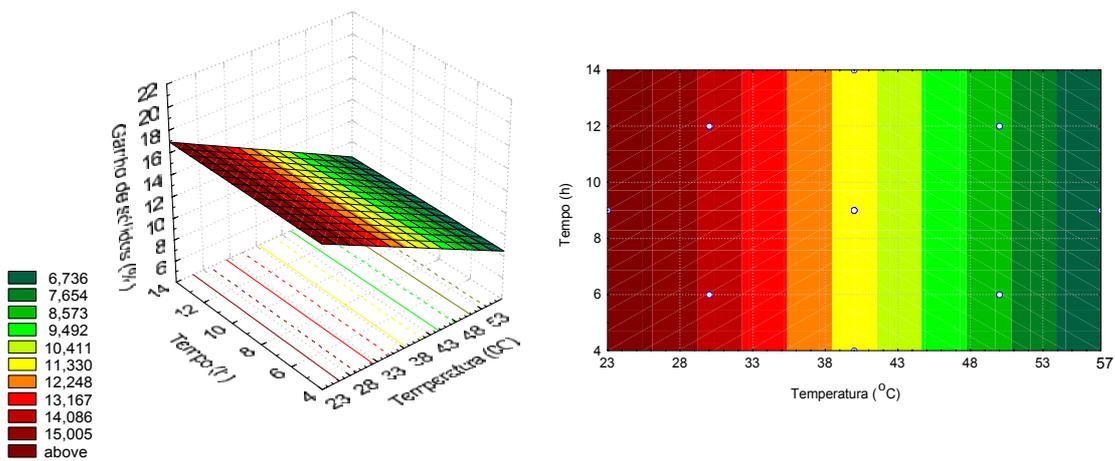
<i>Ensaio</i>	<i>GS experimental</i>	<i>GS predito</i>	<i>Desvio relativo (%)</i>
1	11,0013	12,5452	-14,0338
2	<b>7,0499</b>	<b>8,8302</b>	<b>-25,2528</b>
3	16,8205	17,6150	-4,7234
4	<b>9,0695</b>	<b>9,3624</b>	<b>-3,2295</b>
5	14,4989	12,5452	13,4748
6	<b>8,4651</b>	<b>8,8302</b>	<b>-4,3130</b>
7	19,7627	17,6150	10,8674
8	<b>8,4534</b>	<b>9,3624</b>	<b>-10,7531</b>
9	13,4820	15,9574	-18,3607
10	<b>6,4714</b>	<b>5,9046</b>	<b>8,7584</b>
11	12,6869	11,8442	6,6420
12	16,2692	16,5499	-1,7255
13	12,5434	10,9310	12,8546
14	11,6454	10,9310	6,1346
15	11,1938	10,9310	2,3477
16	11,0744	10,9310	1,2949
17	11,1300	10,9310	1,7880

De acordo com a Tabela 4.8, verifica-se que os desvios relativos variaram de (1,2949 a 25,2528). Os ensaios 2, 4, 6, 8 e 10 são os que apresentaram os menores ganhos de sólidos. Todos estes ensaios têm o parâmetro temperatura no extremo da superfície, destacando os ensaios 2, 8 e 10 que apresentam altos desvios, o que justifica uma possível falta de ajuste. Como os baixos valores de ganho de sólidos são importantes para o estudo, o ideal seria realizar novos experimentos, deslocando os intervalos desta variável, de modo que os menores valores de GS não ficassem mais nos extremos da superfície. Porém, as temperaturas utilizadas nos ensaios que apresentaram os maiores desvios já são consideradas altas para este tipo de material biológico, não sendo portanto, conveniente aumentá-las ainda mais.

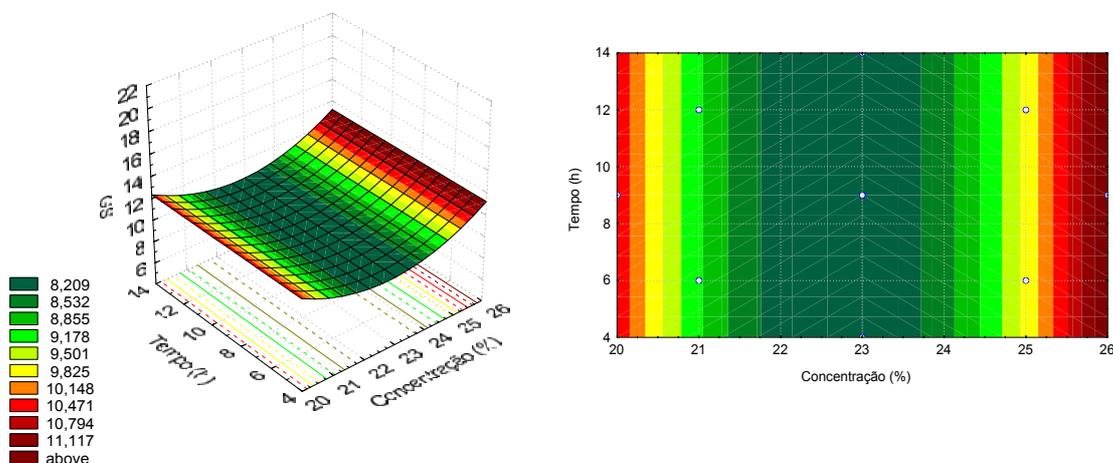
As Figuras 4.3a, 4.3b, e 4.3c mostram as superfícies de resposta e curvas de nível geradas através do modelo proposto.



**Figura 4.3a** – Superfície de resposta e curva de nível para o ganho de sólidos, relacionando concentração de NaCl (%) e temperatura (°C) para um tempo de 9 horas de processo na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.



**Figura 4.3b** – Superfície de resposta e curva de nível para o ganho de sólidos, relacionando temperatura (°C) e tempo (h) para uma concentração de 23% de NaCl na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.



**Figura 4.3c** – Superfície de resposta e curva de nível para ganho de sólidos, relacionando concentração de NaCl (%) e tempo (h) para uma temperatura de 50°C de processo na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.

Apesar de apresentar regressão significativa, este modelo não pode ser considerado preditivo, pois apresenta uma alta falta de ajuste, mas é possível, através dele, fazer um gráfico de tendências para trabalhos futuros.

Analisando as figuras 4.3a, 4.3b e 4.3c, verificou-se que os parâmetros que exercem maior influência sobre o ganho de sólidos são a temperatura e a concentração; o tempo, no entanto, não exerce nenhum efeito sobre a resposta, dentro do intervalo estudado. Verificou-se também que a região de concentração entre 22,5 a 23,5% apresenta menor ganho de sólidos. Uma grande dependência do ganho de sólidos em relação à temperatura foi observada por MEDINA VIVANCO (1998) e ZAITZEV *et al.* (1969) na desidratação de pescado utilizando cloreto de sódio.

As Figuras 4.3a e 4.3b mostram também um efeito antagônico, pois há a diminuição do ganho de sólidos com o aumento da temperatura. TORREGGIANI (1993) explica que este fenômeno é essencialmente devido à diferença difusional entre a água e o soluto, que estão relacionadas a suas diferentes massas molares. RAOULT-WACK *et al.* (1989) descreve este efeito antagônico de transferência de água e soluto, e explica que é,

provavelmente, devido à combinação de penetração de soluto por difusão e transporte deste mesmo soluto pelo fluxo de água.

#### 4.3.4 Número de ácido tiobarbitúrico (TBA)

Os resultados da análise estatística, aplicados aos dados experimentais de TBA, foram determinados através do erro puro e pelo SS residual, e são apresentados nas Tabelas 7 e 8 (Apêndice B). Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e da interação, em negrito, são significativos ao nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ). Estes efeitos significativos podem ser visualizados na Figura 4 (Apêndice C)

No modelo codificado, os fatores significativos a 95% de confiança, tanto pelo erro puro quanto pelo SS residual, são a temperatura (L), temperatura (Q), concentração (L), tempo (L), tempo (Q) e a interação temperatura  $\times$  concentração. Já a concentração (Q), assim como as interações temperatura  $\times$  tempo, e concentração  $\times$  tempo apresentam valores de p muito altos ( $p \geq 0,20$ ), portanto, não devem ser considerados significativos.

O fator que tem mais efeito sobre a resposta é o tempo (L), seguido da concentração (L), temperatura (L), temperatura (Q), da interação temperatura  $\times$  concentração e tempo (Q). Todos os fatores significativos e interação têm efeito positivo na resposta, ou seja, com o aumento de qualquer um destes, há o aumento do número de ácido tiobarbitúrico (TBA).

Foi realizada a Análise de Variância (ANOVA), eliminando os fatores não significativos, para verificar a significância da regressão e da falta de ajuste ao nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ), através do teste F. Na Tabela 4.9, encontram-se os valores calculados e tabelados de F.

**Tabela 4.9** – Análise de Variância do modelo codificado ajustado para o TBA na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.

<i>Fonte de Variação</i>	<i>SQ</i>	<i>GL</i>	<i>MQ</i>	<i>F<sub>calculado</sub></i>	<i>F<sub>tabelado</sub></i> <i>(p≤0,05)</i>	<i>R<sup>2</sup></i>
<b>Regressão</b>	3,16	6	0,63	98,81	3,22	0,98
<b>Resíduo</b>	0,06	10	0,01			
<b>Falta de ajuste</b>	0,06	8	0,01	15,60	19,37	
<b>Erro puro</b>	0,00	2	0,00			
<b>Total</b>	3,23	16				

SQ: soma quadrática      GL: grau de liberdade      MQ: média quadrática

O modelo codificado proposto para representar o TBA na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl é o seguinte:

$$TBA \left( \frac{mg \text{ malon.}}{1000g} \right) = 0,44 + 0,23T + 0,15T^2 + 0,23C + 0,31t + 0,10t^2 + 0,12TC \quad (4.4)$$

Onde:

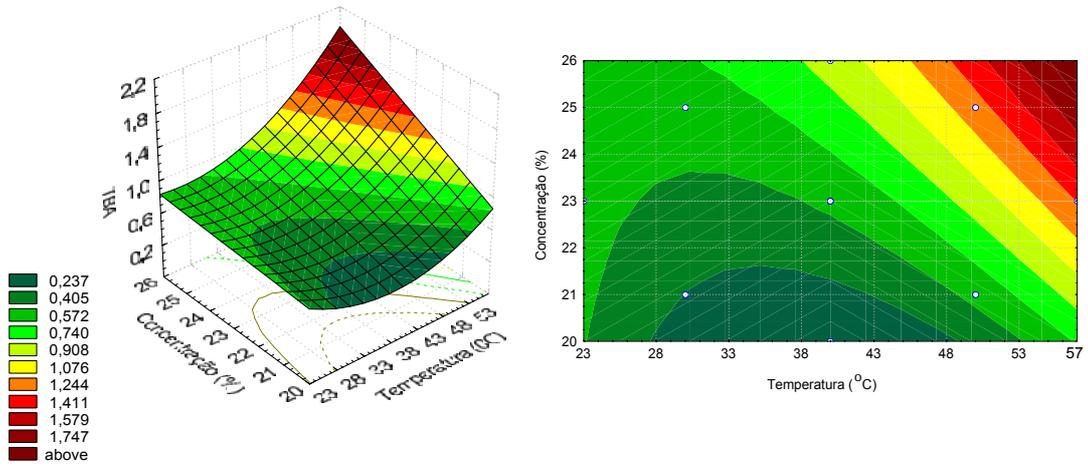
*T* : Temperatura (°C)

*C* : Concentração (%)

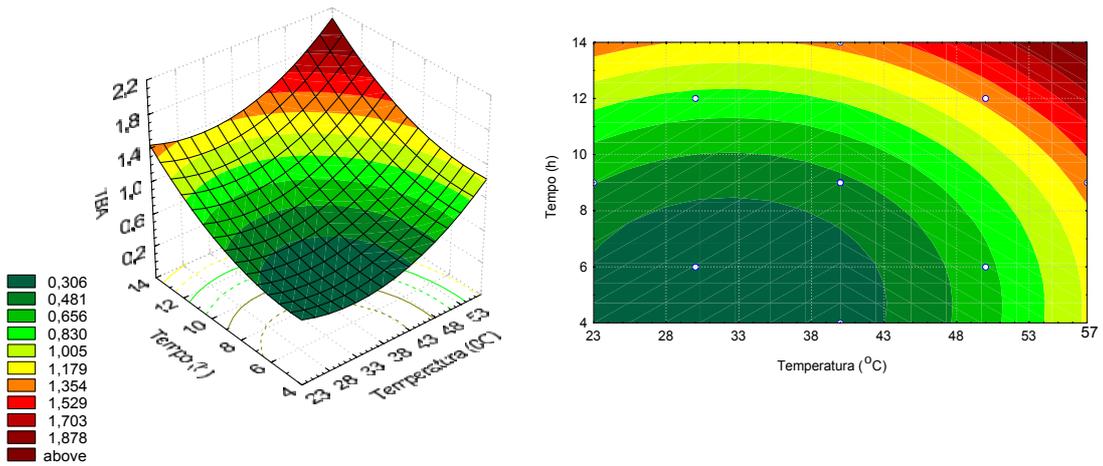
*t* : tempo (h)

O modelo codificado apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança. O valor da razão  $MQ_R/MQ_F$  é 98,81. Comparado com  $F_{6,10} = 3,22$  este valor indica uma regressão significativa e também útil para fins preditivos.

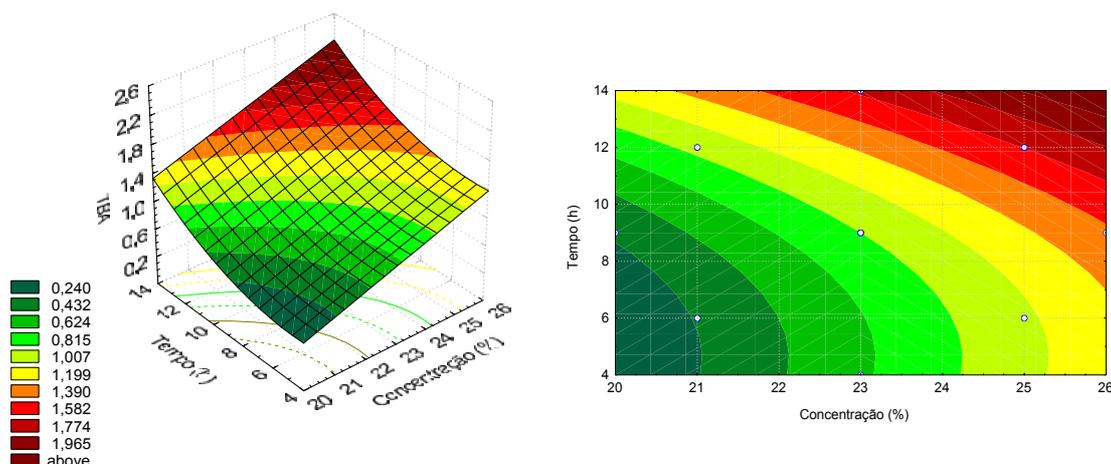
As figuras 4.4a, 4.4b e 4.4c mostram as superfícies de resposta e curvas de nível geradas através do modelo proposto.



**Figura 4.4a** – Superfície de resposta e curva de nível para TBA, relacionando concentração de NaCl (%) e temperatura (°C) para um tempo de 9 horas de processo na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.



**Figura 4.4b** – Superfície de resposta e curva de nível para TBA, relacionando temperatura (°C) e tempo (h) para uma concentração de 23% de NaCl na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.



**Figura 4.4c** – Superfície de resposta e curva de nível para TBA, relacionando concentração de NaCl (%) e tempo (h) para uma temperatura de 40°C de processo na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.

De acordo com as Figuras 4.4a, 4.4b e 4.4c, observa-se que os menores valores de TBA (0,237 a 0,306 mg de malonaldeído / kg de amostra) são obtidos quando a concentração varia entre 20 a 21% com tempo de imersão variando de 4 a 8 horas e temperatura de 28 a 43°C, e pode-se afirmar também que para os maiores valores de temperatura, concentração de NaCl e tempo houve maior oxidação. SANT'ANA e FERNANDES (2000), trabalhando com filés de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) congelado, verificaram também a influência do tempo na oxidação lipídica através dos teores de TBARS, pela metodologia de Wyncke.

Segundo AL – KAHTANI *et al.* (1996) o produto pode ser considerado em bom estado, apresentando valores abaixo de 3,0 mg de malonaldeído/ kg de amostra. A Legislação brasileira não apresenta limite máximo para mg de malonaldeído/ kg em produtos cárneos.

### 4.3.5 Ganho de sólidos/Perda de água (GS/PA)

O resultado da análise estatística, aplicado aos dados de GS/PA é apresentado nas Tabelas 9 e 10 (Apêndice B). Estes valores foram determinados através do erro puro e pelo SS residual, respectivamente. Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e da interação, em negrito, são significativos com 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ). Estes efeitos significativos podem ser melhores visualizados na Figura 5 (Apêndice C)

Os fatores significativos com 95% de confiança, tanto pelo erro puro quanto pelo SS residual, são a temperatura (L), temperatura (Q), concentração (Q). Já o efeito do tempo (L) é significativo pelo erro puro e apresenta uma significância estatística igual a 93% pelo erro residual, por este motivo este efeito não foi descartado do modelo.

Verificou-se também que o fator que tem mais efeito sobre a resposta é a temperatura (L), seguido da concentração (Q), temperatura (Q) e tempo (L). Os fatores temperatura (L) e tempo (L) têm efeito negativo na resposta, ou seja, com o aumento de qualquer um destes, há a diminuição da razão GS/PA.

Foi realizada a Análise de Variância (ANOVA), eliminando os fatores não significativos, para verificar a significância da regressão e da falta de ajuste com 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ), através do teste F. Na Tabela 4.10, encontram-se os valores calculados e tabelados de F.

**Tabela 4.10** – Análise de Variância do modelo codificado ajustado para GS/PA na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.

<i>Fonte de Variação</i>	<i>SQ</i>	<i>GL</i>	<i>MQ</i>	<i>F<sub>calculado</sub></i>	<i>F<sub>tabelado</sub></i>	<i>R<sup>2</sup></i>
<b>Regressão</b>	0,76	4	0,19	134,78	3,26	0,97
<b>Resíduo</b>	0,02	12	0,00			
<b>Falta de ajuste</b>	0,02	10	0,00	17,48	19,40	
<b>Erro puro</b>	0,00	2	0,00			
<b>Total</b>	0,77	16				

SQ: soma quadrática      GL: grau de liberdade      MQ: média quadrática

O modelo codificado proposto para representar a relação GS/PA na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl é o seguinte:

$$GS / PA = 0,43 - 0,23T + 0,08T^2 + 0,04C^2 - 0,03t \quad (4.5)$$

Onde:

$T$  : Temperatura (°C)

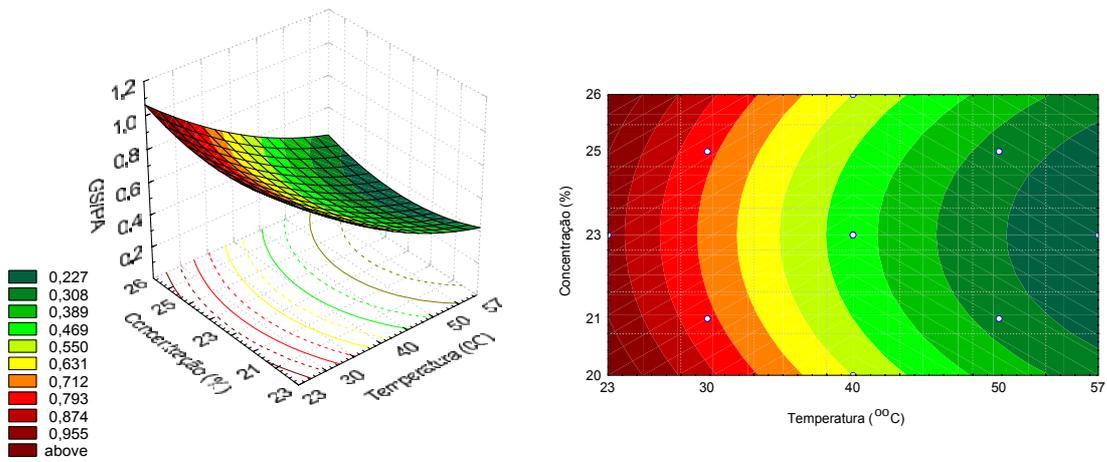
$C$  : Concentração (%)

$t$  : tempo (h)

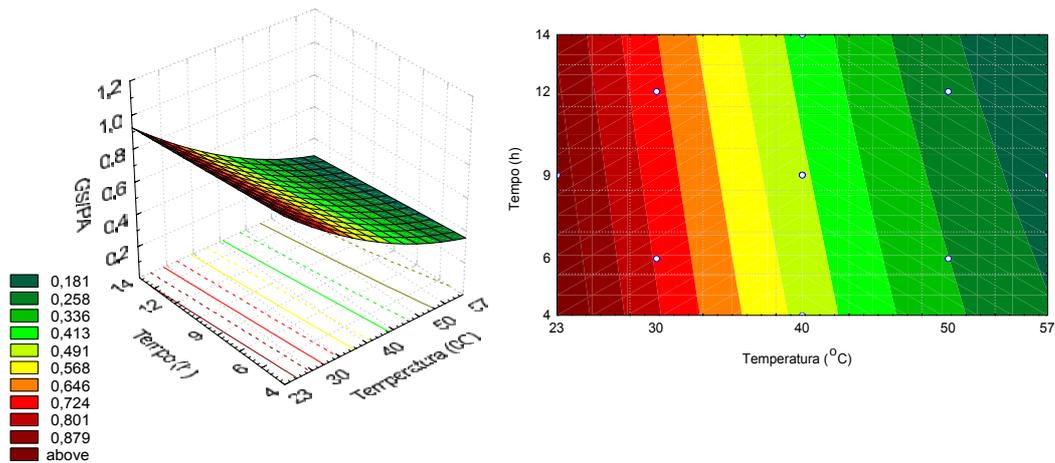
O coeficiente de correlação ( $R^2$ ) para o modelo ajustado foi de 0,97, indicando que o modelo explicou 97% da variação dos dados observados.

O modelo apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança (F calculado superior ao F tabelado) e falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança (F calculado inferior ao F tabelado). Sendo assim, o modelo ajustado para GS/PA no processo de desidratação osmótica foi considerado preditivo.

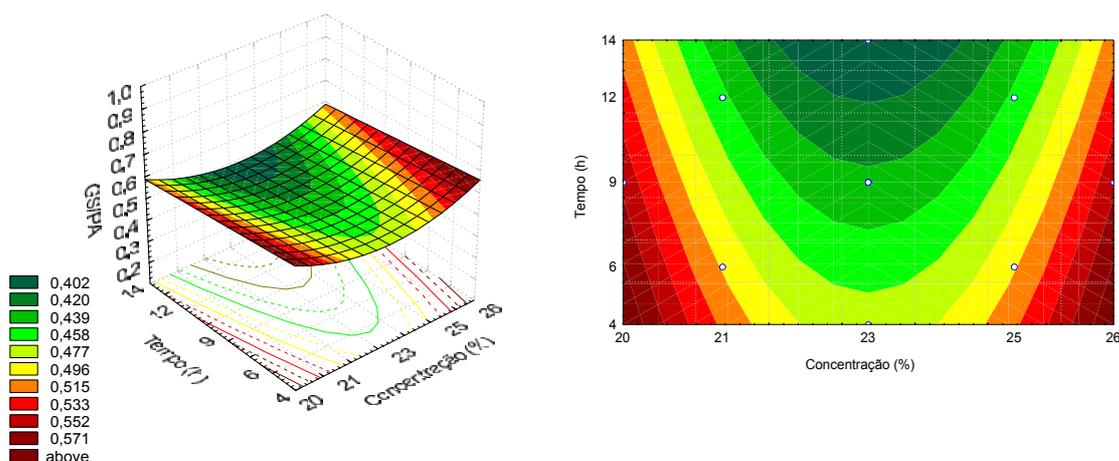
As Figuras 4.5a, 4.5b e 4.5c mostram as superfícies de resposta e curvas de nível geradas através do modelo proposto.



**Figura 4.5a** – Superfície de resposta e curva de nível para GS/PA, relacionando concentração de NaCl (%) e temperatura (°C) para um tempo de 9 horas de processo na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.



**Figura 4.5b** – Superfície de resposta e curva de nível para GS/PA, relacionando temperatura (°C) e tempo (h) para uma concentração de 23% de NaCl na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.



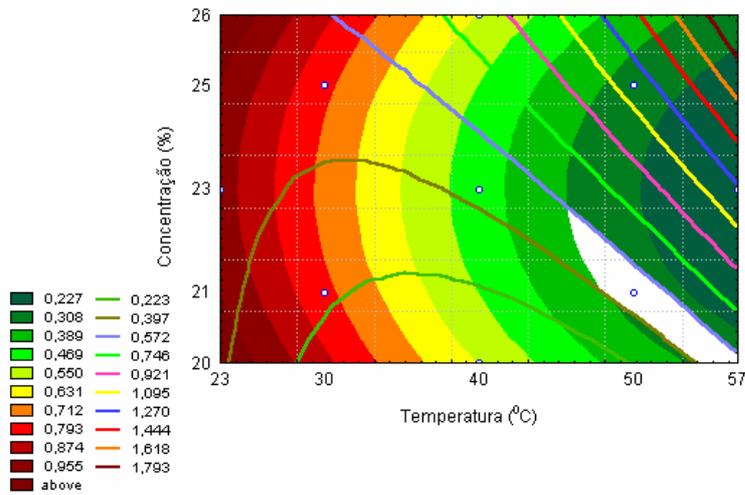
**Figura 4.5c** – Superfície de resposta e curva de nível para GS/PA, relacionando concentração de NaCl (%) e tempo (h) para uma temperatura de 40°C de processo na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.

Nas Figuras 4.5a, 4.5b e 4.5c verifica-se que, dentro da faixa de trabalho estudada, diminuindo a temperatura, e utilizando concentrações de NaCl abaixo 21% e acima de 25%, em qualquer tempo de processo, acarretará em uma menor perda de água e um maior ganho de sólidos, sendo portanto inviável a utilização destas faixas. Por outro lado, mantendo a concentração de 21 a 25% e aumentando a temperatura e o tempo verifica-se uma diminuição na razão GS/PA.

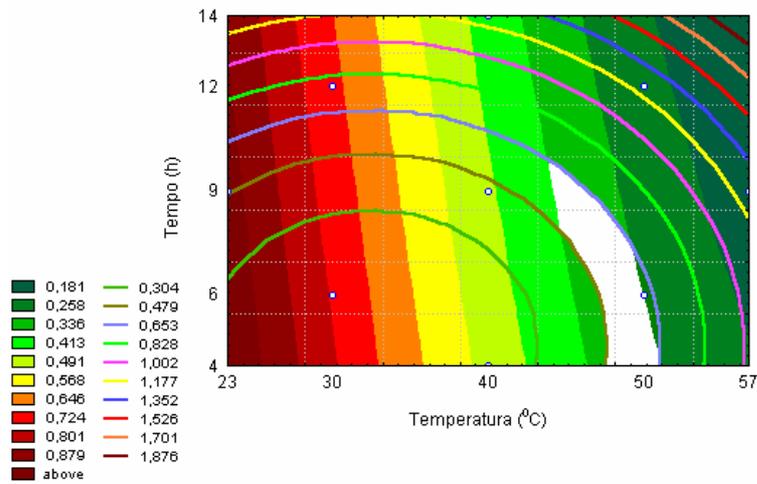
Observa-se também que a região de maior perda de água e menor ganho de sólidos (GS/PA abaixo de 0,336) foram obtidos para temperaturas acima de 45°C, concentração de NaCl de 20 a 26% e tempo de imersão a partir de 5 horas.

#### 4.3.6. Otimização

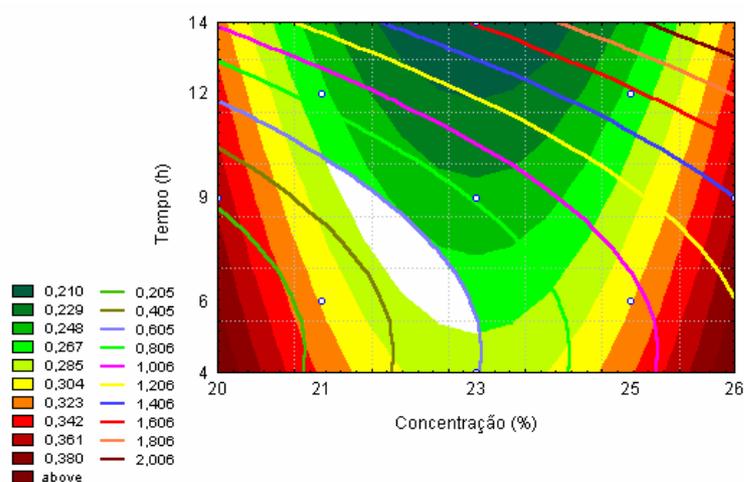
Nas Figuras 4.6a, 4.6b e 4.6c, o gráfico de GS/PA está representado através das áreas, enquanto que o gráfico de TBA está delimitado através de linhas. Observa-se uma região branca, considerada ótima para o estudo, pois é uma região limite do objetivo de obter produtos com maior perda de água, menor ganho de sólidos e menor oxidação, sem modificar drasticamente as características iniciais do pescado.



**Figura 4.6a** - Sobreposição das curvas de contorno (GS/PA) e TBA no tempo de 9 horas de processo na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.



**Figura 4.6b** - Sobreposição das curvas de contorno (GS/PA) e TBA a concentração de 23% na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.



**Figura 4.6c** - Sobreposição das curvas de contorno (GS/PA) e TBA a temperatura de 50°C na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.

Dentro da faixa de trabalho escolhida, que varia de 0,258 a 0,336 para GS/PA e 0,397 a 0,653 de TBA, das Figuras 4.6a, 4.6b e 4.6c optou-se em trabalhar com a seguinte condição ótima: temperatura de 46°C, concentração de 22% e tempo de 7horas, tendo em vista que uma maior temperatura e uma maior concentração de NaCl poderia provocar uma maior desnaturação de proteínas alterando a textura e também um escurecimento por oxidação de lipídios, afetando a cor, sabor e odor do mapará. A textura da carne também pode ser alterada pela oxidação devido à formação de complexos entre a proteína do pescado com os produtos de oxidação, provocando o enrijecimento da carne (KHAYAT e SCHWALL, 1983; KANNER, 1994; BAK *et al.*, 1999).

#### 4.3.7. Atividade de água ( $a_w$ )

O resultado da análise estatística, aplicado aos dados experimentais de atividade de água na desidratação osmótica de filé de mapará em solução de NaCl, é apresentado nas Tabelas 11 e 12 (Apêndice B). Estes valores foram determinados através do erro puro e 9pelo SS residual. Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e da interação, em negrito, são significativos ao nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ).

Como podem ser observados nas Tabelas 11 e 12 (Apêndice B), os fatores significativos foram os mesmos, tanto levando em consideração o erro puro como para o SS residual. Na figura 6 (Apêndice C) é apresentado um gráfico de barras dos valores dos efeitos significativos sobre a atividade de água na desidratação osmótica de filé de mapará com solução de NaCl.

Verifica-se que apenas as interações não apresentam efeito significativo para a atividade de água ( $p \geq 0,20$ ). Os parâmetros significativos lineares apresentam efeito negativo sobre a resposta, ou seja, quanto maior o efeito destas variáveis menor será a atividade de água. Verifica-se também que a concentração (L) é a que apresenta maior efeito sobre a atividade de água.

Após a eliminação dos parâmetros com efeitos não significativos, verificou-se através da análise de variância (ANOVA) a significância da regressão e da falta de ajuste com 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ), utilizando o teste F, para o planejamento estudado, conforme a Tabela 4.11:

**Tabela 4.11**– Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para atividade de água na desidratação osmótica de filé de mapará em solução de NaCl.

<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>GL</i>	<i>MQ</i>	<i>F<sub>calculado</sub></i>	<i>F<sub>tabelado</sub></i> <i>(p ≤ 0,05)</i>	<i>R<sup>2</sup></i>
<b>Regressão</b>	0,0057	6	$9,44 \times 10^{-4}$	40,34	3,22	0,96
<b>Resíduo</b>	$2,34 \times 10^{-4}$	10	$2,34 \times 10^{-5}$			
<b>Falta de ajuste</b>	$2,12 \times 10^{-4}$	8	$2,6 \times 10^{-5}$	2,14	19,37	
<b>Erro puro</b>	$2,5 \times 10^{-5}$	2	$1,2 \times 10^{-5}$			
<b>Total</b>	0,0059	16				

SQ: soma quadrática      GL: grau de liberdade      MQ: média quadrática

O modelo codificado proposto para representar a atividade de água na desidratação osmótica de filé de peixe mapará em solução de NaCl é o seguinte:

$$a_w = 0,83 - 0,004T + 0,006T^2 - 0,017C + 0,007C^2 - 0,004t + 0,007t^2 \quad (4.6)$$

Onde:

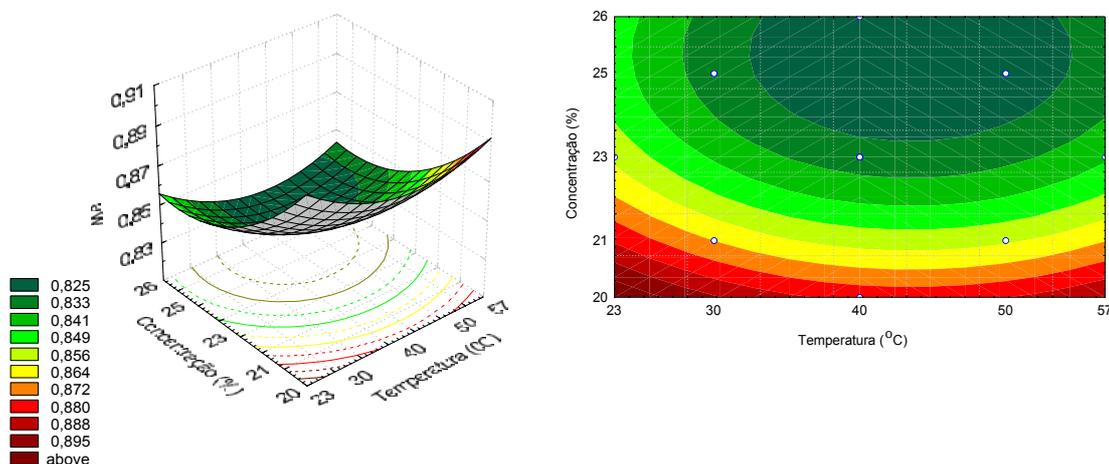
$T$  : temperatura (°C)

$C$  : concentração de NaCl (%)

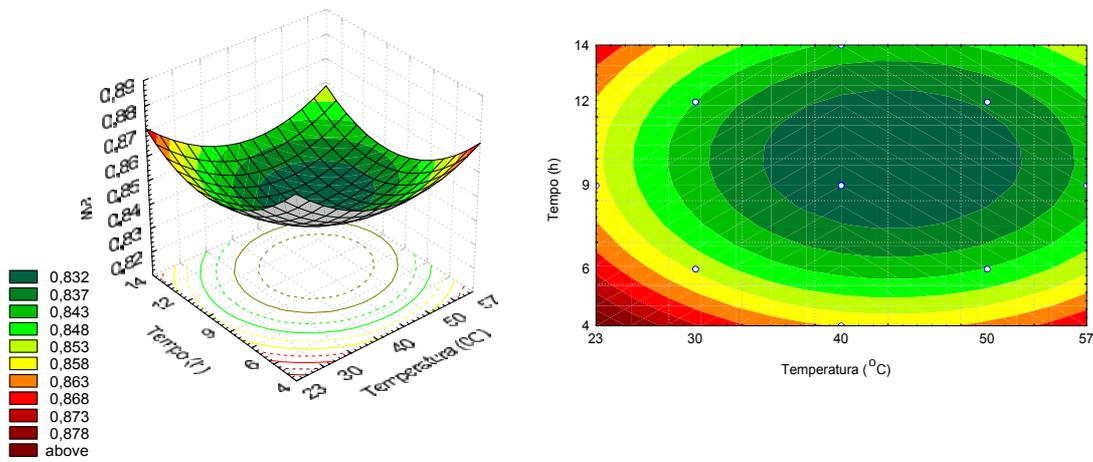
$t$  : tempo (h)

A análise de variância (Tabela 4.11) mostrou que o modelo ajustado para a atividade de água (Equação 4.6) foi significativo ao nível de 95% de confiança e também preditivo, satisfazendo o critério sugerido por BOX e WETZ (1973) visto que o F calculado foi 12,53 vezes maior que o F tabelado e a falta de ajuste não foi significativa no mesmo nível de confiança. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi de 0,96, indicando que o modelo explicou 96% da variação dos dados observados.

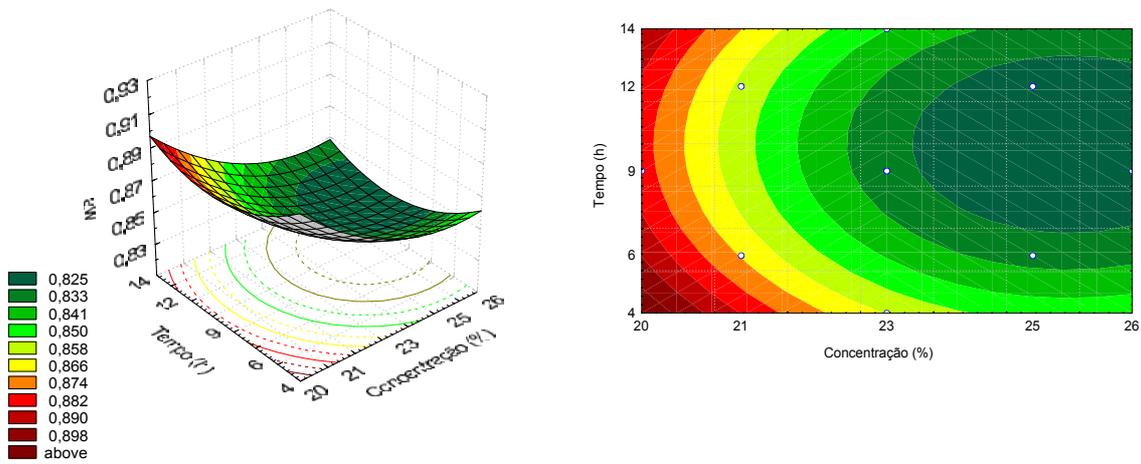
Nas Figuras 4.7a, 4.7b e 4.7c são mostradas as superfícies de resposta e curvas de níveis geradas através do modelo proposto, considerando-se os pontos médios dos tempos, concentração e temperatura. Estas superfícies confirmam a análise dos efeitos realizados anteriormente e permite visualizar a variação da resposta para cada parâmetro estudado.



**Figura 4.7a** – Superfície de resposta e curva de nível para atividade de água, relacionando concentração de NaCl (%) e temperatura (°C) para um tempo de 9 horas de processo na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.



**Figura 4.7b** – Superfície de resposta e curva de nível para atividade de água, relacionando temperatura (°C) e tempo (h) para uma concentração de 23% de NaCl na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.



**Figura 4.7c** – Superfície de resposta e curva de nível para atividade de água, relacionando concentração de NaCl (%) e tempo (h) para uma temperatura de 40°C na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.

Verifica-se através das Figuras 4.7a e 4.7b que a atividade de água não ultrapassa 0,832 na faixa de temperatura que vai de 35 a 52°C. A mesma atividade de água é verificada quando se determina a faixa de tempo na Figura 4.7a e 4.7b, que vai de 7 a 12 h.

Analisando as Figuras 4.7a e 4.7c verifica-se que a menor atividade de água é alcançada a partir de 23,5% de concentração de NaCl.

Através das Figuras 4.7a, 4.7b e 4.7c, observa-se também que a condição ótima encontrada para desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl, temperatura de 46°C, concentração de 22% de NaCl e tempo de 7 horas de processo, apresenta uma variação de 0,841 a 0,850 de atividade de água.

Os valores obtidos de atividade de água podem ser considerados muito bons, visto que a desidratação osmótica é reconhecidamente ineficaz, quando utilizada sozinha, na obtenção de alimentos com reduzida atividade de água, como sugerem diversos autores (RAOULT-WACK, 1994; TAPIA *et al.*, 1999). LEITÃO (1983) afirma que a grande maioria das bactérias deteriorantes do peixe salgado é inibida tendo valores de atividade de água próximas a 0,95. Em atividade de água igual a 0,92, praticamente todas as bactérias patogênicas são inibidas, com exceção do *Staphylococcus aureus*, que pode se desenvolver em valores de atividade de água de 0,83, porém, deixa de produzir enterotoxina em alimentos com atividade de água de 0,93.

#### 4.4. DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA EM SOLUÇÕES TERNÁRIAS

Na Tabela 4.12 são mostrados os valores de perda de água e ganho de sólidos obtidos experimentalmente na desidratação osmótica do filé de mapará utilizando diferentes soluções ternárias de água com NaCl + sacarose ou NaCl + xarope de milho, de acordo com a planilha do planejamento experimental fracionário  $2^{4-1}$ , com três pontos centrais.

Como o objetivo desta etapa era apenas verificar os efeitos significativos às respostas, foi realizada uma comparação entre o planejamento real e o codificado e verificou-se não haver diferença entre ambos, com relação aos fatores significativos, então optou-se por trabalhar com o planejamento codificado.

**Tabela 4.12** – Resultados de perda de água e ganho de sólidos obtidos experimentalmente através da desidratação osmótica de filé de mapará.

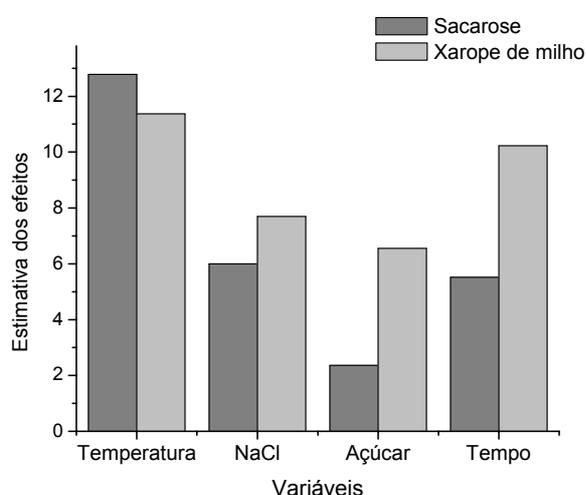
	<i>Codificado</i>				<i>Real</i>				<i>Respostas</i>			
	X1	X2	X3	X4	T (°C)	NaCl (%)	Açúcar (%)	t (h)	PA (%) Sacarose	GS (%) Sacarose	PA (%) Xarope	GS (%) Xarope
1	-1	-1	-1	-1	30	12	30	6	12,992	15,215	5,541	10,557
2	+1	-1	-1	+1	50	12	30	12	35,669	9,968	28,823	7,988
3	-1	+1	-1	+1	30	14	30	12	22,779	27,997	26,026	19,756
4	+1	+1	-1	-1	50	14	30	6	31,732	10,334	25,280	7,657
5	-1	-1	+1	+1	30	12	40	12	20,825	26,941	22,987	21,629
6	+1	-1	+1	-1	50	12	40	6	26,407	6,490	26,029	9,385
7	-1	+1	+1	-1	30	14	40	6	25,733	21,484	21,472	19,203
8	+1	+1	+1	+1	50	14	40	12	39,657	12,779	41,397	10,162
9	0	0	0	0	40	13	35	9	29,447	11,730	29,219	17,437
10	0	0	0	0	40	13	35	9	31,804	12,128	30,429	17,064
11	0	0	0	0	40	13	35	9	30,999	12,739	30,329	17,133

##### 4.4.1. Perda de água (PA)

As Tabelas 13 e 14 (Apêndice B) apresentam a magnitude dos efeitos das variáveis independentes sobre a perda de água, tanto para solução de NaCl + sacarose quanto para a solução de NaCl + xarope de milho. O resultado pode ser mais claramente visualizado pelo gráfico de barras na Figura 4.8.

Como o objetivo do planejamento fracionário foi verificar a intensidade dos efeitos e sua significância e não a validação de modelos, não houve necessidade da avaliação dos efeitos pelo erro residual.

O valor do coeficiente p está ao nível de significância da variável independente sobre a resposta em estudo. Foi escolhido como intervalo de confiança o valor de 95%. Sendo assim, pode-se afirmar que para valores de p inferiores a 5%, a variável é considerada estatisticamente significativa. Caso contrário, não é considerada significativa.



**Figura 4.8** – Estimativa dos efeitos significativos e não significativos para a perda de água durante a desidratação osmótica de filés de mapará, utilizando soluções ternárias.

Para a resposta de perda de água, observa-se que os fatores significativos com 95% de confiança, tanto para a solução de NaCl + sacarose quanto para a de NaCl + xarope de milho, são temperatura, concentração de NaCl e o tempo.

Verifica-se que, para o planejamento fracionário utilizando solução de NaCl + sacarose, a concentração de açúcar possui um  $p > 0,05$ , que indica que seu efeito não foi significativo. O mesmo não acontece com planejamento utilizando solução de NaCl + xarope de milho, onde a concentração de açúcar foi significativa a 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ).

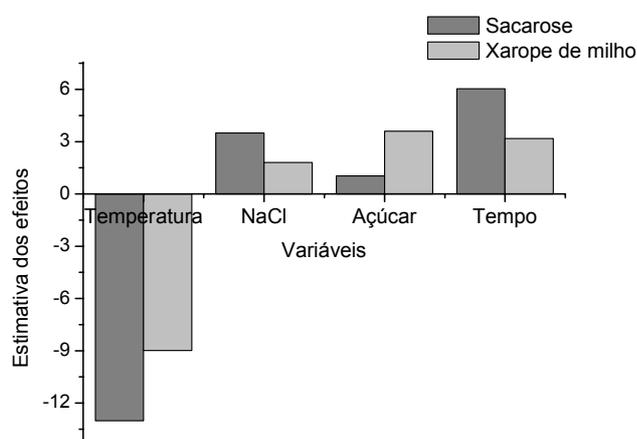
Através do gráfico da Figura 4.8, verifica-se que a temperatura é o parâmetro que exerce maior influência sobre a perda de água, quando é utilizada a solução de NaCl +

sacarose, seguida da concentração de NaCl e tempo. Já quando se utiliza a solução NaCl + xarope de milho, a temperatura é o que exerce maior influência, seguida do tempo, concentração de NaCl e concentração de xarope de milho. Todos os efeitos dos dois planejamentos fracionários estudados têm efeito positivo sobre a resposta, ou seja, com o aumento de qualquer parâmetro significativo haverá o aumento da perda de água.

Outro fator importante na Figura 4.8, foi verificar que o efeito da temperatura na perda de água é maior nos experimentos realizados com NaCl + sacarose, em contrapartida, o efeito da concentração de NaCl, concentração de açúcar e tempo de desidratação foi maior para os experimentos utilizando solução de NaCl + xarope de milho.

#### 4.4.2. Ganho de sólidos (GS)

A magnitude dos efeitos das variáveis independentes sobre o ganho de sólidos, tanto para solução de NaCl + sacarose quanto para a solução de NaCl + xarope de milho, está apresentada nas Tabelas 15 e 16 (Apêndice B). Na Figura 4.9 está representada a estimativa dos efeitos significativos e não significativos para cada variável dos planejamentos.



**Figura 4.9** – Estimativa dos efeitos significativos e não significativos para o ganho de sólidos, durante a desidratação osmótica de filés de mapará, utilizando soluções ternárias.

Através das Tabelas 15 e 16 (Apêndice B), observa-se que os fatores significativos com 95% de confiança para a resposta ganho de sólidos, tanto para a solução de NaCl + sacarose quanto para a de NaCl + xarope de milho, são temperatura, concentração de NaCl

e tempo. Os parâmetros que possuem um  $p > 0,05$ , não são significativos com 95% de confiança, e portanto, não tem efeito sobre a resposta ganho de sólidos, neste caso, a concentração de sacarose para o planejamento utilizando este açúcar.

Na Figura 4.9, onde existe um gráfico de barras dos efeitos das variáveis, verifica-se que o planejamento utilizando solução de NaCl + sacarose, apresenta a temperatura como o parâmetro que exerce maior influência sobre o ganho de sólidos, seguida do tempo e a concentração de NaCl. Já quando se utiliza a solução NaCl + xarope de milho, a temperatura é o que exerce maior influência, seguida da concentração de xarope de milho, tempo e concentração de NaCl. A temperatura, para os dois ensaios, tem efeito negativo sobre a resposta, isso quer dizer que, com o aumento da temperatura há a diminuição do ganho de sólidos. Todos os outros parâmetros têm efeito positivo sobre a resposta, significando que ao passar de um valor menor para um valor maior das variáveis, o ganho de sólidos aumenta.

Observa-se na Figura 4.9 que para as mesmas condições de temperatura, concentração de NaCl e tempo, de ambos os planejamentos, os maiores valores dos efeitos estão no planejamento que utiliza a sacarose na solução ternária; a exceção está na concentração de sacarose que não tem efeito significativo sobre a resposta.

O uso de misturas de solutos pode fornecer algumas vantagens. *RAOULT-WACK et al.* (1994) utilizaram a combinação sal-sacarose na desidratação e salga de peixes e verificaram que em concentrações baixas de sacarose, o ganho de sal aumenta linearmente com a sua concentração, enquanto que em altas concentrações de sacarose, o ganho de sal permanece baixo, devido ao efeito barreira do açúcar na penetração de sal.

Analisando o planejamento utilizando solução de NaCl + sacarose, com base nos resultados de perda de água e ganho de sólidos, determinou-se não ser necessário realizar um planejamento completo  $2^4$ , pois como a concentração de sacarose não foi significativa,

esta variável pode permanecer constante em seu menor nível (30%), sem afetar as respostas, reduzindo desta forma o custo do processo.

Com base nos resultados de perda de água e ganho de sólidos do planejamento, utilizando solução ternária de NaCl + xarope de milho, verificou-se ser necessário realizar um planejamento experimental completo <sup>24</sup>, visto que todos os efeitos foram significativos para a perda de água e ganho de sólidos.

A concentração e a composição da solução são variáveis que influenciam na perda de água e no ganho de sólidos; RAOULT- WACK *et al.* (1991) estudaram a influência da concentração e do peso molecular do soluto na perda de água e no ganho de sólidos e observaram que em concentrações baixas, o ganho de solutos é maior que a perda de água (efeito de impregnação), mas este efeito alcança um máximo, e para as mais altas concentrações o ganho de sólidos é muito menor que a perda de água (efeito desidratante). Os mesmos autores verificaram que a perda de água se incrementava e o ganho de sólidos diminuía com o aumento do peso molecular do soluto.

EMAM-DJOMECH *et al.* (2001) estudaram a interação dos solutos na solução e o efeito da composição de soluções aquosas multicomponentes, contendo sal e açúcar, para diminuir o ganho de solutos durante a desidratação osmótica de um gel de ágar, e descobriram que a difusividade efetiva, quando foi utilizada solução ternária, diminuía em relação às soluções binárias. Este efeito pode ser explicado pelo aumento da viscosidade da solução ou uma barreira sólida formada pelos solutos na superfície do material, bloqueando a difusão (BOHUON *et al.*, 1998; SACHETI *et al.*, 2001; DJELVEH *et al.*, 2001, MEDINA VIVANCO, 2003).

Segundo CONTRERAS e SMYRL (1981), a utilização de xarope de milho no processo osmótico, seguido de secagem, quando comparado com o uso de sacarose é vantajoso. O uso de solutos de alto peso molecular favorece a perda de água e diminui o ganho de sólidos (a migração é limitada pelo alto peso molecular), promovendo uma maior

perda de peso do material. Açúcares de baixo peso molecular favorecem a incorporação de sólidos, devido à alta velocidade de penetração das moléculas.

#### 4.5. DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA EM SOLUÇÃO DE NaCl + SACAROSE

Na Tabela 4.13 estão apresentados os valores de perda de peso, perda de água, ganho de sólidos, TBA, GS/PA e atividade de água, obtidos experimentalmente, a partir da desidratação osmótica do filé de mapará utilizando solução ternária de NaCl+Sacarose, seguindo a planilha do planejamento experimental completo  $2^3$ , com seis pontos axiais e três centrais. Os dados experimentais foram obtidos seguindo 17 combinações entre as variáveis independentes: temperatura, concentração de NaCl e tempo de imersão, com concentração de sacarose constante de 30%.

**Tabela 4.13** – Resultados da perda de peso, perda de água, ganho de sólidos, TBA, GS/PA e atividade de água, obtidos experimentalmente através da desidratação osmótica de filé de mapará, utilizando solução ternária NaCl+sacarose.

	<i>Codificado</i>			<i>Real</i>			<i>Resposta</i>					
	X1	X2	X3	T (°C)	NaCl (%)	t (h)	PP (%)	PA (%)	GS (%)	TBA (mg Mal. /1000 g)	GS/PA	a <sub>w</sub>
1	-1	-1	-1	30	12	6	-2,223	12,992	15,215	0,030	1,171	0,887
2	+1	-1	-1	50	12	6	13,065	26,955	13,891	0,132	0,515	0,886
3	-1	+1	-1	30	14	6	2,996	14,212	11,216	0,115	0,789	0,879
4	+1	+1	-1	50	14	6	21,398	31,732	10,334	0,233	0,326	0,839
5	-1	-1	+1	30	12	12	11,476	25,320	13,844	0,180	0,547	0,858
6	+1	-1	+1	50	12	12	25,700	35,669	9,968	0,770	0,280	0,844
7	-1	+1	+1	30	14	12	-5,218	22,779	27,997	0,229	1,229	0,867
8	+1	+1	+1	50	14	12	20,593	35,332	14,739	0,884	0,417	0,832
9	-α	0	0	23	13	9	-1,436	18,145	19,581	0,109	1,079	0,885
10	+α	0	0	57	13	9	29,693	38,823	9,130	0,796	0,235	0,832
11	0	-α	0	40	11,3	9	12,151	23,269	11,119	0,230	0,478	0,876
12	0	+α	0	40	14,7	9	10,854	24,977	14,123	0,490	0,565	0,842
13	0	0	-α	40	13	4	1,187	15,783	14,596	0,010	0,925	0,875
14	0	0	+α	40	13	14	12,508	29,741	17,233	0,610	0,579	0,844
15	0	0	0	40	13	9	18,524	28,564	10,040	0,410	0,352	0,844
16	0	0	0	40	13	9	16,926	28,649	11,724	0,430	0,409	0,848
17	0	0	0	40	13	9	18,341	28,786	10,445	0,443	0,363	0,845

#### 4.5.1 Perda de peso (PP)

Os resultados da análise estatística, aplicados aos dados experimentais de perda de peso na desidratação osmótica de filé de mapará em solução de NaCl + sacarose, são apresentados nas Tabelas 17 e 18 (Apêndice B). Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e da interação, em negrito, são significativos ao nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ).

Como podem ser observados nas Tabelas 17 e 18 (Apêndice B), os fatores significativos foram os mesmos, tanto levando em consideração o erro puro como para o SS residual. Na figura 7 (Apêndice C) é apresentado um gráfico de barras dos valores dos efeitos significativos sobre a perda de peso na desidratação osmótica de filé de mapará com solução de NaCl+sacarose, utilizando modelo codificado.

Verifica-se que o efeito mais significativo foi a temperatura (L), e que esta variável, assim como o tempo (L) e a interação temperatura  $\times$  concentração, possuem efeito positivo, ou seja, quanto maior o valor das mesmas, maior é a perda de peso, diferentemente das variáveis temperatura (Q), concentração (L) e (Q), tempo (Q) e da interação concentração  $\times$  tempo, que tem efeito negativo sobre a resposta, neste caso, quanto maior o valor das mesmas, menor é o valor da resposta.

Observa-se também que a variável concentração (L) apresentou  $p$  igual a 0,08 (erro puro) e 0,12 (erro residual), significando que está dentro de um limite de confiança de 92% e 88%, portanto não seria conveniente descartá-la, considerando não significativa.

Após a eliminação dos parâmetros com efeitos não significativos, verificou-se através da análise de variância (ANOVA) a significância da regressão e da falta de ajuste ao nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ), utilizando o teste F, para o planejamento estudado (Tabela 4.14).

**Tabela 4.14** – Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para perda de peso na desidratação osmótica de filé de mapará em solução de NaCl+ sacarose.

Fonte de variação	SQ	GL	MQ	F <sub>calculado</sub>	F <sub>tabelado</sub> (p≤0,05)	R <sup>2</sup>
<b>Regressão</b>	1626,99	8	203,37	71,21	3,44	0,99
<b>Resíduo</b>	22,85	8	2,856			
<b>Falta de ajuste</b>	21,32	6	3,55	4,64	19,33	
<b>Erro puro</b>	1,53	2	0,77			
<b>Total</b>	1649,83	16				

SQ: soma quadrática      GL: grau de liberdade      MQ: média quadrática

Analisando os valores obtidos na Tabela 4.14, observa-se que o modelo é significativo e preditivo para a resposta perda de peso, com 95% de confiança, pois o F calculado da regressão é 20.70 vezes superior ao F tabelado e o F calculado da falta de ajuste é menor que o F tabelado. O coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) obtido foi 0.99, indicando que o modelo explicou 99% da variação dos dados experimentais.

O modelo codificado proposto para representar a perda de peso na desidratação osmótica de filé de peixe mapará em solução de NaCl+sacarose é o seguinte:

$$PP (\%) = 17,89 + 9,24T - 1,21T^2 - 0,76C - 2,15C^2 + 2,66t - 3,79t^2 + 1,84TC - 4,42Ct \quad (4.7)$$

Onde:

*T* : temperatura (°C)

*C* : concentração(%)

*t* : tempo (h)

Nas figuras 4.10a, 4.10b e 4.10c são mostradas as superfícies de resposta e curvas de nível geradas através do modelo proposto, considerando-se os pontos médios dos tempos, concentração de NaCl e temperatura.

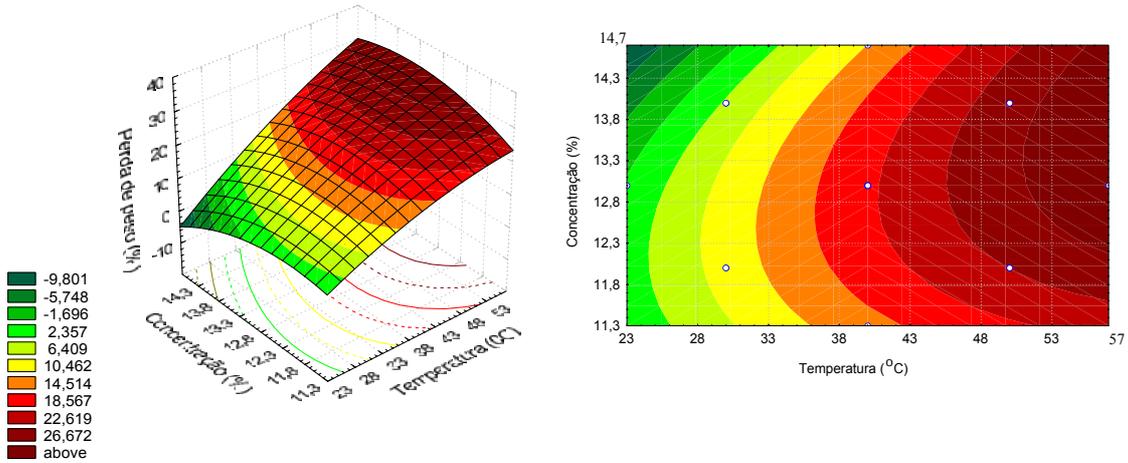


Figura 4.10a – Superfície de resposta e curva de nível para a perda de peso, relacionando temperatura (°C) e concentração de NaCl (%) para 9 horas de processo na desidratação de mapará em solução de NaCl+sacarose.

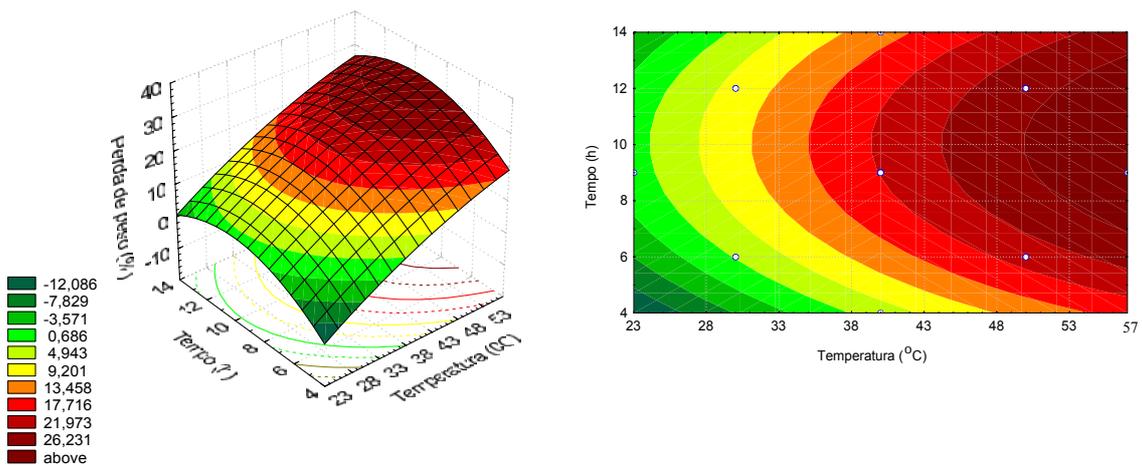
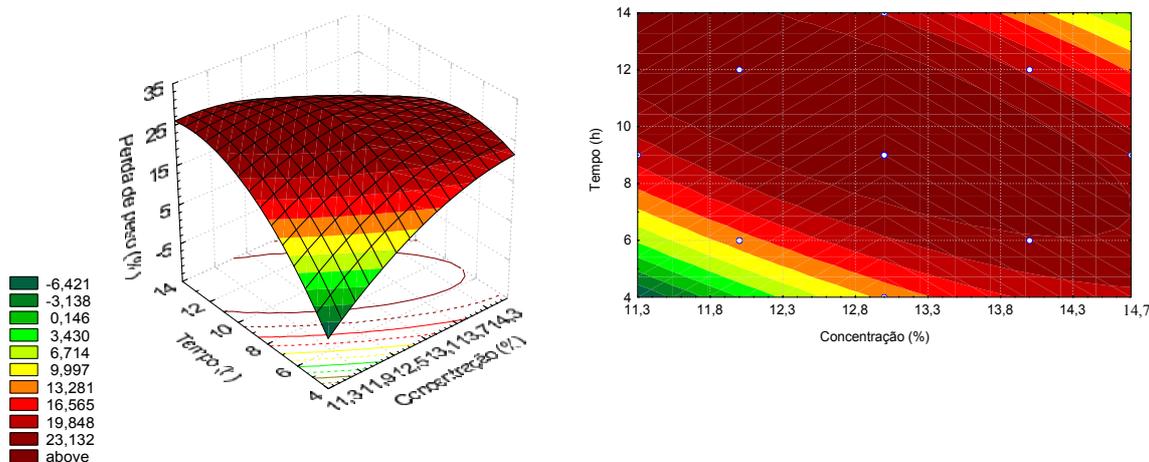


Figura 4.10b – Superfície de resposta e curva de nível para a perda de peso, relacionando temperatura (°C) e tempo (h) para concentração de NaCl de 13% de processo na desidratação de mapará em solução de NaCl+sacarose.



**Figura 4.10c** – Superfície de resposta e curva de nível para a perda de peso, relacionando concentração de NaCl (%) e tempo (h) para uma temperatura de 40°C de processo na desidratação de mapará em solução de NaCl+sacarose.

Através das Figuras 4.10a e 4.10b. verificou-se que, dentro do intervalo estudado no planejamento, para temperaturas acima de 46°C, a de região de 12,3 a 14,7% de concentração de NaCl e de 7 a 13h de tempo de desidratação, apresentaram uma maior perda de peso. Na Figura 4.10c verificou-se que utilizando a temperatura de 40°C existe uma grande faixa de perda de peso que vai de 11,3 a 14,7% de concentração de NaCl e tempos acima de 6h de processo.

#### 4.5.2. Perda de Água (PA)

Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e das interações na perda de água de filé de mapará em solução de NaCl + sacarose, assim como o erro, o coeficiente t e a significância estatística, podem ser observados na Tabela 19 e 20 (Apêndice B). Estes valores foram determinados, através do erro puro e pelo SS residual, respectivamente. Os valores em **negrito** apresentam-se significativos a  $p \leq 0,05$ .

Através das Tabelas 19 e 20 (Apêndice B) e da Figura 8 (Apêndice C), percebe-se que o parâmetro temperatura (L) é a que apresenta maior efeito entre todas as variáveis e interações significativas. Os parâmetros significativos temperatura (L), concentração (L) e tempo (L) e a interação temperatura × concentração apresentam um efeito positivo pela perda de água, ou seja, um aumento em qualquer um desses fatores acarreta em um aumento na perda de água; e verifica-se que quanto maior os efeitos dos parâmetros concentração (Q), tempo (Q) e das interações temperatura × tempo e concentração × tempo, menor é a perda de água.

O efeito da variável temperatura (Q) não foi significativo, tanto pelo erro puro quanto pelo erro residual. O mesmo não acontece com a variável concentração (L), que tem efeito significativo pelo erro puro e não significativo com 95% de confiança pelo erro residual, mas é significativa a 94,88% de confiança, por esta razão não seria conveniente descartá-la.

Eliminando os fatores não-significativos, verificou-se a significância da regressão e da falta de ajuste em relação a 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ), através do teste F, na análise de variância. Na Tabela 4.15 encontram-se os valores calculados e tabelados de F.

**Tabela 4.15** – Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para perda de água na desidratação osmótica de filé de mapará em solução de NaCl + sacarose.

<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>GL</i>	<i>MQ</i>	<i>F<sub>calculado</sub></i>	<i>F<sub>tabelado</sub></i> <i>(p ≤ 0,05)</i>	<i>R<sup>2</sup></i>
<b>Regressão</b>	904,27	8	113,03	262,67	3,44	0,99
<b>Resíduo</b>	3,44	8	0,43			
<b>Falta de ajuste</b>	3,42	6	0,57	45,20	19,33	
<b>Erro puro</b>	0,03	2	0,01			
<b>Total</b>	907,72	16				

SQ: soma quadrática      GL: grau de liberdade      MQ: média quadrática

O modelo codificado proposto para representar a perda de água na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl + sacarose é o seguinte:

$$PA(\%) : 28,74 + 6,53T + 0,44C - 1,48C^2 + 4,15t - 1,96t^2 + 0,72TC - 1,07Tt - 1,11Ct \quad (4.8)$$

Onde:

$T$  : temperatura (°C)

$C$  : concentração(%)

$t$  : tempo (h)

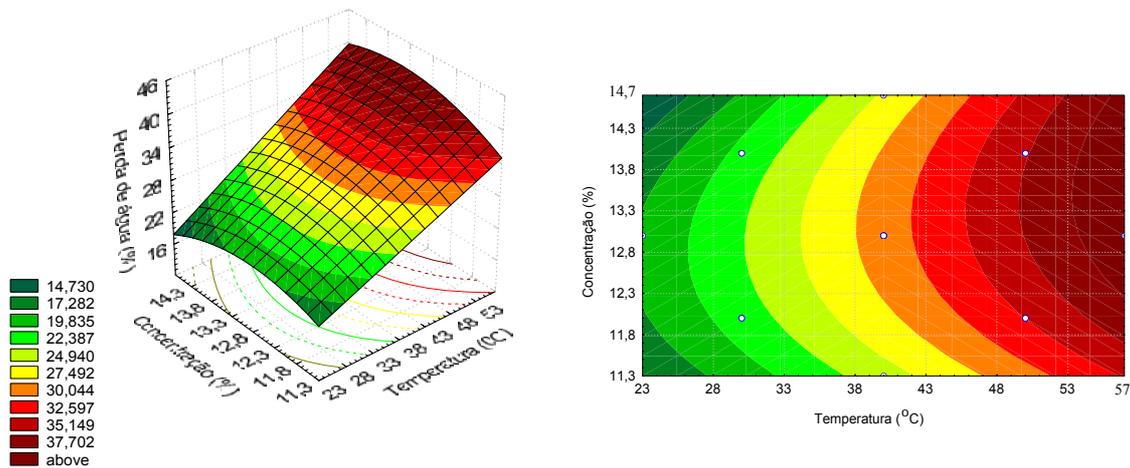
O coeficiente de correlação ( $R^2$ ) foi de 0,99 indicando que o modelo explicou 99% da variação dos dados observados. O modelo apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança (F calculado 76,36 vezes superior ao F tabelado) e falta de ajuste significativa no mesmo nível de confiança (F calculado superior ao F tabelado), devido a boa repetição dos pontos centrais. Desta forma é necessário verificar se houve um desvio muito grande dos dados experimentais, para que o modelo não seja preditivo. É necessário verificar ponto a ponto, como é ilustrado na Tabela 4.16, para que realmente não haja dúvidas da predição do modelo.

**Tabela 4.16** – Valores experimentais e valores preditos pelo modelo codificado para a resposta perda de água na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + sacarose.

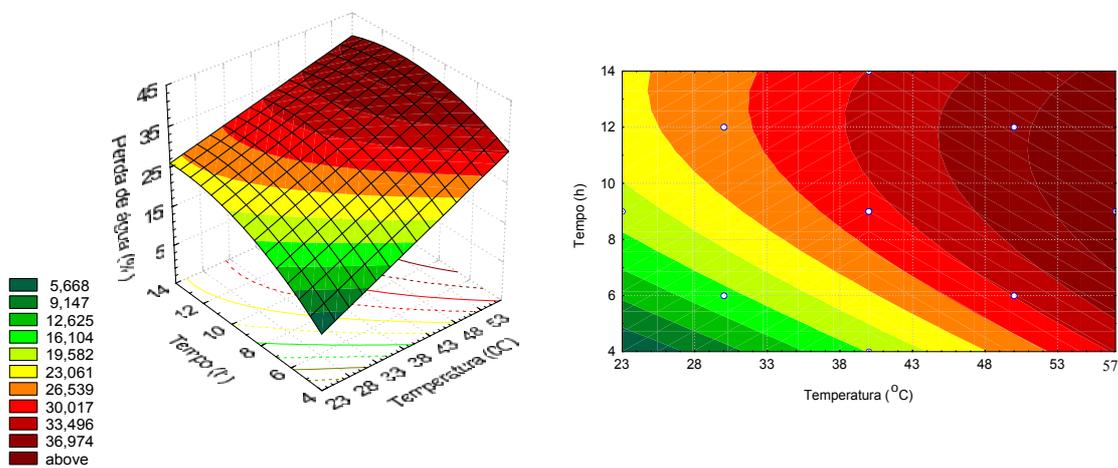
<i>Ensaio</i>	<i>PA experimental</i>	<i>PA predito</i>	<i>Desvio relativo (%)</i>
1	12,9917	12,7210	2,084
2	26,9553	26,4900	1,726
3	14,2121	14,3774	-1,163
4	31,7322	31,0264	2,224
5	25,3199	25,3896	-0,275
6	35,6687	34,8678	2,245
7	22,7791	22,6088	0,748
8	35,3321	34,9670	1,033
9	18,1446	17,7682	2,075
10	38,8231	39,7150	-2,297
11	23,2694	23,8364	-2,437
12	24,9771	25,3111	-1,337
13	15,7834	16,2369	-2,874
14	29,7409	30,1887	-1,506
15	28,5638	28,7416	-0,622
16	28,6492	28,7416	-0,323
17	28,7863	28,7416	0,155

De acordo com a Tabela 4.16, verifica-se que os desvios relativos de todos os ensaios foram considerados pequenos (0,155 a 2,874), com destaque para os ensaios 6, 8 e 10 que apresentaram maiores perdas de água (desvios variando de 1,033 a 2,297), que é o objetivo do experimento. Desta maneira comprova-se que o modelo se ajusta bem aos dados experimentais e pode então ser considerado preditivo.

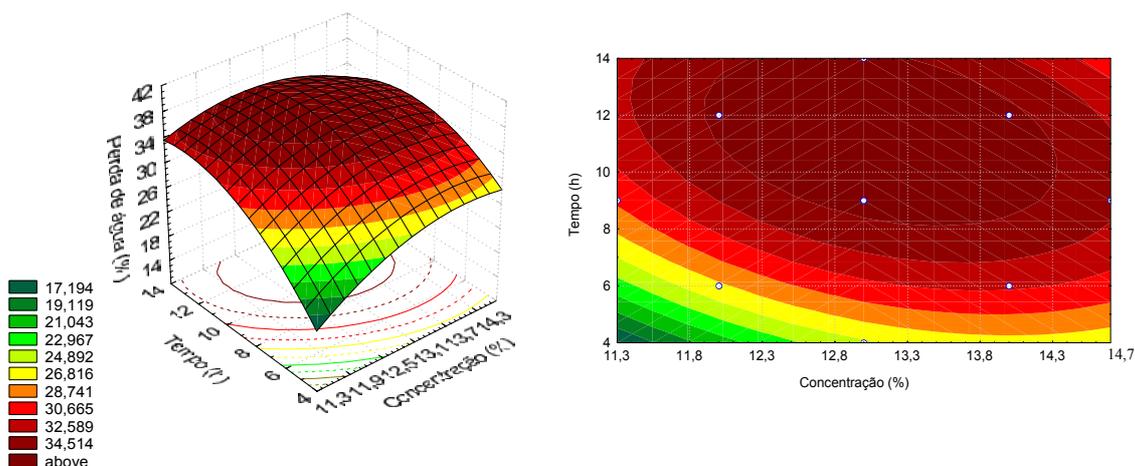
As Figuras 4.11a, 4.11b e 4.11c mostram as superfícies de resposta e curvas de nível geradas através do modelo proposto, considerando-se os pontos médios de tempos de desidratação, concentração de NaCl e temperatura da desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + sacarose.



**Figura 4.11a** – Superfície de resposta e curva de nível para a perda de água, relacionando temperatura (°C) e concentração de NaCl (%) para um tempo de 9 horas de processo na desidratação de mapará em solução de NaCl+sacarose.



**Figura 4.11b** – Superfície de resposta e curva de nível para a perda de água, relacionando temperatura (°C) e tempo (h) a uma concentração de NaCl de 13% de processo na desidratação de mapará em solução de NaCl+sacarose.



**Figura 4.11c** – Superfície de resposta e curva de nível para a perda de água, relacionando concentração de NaCl (%) e tempo (h) a temperatura de 40°C de processo na desidratação de mapará em solução de NaCl+sacarose.

Através das Figuras 4.11a a 4.11c, observou-se que a temperatura foi a variável que exerceu maior influência na perda de água. AZOUBEL (2002) trabalhando com as mesmas variáveis na desidratação osmótica de caju em solução de sacarose e xarope de milho, verificou que, para qualquer agente osmótico utilizado, a temperatura foi também o parâmetro que exerceu maior influência na perda de água.

No intervalo estudado, o aumento da temperatura favoreceu um aumento da perda de água. Este fato pode ser justificado pelo efeito barreira que a gordura provoca, impedindo a saída de água e aumentando a temperatura, a gordura se liquefaz, liberando a difusão da água.

Na Figura 4.11c observou-se que a 40°C, as regiões de concentração de NaCl e tempo que apresentam maior perda de água foram as de 12 a 14,3% de NaCl e 8 a 14h de processo, respectivamente.

### 4.5.3 Ganho de sólidos (GS)

Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e das interações no ganho de sólidos, no processo de desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl + sacarose, o coeficiente  $t$  e a significância estatística podem ser observados nas Tabelas 21 e 22 (Apêndice B), calculados pelo erro puro e SS residual, respectivamente. Os valores em negrito são significativos a 95% de confiança. Na Figura 9 (Apêndice C) são apresentados nos efeitos estimados de cada fator e suas interações, na forma de gráfico de barras para melhor visualização.

Observa-se que os efeitos significativos a 95% de confiança, tanto pelo erro puro quanto pelo SS residual são: temperatura (L), temperatura (Q), concentração (L), tempo (L), tempo (Q) e as interações temperatura  $\times$  tempo e concentração  $\times$  tempo. Observou-se também que a interação temperatura  $\times$  concentração analisada pelo erro puro e pelo SS residual apresentou um  $p$  igual a 0,07, e 0,11 respectivamente, significando que ele está dentro de um limite de confiança de 93%, analisada pelo erro puro e 89% pelo SS residual, não sendo portanto, conveniente descartá-la.

Verifica-se também que os parâmetros temperatura (L), temperatura  $\times$  concentração e temperatura  $\times$  tempo apresentam um efeito negativo no ganho de sólidos, ou seja, um aumento em qualquer um desses fatores acarreta uma diminuição no ganho de sólidos, enquanto os parâmetros temperatura (Q), concentração (L) e tempo (L) e (Q) e a interação concentração  $\times$  tempo apresentam um efeito positivo, ou seja, um aumento nestes fatores acarreta no aumento do ganho de sólidos. Observa-se ainda que a interação concentração  $\times$  tempo é a que apresenta maior efeito no ganho de sólidos.

Eliminando-se os efeitos não significativos, realizou-se a Análise de Variância (ANOVA) para verificar a significância da regressão e da falta de ajuste ao nível de 95% de confiança, como mostra a Tabela 4.17.

**Tabela 4.17** – Análise de Variância (ANOVA) do modelo ajustado para ganho de sólidos, na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl + sacarose.

<i>Fonte de Variação</i>	<i>SQ</i>	<i>GL</i>	<i>MQ</i>	<i>F<sub>calculado</sub></i>	<i>F<sub>tabelado</sub></i> ( <i>p</i> ≤0,05)	<i>R<sup>2</sup></i>
<b>Regressão</b>	316,03	8	39,50	11,97	3,44	0,92
<b>Resíduo</b>	26,41	8	3,30			
<b>Falta de ajuste</b>	24,86	6	4,13	5,35	19,33	
<b>Erro puro</b>	1,55	2	0,77			
<b>Total</b>	342,44	16				

SQ: soma quadrática      GL: grau de liberdade      MQ: média quadrática

Analisando os valores obtidos (Tabela 4.17), observa-se que o modelo apresentou regressão significativa com  $R^2$  igual a 0,92, indicando que o modelo explicou 92% da variação dos dados experimentais. A falta de ajuste não foi significativa (F calculado menor que o F tabelado), porém o modelo não pode ser considerado preditivo, pois o F calculado da regressão foi 3,5 vezes maior que o F tabelado. Segundo as regras de BOX e WETZ (1973) para uma regressão ser significativa não apenas estatisticamente, mas também ser útil para fins preditivos (o valor de F calculado para a regressão deve ser no mínimo de quatro a cinco vezes maior que o valor de F tabelado) e o F da falta de ajuste em relação ao erro puro, pelo contrário, deve apresentar o menor valor possível, pois um alto F indica que há uma grande falta de ajuste dos dados ao modelo obtido.

O modelo codificado proposto para representar o ganho de sólidos na desidratação osmótica de filés de mapará em solução ternária de NaCl+sacarose é o seguinte:

$$GS(\%) = 11,62 - 2,70T + 1,11T^2 + 1,20C + 1,49t + 1,66t^2 - 1,12TC - 1,87Tt + 3,31Ct \quad (4.9)$$

Onde:

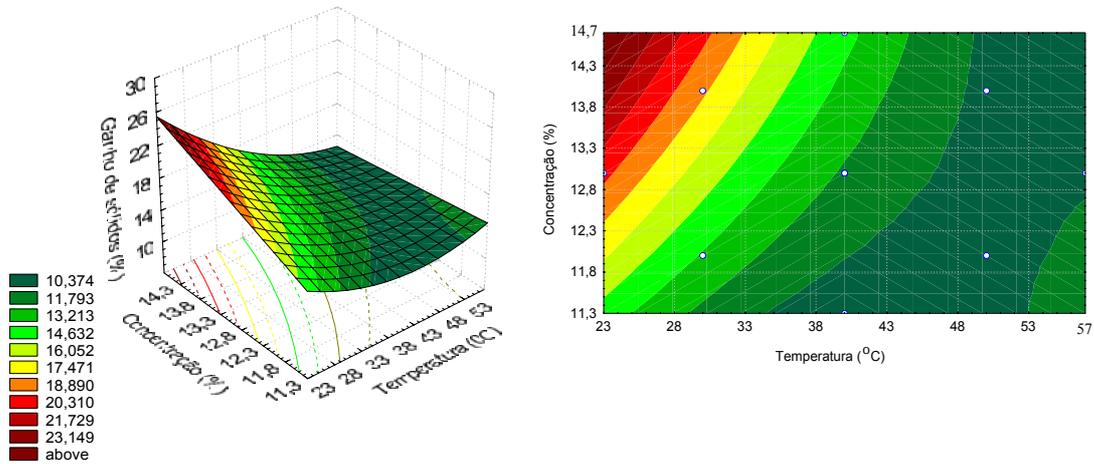
*T*: Temperatura (°C)

*C*: Concentração (%)

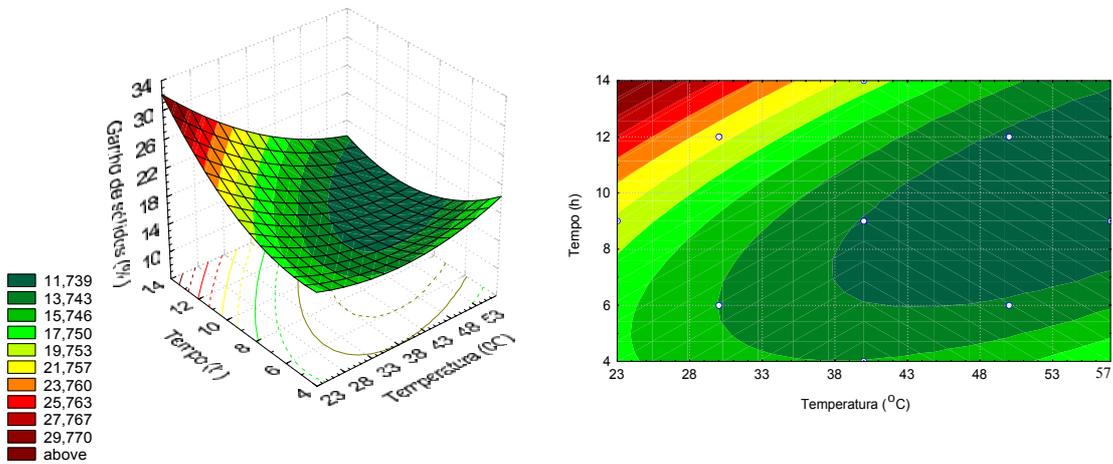
*t*: tempo

As Figuras 4.12a, 4.12b e 4.12c mostram as superfícies de resposta e curvas de nível geradas através do modelo proposto, considerando-se os pontos médios de tempo,

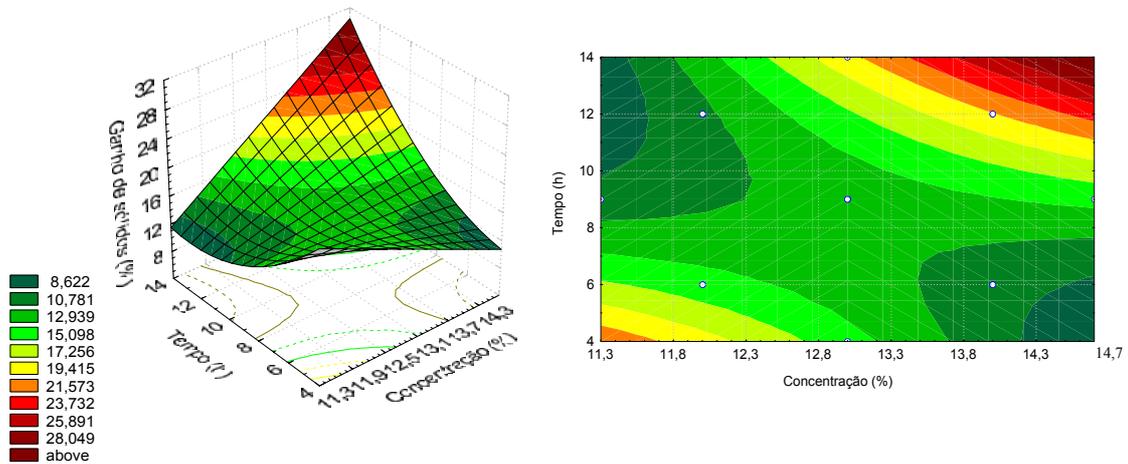
concentração de NaCl e temperatura da desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + sacarose.



**Figura 4.12a** – Superfície de resposta e curva de nível para o ganho de sólidos, relacionando temperatura (°C) e concentração de NaCl (%) para um tempo de 9 horas de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.



**Figura 4.12b** – Superfície de resposta e curva de nível para o ganho de sólidos, relacionando temperatura (°C) e tempo (h) para uma concentração de NaCl de 13% de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.



**Figura 4.12c** – Superfície de resposta e curva de nível para ganho de sólidos, relacionando concentração de NaCl (%) e tempo (h) para uma temperatura de 40°C de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.

Analisando as figuras 4.12a e 4.12b verificou-se que a faixa que vai de 38°C a 57°C de temperatura existe uma região de menor ganho de sólidos. A respeito dos outros parâmetros, concentração de NaCl e tempo, verifica-se, através da Figura 4.12c, que os menores níveis de ganho de sólidos estão compreendidos entre as regiões acima de 10 h de desidratação e abaixo de 11,5% de concentração de NaCl ou abaixo de 6h de desidratação e acima de 14,2% de concentração de NaCl. Verifica-se também que a partir de 33°C, quanto menor a temperatura e maiores a concentração de NaCl e o tempo de desidratação, maior o ganho de sólidos, estes resultados foram similares aos encontrados por BOHUON *et al.* (1998).

#### 4.5.4 Número de ácido tiobarbitúrico (TBA)

Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e das interações no TBA, no processo de desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl + sacarose, o coeficiente t e a significância estatística podem ser observados nas Tabelas 23 e 24 (Apêndice B), calculados pelo erro puro e SS residual, respectivamente. Os valores em negrito são significativos com 95% de confiança. Estes efeitos significativos podem ser visualizados na Figura 10 (Apêndice C).

Verifica-se, através das Tabelas 23 e 24 (Apêndice B) e Figura 10 (Apêndice C), que os fatores significativos com 95% de confiança, tanto pelo erro puro quanto pelo SS residual, são a temperatura (L), concentração (L), concentração (Q), tempo (L), tempo (Q) e a interação temperatura  $\times$  tempo. Já a temperatura(Q), assim como as interações temperatura  $\times$  concentração e concentração  $\times$  tempo apresentam valores de p muito altos ( $p \geq 0,20$ ), portanto, não devem ser considerados significativos.

Verificou-se também, através das Tabelas 23 e 24 e da Figura 10, que os fatores que têm mais efeito sobre a resposta é a temperatura (L) e tempo (L), e que juntamente com a concentração (L) e interação temperatura  $\times$  tempo, têm efeito positivo sobre a resposta, ou seja, quanto maiores os efeitos das variáveis, maior a oxidação, enquanto que os outros efeitos das variáveis significativas, concentração (Q) e tempo (Q), têm efeito negativo na resposta, ou seja, com o aumento de qualquer um destes fatores, menor o número de ácido tiobarbitúrico (TBA).

Foi realizada a Análise de Variância (ANOVA), eliminando os fatores não significativos, para verificar a significância da regressão e da falta de ajuste ao nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ), através do teste F. Na Tabela 4.18, encontram-se os valores calculados e tabelados de F.

**Tabela 4.18** – Análise de Variância (ANOVA) do modelo codificado ajustado para TBA na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl+sacarose

<i>Fonte de Variação</i>	<i>SQ</i>	<i>GL</i>	<i>MQ</i>	<i>F<sub>calculado</sub></i>	<i>F<sub>tabelado</sub></i> ( $\alpha=0,05$ )	<i>R<sup>2</sup></i>
<b>Regressão</b>	1,11	6	0,19	123,40	3,22	0,98
<b>Resíduo</b>	$1,5 \times 10^{-2}$	10	$1,5 \times 10^{-3}$			
<b>Falta de ajuste</b>	$1,5 \times 10^{-2}$	8	$1,9 \times 10^{-3}$	7,60	19,37	
<b>Erro puro</b>	$5 \times 10^{-4}$	2	$2,5 \times 10^{-4}$			
<b>Total</b>	1,22	16				

SQ: soma quadrática      GL: grau de liberdade      MQ: média quadrática

O modelo codificado proposto para representar o TBA na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl+ sacarose é o seguinte:

$$TBA \left( \frac{\text{mg malon.}}{1000\text{g}} \right) = 0,43 + 0,19T + 0,06C - 0,03C^2 + 0,19t - 0,05t^2 + 0,13Tt \quad (4.10)$$

Onde:

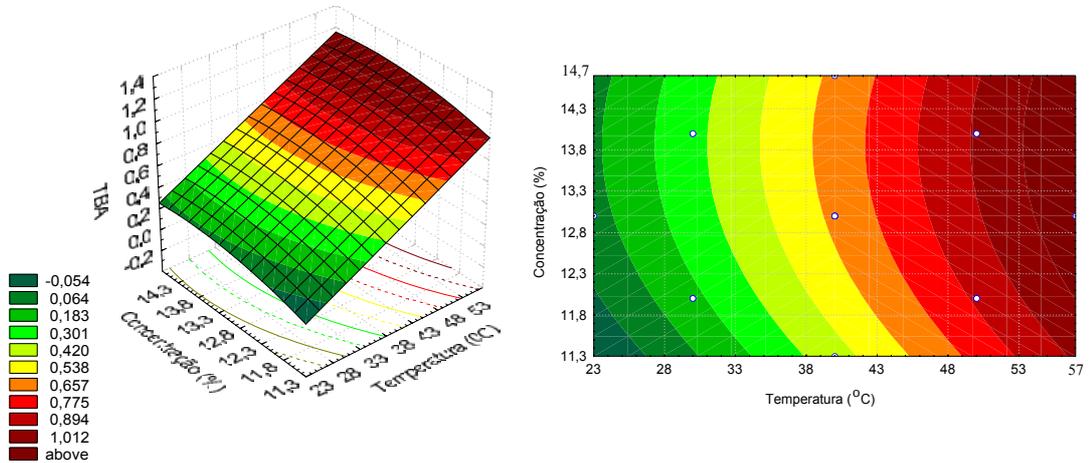
*T* : Temperatura (°C)

*C* : Concentração (%)

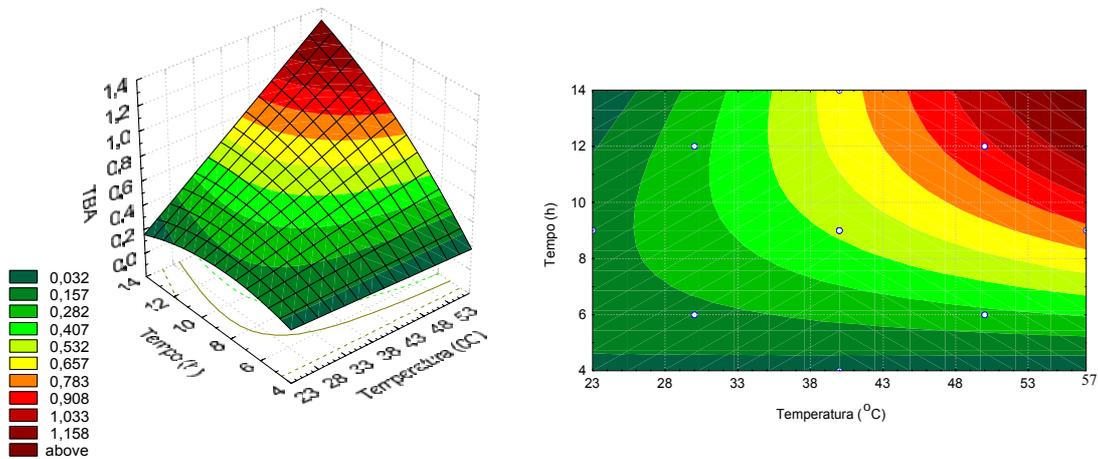
*t* : tempo (h)

O modelo codificado apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança. O valor da razão  $MQ_R/MQ_F$  é 123,4. Comparado com  $F_{6,10} = 3,22$  este valor indica uma regressão significativa e também útil para fins preditivos, respaldado pelo F calculado da falta de ajuste menor que o F tabelado.

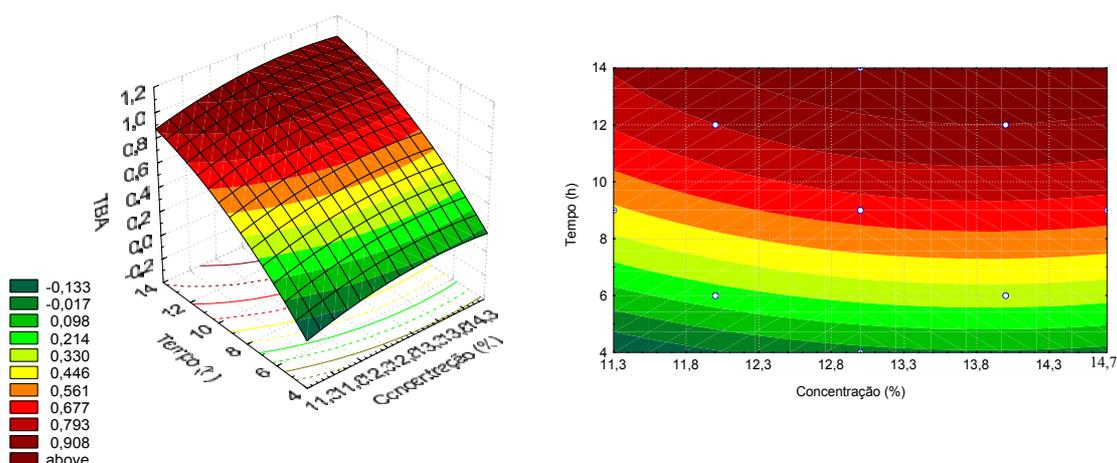
As Figuras 4.13a, 4.13b e 4.13c mostram as superfícies de resposta e curvas de nível geradas através do modelo proposto.



**Figura 4.13a** – Superfície de resposta e curva de nível para TBA, relacionando temperatura (°C) concentração (%) para um tempo de 9 horas de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.



**Figura 4.13b** – Superfície de resposta e curva de nível para TBA, relacionando temperatura (°C) e tempo (h) para uma concentração de NaCl de 13% de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.



**Figura 4.13c** – Superfície de resposta e curva de nível para TBA, relacionando concentração (%) e tempo (h) para uma temperatura de 40°C de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.

De acordo com a Figura 4.13a, utilizando uma concentração de NaCl abaixo de 11,8% e uma faixa de temperatura que vai de 23 a 25°C obtém-se o menor nível de TBA, quanto a Figura 4.13b verifica-se que abaixo de 6 horas de desidratação a temperatura não interfere na resposta; para a Figura 4.13c, observa-se que, dentro do intervalo estudado, os menores níveis de oxidação são alcançados quando o tempo de desidratação diminui, a concentração de NaCl não tem muito efeito sobre esta resposta, como já foi mencionado anteriormente. O que pode ser observado é que, abaixo de 11,8% de concentração de NaCl combinada com o tempo de desidratação abaixo de 5 horas existe a região de menor o nível de TBA.

Todos os valores de TBA encontrados nos gráficos, para qualquer temperatura, concentração de NaCl e tempo, são considerados aceitáveis por KE *et al.* (1984). NUNES *et al.* (1987) estudaram o efeito de diferentes métodos de congelamento (congelamento em salmoura, em placa e túnel de congelamento) na estabilidade de sardinha. De acordo com os autores, as principais mudanças durante a armazenagem foram observadas com relação à oxidação de lipídios. Foram observados maiores valores de TBA para sardinha congelada em salmoura do que para os outros dois métodos, os quais apresentaram valores aproximadamente constantes durante os primeiros três meses e depois aumentaram regularmente. Considerando um valor de TBA de 4mg/1000g como indicador de boa

qualidade os autores concluíram que as sardinhas, congelada por ar frio e em placas, se encontravam em boas condições para consumo até 4 meses de estocagem, e somente 1 mês para a amostra congelada em salmoura.

#### 4.5.5. Ganho de sólidos / perda de água (GS/PA)

O resultado da análise estatística, aplicado aos dados experimentais de GS/PA na desidratação osmótica de filé de mapará em solução de NaCl + sacarose é apresentado nas Tabelas 25 e 26 (Apêndice B). Estes valores foram determinados através do erro puro e pelo SS residual. Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e da interação, em negrito, são significativos ao nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ). Estes efeitos significativos podem ser visualizados na Figura 11 (Apêndice C).

Nas Tabelas 25 e 26 (Apêndice B) verifica-se que os fatores significativos com 95% de confiança, tanto pelo erro puro quanto pelo SS residual, são: temperatura (L), temperatura (Q), tempo (Q) e a interação concentração  $\times$  tempo. Observa-se também que a concentração(Q) e o tempo (L) apresentam efeitos significativos pelo erro puro, mas pelo erro residual apresentam significância estatística (p) igual a 0,16 e 0,06, respectivamente, significando que estão dentro de um limite de confiança de 84% e 94%, não sendo conveniente portanto descartá-los, considerando-os não significativos.

Verificou-se também, que os fatores que tem mais efeito sobre a resposta é a temperatura (L) seguida da interação concentração  $\times$  tempo, tempo (Q), temperatura (Q), tempo (L) e concentração (Q). A temperatura (L) e o tempo (L), diferentemente das outras variáveis significativas, apresentam efeito negativo sobre a resposta, ou seja, com o aumento de qualquer um destes fatores, menor é a razão GS/PA.

Foi realizada a Análise de Variância (ANOVA), eliminando os fatores não significativos, para verificar a significância da regressão e da falta de ajuste ao nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ), através do teste F. Na Tabela 4.19, encontra-se os valores calculados e tabelados de F.

**Tabela 4.19**– Análise de Variância (ANOVA) do modelo codificado ajustado para GS/PA na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl+sacarose.

<i>Fonte de Variação</i>	<i>SQ</i>	<i>GL</i>	<i>MQ</i>	<i>F<sub>calculado</sub></i>	<i>F<sub>tabelado</sub></i> <small>(p≤0,05)</small>	<i>R<sup>2</sup></i>
<b>Regressão</b>	1,51	6	0,25	22,62	3,22	0,93
<b>Resíduo</b>	0,11	10	0,01			
<b>Falta de ajuste</b>	0,11	8	1,4× 10 <sup>-2</sup>	15,22	19,37	
<b>Erro puro</b>	1,8× 10 <sup>-4</sup>	2	9× 10 <sup>-4</sup>			
<b>Total</b>	1,62	16				

SQ: soma quadrática      GL: grau de liberdade      MQ: média quadrática

O modelo codificado proposto para representar GS/PA na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl+sacarose é o seguinte:

$$GS / PA = 0,38 - 0,27T + 0,10T^2 + 0,05C^2 - 0,07t + 0,13t^2 + 0,17Ct \quad (4.11)$$

Onde:

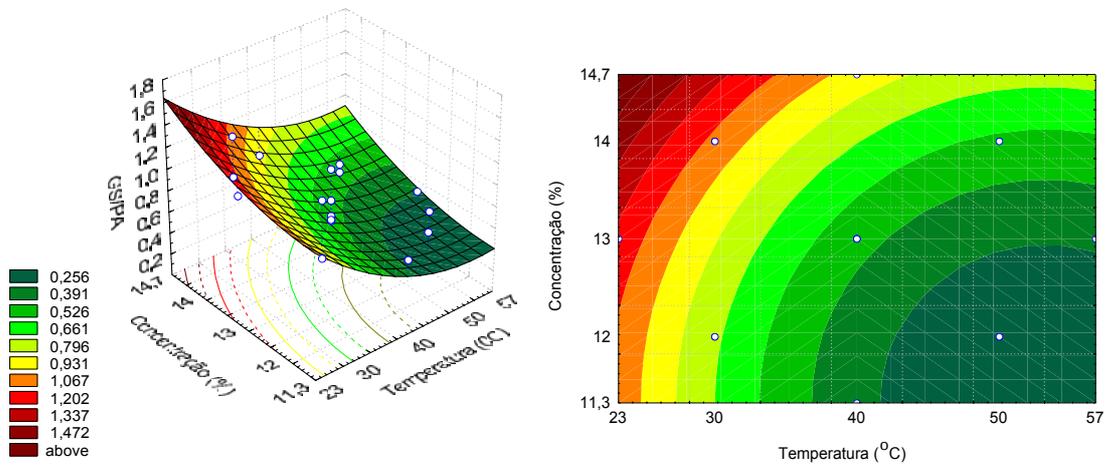
*T* : Temperatura (°C)

*C* : Concentração (%)

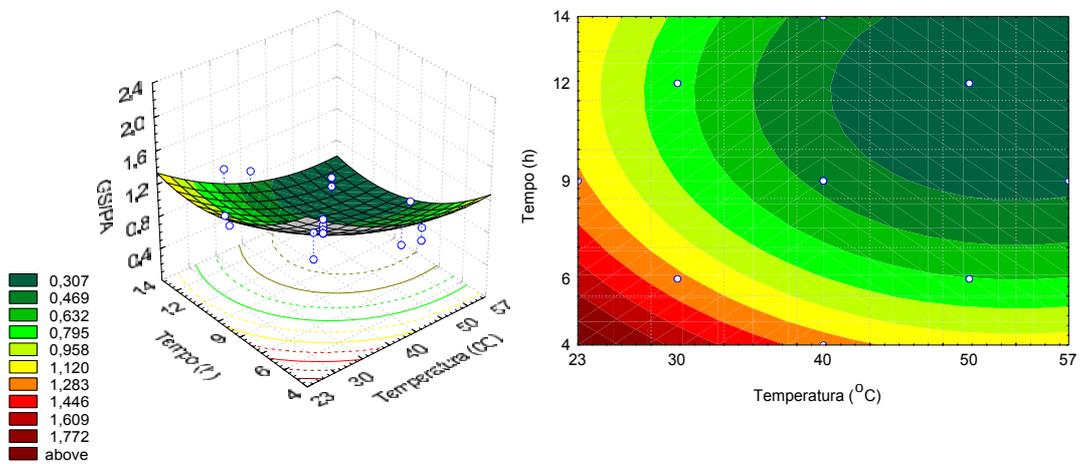
*t* : tempo (h)

O modelo codificado apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança. O valor da razão  $MQ_R/MQ_f$  é 22,62. Comparado com  $F_{6,10} = 3,22$  este valor indica uma regressão significativa e também útil para fins preditivos, respaldado pelo F calculado da falta de ajuste menor que o F tabelado.

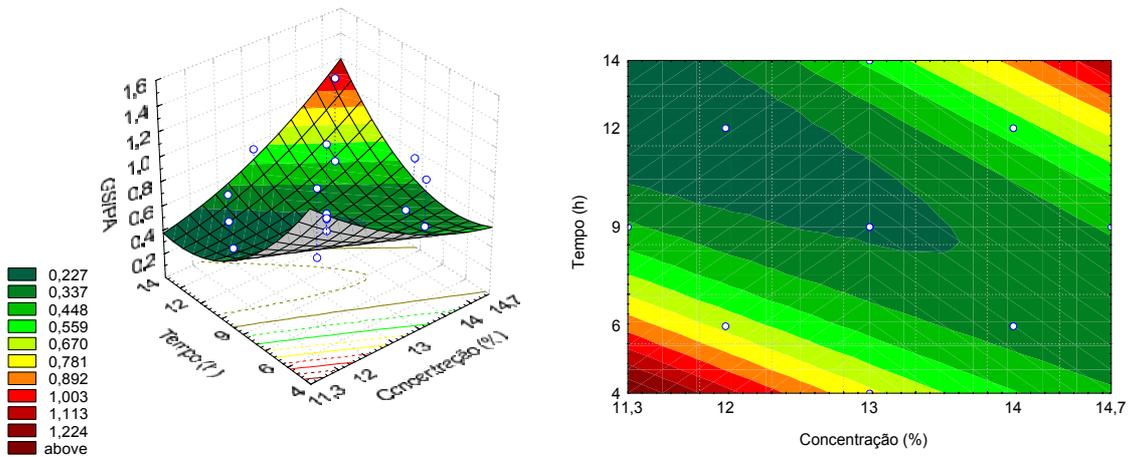
As Figuras 4.14a, 4.14b e 4.14c mostram as superfícies de resposta e curvas de nível geradas através do modelo proposto.



**Figura 4.14a** – Superfície de resposta e curva de nível para GS/PA, relacionando temperatura (°C) concentração (%) para um tempo de 12 horas de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.



**Figura 4.14b** – Superfície de resposta e curva de nível para GS/PA, relacionando temperatura (°C) e tempo (h) para uma concentração de NaCl de 12% de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.

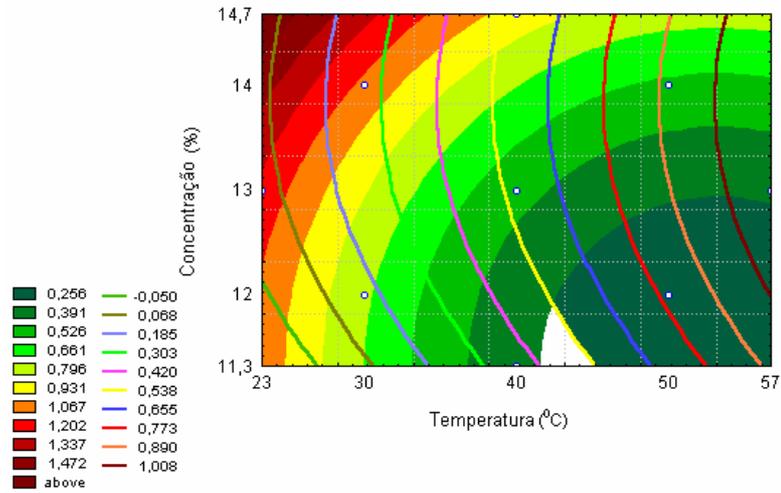


**Figura 4.14c** – Superfície de resposta e curva de nível para GS/PA, relacionando concentração (%) e tempo para temperatura de processo de 50°C na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.

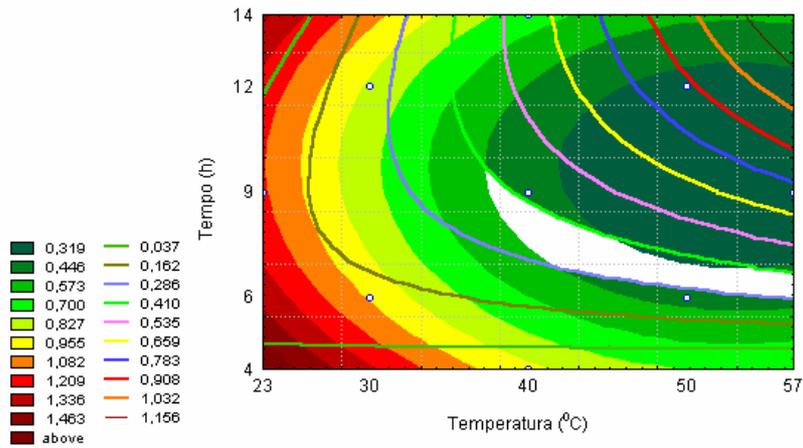
De acordo com as Figuras 4.14a, 4.14b e 4.14c, a região que apresenta a maior perda de água e menor ganho de sólidos (menores valores de GS/PA) é acima de 42°C de temperatura com concentração de NaCl variando entre 11,3 a 12,9% e tempo de desidratação acima de 9 horas de processo.

#### 4.5.6 Otimização

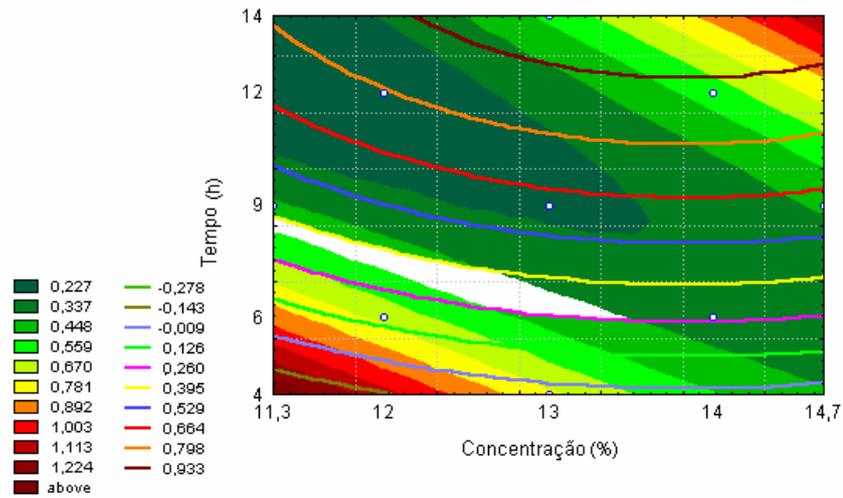
Nas Figuras 4.15a, 4.15b e 4.15c, estão apresentados os gráficos sobrepostos de GS/PA e TBA na desidratação osmótica de mapará em solução NaCl + sacarose. O gráfico de GS/PA está representado através áreas, enquanto que no de TBA suas áreas estão delimitadas através de linhas.



**Figura 4.15a**– Sobreposição das curvas de contorno (GS/PA) e TBA no tempo de 12 horas na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.



**Figura 4.15b** – Sobreposição das curvas de contorno (GS/PA) e TBA a concentração de 14% na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.



**Figura 4.15c**– Sobreposição das curvas de contorno (GS/PA) e TBA a temperatura de 50°C na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.

Nas Figuras 4.15a, 4.15b e 4.15c observa-se uma região branca, considerada ótima para o estudo, pois é uma região limite do objetivo de obter produtos com maior perda de água, menor ganho de sólidos e menor oxidação, sem modificar drasticamente as características iniciais do pescado.

Dentro da faixa de trabalho escolhida, que varia de 0,256 a 0,448 para GS/PA e 0,395 a 0,420 de TBA, das Figuras 4.15a, 4.15b e 4.15c optou-se em trabalhar com a seguinte condição ótima: temperatura de 42°C, concentração de 11,5% e tempo de 8 horas, mantendo 30% de concentração de sacarose, já determinado pelo modelo fracionário.

AZOUBEL (2002) otimizando o processo de desidratação osmótica do pedúnculo do caju em diferentes concentrações de sacarose, utilizando a relação GS/PA, verificou que, para o tempo de processo de 165 minutos grandes variabilidades de temperaturas e concentrações poderiam ser utilizadas, por exemplo, tanto a combinação altas concentrações (acima de 50%) e baixas temperaturas (até 38°C), quanto à combinação baixas concentrações (inferiores a 50%) e altas temperaturas (acima de 45°C). Já utilizando o tempo mínimo de 90 minutos, os menores valores de GS/PA foram a temperaturas superiores a 45°C e concentrações entre 50 e 56%. Por outro lado, a 240 minutos de

desidratação, para obter os menores valores de GS/PA foi necessário utilizar baixas temperaturas, de 30 até 35°C e concentrações elevadas de 50 até 60%.

ALVES (2003) avaliando o efeito dos parâmetros de processo na desidratação osmótica de acerola em solução ternária (sacarose + NaCl), verificou que a temperatura, concentração de sacarose, seguida das interações tempo × temperatura e tempo × sacarose apresentaram efeito significativo negativo para os valores de GS/PA, indicando que o aumento destes parâmetros diminui na resposta.

#### 4.5.7 Atividade de água ( $a_w$ )

O resultado da análise estatística, aplicado aos dados experimentais de atividade de água é apresentado nas Tabelas 27 e 28 (Apêndice B). Foram determinados através do erro puro e pelo SS residual, respectivamente. Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e da interação, em negrito, são significativos ao nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ). Na Figura 12 (Apêndice C) é apresentado um gráfico de barras para melhor visualização destes efeitos significativos.

Nas Tabelas 27 e 28 (Apêndice B), observa-se que os fatores lineares e a interação temperatura × concentração apresentam efeitos negativo sobre a resposta, ou seja, com o aumento destes fatores haverá uma diminuição na atividade de água. Enquanto que os fatores quadráticos e a interação concentração × tempo têm efeito positivo sobre a resposta, com o aumento dos mesmos haverá o aumento da atividade de água. O único fator não significativo com 95% de confiança, tanto pelo erro puro quanto pelo SS residual, foi interação temperatura × tempo.

Através da Figura 12 (Apêndice C) observa-se que a temperatura (L), o tempo (L), a concentração (L) e as interações temperatura × concentração e concentração × tempo são as variáveis que têm mais efeito na resposta atividade de água.

Foi realizada a Análise de Variância (ANOVA), eliminando os fatores não significativos, para verificar a significância da regressão e da falta de ajuste ao nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ), através do teste F. Na Tabela 4.20 encontram-se os valores calculados e tabelados de F.

**Tabela 4.20** – Análise de Variância do modelo codificado ajustado para a atividade de água na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl+ sacarose.

<i>Fonte de Variação</i>	<i>SQ</i>	<i>GL</i>	<i>MQ</i>	<i>F<sub>calculado</sub></i>	<i>F<sub>tabelado</sub></i>	<i>R<sup>2</sup></i>
<b>Regressão</b>	0,0061	8	$7,7 \times 10^{-4}$	34,68	3,44	0,97
<b>Resíduo</b>	$1,8 \times 10^{-4}$	8	$2,22 \times 10^{-5}$			
<b>Falta de ajuste</b>	$1,7 \times 10^{-4}$	6	$2,8 \times 10^{-5}$	6,22	19,33	
<b>Erro puro</b>	$9 \times 10^{-6}$	2	$4,5 \times 10^{-6}$			
<b>Total</b>	0,0063	16				

SQ: soma quadrática      GL: grau de liberdade      MQ: média quadrática

O modelo codificado proposto para representar a atividade de água na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl é o seguinte:

$$a_w = 0,846 - 0,013T + 0,005T^2 - 0,008C + 0,052C^2 - 0,010t + 0,005t^2 - 0,008TC + 0,007Ct \quad (4.12)$$

Onde:

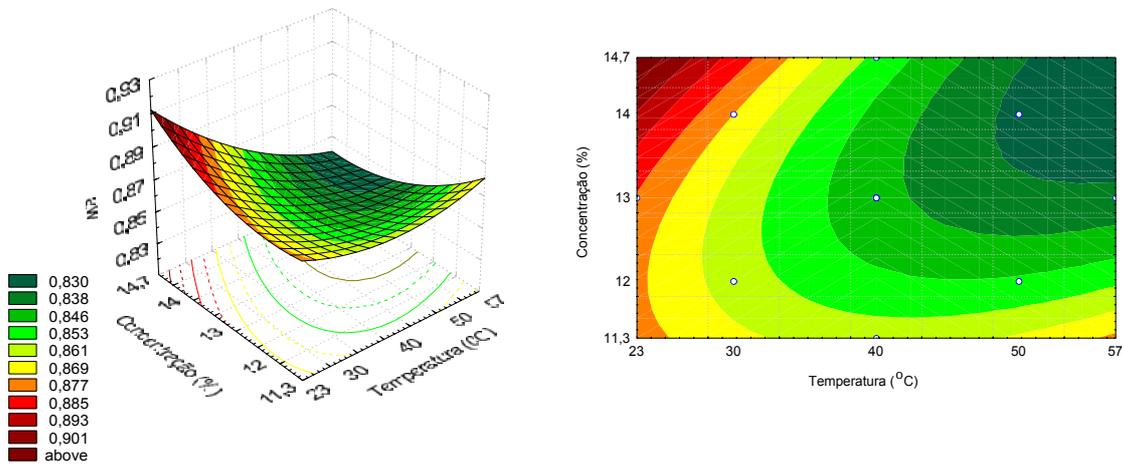
*T* : Temperatura (°C)

*C* : Concentração (%)

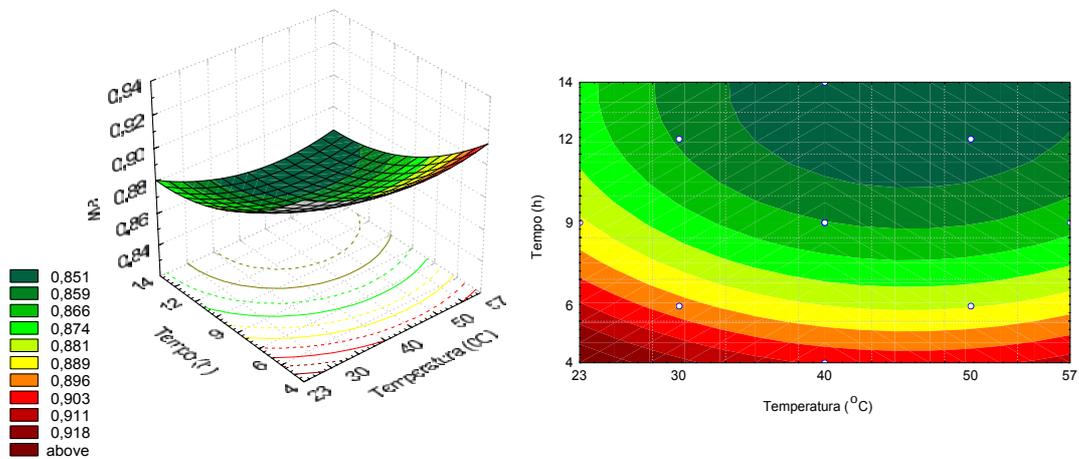
*t* : tempo (h)

O modelo codificado apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança. O valor da razão  $MQ_R/MQ_r$  é 34,68. Este valor é 10,08 vezes maior que o  $F_{8,8} = 3,44$ , o que indica uma regressão significativa e também útil para fins preditivos, respaldado pelo F calculado da falta de ajuste que é menor que o F tabelado.

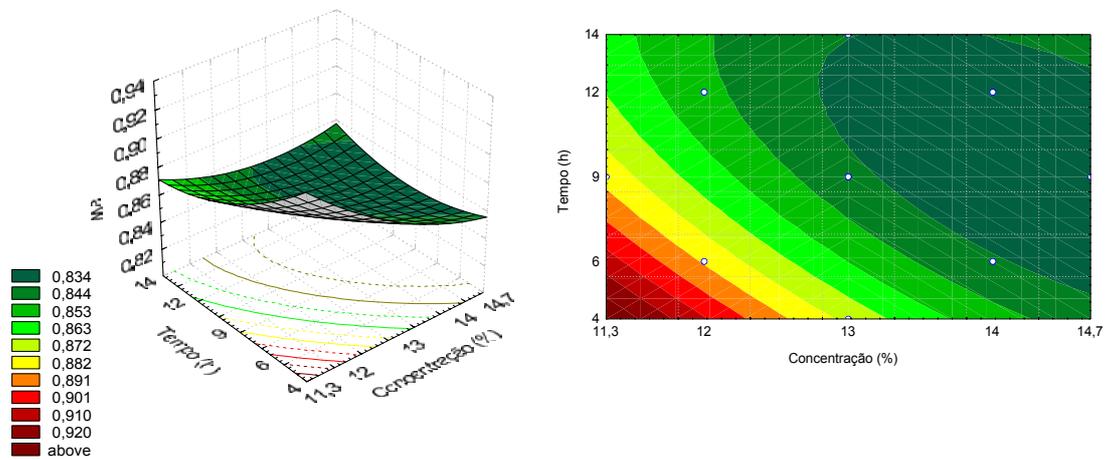
As Figuras 4.16a, 4.16b e 4.16c mostram as superfícies de resposta e curvas de nível geradas através do modelo proposto.



**Figura 4.16a** – Superfície de resposta e curva de nível para atividade de água, relacionando temperatura (°C) concentração (%) para um tempo de 12 horas de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.



**Figura 4.16b** – Superfície de resposta e curva de nível para atividade de água, relacionando temperatura (°C) e tempo (h) para uma concentração de NaCl de 14% de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.



**Figura 4.16c** – Superfície de resposta e curva de nível para atividade de água, relacionando concentração (%) e tempo para temperatura de processo de 50°C na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.

Avaliando os gráficos das Figuras 4.16a e 4.16b, observa-se que, dentro do intervalo estudado no planejamento, quanto maior a temperatura menor é a atividade de água. Para o parâmetro concentração de NaCl, verifica-se, através das Figuras 4.16a, que a combinação de altas temperaturas e altas concentrações obtém-se uma baixa atividade de água.

Através da Figura 4.16c, verifica-se uma ampla região de atividade de água, dentro do intervalo de tempo que vai de 6 a 13 horas e meia e concentração de NaCl que varia de 13 a 14,7%.

Através das Figuras 4.16a, 4.16b e 4.16c, observa-se também que a condição ótima encontrada para desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + sacarose, temperatura de 42°C, concentração de 11,5% de NaCl e tempo de 8 horas de processo, apresenta uma variação de 0,861 a 0,891 de atividade de água.

#### 4.6 SOLUÇÃO TERNÁRIA UTILIZANDO NaCl + XAROPE DE MILHO

Na Tabela 4.21 estão apresentados os valores de perda de peso, perda de água, ganho de sólidos, TBA, GS/PA e atividade de água, obtidos experimentalmente, a partir desidratação osmótica do filé de mapará, utilizando solução ternária de NaCl + xarope de milho, seguindo a planilha do planejamento experimental completo 2<sup>4</sup>, com oito pontos axiais e seis centrais. Os dados experimentais foram obtidos seguindo 30 combinações entre as variáveis independentes: temperatura, concentração de NaCl, concentração de xarope de milho e tempo de imersão.

**Tabela 4.21** – Resultados da perda de peso, perda de água, ganho de sólidos, TBA, GS/PA e atividade de água, obtidos experimentalmente através da desidratação osmótica de filé de mapará, utilizando solução ternária NaCl+xarope de milho.

	Codificado				Real				Resposta					
	X1	X2	X3	X4	T (°C)	NaCl (%)	Xarope (%)	t (h)	PP (%)	PA (%)	GS (%)	TBA (mg Mal./1000 g)	GS/PA	a <sub>w</sub>
1	-1	-1	-1	-1	30	12	30	6	-5,016	5,541	10,557	0,111	1,905	0,910
2	+1	-1	-1	-1	50	12	30	6	13,431	18,633	5,203	0,295	0,279	0,901
3	-1	+1	-1	-1	30	14	30	6	-3,620	15,851	19,471	0,099	1,228	0,886
4	+1	+1	-1	-1	50	14	30	6	17,623	25,280	7,657	0,180	0,303	0,880
5	-1	-1	+1	-1	30	12	40	6	1,122	19,338	18,217	0,071	0,942	0,908
6	+1	-1	+1	-1	50	12	40	6	16,644	26,029	9,385	0,271	0,361	0,903
7	-1	+1	+1	-1	30	14	40	6	2,269	21,472	19,203	0,222	0,894	0,856
8	+1	+1	+1	-1	50	14	40	6	19,312	31,539	12,228	0,357	0,388	0,839
9	-1	-1	-1	+1	30	12	30	12	1,468	18,216	16,748	0,184	0,919	0,832
10	+1	-1	-1	+1	50	12	30	12	20,835	28,823	7,988	0,637	0,277	0,862
11	-1	+1	-1	+1	30	14	30	12	6,270	26,026	19,756	0,243	0,759	0,852
12	+1	+1	-1	+1	50	14	30	12	23,668	33,084	9,416	0,368	0,285	0,862
13	-1	-1	+1	+1	30	12	40	12	1,358	22,987	21,629	0,033	0,941	0,890
14	+1	-1	+1	+1	50	12	40	12	21,101	30,154	9,053	0,336	0,300	0,840
15	-1	+1	+1	+1	30	14	40	12	5,980	27,359	21,378	0,237	0,781	0,865
16	+1	+1	+1	+1	50	14	40	12	31,235	41,397	10,162	0,551	0,246	0,840
17	-2	0	0	0	20	13	35	9	-1,259	22,305	23,564	0,110	1,056	0,889
18	+2	0	0	0	60	13	35	9	31,044	36,769	5,726	0,647	0,156	0,854
19	0	-2	0	0	40	11	35	9	7,081	20,630	13,549	0,114	0,657	0,889
20	0	+2	0	0	40	15	35	9	17,116	32,229	15,113	0,225	0,469	0,862
21	0	0	-2	0	40	13	25	9	1,004	12,047	11,043	0,262	0,917	0,884
22	0	0	+2	0	40	13	45	9	8,027	23,774	15,747	0,381	0,662	0,864
23	0	0	0	-2	40	13	35	3	3,061	13,670	10,608	0,152	0,776	0,901
24	0	0	0	+2	40	13	35	15	12,574	25,794	13,220	0,447	0,513	0,853
25	0	0	0	0	40	13	35	9	11,782	29,219	17,437	0,169	0,597	0,854
26	0	0	0	0	40	13	35	9	13,365	30,429	17,064	0,170	0,561	0,849
27	0	0	0	0	40	13	35	9	13,196	30,329	17,133	0,118	0,565	0,854
28	0	0	0	0	40	13	35	9	14,280	30,750	16,470	0,167	0,536	0,849
29	0	0	0	0	40	13	35	9	11,639	28,298	16,660	0,124	0,589	0,858
30	0	0	0	0	40	13	35	9	12,628	29,555	16,927	0,135	0,573	0,854

#### 4.6.1 Perda de peso (PP)

Os resultados da análise estatística, aplicado aos dados experimentais de perda de peso na desidratação osmótica de filé de mapará em solução de NaCl + xarope de milho, são apresentados na Tabela 29 e 30 (Apêndice B). Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e da interação, em negrito, são significativos ao nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ).

Como podem ser observados nas Tabelas 29 e 30 (Apêndice B), os fatores significativos não foram os mesmos levando-se em consideração o erro puro e o SS residual. Na figura 13 (Apêndice C) é apresentado um gráfico de barras dos valores dos efeitos significativos sobre a perda de peso na desidratação osmótica de filé de mapará com solução de NaCl + xarope de milho, utilizando modelo codificado.

A variável temperatura (L) é a que apresenta o efeito mais significativo para a perda de peso, e esta variável, assim como a temperatura (Q), a concentração de NaCl (L), a concentração de xarope (L), o tempo (L) a interação concentração de NaCl  $\times$  tempo, possuem efeito positivo, ou seja, quanto maior o valor das mesmas, maior é a perda de peso, diferentemente das variáveis: concentração de xarope (Q) e tempo (Q), que tem efeito negativo sobre a resposta, neste caso, quanto maior o valor das mesmas, menor é o valor da resposta.

Verifica-se também que a variável temperatura (Q) e a interação concentração de NaCl  $\times$  tempo apresentam-se como significativas a 95% de confiança quando avaliadas através do erro puro. O mesmo não acontece quando estas são avaliadas pelo SS residual, onde apresentam um p igual a 0,08 e 0,11, respectivamente. Como estes parâmetros encontram-se dentro de um limite de confiança de 92% e 89%, estas variáveis não foram descartadas no modelo.

Após a eliminação dos parâmetros com efeitos não significativos, verificou-se através da análise de variância (ANOVA) a significância da regressão e da falta de ajuste

com nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ), utilizando o teste F, para o planejamento estudado, através da Tabela 4.22

**Tabela 4.22** – Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para perda de peso na desidratação osmótica de filé de mapará em solução de NaCl+xarope de milho.

<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>GL</i>	<i>MQ</i>	<i>F<sub>calculado</sub></i>	<i>F<sub>tabelado</sub></i> <i>(p≤0,05)</i>	<i>R<sup>2</sup></i>
<b>Regressão</b>	2526,51	8	315,81	91,84	2,42	0,97
<b>Resíduo</b>	72,22	21	3,44			
<b>Falta de ajuste</b>	67,14	16	4,20	4,13	4,61	
<b>Erro puro</b>	5,08	5	1,02			
<b>Total</b>	2598,73	29				

SQ: soma quadrática      GL: grau de liberdade      MQ: média quadrática

De acordo com a Tabela 4.22, o F calculado da regressão foi 37,95 vezes maior que o F tabelado, e o F calculado da falta de ajuste é menor do que o F tabelado, resultado este que segue as regras de BOX e WETZ (1973) para uma regressão ser significativa não apenas estatisticamente, mas também ser útil para fins preditivos .

O modelo codificado proposto para representar a perda de peso na desidratação osmótica de filé de peixe mapará em solução de NaCl+xarope de milho é o seguinte:

$$PP (\%) = 12,81 + 9,11T + 0,69T^2 + 2,16CS + 1,60CA - 1,90CA^2 + 2,88t - 1,08t^2 + 0,81CS.t \quad (4.13)$$

Onde:

*T* : temperatura (°C)

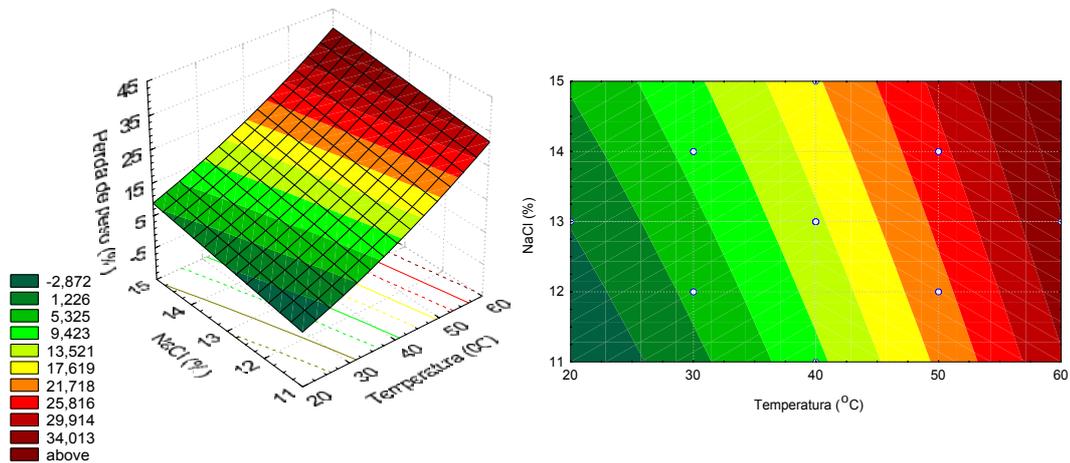
*CS* : concentração de sal (%)

*CA* : concentração de açúcar (%)

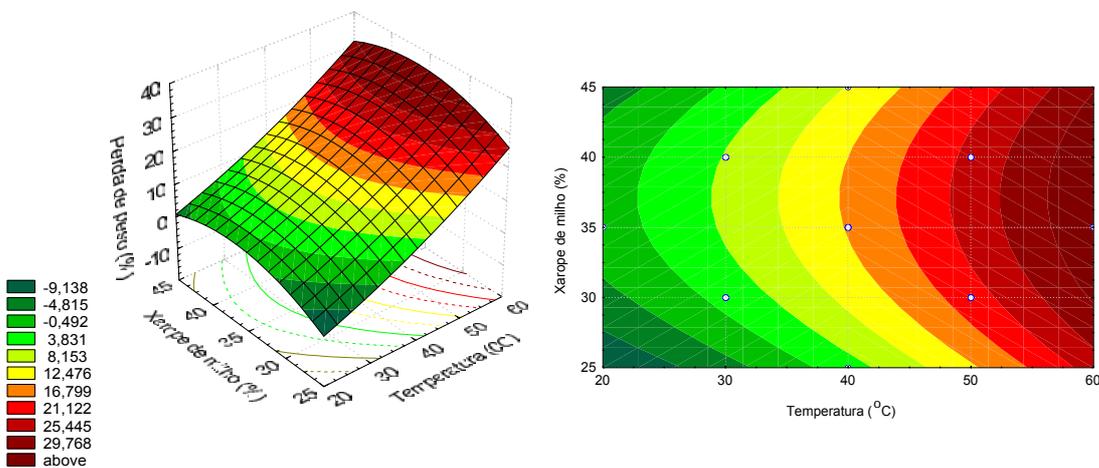
*t* : tempo (h)

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para o modelo ajustado foi de 0,99, indicando que o modelo explicou 99% da variação dos dados observados. O modelo apresentou regressão significativa com 95% de confiança.

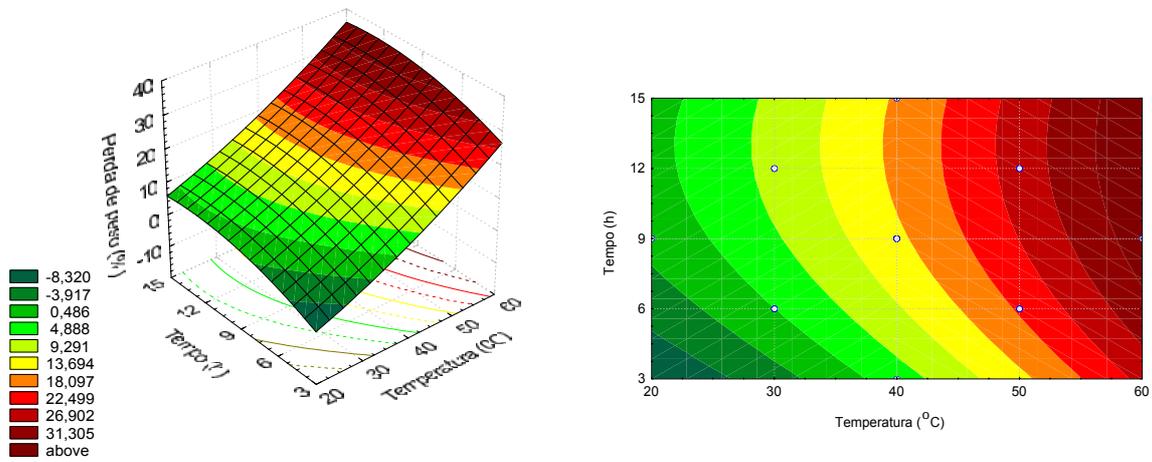
As Figuras 4.17a, 4.17b, 4.17c, 4.17d, 4.17e e 4.17f mostram as superfícies de resposta e curvas de nível geradas através do modelo proposto, considerando-se os pontos médios de temperatura, concentração de NaCl, concentração de xarope de milho e tempo da desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



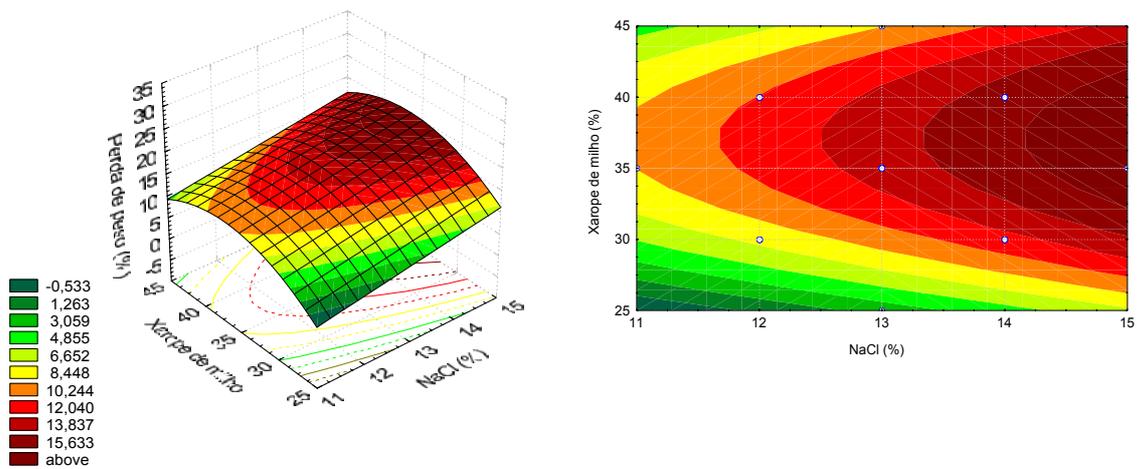
**Figura 4.17a** – Superfície de resposta e curva de nível para a perda de peso, relacionando temperatura (°C) e concentração de NaCl (%) para uma concentração de xarope de 35% e um tempo de 9 horas de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



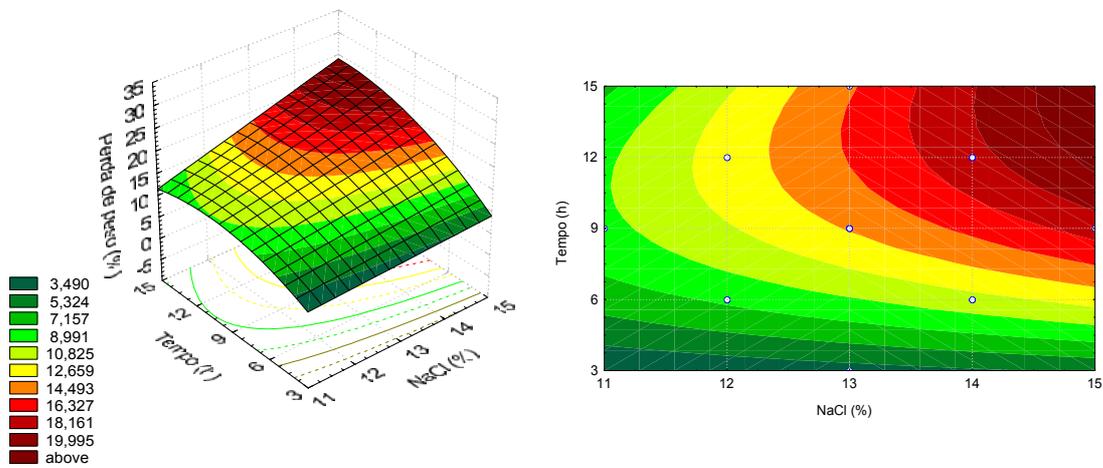
**Figura 4.17b** – Superfície de resposta e curva de nível para a perda de peso, relacionando temperatura (°C) e concentração de xarope de milho (%) para uma concentração de NaCl de 13% e tempo de 9 horas de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



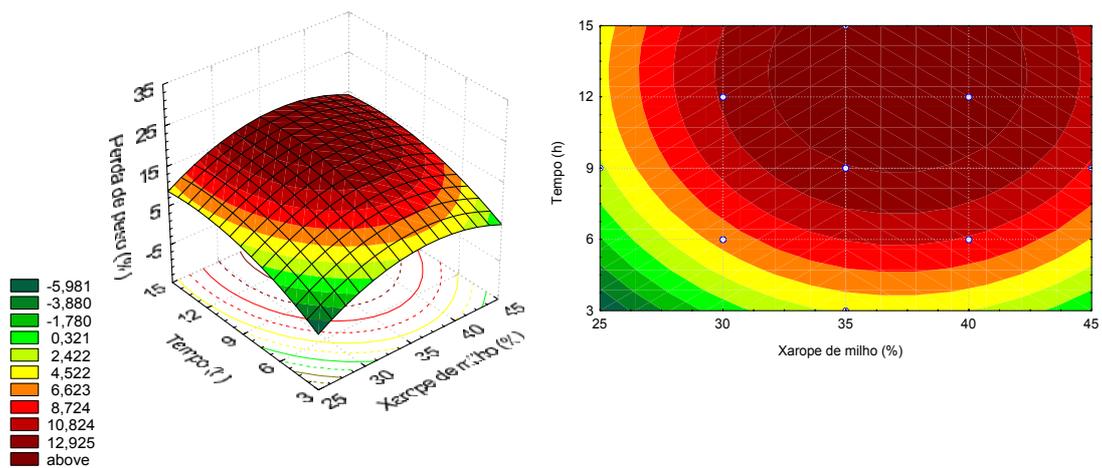
**Figura 4.17c** – Superfície de resposta e curva de nível para a perda de peso, relacionando temperatura (°C) e tempo (h) para uma concentração de NaCl de 13% e concentração de xarope de milho de 35% na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



**Figura 4.17d** – Superfície de resposta e curva de nível para a perda de peso, relacionando concentração de NaCl (%) e concentração de xarope de milho (%) a temperatura de 40°C e tempo e 9h de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



**Figura 4.17e** - Superfície de resposta e curva de nível para a perda de peso, relacionando concentração de NaCl (%) e tempo (h) para uma temperatura de 40°C de processo e concentração de xarope de milho de 35% na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



**Figura 4.17f** - Superfície de resposta e curva de nível para a perda de peso, relacionando concentração de xarope de milho (%) e tempo (h) para uma temperatura de 40°C de processo e 13% de concentração de NaCl na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.

Através das Figuras acima (4.17a a 4.17f) verificou-se que, dentro da faixa estudada, quanto maior a temperatura, maior a perda de peso, e também que as regiões de 12,3 a 14,7% de concentração de NaCl, 33 a 42% de concentração de xarope de milho e de 7 a 13h de tempo de processo apresentaram uma maior perda de peso.

Utilizando temperaturas altas ( $>50^{\circ}\text{C}$ ), baixas concentrações de NaCl e xarope de milho, e menores tempos de desidratação poderiam ser utilizados para obter uma maior perda de peso

#### 4.6.2 Perda de Água (PA)

Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e das interações na perda de água de filé de mapará em solução de NaCl+xarope de milho, assim como o erro, o coeficiente t e a significância estatística, podem ser observados nas Tabelas 31 e 32 (Apêndice B). Estes valores foram determinados através do erro puro e pelo SS residual, respectivamente. Para ambos, os fatores significativos foram os mesmos. Os valores em negrito apresentam-se significativos a  $p\leq 0,05$ . Na Figura 14 (Apêndice C) são apresentados os efeitos estimados significativos de cada fator e suas interações, na forma de gráfico de barras para melhor visualização.

Através das Tabelas 31 e 32 (Apêndice B) e da Figura 14 (Apêndice C), percebe-se que o parâmetro temperatura (L) é a que apresenta maior efeito entre todas as variáveis e interações significativas. Dentre os parâmetros significativos, a temperatura (L), concentração de NaCl (L), concentração de xarope (L) e tempo (L) apresentam um efeito positivo pela perda de água, ou seja, um aumento em qualquer um desses fatores acarreta em um aumento na perda de água; e verifica-se que quanto maior os efeitos dos parâmetros concentração de xarope (Q), tempo (Q) e da interação concentração de xarope  $\times$  tempo, menor é a perda de água.

Eliminando os fatores não-significativos, verificou-se a significância da regressão e da falta de ajuste em relação a 95% de confiança ( $p\leq 0,05$ ), através do teste F, na análise de variância. Na Tabela 4.23 encontram-se os valores calculados e tabelados de F.

**Tabela 4.23** – Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para perda de água na desidratação osmótica de filé de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.

<i>fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>GL</i>	<i>MQ</i>	<i>f<sub>calculado</sub></i>	<i>f<sub>tabelado</sub></i>	<i>R<sup>2</sup></i>
<b>Regressão</b>	1611,87	8	201,48	64,78	2,42	0,96
<b>Resíduo</b>	65,38	21	3,11			
<b>Falta de ajuste</b>	61,16	16	3,82	4,53	4,61	
<b>Erro puro</b>	4,22	5	0,84			
<b>Total</b>	1677,25	29				

SQ: soma quadrática      GL: grau de liberdade      MQ: média quadrática

O modelo codificado proposto para representar a perda de água na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl + xarope de milho é o seguinte:

$$PA(\%) : 29,90 + 4,46T + 3,14CS - 0,67CS^2 + 3,01CA - 2,80CA^2 + 3,69t - 2,35t^2 - 1,08CA.t \quad (4.14)$$

Onde:

*T* : temperatura (°C)

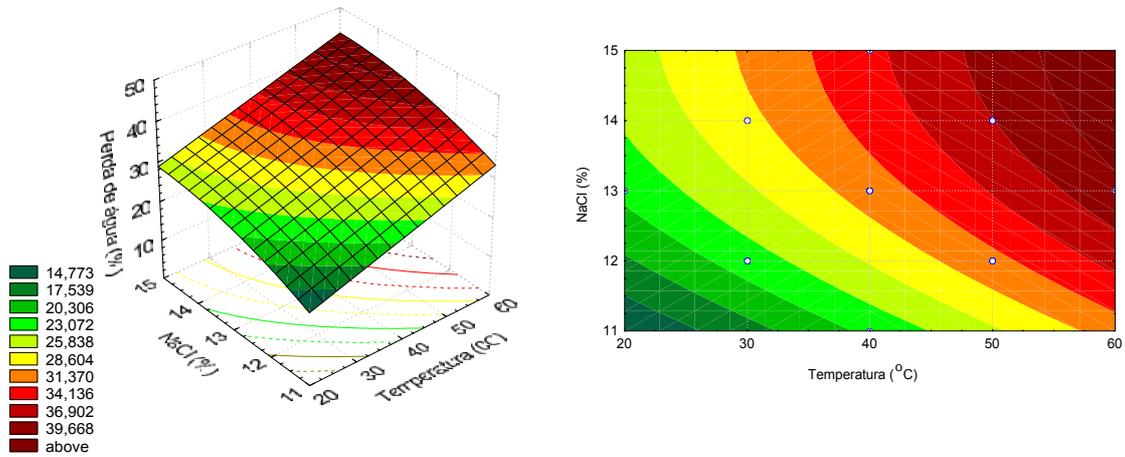
*CS* : concentração de sal (%)

*CA* : concentração de açúcar (%)

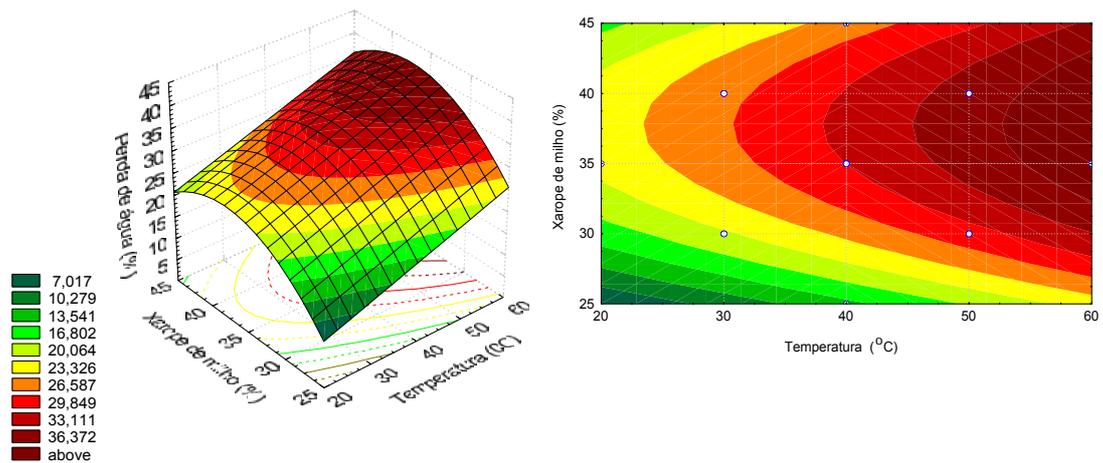
*t* : tempo (h)

A ANOVA da Tabela 4.23 apresentou um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,96 indicando que o modelo explicou 96% da variação dos dados observados. O modelo apresentou regressão significativa com 95% de confiança (F calculado 26,77 vezes superior ao F tabelado) e falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança (F calculado inferior ao F tabelado).

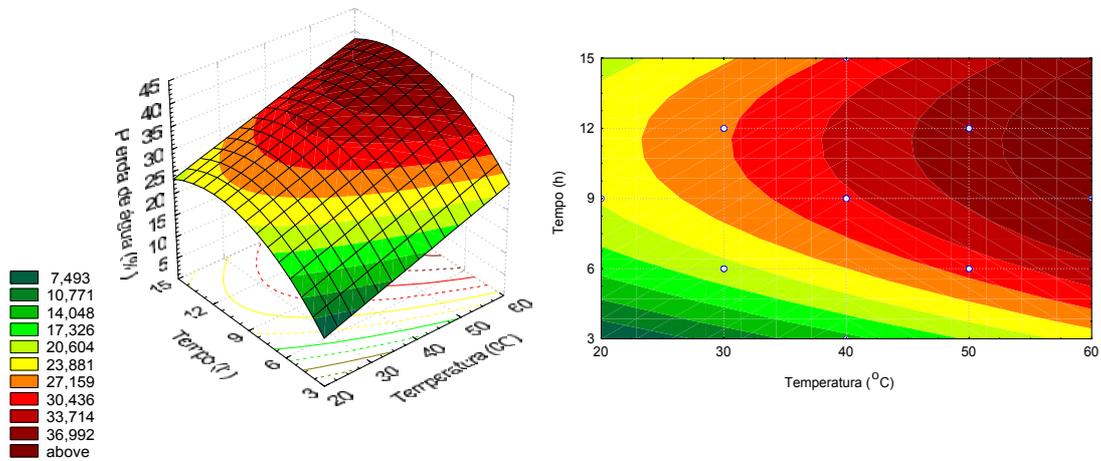
As Figuras 4.18a, 4.18b, 4.18c, 4.18d, 4.18e e 4.18f mostram as superfícies de resposta e curvas de nível geradas através do modelo proposto, considerando os pontos médios de temperatura, concentração de NaCl, concentração de xarope de milho e tempo da desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



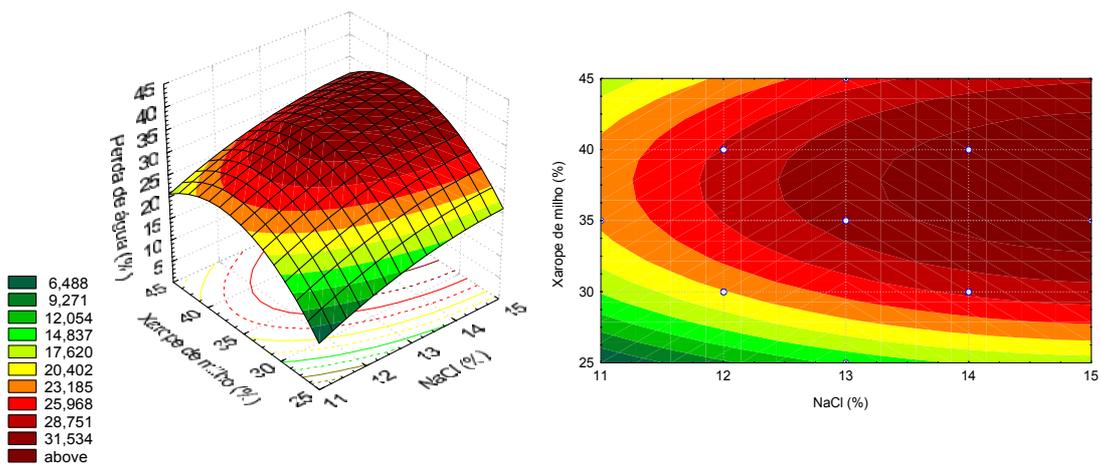
**Figura 4.18a** – Superfície de resposta e curva de nível para a perda de água, relacionando temperatura (°C) e concentração de NaCl (%) para uma concentração de xarope de 35% e um tempo de 9 horas na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



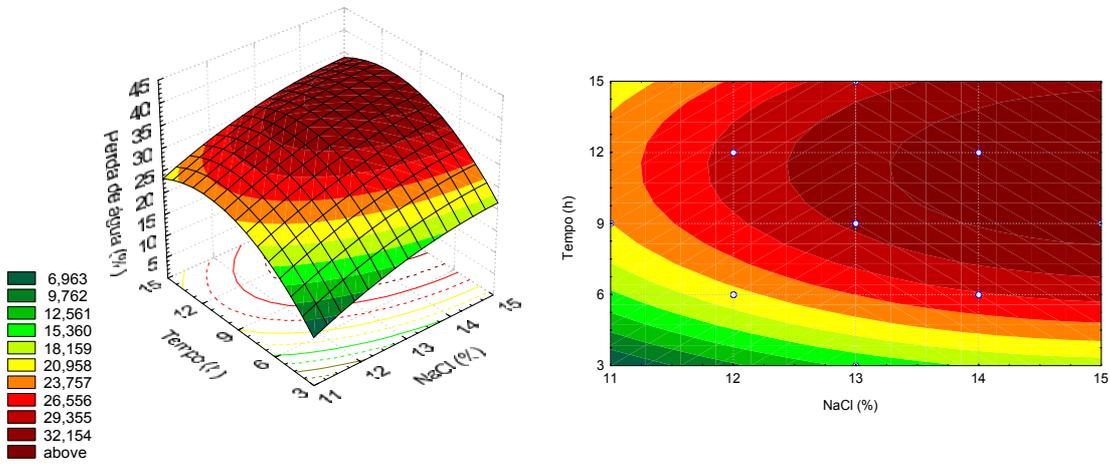
**Figura 4.18b** – Superfície de resposta e curva de nível para a perda de água, relacionando temperatura (°C) e concentração de xarope de milho (%) para uma concentração de NaCl de 13% e tempo de 9 horas de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



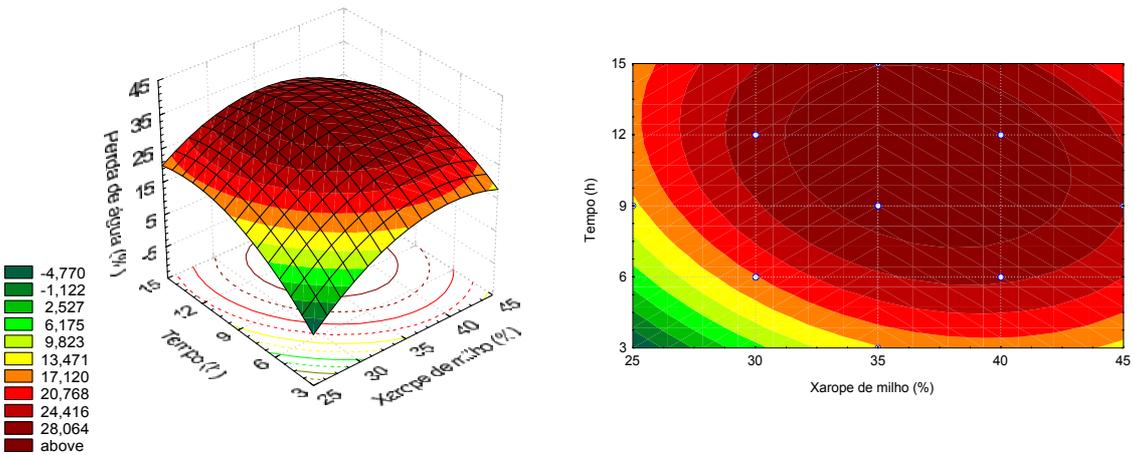
**Figura 4.18c** – Superfície de resposta e curva de nível para a perda de água, relacionando temperatura (°C) e tempo (h) para uma concentração de NaCl de 13% e concentração de xarope de milho de 35% na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



**Figura 4.18d** – Superfície de resposta e curva de nível para a perda de água, relacionando concentração de NaCl (%) e concentração de xarope de milho (%) a temperatura de 40°C e tempo e 9h de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



**Figura 4.18e** - Superfície de resposta e curva de nível para a perda de água, relacionando concentração de NaCl (%) e tempo (h) para uma temperatura de 40°C de processo e concentração de xarope de milho de 35% na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



**Figura 4.18f** - Superfície de resposta e curva de nível para a perda de água, relacionando concentração de xarope de milho (%) e tempo (h) para uma temperatura de 40°C de processo e 13% de concentração de NaCl na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.

Através das Figuras 4.18a, 4.18b, 4.18c, 4.18d e 4.18f, observa-se que, dentro da faixa estudada, aumentando a temperatura e a concentração de NaCl aumenta o valor da perda de água.

De acordo com as Figuras 4.18b, 4.18c, 4.18d, 4.18e e 4.18f, verifica-se que a concentração de xarope de milho, na faixa de 33 a 42,5% e utilizando, de 8 a 15h de tempo de desidratação, os valores de perda de água são maiores na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.

#### 4.6.3 Ganho de sólidos (GS)

Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e das interações no ganho de sólidos de filé de mapará em solução de NaCl+xarope de milho, assim como o erro, o coeficiente t e a significância estatística, podem ser observados nas Tabelas 33 e 34 (Apêndice B). Estes valores foram determinados através do erro puro e pelo SS residual, respectivamente. Para ambos, os fatores significativos foram os mesmos. Os valores em **negrito** apresentam-se significativos a  $p \leq 0,05$ .

Na Figura 15 (Apêndice C) são apresentados os efeitos estimados significativos de cada fator e suas interações, na forma de gráfico de barras para melhor visualização.

Nas Tabelas 33 e 34 (Apêndice B) observa-se que os efeitos significativos a 95% de confiança, tanto pelo erro puro quanto pelo SS residual são todos os efeitos principais e as interações temperatura  $\times$  tempo, concentração de NaCl  $\times$  concentração de xarope e concentração de NaCl  $\times$  tempo. Percebeu-se também que a interação concentração de xarope  $\times$  tempo é significativa pelo erro puro e pelo SS residual apresentou um p igual a 0,11, significando que ele está dentro de um limite de confiança de 89% pelo SS residual, não sendo portanto, conveniente descartá-la.

Observando a Figura 15 (Apêndice C) verifica-se que os parâmetros temperatura (L) e (Q), concentração de NaCl (Q), concentração de xarope (Q) e tempo (Q) e as interações temperatura  $\times$  tempo, concentração de NaCl  $\times$  concentração de xarope, concentração de xarope  $\times$  tempo, apresentam um efeito negativo no ganho de sólidos, ou seja, um aumento

em qualquer um desses fatores acarreta em uma diminuição no ganho de sólidos. Observa-se ainda que a temperatura é a variável que apresenta maior efeito no ganho de sólidos.

Eliminando-se os efeitos não significativos, realizou-se a Análise de Variância (ANOVA) para verificar a significância da regressão e da falta de ajuste ao nível de 95% de confiança, como mostra a Tabela 4.24.

**Tabela 4.24** – Análise de Variância do modelo ajustado para o ganho de sólidos na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.

<i>Fonte de Variação</i>	<i>SQ</i>	<i>GL</i>	<i>MQ</i>	<i>F<sub>calculado</sub></i>	<i>F<sub>tabelado</sub></i>	<i>R<sup>2</sup></i>
<b>Regressão</b>	691,57	12	57,63	43,42	2,38	0,97
<b>Resíduo</b>	22,56	17	1,33			
<b>Falta de ajuste</b>	21,96	12	1,83	15,27	4,68	
<b>Erro puro</b>	0,60	5	0,12			
<b>Total</b>	714,13	29				

SQ: soma quadrática      GL: grau de liberdade      MQ: média quadrática

Analisando os valores obtidos (Tabela 4.24), observa-se que o modelo apresentou regressão significativa com  $R^2$  igual a 0,97, indicando que o modelo explicou 97% da variação dos dados experimentais. O modelo foi significativo pois F calculado da regressão foi 18 vezes maior que o F tabelado, porém a falta de ajuste também foi significativa (F calculado maior que o F tabelado). Segundo as regras de BOX e WETZ (1973) para uma regressão ser significativa não apenas estatisticamente, mas também ser útil para fins preditivos (o valor de F calculado para a regressão deve ser no mínimo de quatro a cinco vezes maior que o valor de F tabelado) e o F da falta de ajuste em relação ao erro puro, pelo contrário, deve apresentar o menor valor possível, pois um alto F indica que há uma grande falta de ajuste dos dados ao modelo obtido. Desta forma é necessário verificar se houve um desvio muito grande dos dados experimentais, para que o modelo não seja considerado preditivo. A Tabela 4.25 mostra os valores experimentais e valores preditos pelo modelo codificado para a resposta ganho de sólidos.

O modelo codificado proposto para representar o ganho de sólidos na desidratação osmótica de filés de mapará em solução ternária de NaCl+sacarose é o seguinte:

$$GS(\%) = 16,948 - 4,648T - 0,057T^2 + 0,984CS - 0,645CS^2 + 1,411CA - 0,879CA^2 + 0,810t - 1,249t^2 - 0,620T.t - 0,695CS.CA - 0,619CS.t - 0,489CA.t \quad (4.15)$$

Onde:

$T$  : Temperatura (°C)

$CS$  : Concentração de sal (%)

$CA$  : Concentração de açúcar (%)

$t$  : tempo

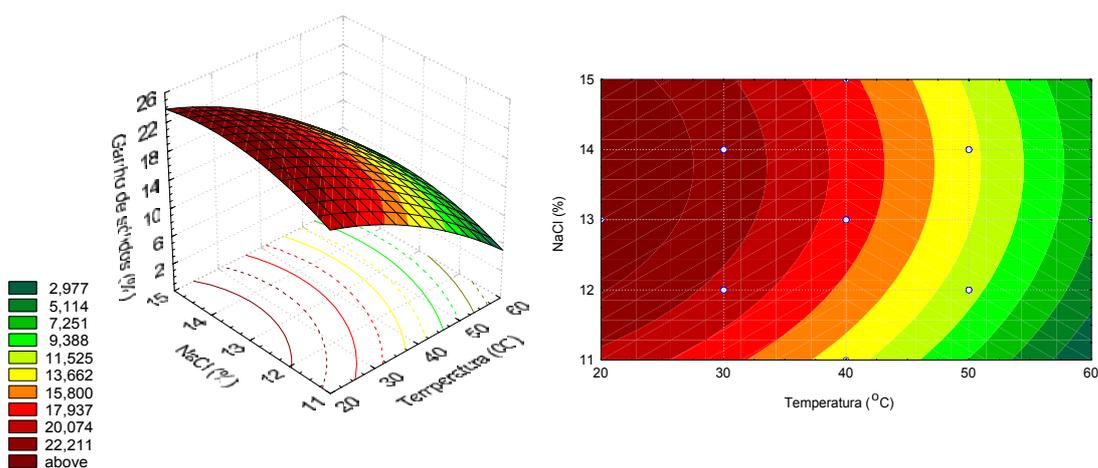
**Tabela 4.25** – Valores experimentais e valores preditos pelo modelo codificado para a resposta ganho de sólidos, na desidratação osmótica de mapará, em solução de NaCl + xarope de milho.

<i>Ensaios</i>	<i>GS predito</i>	<i>GS experimental</i>	<i>Desvio relativo (%)</i>
1	13,143	10,5569	19,6766
2	<b>5,083</b>	<b>5,2027</b>	<b>-2,3549</b>
3	17,739	19,4705	-9,7610
4	<b>9,679</b>	<b>7,6572</b>	<b>20,8885</b>
5	18,331	18,2166	0,6241
6	10,271	9,3848	8,6282
7	20,147	19,2026	4,6875
8	12,087	12,2277	-1,1641
9	18,219	16,7484	8,0718
10	<b>7,679</b>	<b>7,988</b>	<b>-4,0240</b>
11	20,339	19,7563	2,8649
12	<b>9,799</b>	<b>9,4163</b>	<b>3,9055</b>
13	21,451	21,6292	-0,8307
14	10,911	9,0527	17,0314
15	20,791	21,3784	-2,8253
16	10,251	10,1615	0,8731
17	26,022	23,5641	9,4455
18	<b>7,422</b>	<b>5,7257</b>	<b>22,8550</b>
19	12,402	13,549	-9,2485
20	16,338	15,1131	7,4972
21	10,614	11,0429	-4,0409
22	16,254	15,7473	3,1174
23	10,334	10,6081	-2,6524
24	13,574	13,2196	2,6109
25	16,95	17,437	-2,8732
26	16,95	17,0638	-0,6714
27	16,95	17,1331	-1,0802
28	16,95	16,4696	2,8342
29	16,95	16,6597	1,7127
30	16,95	16,9265	0,1386

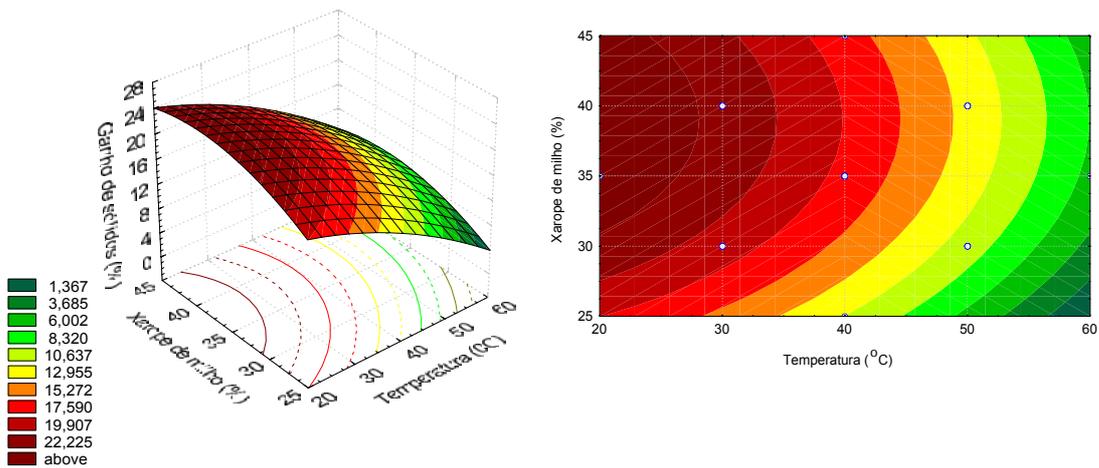
De acordo com a Tabela 4.25, verifica-se que os desvios relativos variaram de (0,1386 a 22,855), considerados altos para ser considerado preditivo. Os ensaios 2, 4, 10,

12 e 18 foram os que apresentaram os menores ganhos de sólidos. Vale a pena destacar os ensaios 4 e 18 que tem o parâmetro temperatura no extremo da superfície, e que apresentam os maiores desvios (20,8885 e 22,855%), o que justifica uma possível falta de ajuste. Como os baixos valores de ganho de sólidos são importantes para o estudo, o ideal seria realizar novos experimentos, deslocando os intervalo da variável temperatura, de modo que os menores valores de GS não ficassem mais nos extremos da superfície.

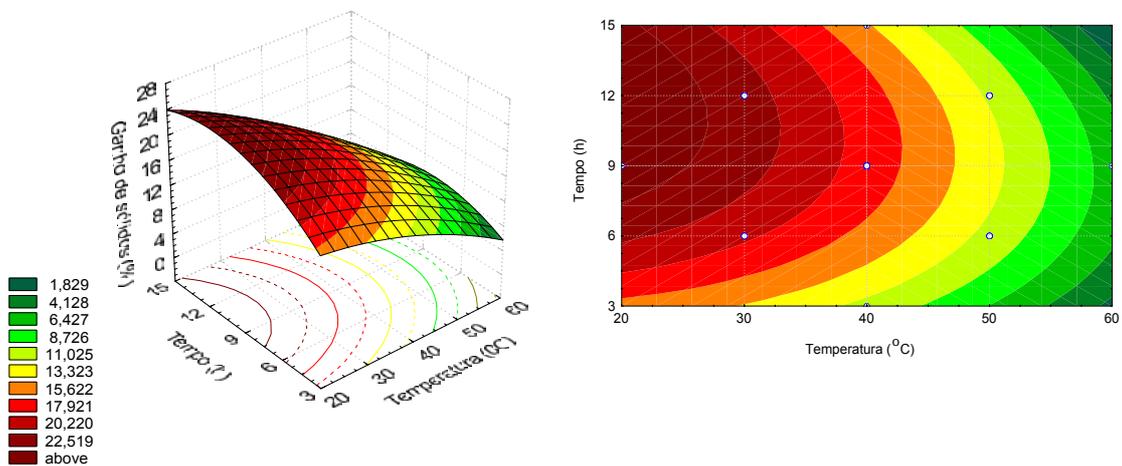
As Figuras 4.19a, 4.19b, 4.19c, 4.19d, 4.19e e 4.19f mostram as superfícies de resposta e curvas de nível geradas através do modelo proposto, considerando os pontos médios de temperatura, concentração de NaCl, concentração de xarope de milho e tempo da desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



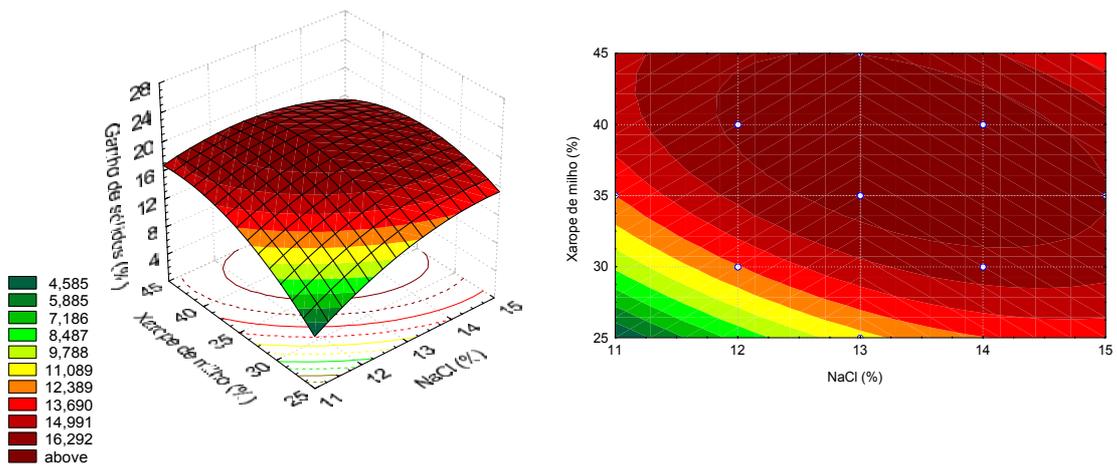
**Figura 4.19a** – Superfície de resposta e curva de nível para ganho de sólidos, relacionando temperatura (°C) e concentração de NaCl (%) para uma concentração de xarope de 35% e um tempo de 9 horas de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



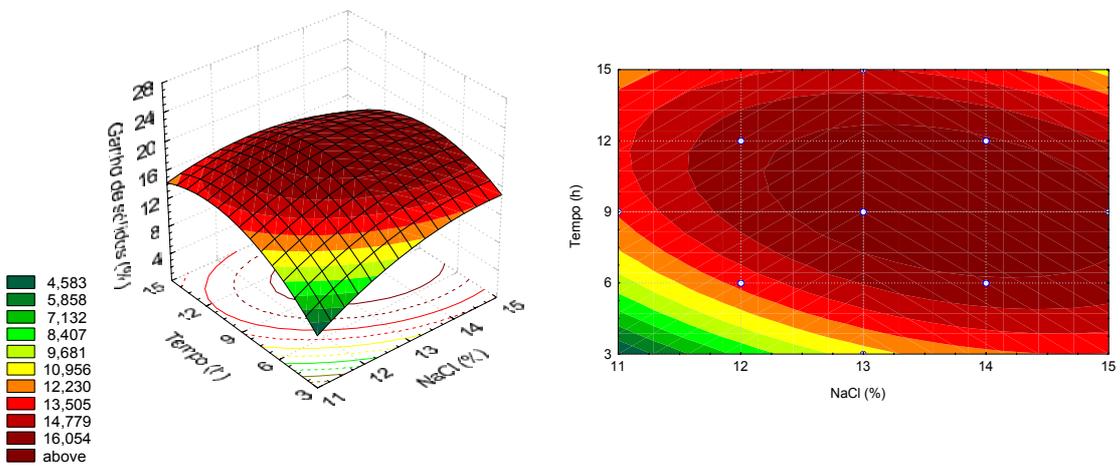
**Figura 4.19b** – Superfície de resposta e curva de nível para ganho de sólidos, relacionando temperatura (°C) e concentração de xarope de milho (%) para uma concentração de NaCl de 13% e tempo de 9 horas de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



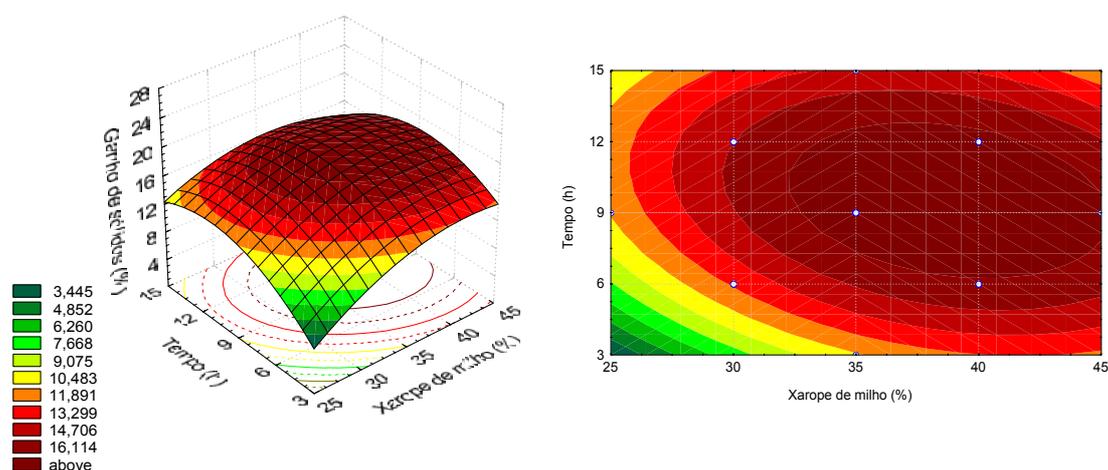
**Figura 4.19c** – Superfície de resposta e curva de nível para ganho de sólidos, relacionando temperatura (°C) e tempo (h) para uma concentração de NaCl de 13% e concentração de xarope de milho de 35% na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



**Figura 4.19d** – Superfície de resposta e curva de nível para o ganho de sólidos, relacionando concentração de NaCl (%) e concentração de xarope de milho (%) a temperatura de 40°C e tempo e 9h de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



**Figura 4.19e** - Superfície de resposta e curva de nível para o ganho de sólidos, relacionando concentração de NaCl (%) e tempo (h) para uma temperatura de 40°C de processo e concentração de xarope de milho de 35% na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



**Figura 4.19f** - Superfície de resposta e curva de nível para o ganho de sólidos, relacionando concentração de xarope de milho (%) e tempo (h) para uma temperatura de 40°C de processo e 13% de concentração de NaCl na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.

Analisando as Figuras 4.19a, 4.19b, 4.19c, 4.19d, 4.19e e 4.19f, verificou-se que, dentro do intervalo estudado no planejamento, os menores níveis de concentração de NaCl e xarope e tempo de desidratação e maior o nível temperatura, apresentam os menores ganhos de sólidos.

#### 4.6.4 Número de ácido tiobarbitúrico (TBA)

Os resultados da análise estatística, aplicado aos dados experimentais de TBA na desidratação osmótica de filé de mapará em solução de NaCl+xarope de milho, são apresentados na Tabela 35 e 36 (Apêndice B). Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e da interação, em **negrito**, são significativos ao nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ). Estes efeitos significativos podem ser visualizados na Figura 16 (Apêndice C).

Nas Tabelas 35 e 36 (Apêndice B) verifica-se que os fatores significativos a 95% de confiança, tanto pelo erro puro quanto pelo SS residual, são temperatura (L) e (Q),

concentração de NaCl (L), concentração de xarope de milho(Q), tempo (L) e (Q) e as interações temperatura × concentração de NaCl, temperatura × tempo, concentração de NaCl × concentração de xarope e concentração de xarope × tempo.

Verificou-se também, através do gráfico da Figura 16 (Apêndice C), que dentre os efeitos significativos, as interações temperatura × concentração de NaCl e concentração de xarope × tempo têm efeito negativo sobre a resposta, ou seja, quanto maiores os efeitos das variáveis, menor a oxidação, enquanto que os outros efeitos das variáveis significativas, têm efeito positivo na resposta, ou seja, com o aumento de qualquer um destes fatores, maior o número de ácido tiobarbitúrico (TBA).

Foi realizada a Análise de Variância (ANOVA), eliminando os fatores não significativos, para verificar a significância da regressão e da falta de ajuste ao nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ), através do teste F. Na Tabela 4.26, encontram-se os valores calculados e tabelados de F.

**Tabela 4.26** – Análise de Variância do modelo codificado ajustado para o TBA na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.

<i>Fonte de Variação</i>	<i>SQ</i>	<i>GL</i>	<i>MQ</i>	<i>F<sub>calculado</sub></i>	<i>F<sub>tabelado</sub></i>	<i>R<sup>2</sup></i>
<b>Regressão</b>	0,694	10	0,069	33,05	2,38	0,94
<b>Resíduo</b>	0,041	19	0,002			
<b>Falta de ajuste</b>	0,038	14	0,003	4,51	4,64	
<b>Erro puro</b>	0,003	5	0,001			
<b>Total</b>	0,735	29				

SQ: soma quadrática      GL: grau de liberdade      MQ: média quadrática

O modelo codificado proposto para representar o TBA na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl + xarope de milho é o seguinte:

$$TBA \left( \frac{mg \text{ malon.}}{1000g} \right) = 0,148 + 0,119T + 0,053T^2 + 0,022CS + 0,038CA^2 + 0,066t + 0,033t^2 - 0,030T.CS + 0,037T.t + 0,062CS.CA - 0,032CA.t \quad (4.16)$$

Onde:

$T$  : Temperatura (°C)

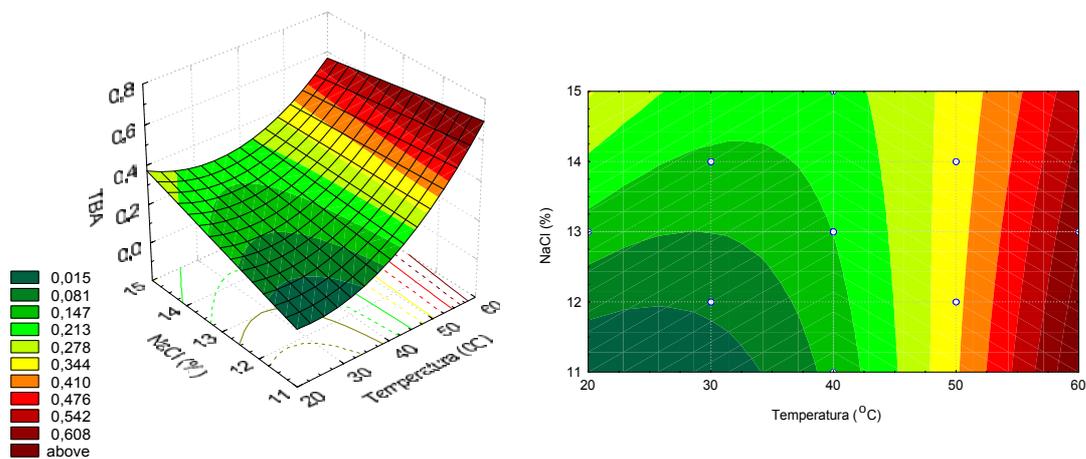
$CS$  : Concentração de sal (%)

$CA$  : Concentração de açúcar(%)

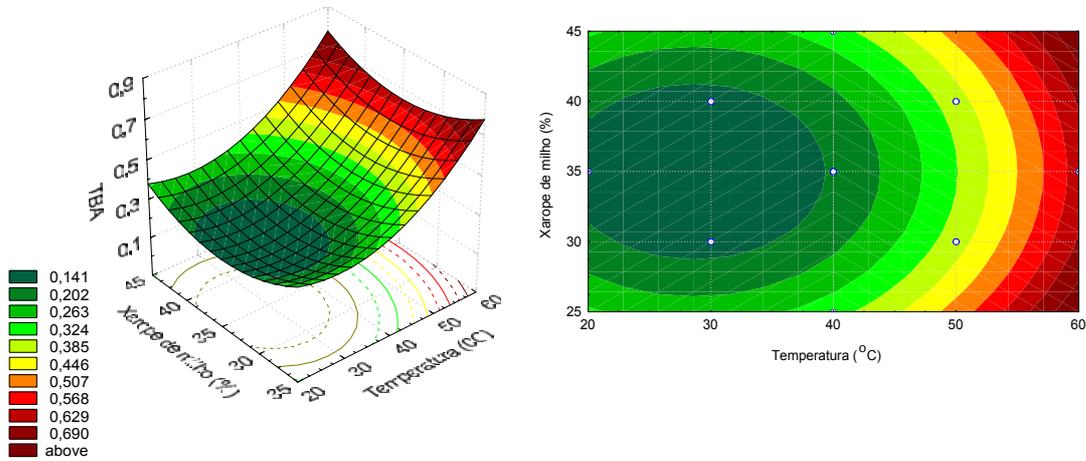
$t$  : tempo (h)

O modelo codificado apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança. O valor da razão  $MQ_R/MQ_T$  é 33,05. Comparado com F tabelado, verifica-se o este valor indica uma regressão significativa e também útil para fins preditivos, visto que o F calculado da falta de ajuste menor que o F tabelado.

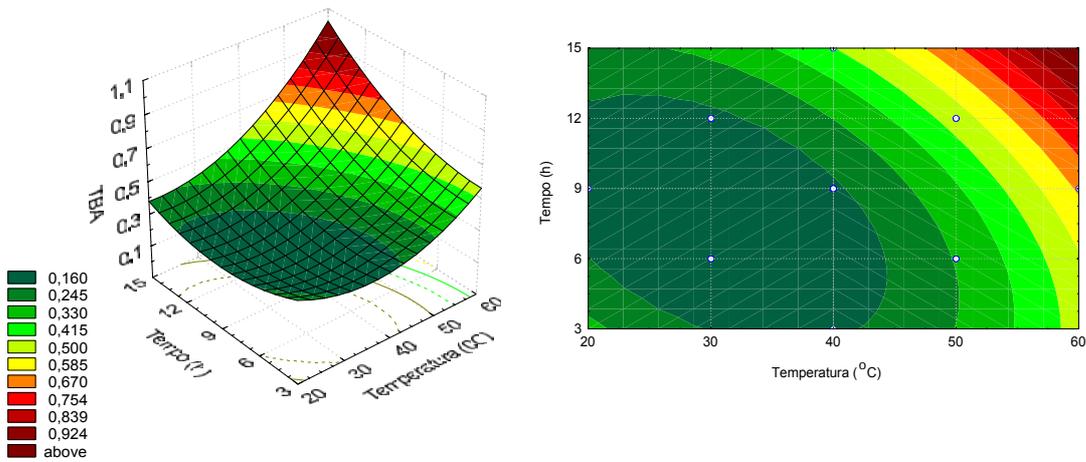
As Figuras 4.20a, 4.20b, 4.20c, 4.20d, 4.20e e 4.20f mostram as superfícies de resposta e curvas de nível geradas através do modelo proposto, considerando os pontos médios de temperatura, concentração de NaCl, concentração de xarope de milho e tempo da desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



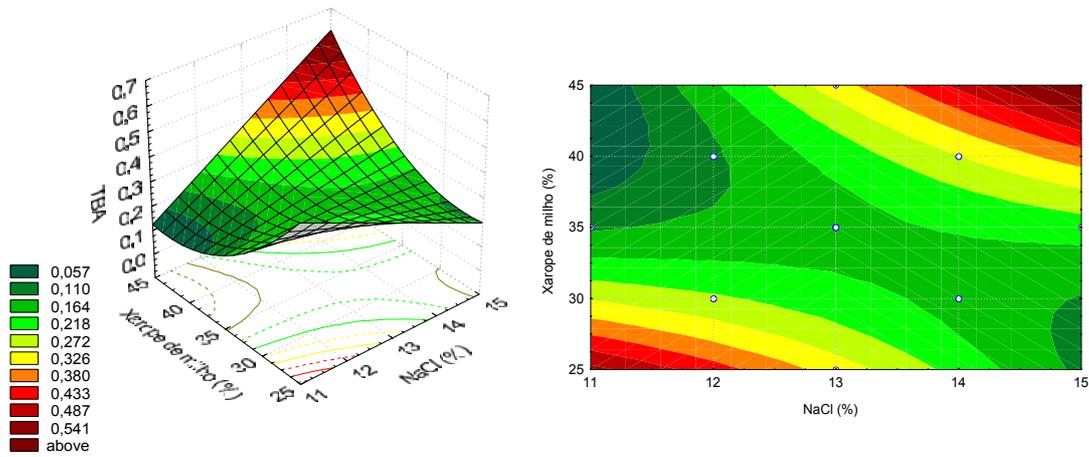
**Figura 4.20a** – Superfície de resposta e curva de nível para TBA, relacionando temperatura (°C) e concentração de NaCl (%) para uma concentração de xarope de 35% e um tempo de 9 horas de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



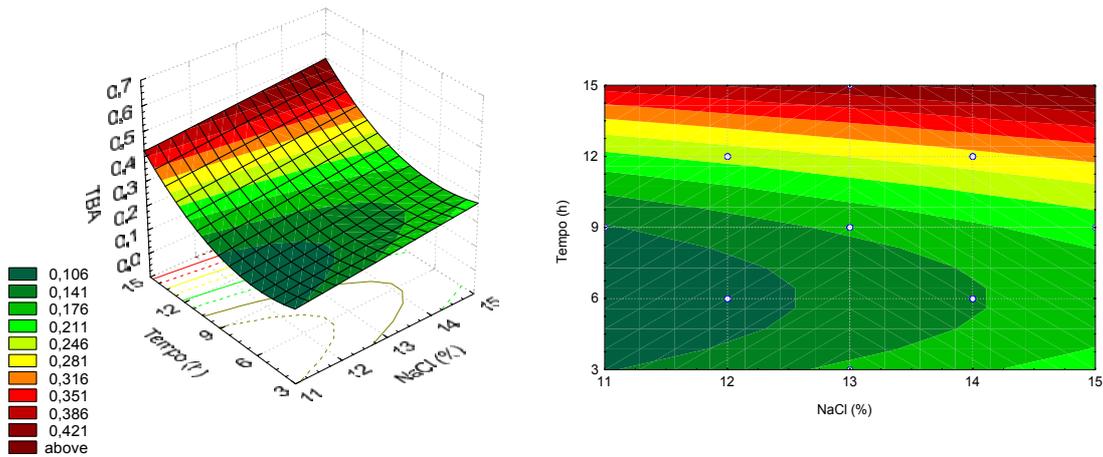
**Figura 4.20b** – Superfície de resposta e curva de nível para TBA, relacionando temperatura (°C) e concentração de xarope de milho (%) para uma concentração de NaCl de 13% e tempo de 9 horas de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



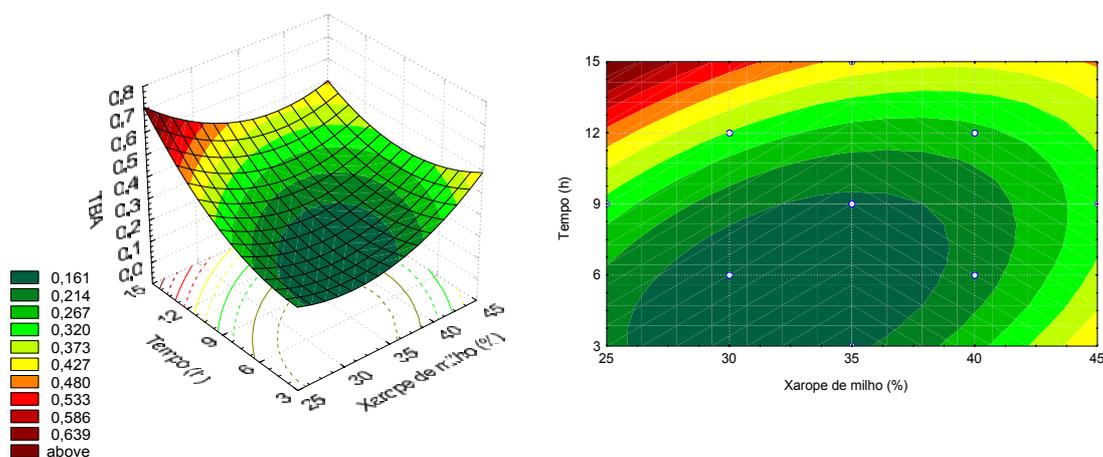
**Figura 4.20c** – Superfície de resposta e curva de nível para TBA, relacionando temperatura (°C) e tempo (h) para uma concentração de NaCl de 13% e concentração de xarope de milho de 35% na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



**Figura 4.20d** – Superfície de resposta e curva de nível para TBA, relacionando concentração de NaCl (%) e concentração de xarope de milho (%) a temperatura de 40°C e tempo e 9h na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



**Figura 4.20e** - Superfície de resposta e curva de nível para TBA, relacionando concentração de NaCl (%) e tempo (h) para uma temperatura de 40°C de processo e concentração de xarope de milho de 35% na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



**Figura 4.20f** - Superfície de resposta e curva de nível para TBA, relacionando concentração de xarope de milho (%) e tempo (h) para uma temperatura de 40°C de processo e 13% de concentração de NaCl na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.

De acordo com as Figuras 4.20a, 4.20d e 3.20e, observa-se que a faixa de concentração de NaCl que apresenta o menor nível de oxidação vai de 11 a 11,5%. Quanto à temperatura observa-se, nas Figuras 4.20a, 4.20b e 4.20c, que a faixa de 20 a 34°C apresenta a região de menor número de TBA.

Observa-se, através das Figuras 4.20b, 4.20c, 4.20d, 4.20e e 4.20f que as faixas que vão de 37 a 41% de concentração de xarope de milho e de 3 a 12h de tempo de desidratação apresentam o menor nível de oxidação na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.

#### 4.6.5 Ganho de sólidos / perda de água (GS/PA)

Os resultados da análise estatística, aplicados aos dados experimentais GS/PA na desidratação osmótica de filé de mapará em solução de NaCl + xarope de milho, são apresentados nas Tabelas 37 e 38 (Apêndice B). Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e da interação, em **negrito**, são significativos ao nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ). Os efeitos significativos podem ser visualizados na Figura 17 (Apêndice C).

No modelo codificado, os fatores significativos a 95% de confiança, tanto pelo erro puro quanto pelo SS residual, são temperatura (L), concentração de xarope (L), tempo (L) e as interações temperatura × xarope e temperatura × tempo. Percebeu-se também que variáveis, concentração de NaCl (L) e concentração de xarope de milho (Q), são significativas pelo erro puro, mas pelo erro residual apresentam um p igual a 0,09 e 0,07, respectivamente; significando que estão dentro de um limite de confiança de 91 e 93%, não sendo portanto, conveniente descartá-las. O mesmo acontece com as interações temperatura × concentração de NaCl e concentração de xarope × tempo que são significativas pelo erro puro e pelo SS residual apresentam uma significância de 88% e 91%, respectivamente. Por este motivo, estas interações foram mantidas no modelo codificado.

Verificou-se também, através da Figura 17 (Apêndice C), que as variáveis que têm mais efeito sobre a resposta são temperatura (L) e tempo (L). Estas variáveis, juntamente com concentração de NaCl e concentração de xarope têm efeito negativo sobre a resposta, ou seja, quanto maiores os efeitos das variáveis, menor a resposta GS/PA, enquanto que os outros efeitos das variáveis significativas, têm efeito positivo na resposta, ou seja, com o aumento de qualquer um destes fatores, maior a resposta GS/PA.

Foi realizada a Análise de Variância (ANOVA), eliminando os fatores não significativos, para verificar a significância da regressão e da falta de ajuste ao nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ), através do teste F. Na Tabela 4.27, encontram-se os valores calculados e tabelados de F.

**Tabela 4.27** – Análise de Variância do modelo codificado ajustado para GS/PA na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.

<i>Fonte de Variação</i>	<i>SQ</i>	<i>GL</i>	<i>MQ</i>	<i>F<sub>calculado</sub></i>	<i>F<sub>tabelado</sub></i>	<i>R<sup>2</sup></i>
<b>Regressão</b>	3,3835	9	0,3759	18,07	2,39	0,89
<b>Resíduo</b>	0,4157	20	0,0208			
<b>Falta de ajuste</b>	0,4133	15	0,0276	58,165	4,62	
<b>Erro puro</b>	0,0024	5	0,0005			
<b>Total</b>	3,7992	29				

SQ: soma quadrática      GL: grau de liberdade      MQ: média quadrática

O modelo codificado proposto para representar GS/PA na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl + xarope de milho é o seguinte:

$$GS / PA = 0,604 - 0,322T - 0,059CS - 0,067CA + 0,055CA^2 - 0,097t + 0,065T.CS + 0,088T.CA + 0,084T.t + 0,072CA.t \quad (4.17)$$

Onde:

$T$  : Temperatura (°C)

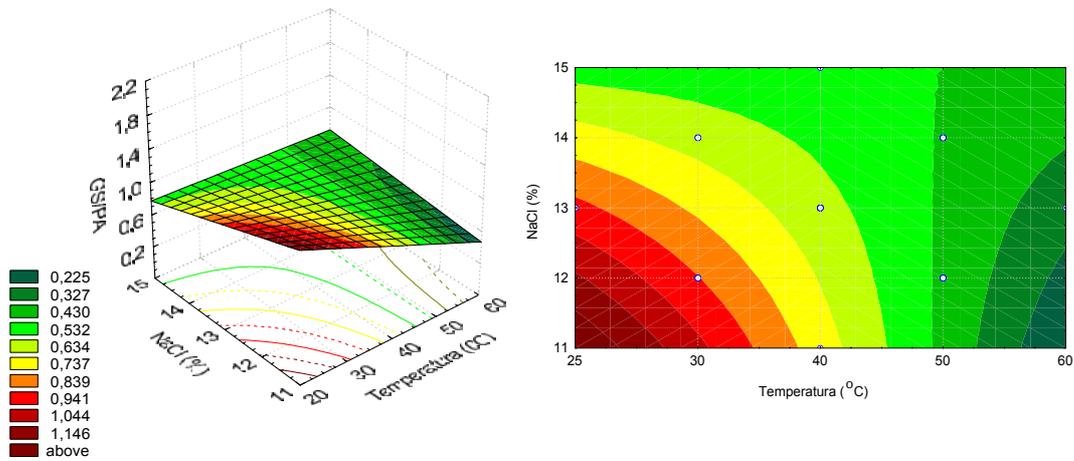
$CS$  : Concentração de sal (%)

$CA$  : Concentração de açúcar(%)

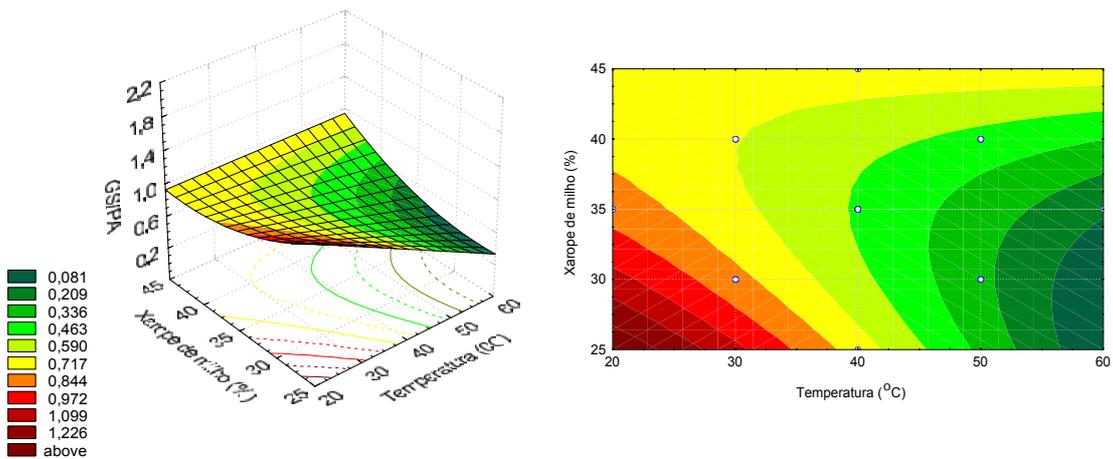
$t$  : tempo (h)

O modelo codificado apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança. O valor da razão  $MQ_R/MQ_f$  é 18,07. Comparado com  $F_{9,20} = 2,39$  este valor indica uma regressão significativa, mas o F calculado da falta de ajuste é muito maior que o F tabelado, indicando que este modelo não pode ser considerado preditivo.

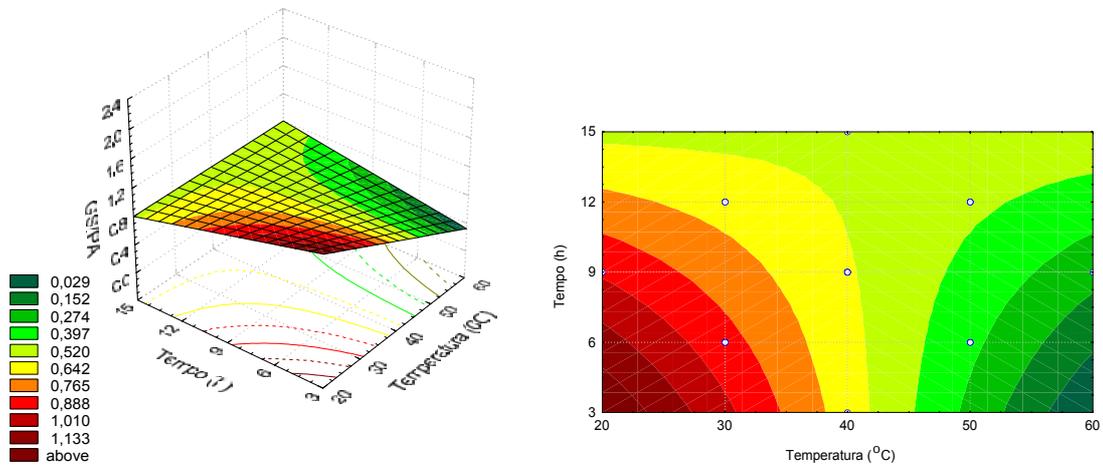
As Figuras 4.21a, 4.21b, 4.21c, 4.21d, 4.21e e 4.21f mostram as superfícies de resposta e curvas de nível geradas através do modelo proposto, relacionando temperatura, concentração de NaCl, concentração de xarope de milho e tempo da desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



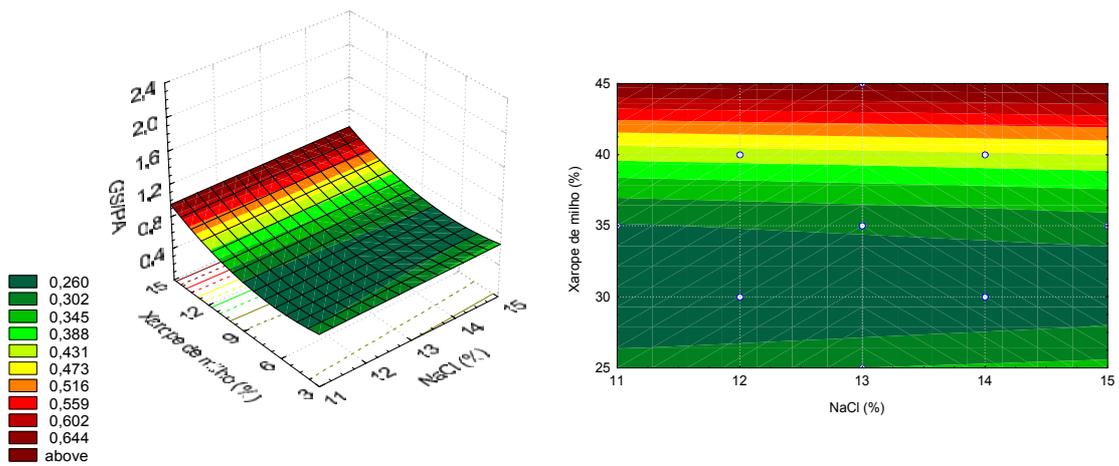
**Figura 4.21a** – Superfície de resposta e curva de nível para GS/PA, relacionando temperatura (°C) e concentração de NaCl (%) para uma concentração de xarope de 35% e um tempo de 9 horas de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



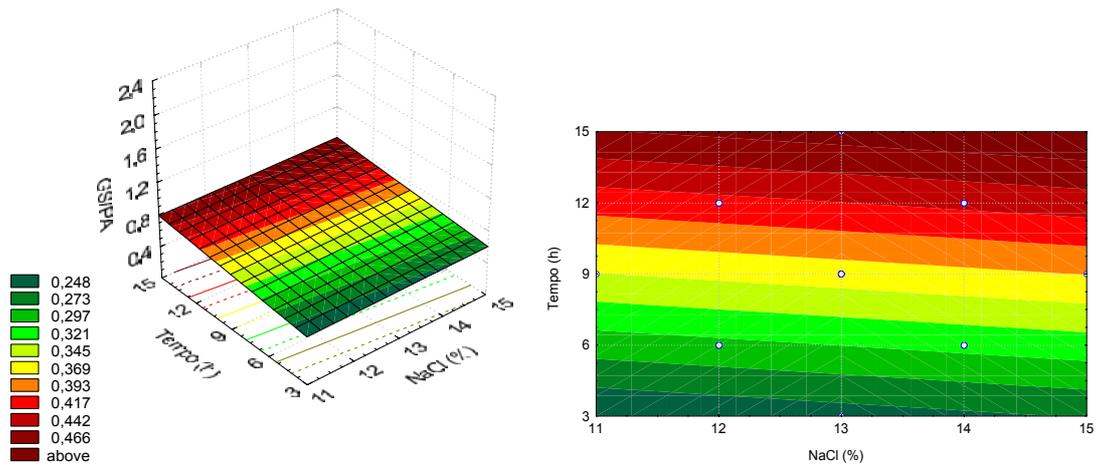
**Figura 4.21b** – Superfície de resposta e curva de nível para GS/PA, relacionando temperatura (°C) e concentração de xarope de milho (%) para uma concentração de NaCl de 13% e tempo de 9 horas de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



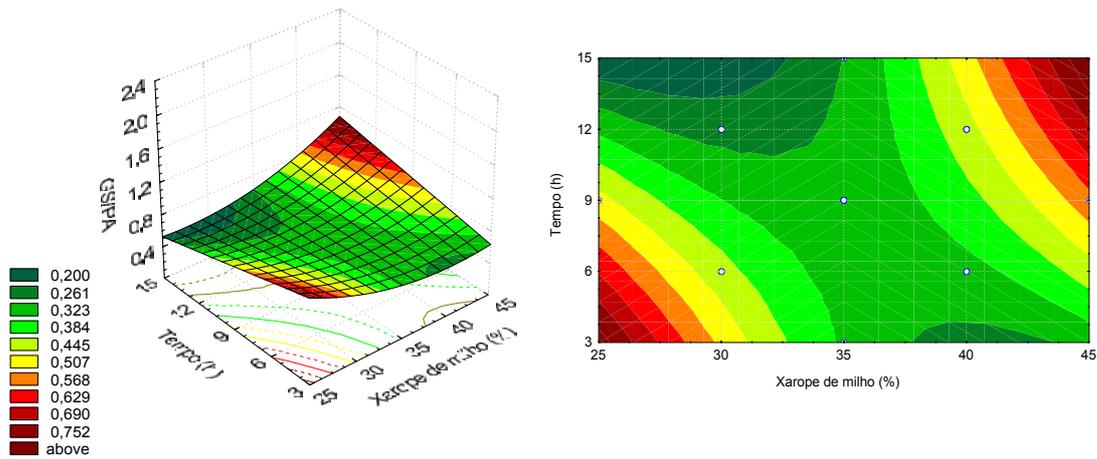
**Figura 4.21c** – Superfície de resposta e curva de nível para GS/PA, relacionando temperatura (°C) e tempo (h) para uma concentração de NaCl de 13% e concentração de xarope de milho de 35% na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



**Figura 4.21d** – Superfície de resposta e curva de nível para GS/PA, relacionando concentração de NaCl (%) e concentração de xarope de milho (%) a temperatura de 40°C e tempo e 9h de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



**Figura 4.21e** - Superfície de resposta e curva de nível para GS/PA, relacionando concentração de NaCl (%) e tempo (h) para uma temperatura de 40°C de processo e concentração de xarope de milho de 35% na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



**Figura 4.21f** - Superfície de resposta e curva de nível para GS/PA, relacionando concentração de xarope de milho(%) e tempo (h) para uma temperatura de 40°C de processo e 13% de concentração de NaCl na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.

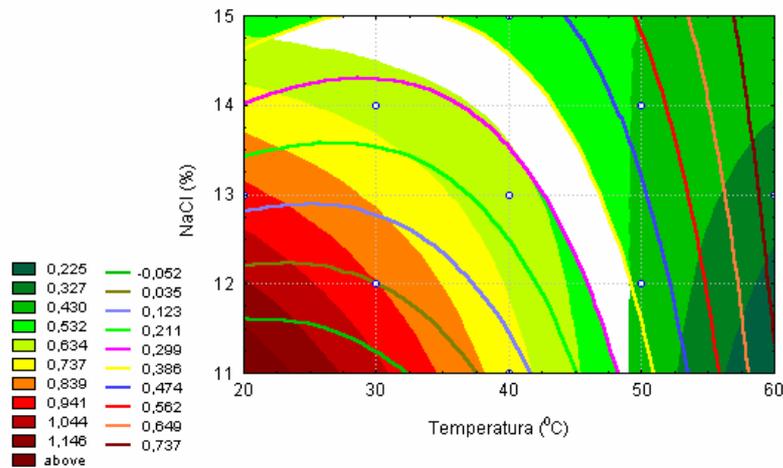
Na Figura 4.21a verifica-se que existe uma primeira fase onde, de 25 a 45°C e toda a faixa estudada de concentração de NaCl, com o aumento destes parâmetros há a diminuição de GS/PA. A segunda fase que é de 45 até 52°C, a razão continua a diminuir, porém a concentração de NaCl não interfere na resposta. A última fase que é acima de 52°C e abaixo de 14% há a diminuição do GS/PA. O mesmo comportamento foi observado na Figura 4.21c. Mas com a temperatura até 42°C na primeira fase, e uma zona menor na

segunda fase que vai de 42 a 46°C onde o tempo não interfere na resposta e a partir de 46°C e abaixo de 14h verifica-se que há uma diminuição do ganho de sólidos e aumento da perda de água.

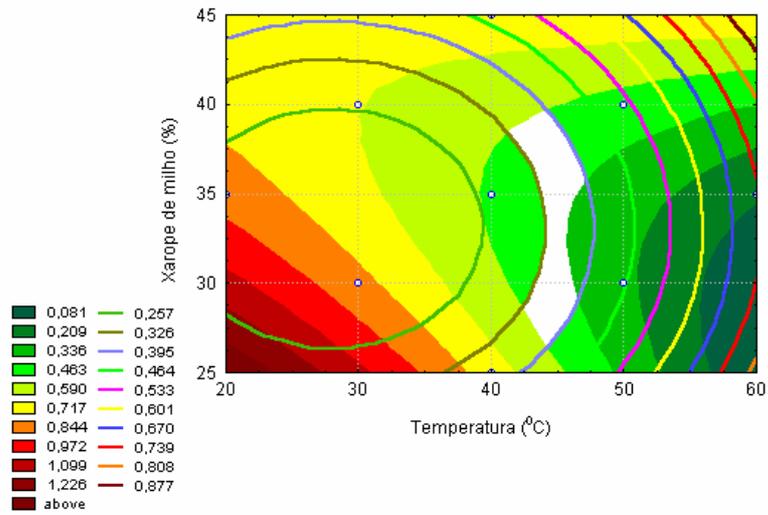
Verifica-se nas Figuras 4.21d, 4.21e e 4.21f que as regiões de menor ganho de sólidos e maior perda de água estão abaixo de 10 horas de processo, abaixo de 34% de concentração de xarope de milho e de 11 a 14% de NaCl.

#### 4.6.6 Otimização

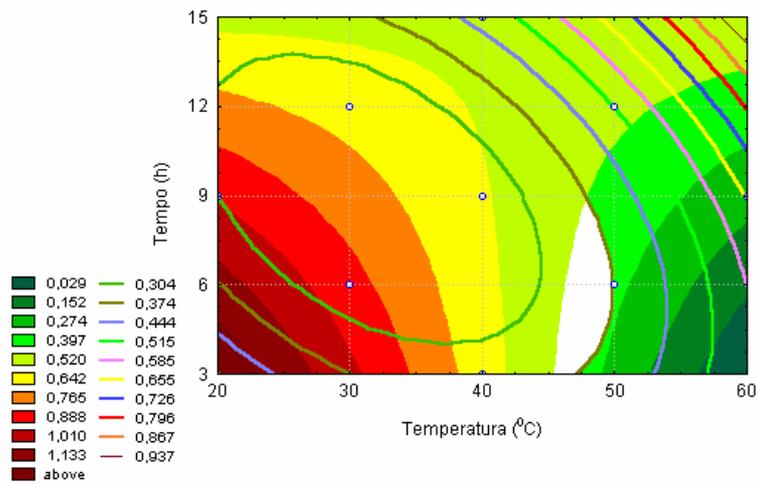
Nas Figuras 4.22a, 4.22b, 4.22c, 4.22d, 4.22e e 4.22f estão apresentados os gráficos sobrepostos de GS/PA e TBA na desidratação osmótica de mapará em solução NaCl + xarope de milho. O gráfico de GS/PA está representado através áreas, enquanto que o de TBA, suas áreas estão delimitadas através de linhas.



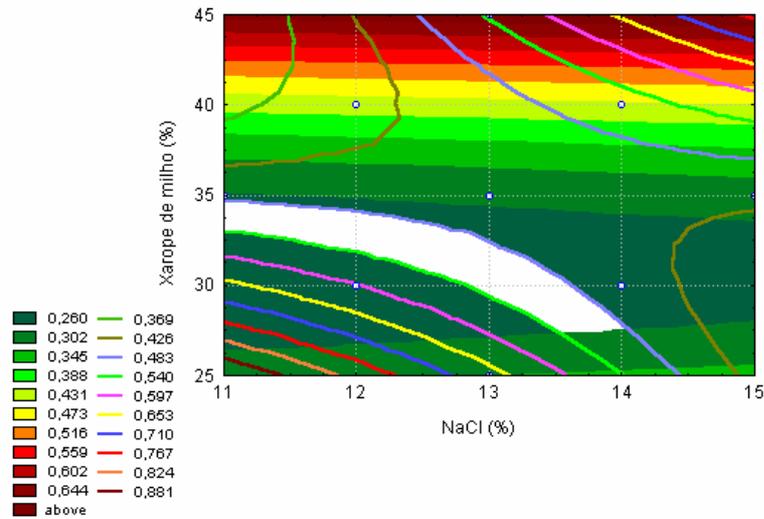
**Figura 4.22a** – Sobreposição das curvas de contorno (GS/PA) e TBA para temperatura e concentração de NaCl com concentração de xarope de milho em 40% e 12 horas de tempo de processo da desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



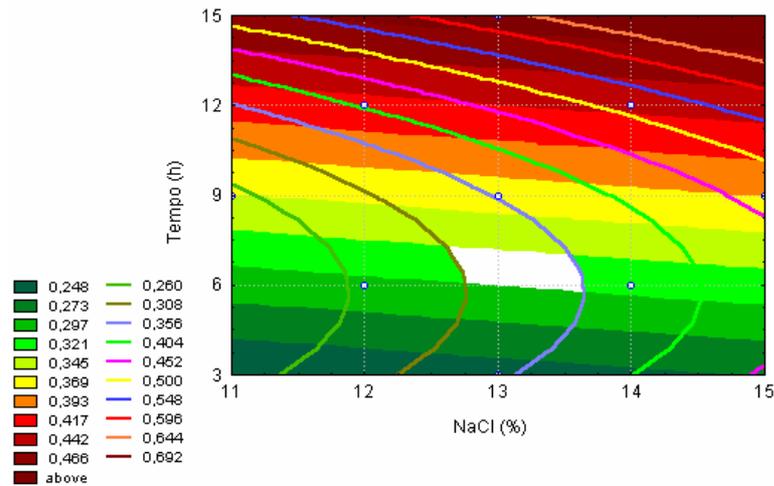
**Figura 4.22b** – Sobreposição das curvas de contorno (GS/PA) e TBA para temperatura e concentração de xarope de milho com concentração de NaCl em 14% e 12 horas de tempo de processo da desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



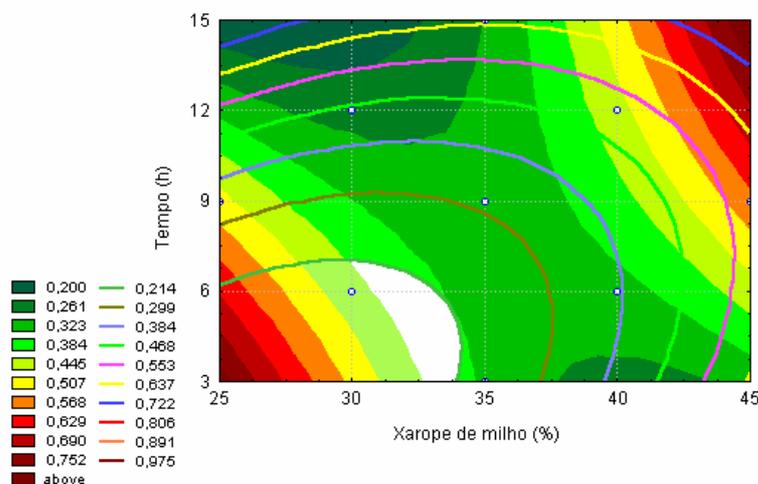
**Figura 4.22c** – Sobreposição das curvas de contorno (GS/PA) e TBA para temperatura e tempo com concentração de NaCl em 14% e concentração de xarope de milho de 40% da desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



**Figura 4.22d** – Sobreposição das curvas de contorno (GS/PA) e TBA para concentração de NaCl e concentração de xarope de milho no tempo de 12 horas e 50°C de temperatura da desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



**Figura 4.22e** – Sobreposição das curvas de contorno (GS/PA) e TBA para concentração de NaCl e tempo de processo, com concentração de xarope de milho em 40% e 50°C de temperatura da desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



**Figura 4.22f** – Sobreposição das curvas de contorno (GS/PA) e TBA para concentração de NaCl e tempo de processo, com concentração de xarope de milho em 40% e 50°C de temperatura da desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.

Primeiramente foram observadas as regiões de maior perda de água e menor ganho de sólidos e depois verificou seus respectivos níveis de oxidação. Nas Figuras que vão de 4.22a a 4.22f observa-se uma região branca, considerada ótima para o estudo, pois é uma região limite do objetivo de obter produtos com maior perda de água, menor ganho de sólidos e menor oxidação, sem modificar drasticamente as características iniciais do pescado.

Dentro da faixa de trabalho escolhida, que varia de 0,260 a 0,532 para GS/PA e 0,299 a 0,483 de TBA, das Figuras que vão de 4.22a a 4.22f optou-se em trabalhar com a seguinte condição ótima: temperatura de 46°C, concentração de NaCl de 13%, concentração de xarope de milho 32,5% e tempo de 6 horas.

AZOUBEL (2002) utilizando solução de xarope de milho na desidratação osmótica do pendúculo de cajú, verificou que realizando a desidratação em tempos intermediários de 130 a 200 minutos e concentrações entre 43 e 53%, os mais baixos valores de GS/PA são obtidos, independente da temperatura utilizada. Entretanto, a realização do processo por longos tempos (acima de 220 minutos) ou tempos curtos, até 100 minutos, resulta em

maiores valores de GS/PA, principalmente quando ocorre um acréscimo na temperatura do processo.

#### 4.6.7 Atividade de água ( $a_w$ )

Os resultados da análise estatística, aplicados aos dados experimentais de atividade de água na desidratação osmótica de filé de mapará em solução de NaCl + xarope de milho, são apresentados nas Tabelas 39 e 40 (Apêndice B). Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e da interação, em negrito, são significativos ao nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ). Os efeitos significativos podem ser visualizados na Figura 18 (Apêndice C).

No modelo codificado para a atividade de água, os fatores não significativos com 95% de confiança, tanto pelo erro puro quanto pelo SS residual, são as interações temperatura  $\times$  concentração de NaCl e temperatura  $\times$  tempo, pois apresentam valores de p muito altos ( $p \geq 0,20$ ) e portanto, não devem ser considerados significativos. Já a variável concentração de xarope de milho (L) é significativa pelo erro puro e pelo erro residual apresenta um p igual a 0,10, apresentando portanto 90 % de confiança, motivo pelo qual foi mantida no modelo.

Verificou-se também, através do gráfico da Figura 18 (Apêndice C) e Tabelas 39 e 40 (Apêndice B), que a variável que tem mais efeito sobre a resposta é o tempo (L). Todas as variáveis lineares e as interações temperatura  $\times$  concentração de xarope de milho e concentração de NaCl  $\times$  concentração de xarope de milho apresentam efeito negativo para a atividade de água, ou seja, com o aumento de algum destes fatores haverá a diminuição da atividade de água.

Foi realizada a Análise de Variância (ANOVA), eliminando os fatores não significativos, para verificar a significância da regressão e da falta de ajuste ao nível de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ), através do teste F. Na Tabela 4.28, encontram-se os valores calculados e tabelados de F.

**Tabela 4.28** – Análise de Variância do modelo codificado ajustado para atividade de água na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl+ xarope de milho.

<i>Fonte de Variação</i>	<i>SQ</i>	<i>GL</i>	<i>MQ</i>	<i>F<sub>calculado</sub></i>	<i>F<sub>tabelado</sub></i>	<i>R<sup>2</sup></i>
<b>Regressão</b>	0,0134	12	$1,12 \times 10^{-3}$	13,60	2,38	0,90
<b>Resíduo</b>	0,0015	17	$8,82 \times 10^{-5}$			
<b>Falta de ajuste</b>	0,0014	12	$1,16 \times 10^{-4}$	9,72	4,68	
<b>Erro puro</b>	$6 \times 10^{-5}$	5	$1,2 \times 10^{-5}$			
Total	0,0149	29				

SQ: soma quadrática      GL: grau de liberdade      MQ: média quadrática

O modelo codificado proposto para representar a atividade de água na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl + Xarope de milho é o seguinte:

$$a_w = 0,853 - 0,006T + 0,004T^2 - 0,009CS + 0,005CS^2 - 0,004CA + 0,005CA^2 - 0,014t + 0,005t^2 - 0,008T.CA - 0,007CS.CA + 0,010CS.t + 0,006CA.t \quad (4.18)$$

Onde:

*T* : Temperatura (°C)

*CS* : Concentração de sal (%)

*CA* : Concentração de açúcar(%)

*t* : tempo (h)

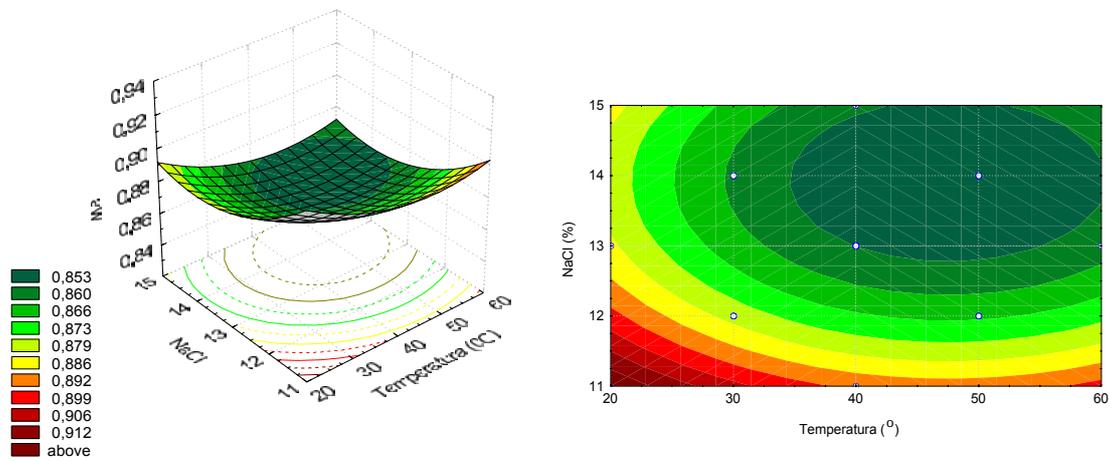
O modelo codificado apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança. O valor da razão  $MQ_R/MQ_f$  é 13,60. Comparado com  $F_{12,17} = 2,38$  este valor indica uma regressão significativa, porém a falta de ajuste também foi significativa (F calculado da falta de ajuste é maior que o F tabelado). Desta forma é necessário verificar se houve um desvio muito grande dos dados experimentais com os preditos pelo modelo (Tabela 4.29) para que o modelo não seja considerado preditivo.

**Tabela 4.29** – Valores experimentais e valores preditos pelo modelo codificado para a resposta atividade de água, na desidratação osmótica de mapará, em solução de NaCl + xarope de milho.

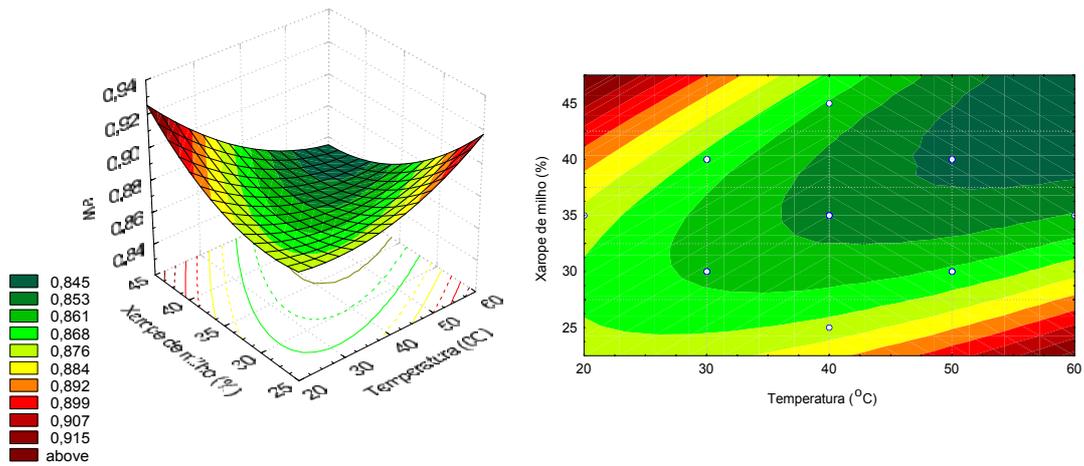
<i>Ensaio</i>	<i>GS predito</i>	<i>GS experimental</i>	<i>Desvio relativo (%)</i>
1	0,906	0,910	0,440
2	0,910	0,901	-0,999
3	0,882	0,886	0,451
4	0,886	0,880	-0,682
5	0,916	0,908	-0,881
6	0,888	0,903	1,661
7	0,864	0,856	-0,935
8	0,836	0,839	0,358
9	0,846	0,832	-1,683
10	0,850	0,862	1,392
11	0,862	0,852	-1,174
12	0,866	0,862	-0,464
13	0,880	0,890	1,124
14	0,852	0,840	-1,429
15	0,868	0,865	-0,347
16	0,840	0,840	0,000
17	0,881	0,889	0,900
18	0,857	0,854	-0,351
19	0,891	0,889	-0,225
20	0,855	0,862	0,812
21	0,881	0,884	0,339
22	0,865	0,864	-0,116
23	0,901	0,901	0,000
24	0,845	0,853	0,938
25	0,853	0,854	0,117
26	0,853	0,849	-0,471
27	0,853	0,854	0,117
28	0,853	0,849	-0,471
29	0,853	0,858	0,583
30	0,853	0,854	0,117

De acordo com a Tabela 4.29, verifica-se que os desvios relativos de todos os ensaios foram considerados muito pequenos. Desta forma comprova-se que o modelo se ajusta bem aos dados experimentais e pode ser considerado preditivo.

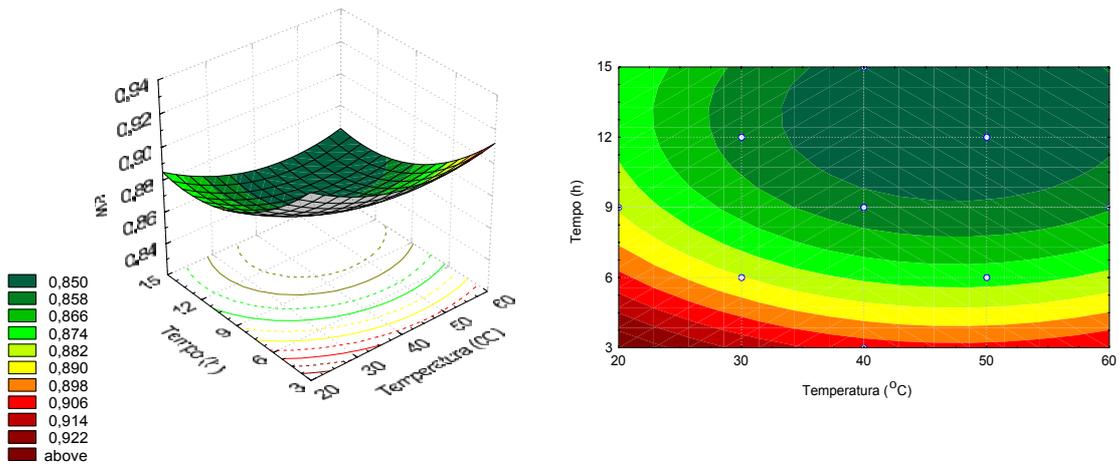
As Figuras 4.23a, 4.23b, 4.23c, 4.23d, 4.23e e 4.23f mostram as superfícies de resposta e curvas de nível geradas através do modelo proposto, relacionando temperatura, concentração de NaCl, concentração de xarope de milho e tempo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



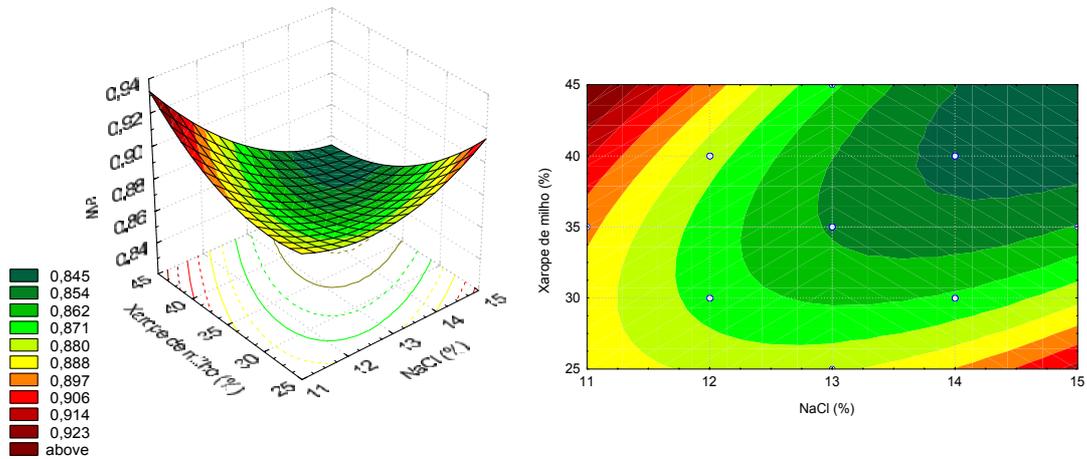
**Figura 4.23a** – Superfície de resposta e curva de nível para atividade de água, relacionando temperatura (°C) e concentração de NaCl (%), para uma concentração de xarope de 40% e um tempo de 12 horas de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



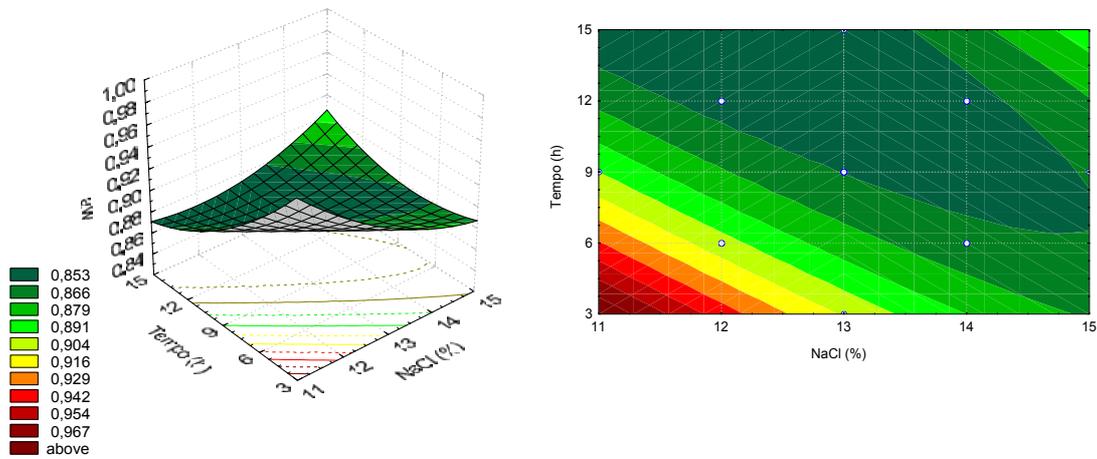
**Figura 4.23b** – Superfície de resposta e curva de nível para atividade de água, relacionando temperatura (°C) e concentração de xarope de milho (%), para uma concentração de NaCl de 14% e tempo de 12 horas de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



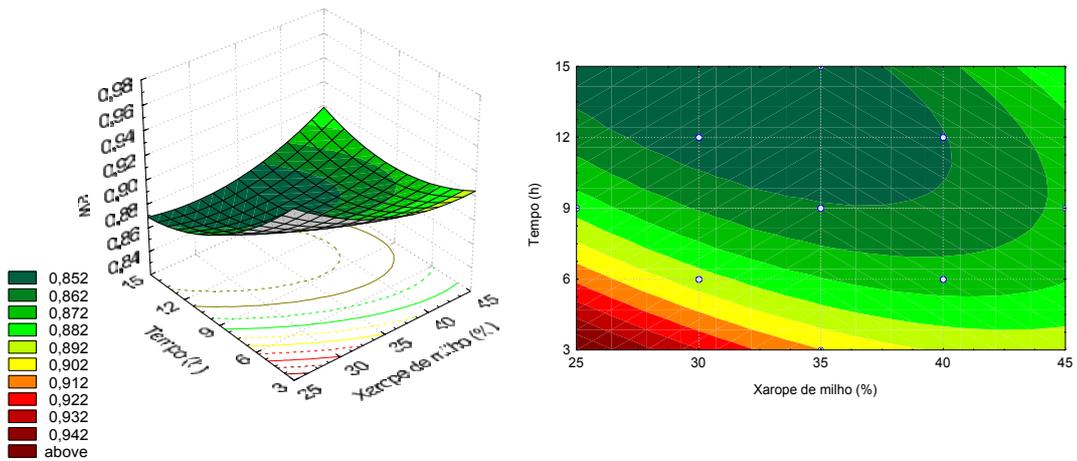
**Figura 4.23c** – Superfície de resposta e curva de nível para atividade de água, relacionando temperatura (°C) e tempo (h), para uma concentração de NaCl de 14% e concentração de xarope de milho de 40% na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



**Figura 4.23d** – Superfície de resposta e curva de nível para atividade de água, relacionando concentração de NaCl (%) e concentração de xarope de milho (%), para uma temperatura de 50°C e tempo de 12h de processo na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



**Figura 4.23e** - Superfície de resposta e curva de nível para atividade de água, relacionando concentração de NaCl (%) e tempo (h), para uma temperatura de 50°C de processo e concentração de xarope de milho de 40% na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



**Figura 4.23f** - Superfície de resposta e curva de nível para atividade de água, relacionando concentração de xarope de milho (%) e tempo (h), para uma temperatura de 50°C de processo e 14% de concentração de NaCl na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.

De acordo com as Figuras que vão de 4.23a a 4.23f, dentro do intervalo estudado do planejamento, acima de: 35°C de temperatura, 13% de concentração de NaCl, 30% de concentração de xarope e 9h de processo estão as regiões de menor atividade de água.

Segundo a condição ótima (temperatura de 46°C, concentração de NaCl de 13%, concentração de xarope de milho 32,5% e tempo de 6 horas), determinada pelo planejamento utilizando solução ternária de NaCl + xarope, a atividade de água está na faixa de 0,862 a 0,882.

#### 4.7 CINÉTICA DE SECAGEM

Amostras *in natura* e amostras previamente desidratadas em soluções de água com NaCl e de água com NaCl + sacarose e NaCl + xarope de milho, nas condições descritas abaixo, foram utilizadas na cinética de secagem de filés de mapará, nas temperaturas de 40, 50 e 60°C, com velocidade do ar de 1,5 m/s.

- NaCl: temperatura de desidratação de 46°C, concentração de NaCl de 22% e 7 horas de processo;
- NaCl + sacarose: temperatura de desidratação 42°C, concentração de NaCl de 11,5% e tempo de 8 horas, mantendo 30% de concentração de sacarose, previamente fixado pelo modelo fracionário;
- NaCl + xarope de milho: temperatura de 46°C, concentração de NaCl de 13%, concentração de xarope de milho de 32,5% e de 6 horas de processo;

##### 4.7.1 Efeito da temperatura do ar

Os efeitos da temperatura do ar, à velocidade do ar constante de 1,5m/s, na cinética de secagem de filés de peixe, foram analisados através das curvas de secagem do adimensional de umidade em função do tempo, conforme mostram as Figuras 4.24a, 4.24b, 4.24c e 4.24d abaixo:

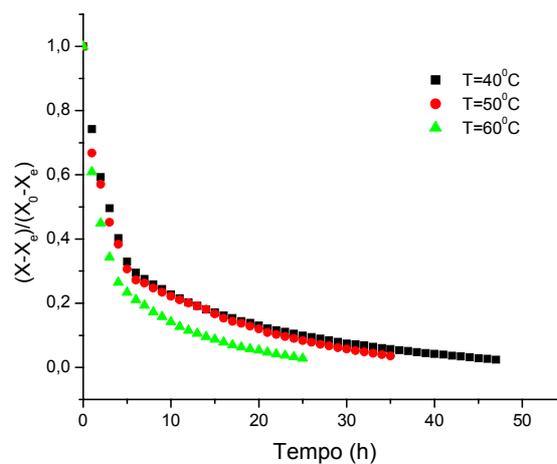
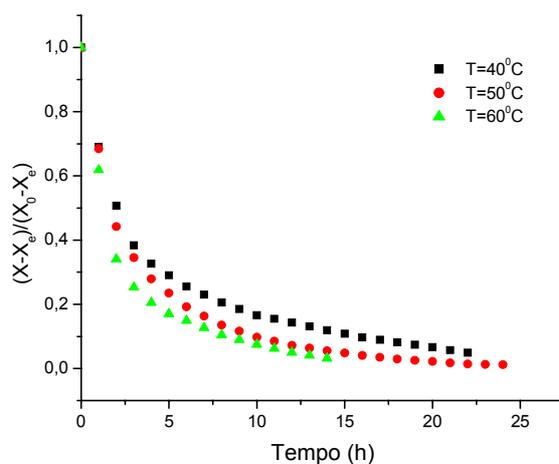
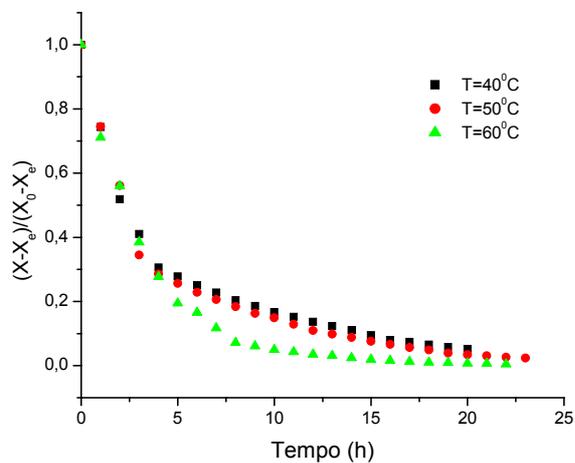


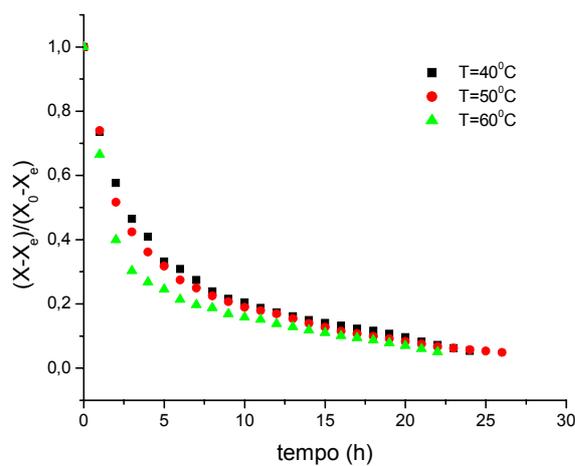
Figura 4.24a – Efeito da temperatura na secagem de filés de peixe, sem pré-tratamento (*in natura*).



**Figura 4.24b** – Efeito da temperatura na secagem de filés de peixe, previamente desidratadas em solução de NaCl.



**Figura 4.24c** – Efeito da temperatura na secagem de filés de peixe, previamente desidratados com solução de NaCl + sacarose.



**Figura 4.24d** – Efeito da temperatura na secagem de filés de peixe, previamente desidratados com solução de NaCl+ xarope de milho.

Observa-se pela Figura 4.24a, que as amostras de mapará *in natura* apresentaram comportamento bastante similar para as temperaturas de secagem de 40 e 50°C. Para o mapará pré-tratado com soluções ternárias, como pode ser observado nas Figuras 4.24c e 4.24d, o mesmo comportamento foi observado nesta faixa de temperatura. Este efeito pode ser explicado pelo caráter hidrofóbico da gordura, que dificulta a migração de umidade no interior do material, principalmente por ser um peixe de água doce que tem a gordura mais saturada. Os efeitos negativos que a gordura possui sobre a migração de água também foram observados por COLLIGNAN *et al.* (2001), WANG *et al.* (2000), PINTO (1996), e BOHUON (1995) trabalhando com pescados gordurosos.

O efeito positivo da temperatura na transferência de massa nos filés tratados osmoticamente em solução binária de NaCl, está claramente mostrado na Figura 4.24b. A transferência aumenta com o aumento da temperatura. Este comportamento é concordante com o reportado por outros autores (MEDINA VIVANCO, 2003; DEL VALLLE e NICKERSON, 1968). Já as Figuras 4.24a, 4.24c e 4.24d não apresentam o mesmo comportamento. Estes resultados podem estar relacionados com a quantidade de sólidos incorporada (ver item 4.8) com o tipo de sólidos que provavelmente provoca resistência à saída de água, e novamente o efeito barreira da gordura nas temperaturas de 40 e 50°C. A influência do cloreto de sódio na redução da umidade na secagem tem sido atribuída aos efeitos desnaturantes do sal nas proteínas do pescado (SHENOUDA, 1980). A desnaturação das proteínas poderia facilitar a difusão da água no filé, mas por outro lado, nas concentrações e temperaturas de secagem altas (ex. 60°C) poderia favorecer uma maior interação entre o tecido e o sal, o que provocaria, como consequência, uma maior umidade final pela natural hidrofobicidade do sal (NKETSIA-TABIRI e SEFA-DEDEH, 1995).

As amostras que sofreram pré-tratamento atingiram a condição de equilíbrio em menor tempo e com umidades inferiores à amostra *in natura*. Este comportamento foi descrito por NKETSIA-TABIRI e SEFA-DEDEH (1995) trabalhando com secagem de tilápia previamente desidratada com NaCl. MEDINA VIVANCO (2003) também relatou comportamento similar ao trabalhar com secagem de tilápia previamente desidratadas em soluções de NaCl e NaCl + sacarose, e explicou que, como as amostras foram desidratadas,

a umidade inicial foi menor, o que explica tempos menores para atingir a uma determinada umidade final. Já alguns autores como ALVES (2003), AZOUBEL (2002), ISLAM e FLINK (1982), EL-AOUAR (2001), trabalhando com secagem de frutas previamente desidratadas, relatam que as amostras que sofreram pré-tratamento osmótico atingiram as condições de equilíbrio em menor tempo, entretanto com valores de umidade superiores à fruta *in natura*. Estes autores explicam que é pelo fato do ganho de sólidos, aliado à perda de água no processo osmótico, resultar em um produto que oferece maior dificuldade à saída de água durante a secagem, uma vez que a água que estava mais livre foi retirada durante o pré-tratamento. Pode-se afirmar, como já era esperado, que o tipo de material biológico tem bastante influência na transferência de massa durante o processo de secagem.

#### 4.7.2 Taxa de secagem

As Figuras 4.25a, 4.25b e 4.25c apresentam as taxas de secagem em função da umidade em base seca, para as amostras sem pré-tratamento (*in natura*) e desidratadas osmoticamente em soluções binária de NaCl e ternárias em soluções de NaCl + sacarose e NaCl + xarope de milho.

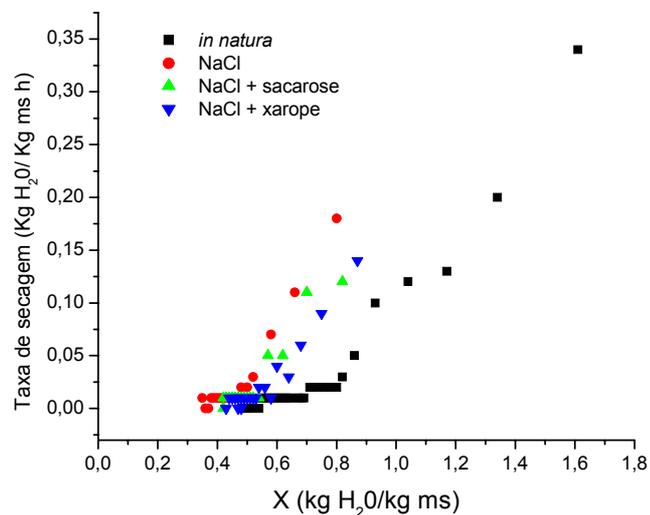


Figura 4.25a – Taxa de secagem a T = 40°C do mapará *in natura* e previamente desidratado osmoticamente.

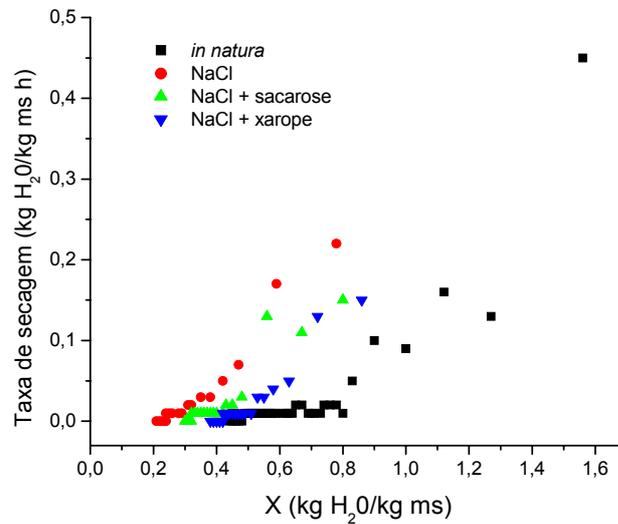


Figura 4.25b – Taxa de secagem a T = 50°C do mapará *in natura* e previamente desidratado osmoticamente

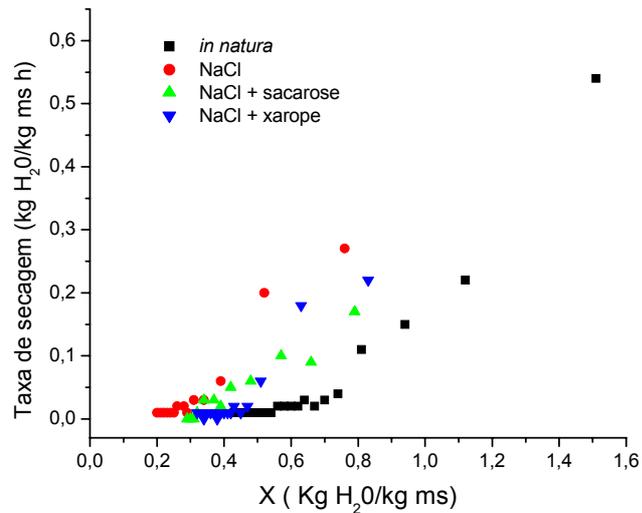


Figura 4.25c - Taxa de secagem a T = 60°C do mapará *in natura* e previamente desidratado osmoticamente.

Através das Figuras 4.25a a 4.25c observa-se que as taxas iniciais das amostras *in natura* são bem mais altas que das amostras desidratadas, para qualquer temperatura. Pode-se observar também que esta variável tem menor influência sobre a taxa de secagem inicial dos filés. Isto concorda com o observado por DEL VALLE e NICKERSON (1968) na secagem de peixe espada (*Xiphias glaudis*) salgado e com ISLAM e FLINK (1982), na

secagem de batatas desidratadas osmoticamente em soluções ternárias contendo sal e açúcar.

Observou-se através das Figuras 4.25a a 4.25c que, para as três temperaturas estudadas, as amostras desidratadas em solução de NaCl apresentaram os maiores valores de taxa, possivelmente relacionados com a quantidade de sólidos incorporada (ver item 4.8) ou aos efeitos desnaturantes do sal nas proteínas do pescado. Segundo MENTING *et al.* (1970), uma incorporação mínima de sólidos durante a desidratação osmótica leva a uma secagem mais rápida, devido ao coeficiente de difusão de água decrescer com o aumento do teor de sólidos. Em relação às características do produto final, a incorporação de sólidos também afeta a reidratação e favorece a retenção do aroma (LAZARIDES *et al.*, 1995).

Comparando os resultados de taxa dos pré-tratamentos com solução ternária, verificou-se um comportamento quase semelhante entre essas amostras, entretanto, as amostras pré-tratadas em solução de NaCl + sacarose apresentaram valores de taxas ligeiramente superiores, somente para umidade < 0,5kg de H<sub>2</sub>O/kg de massa seca. A taxa de secagem em amostras previamente desidratadas com solução de açúcar e sal, decresce com o aumento do conteúdo de NaCl, indicando que a presença de sal no músculo faz com que a resistência interna para o movimento da umidade aumente, possivelmente devido às interações proteína – íons (cloro e sódio) - água, que resulta numa diminuição da pressão de vapor da água, que explicaria o decréscimo da taxa de secagem (WATERMANN, 1976).

Foi observada a existência do período de taxa constante em todos os gráficos, resultado similar ao encontrado por PINTO (1996). O autor comparou amostras de filés de merluza (magra) e sardinha (gorda). A existência do período de taxa constante foi observada em todas as amostras estudadas, devido ao alto teor de umidade inicial dos filés de peixe. O tempo de duração deste período para a secagem por um só lado das amostras, variou de 5 a 15 horas para as amostras magras ( $X_0 = 4,15 \pm 0,44$ ) e gordas ( $X_0 = 2,92 \pm 0,41$ ) dependendo da condição do ar utilizado.

### 4.7.3. Modelagem matemática da secagem convectiva

#### 4.7.3.1 Modelo de Fick

As Figuras 4.26 a 4.29 apresentam os dados experimentais que se ajustam ao modelo de Fick, para os cinco primeiros termos da série, em escala linear e semi-log. O número de termos utilizado foi escolhido após a verificação de ajuste com até 20 termos da série, e apesar deste não apresentar um bom ajuste, foi o que obteve melhor resultado.

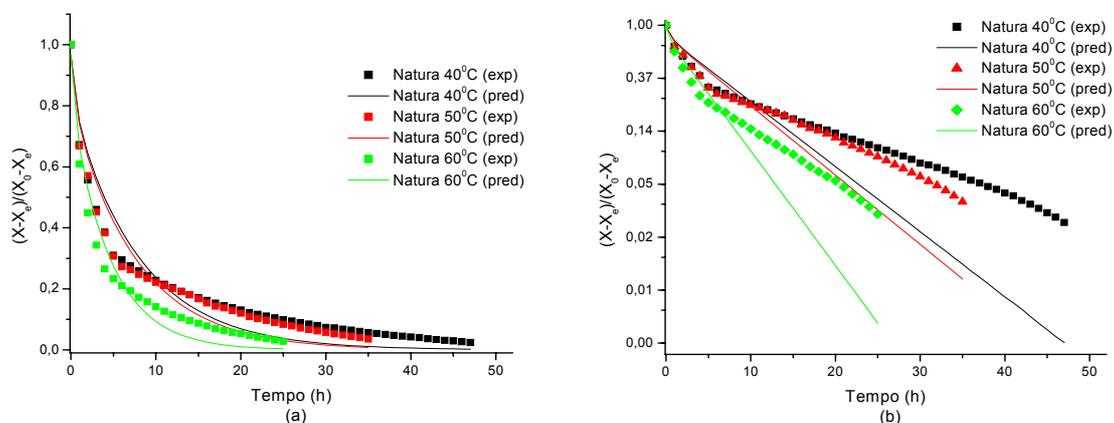


Figura 4.26 – Ajuste ao modelo de Fick do mapará *in natura*: (a) gráfico em escala linear e (b) gráfico em escala semi-log.

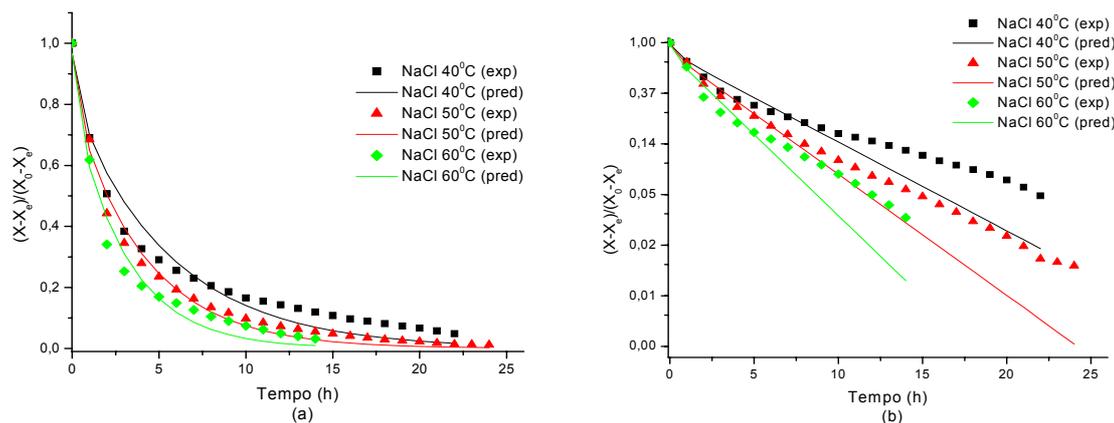
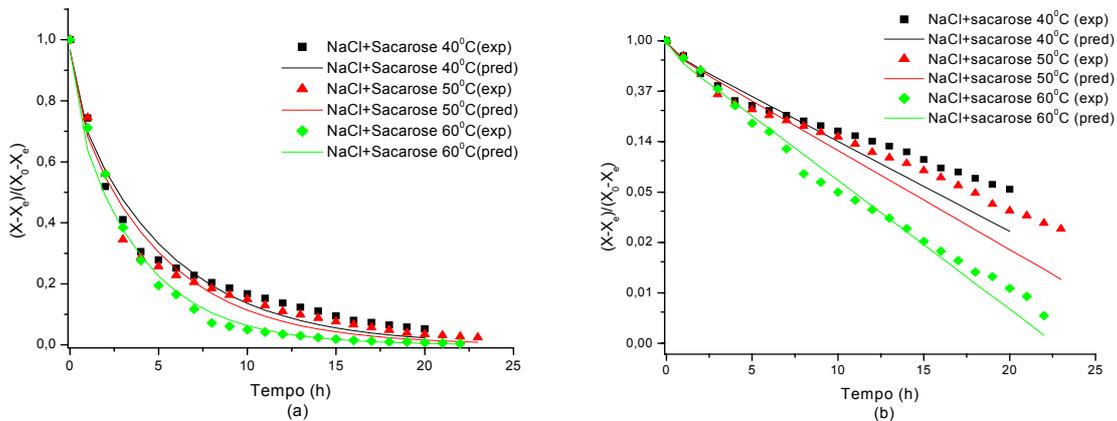
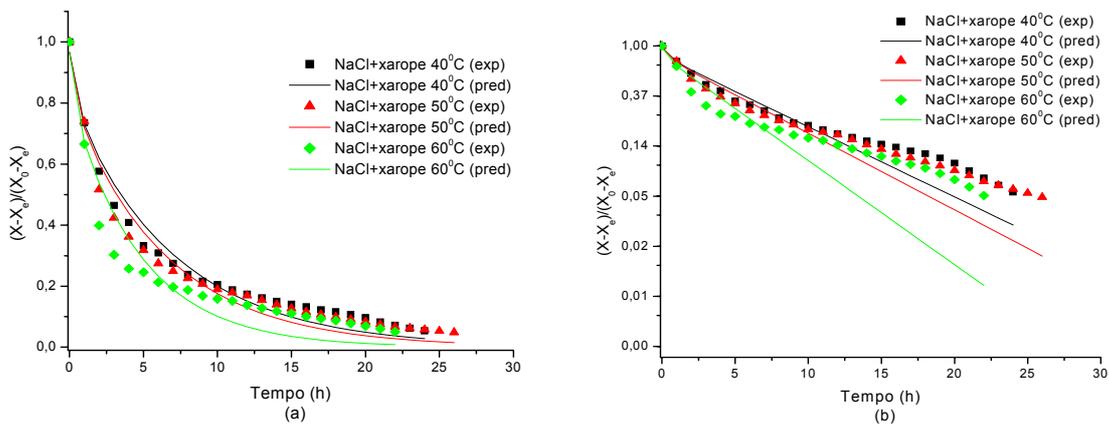


Figura 4.27 – Ajuste ao modelo de Fick do mapará desidratado em NaCl: (a) gráfico em escala linear e (b) gráfico em escala semi-log.



**Figura 4.28** – Ajuste ao modelo de Fick do mapará desidratado em NaCl + sacarose: (a) gráfico em escala linear e (b) gráfico em escala semi-log.



**Figura 4.29** – Ajuste ao modelo de Fick do mapará desidratado em NaCl + xarope: (a) gráfico em escala linear e (b) gráfico em escala semi-log.

Analisando as Figuras (a) observou-se que os dados experimentais obtidos não se ajustaram ao modelo utilizado, pois apesar de apresentar valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) superiores a 0,90, os valores do erro médio relativo encontrados foram bastante superiores ao sugerido por LOMAURO *et al.* (1985), que é de 10% (Tabela 4.30). Essa falta de ajuste observada pode ser justificada devido o processo ter sido avaliado como se apresentasse apenas uma única fase, o que não retrata a realidade pois, analisando as Figuras (b), observa-se que existem duas regiões distintas durante o processo. Estas duas regiões foram relatadas por PINTO (1996). Verifica-se também que dentre as Figuras apresentadas, estas duas regiões ficam mais evidentes nas curvas das amostras in natura e

amostras desidratadas com solução de xarope de milho. Outro fator que certamente influenciou no ajuste foi o fato de não ter sido considerado o fenômeno do encolhimento no material.

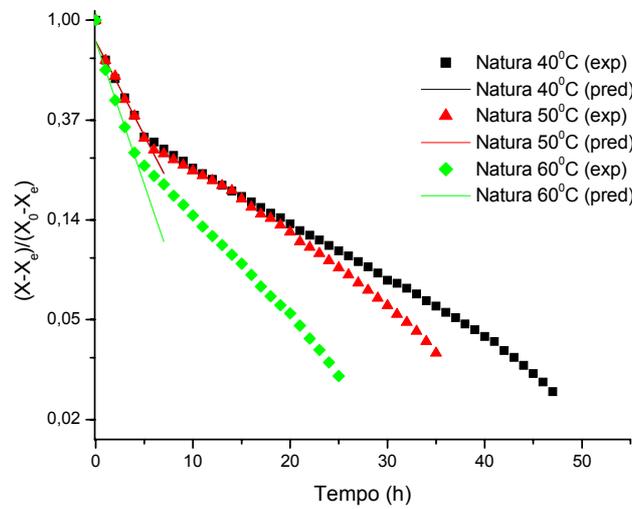
Analisando os valores de difusividade efetiva, encontrados na Tabela 4.30, verificou-se que a secagem com as amostras pré-tratadas com NaCl foram as que apresentaram os maiores valores, ratificando o que foi comentado sobre a taxa de secagem dessas amostras.

Comparando os valores obtidos para a difusividade, com valores encontrados por MEDINA VIVANCO (2003), RIBEIRO (2000), RODRIGUES (1996), PINTO (1996) e PARK (1998), que trabalharam com pescados, verifica-se que o mesmo está na mesma ordem de grandeza.

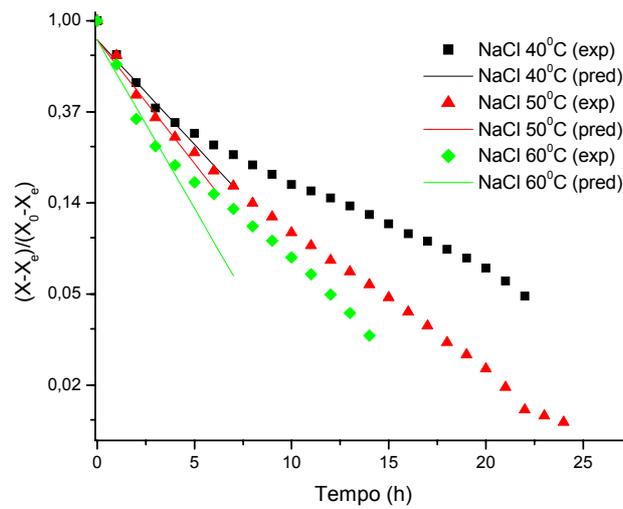
**Tabela 4.30** – Valores de difusividade efetiva,  $R^2$  e P obtidos para o modelo de Fick para o mapará *in natura* e desidratado osmoticamente.

Amostra	T (°C)	$D_{ef} \times 10^{10}$ m <sup>2</sup> /s	$R^2$	P
<i>in natura</i>	40	3,46	0,91	52,65
	50	3,68	0,92	42,43
	60	6,09	0,95	47,94
NaCl	40	4,9	0,96	31,18
	50	6,7	0,99	37,01
	60	9,0	0,97	35,68
NaCl + Sacarose	40	5,0	0,97	26,41
	50	5,5	0,97	31,74
	60	7,2	0,99	17,56
NaCl + Xarope	40	3,95	0,97	24,23
	50	4,31	0,95	32,27
	60	5,85	0,90	46,39

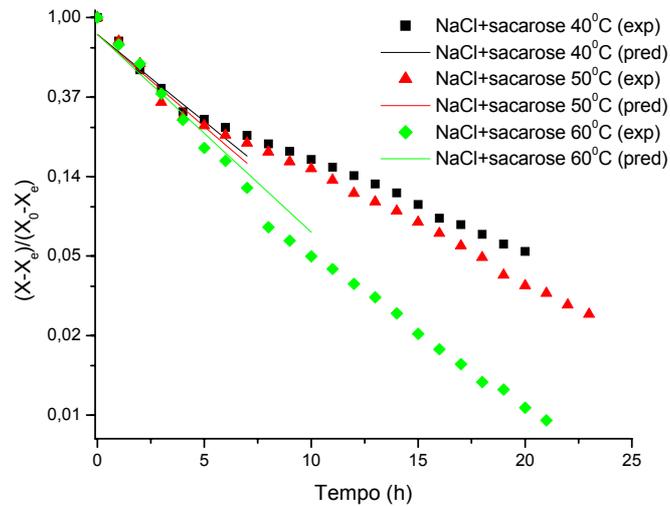
As Figuras 4.30 a 4.32 apresentam os ajustes realizados ao modelo de Fick, utilizando um termo da série, em escala semi-log, para os dados iniciais.



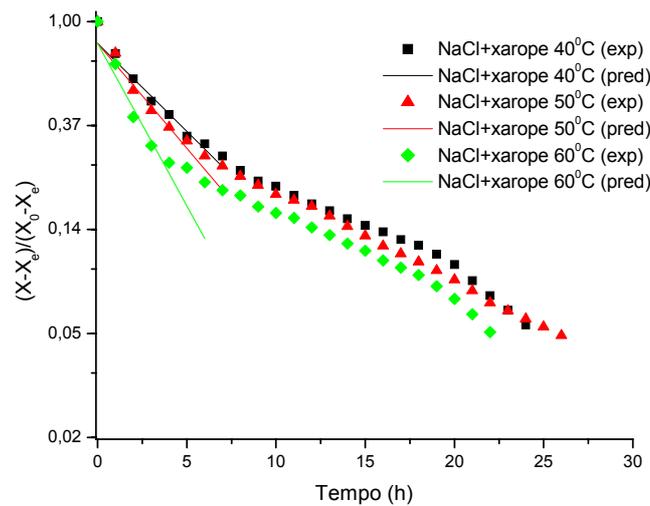
**Figura 4.30** - Ajuste da primeira fase da amostra *in natura*, utilizando apenas um termo da série do modelo de Fick, em escala semi-log.



**Figura 4.31** – Ajuste da primeira fase da amostra com NaCl, utilizando apenas um termo da série do modelo de Fick, em escala semi-log.



**Figura 4.32** – Ajuste da primeira fase da amostra com NaCl + sacarose, utilizando apenas um termo da série do modelo de Fick, em escala semi-log.



**Figura 4.33** – Ajuste da primeira fase da amostra com NaCl + xarope, utilizando apenas um termo da série do modelo de Fick, em escala semi-log.

Verifica-se através das Figuras 4.30 a 4.33, que o modelo de Fick utilizando um termo da série, se ajusta bem somente na primeira fase decrescente. A Tabela 4.31 mostra os valores de  $D_{ef}$ , R e P para o mapará *in natura* e previamente desidratado osmoticamente.

**Tabela 4.31**– Valores de  $D_{ef}$ , R e P para o mapará *in natura* e previamente desidratado osmoticamente em soluções de: NaCl, sacarose + NaCl e Xarope de milho + NaCl, utilizando 1 termo da série para os dados iniciais

Amostra	T (°C)	$D_{ef} \times 10^{10}$ m <sup>2</sup> /s	R <sup>2</sup>	P
<i>in natura</i>	40	5,31	0,88	3,74
	50	5,34	0,88	4,52
	60	8,07	0,89	4,72
NaCl	40	6,48	0,85	6,72
	50	7,61	0,84	9,75
	60	10,42	0,92	11,51
NaCl + Sacarose	40	6,14	0,87	9,00
	50	6,50	0,84	14,25
	60	7,01	0,90	12,72
NaCl + Xarope	40	4,79	0,76	7,77
	50	5,63	0,78	9,60
	60	8,59	0,85	10,76

Comparando os valores da Tabela 4.30 com os da Tabela 4.31 verifica-se que os valores de R<sup>2</sup> diminuiram, mas ainda são aceitáveis como índice de confiança, com exceção das amostras com xarope de milho, que apresentam valores abaixo de 80%. Outro fator positivo foi a diminuição dos erros relativos médios, valores estes dentro do padrão sugerido por LOMAURO *et al.* (1985), que é de 10%, exceto para as amostras desidratadas na temperatura de 60°C.

**Tabela 4.32**– Energia de ativação calculada para um e cinco termos da série do modelo de Fick.

	1 termo (1ª fase)		5 termos	
	Ea (kJ/mol)	R <sup>2</sup>	Ea (kJ/mol)	R <sup>2</sup>
<i>in natura</i>	17,94	0,75	24,29	0,82
NaCl	20,51	0,96	26,34	1,00
NaCl +sacarose	5,73	0,99	15,72	0,92
NaCl + xarope	25,18	0,93	16,91	0,90

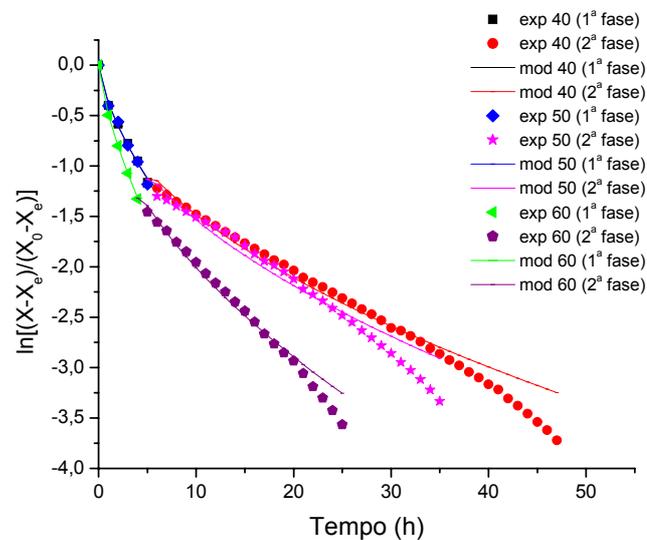
Verifica-se através da Tabela 4.32 que as energias de ativação considerando um termo da série são menores do que as encontradas considerando cinco termos, com exceção da amostra com NaCl + xarope de milho.

Observa-se que as amostras utilizando NaCl + sacarose apresentaram energias de ativação menores, para 1 e 5 termos, indicando portanto, uma menor dependência da difusividade em relação à temperatura na secagem convectiva das amostras.

Os valores da energia de ativação (Tabela 4.32) são compatíveis com os valores encontrados por PARK (1998) para secagem de peças salgadas de tubarão que variaram de 17,94 a 21,94kJ/mol, PINTO (1996) para filés de merluza (26,16kJ/mol) e sardinha (26,81kJ/mol), JANSON (1965) para filés de bacalhau (29,41kJ/mol) e aos citados por CHIRIFE (1983) para vários alimentos (na faixa de 14kJ/mol a 40kJ/mol).

#### 4.7.3.2 *Modelo de Page*

As Figuras 4.34 a 4.37 mostram os ajustes obtidos utilizando o modelo de Page para as amostras secas *in natura* e desidratadas osmoticamente.



**Figura 4.34** – Ajuste do modelo de secagem de Page para *in natura*.

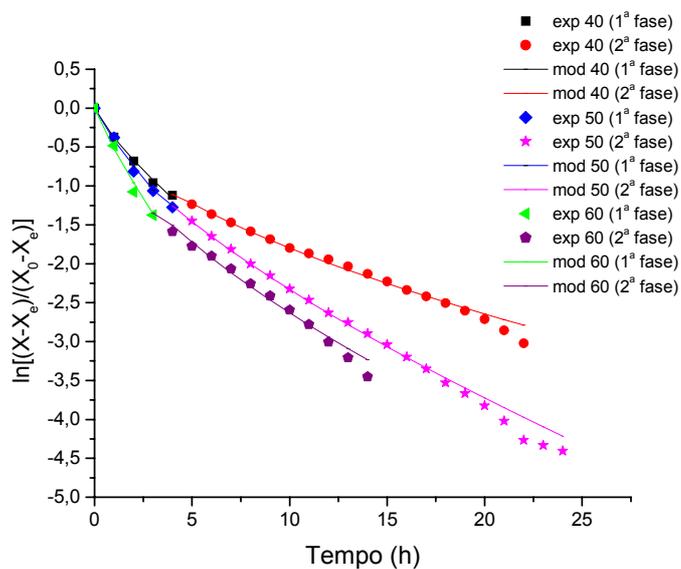


Figura 4.35 – Ajuste do modelo de secagem de Page para NaCl

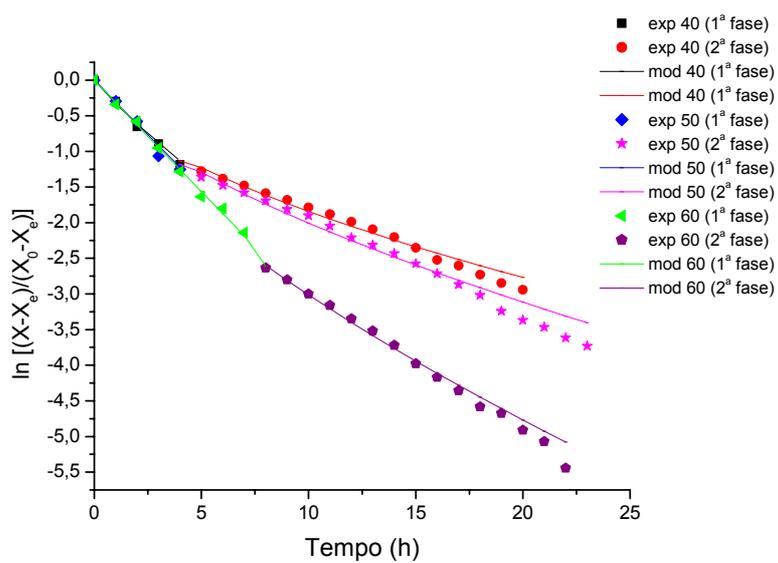
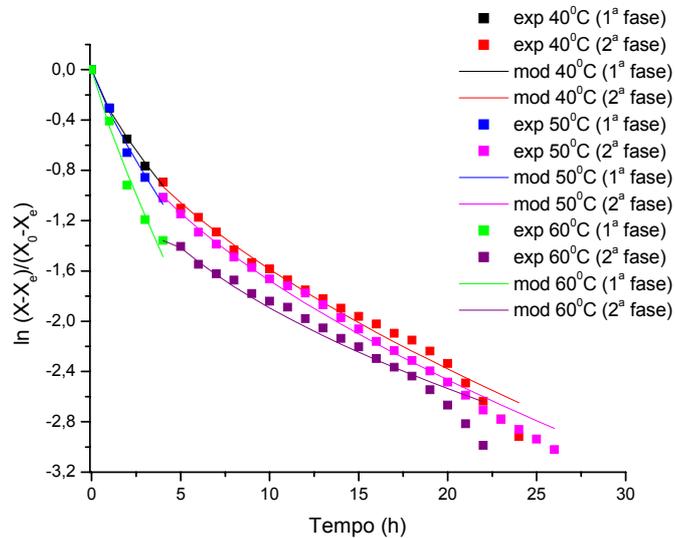


Figura 4.36 – Ajuste do modelo de secagem de Page para NaCl + sacarose.



**Figura 4.37** – Ajuste do modelo de secagem de Page para NaCl + xarope de milho.

Observando os dados contidos na Tabela 4.33, verificou-se uma tendência de aumento dos parâmetros K e b com o aumento da temperatura para as duas fases analisadas. Os valores obtidos de R sugerem que o modelo conseguiu ajustar adequadamente os dados experimentais, fato que é confirmado quando se analisa os valores do erro médio relativo. Para a primeira fase todos os valores de P encontram-se abaixo de 10%, enquanto que, para a segunda fase, apenas em três condições os valores de P encontram-se acima de 10%, entretanto muito próximos deste valor.

**Tabela 4.33** – Valores das constantes de secagem K e b, R e P para as 1ª e 2ª fases do período de taxa decrescente na secagem de filés de mapará.

Amostra	T (°C)	1ª Fase				2ª fase			
		K	b	R <sup>2</sup>	P	K	b	R <sup>2</sup>	P
<i>In Natura</i>	40	0,38	0,68	1,00	2,01	0,46	0,51	0,99	11,07
	50	0,38	0,69	1,00	2,29	0,47	0,51	0,97	11,76
	60	0,49	0,71	1,00	0,38	0,60	0,53	0,99	8,55
NaCl	40	0,38	0,80	1,00	2,05	0,50	0,56	1,00	4,28
	50	0,41	0,85	1,00	3,68	0,49	0,68	1,00	6,93
	60	0,53	0,87	0,99	6,67	0,64	0,61	0,99	6,93
Sacarose + NaCl	40	0,33	0,89	1,00	4,03	0,48	0,59	0,99	7,12
	50	0,31	0,99	0,99	6,49	0,46	0,64	0,98	12,26
	60	0,32	0,99	1,00	3,77	0,66	0,66	1,00	9,33
Xarope + NaCl	40	0,32	0,77	1,00	1,50	0,41	0,58	0,99	6,30
	50	0,34	0,84	1,00	3,29	0,47	0,56	0,99	5,27
	60	0,45	0,86	0,99	6,03	0,72	0,42	0,98	7,52

RIBEIRO (2000) realizou um planejamento experimental seguido de um tratamento matemático, na secagem de filés de matrinhã (*Brycon cephalus*), na forma de placa plana, previamente salgados e defumados a líquido com extrato vegetal de noqueira. O trabalho investigou o processo de secagem, baseando-se no modelo de difusão de Fick, considerando a difusividade efetiva constante e velocidade do ar 1,5 m/s. Verificou-se que os modelos exponenciais, como Page, apresentaram melhores ajustes em relação ao modelo difusional de secagem.

## 4.8. CARACTERIZAÇÃO DOS PRODUTOS FINAIS

### 4.8.1. Análises físico-químicas

As amostras secas sem pré-tratamento e com pré-tratamento até a umidade de equilíbrio foram avaliadas através da determinação de cloretos, açúcares totais, TBA e atividade de água. Os resultados das análises estão apresentados na Tabela 4.34:

**Tabela 4.34** – Resultados das análises físico-químicas dos produtos finais

<i>Amostras</i>	<i>Temperatura (°C)</i>	<i>X<sub>bs</sub> (%)</i>	<i>Cloretos (g sal /100g peixe seco)</i>	<i>Açúcares totais (g açúcar / 100g peixe seco)</i>	<i>TBA (mg Mal./ 1000g de amostra)</i>	<i>a<sub>w</sub></i>
<i>in natura (Padrão)</i>	-	1,78	-	-	0,04	0,90
<i>Sem pré-tratamento</i>	40	0,44	-	-	2,10	0,90
	50	0,44	-	-	2,25	0,88
	60	0,39	-	-	2,33	0,88
<i>NaCl</i>	40	0,32	20,40	-	1,65	0,78
	50	0,20	24,23	-	2,04	0,76
	60	0,18	30,84	-	1,87	0,75
<i>NaCl + Sacarose</i>	40	0,39	13,64	15,20	1,31	0,83
	50	0,29	18,10	19,13	1,50	0,82
	60	0,29	14,00	16,27	1,50	0,82
<i>NaCl + xarope</i>	40	0,59	18,24	5,60	1,21	0,82
	50	0,35	17,45	9,14	1,31	0,81
	60	0,28	17,62	7,14	1,29	0,81

Observa-se na Tabela 4.34, que as amostras desidratadas com solução de NaCl apresentaram umidade e atividade de água menor que as amostras sem pré-tratamento e desidratadas com solução ternária. Este resultado já era esperado, devido o alto poder osmótico do NaCl que promove a diminuição atividade de água. Em contrapartida, estas amostras apresentaram uma maior oxidação em relação às amostras desidratadas com solução ternária. Este fato pode estar relacionado com a atividade pró-oxidante do NaCl, já que a quantidade do mesmo foi bem maior nas amostras desidratadas com solução binária.

De acordo com WOYEWODA & KE (1979), o número de TBA encontrado para a amostra *in natura* foi considerado excelente. Estes autores, analisando os números de TBA (mg Mal./1000g de amostra) em filés de cavala sem pele e estocado sob congelamento,

consideraram uma condição excelente quando os valores eram menores ou iguais a 0,432, aceitável quando os teores variavam de 0,504 a 1,296 e rejeitável quando os teores eram maiores ou iguais a 1,368.

Foi observado também, que as amostras sem tratamento sofreram uma oxidação bem maior comparada com as amostras que sofreram tratamento, significando que o tempo de secagem interferiu mais na resposta que a concentração de NaCl. A atividade de água praticamente não foi reduzida nas amostras sem pré-tratamento, comprovando portanto, o efeito positivo da utilização da desidratação osmótica como pré-tratamento na redução da atividade de água.

As amostras desidratadas com solução de NaCl + sacarose apresentaram valores de açúcares totais maiores do que os encontrados pelas amostras de NaCl + xarope. Apesar das amostras não possuírem os mesmos níveis de parâmetros de desidratação, pode-se afirmar que as amostras desidratadas com solução de NaCl + sacarose, apresentaram estes valores devido à competitividade que a sacarose, um dissacarídeo, tem com o NaCl. Verifica-se também, comparando as amostras desidratadas em solução ternária, que as amostras secas a 50°C apresentaram uma quantidade maior de cloretos e açúcares totais em relação às mesmas a 60°C. Este fato pode ser explicado pelo tempo maior que as amostras passaram no secador para atingir o equilíbrio, o que pode ser também o motivo destas mesmas amostras a 50°C apresentarem uma maior oxidação e uma menor atividade de água em relação às amostras a 60°C.

BELTRÁN e MORAL (1991) examinaram a rancificação de sardinhas durante o processo de defumação e verificaram um pequeno aumento do índice de peróxido (de 0,77 para 2,73 meq/ kg gordura) e número de TBA (de 0,025 para 0,093 mg de mal./ Kg do músculo). Este aumento do índice de peróxido foi devido a autooxidação de alguns ácidos graxos presentes na fração lipídica da sardinha (C18:4, C20:4, C20:5, C:22:5 e C22:6), enquanto que a variação do número de TBA representou a detecção de produtos resultantes da oxidação (principalmente malonaldeído), que também são indicativos de oxidação.

#### 4.8.2 Análise de cor

As amostras secas em diferentes temperaturas, sem pré-tratamento e previamente desidratadas em solução binária contendo NaCl e soluções ternárias contendo NaCl + sacarose e NaCl + xarope de milho foram avaliadas com relação à cor para verificar se houve uma possível mudança na cor original do pescado. Os resultados dos parâmetros de cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) estão na Tabela 4.35, juntamente com os resultados do teste de Tukey.

**Tabela 4.35** - Parâmetros de cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) e valores de croma e diferença total de cor ( $c^*$  e  $\Delta E^*$ ) das amostras secas em diferentes temperaturas, sem tratamento e previamente desidratadas em soluções: binária e ternárias.

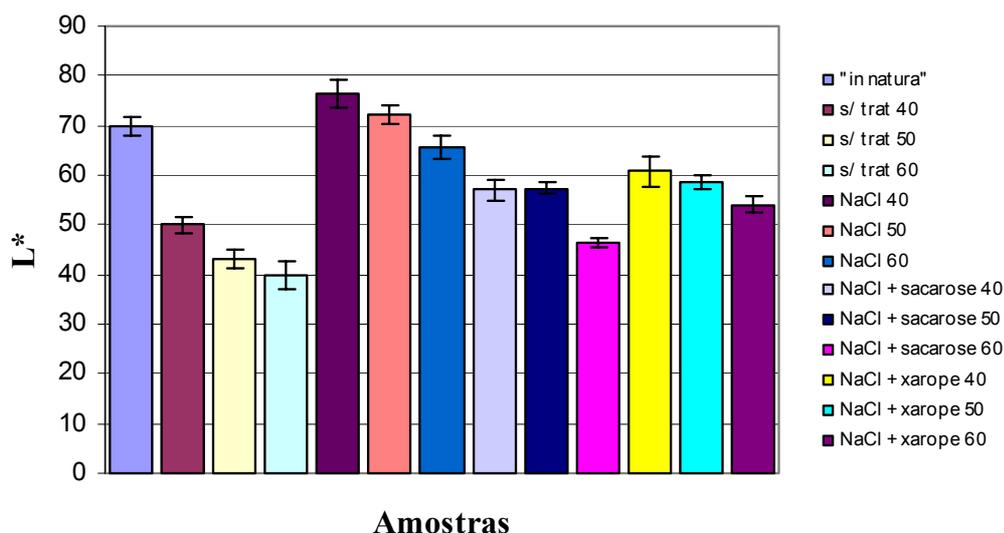
<i>Amostra</i>	<i>Temperatura</i> (°C)	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$c^*$	$\Delta E^*$
<i>“in Natura” (Padrão)</i>		<b>e, g</b> 69,82 ± 1,96	<b>c</b> 0,98 ± 0,50	<b>b, f, h, j</b> 17,59 ± 1,12	<b>c</b> 17,62 ± 1,15	-
<i>Sem pré- tratamento</i>	40	<b>a, k</b> 49,93 ± 1,82	<b>a</b> 3,86 ± 0,65	<b>b, c</b> 20,61 ± 0,79	<b>c, b</b> 20,97 ± 0,90	20,32 ± 2,16
	50	<b>b, c</b> 43,18 ± 1,97	<b>b</b> 7,73 ± 0,08	<b>c, d</b> 23,46 ± 2,91	<b>b, d</b> 24,70 ± 2,89	28,10 ± 0,27
	60	<b>c</b> 39,68 ± 2,81	<b>b</b> 8,28 ± 1,16	<b>c, e, f</b> 21,70 ± 2,87	<b>c, b, d</b> 23,23 ± 3,10	31,28 ± 2,75
<i>NaCl</i>	40	<b>d</b> 76,48 ± 2,76	<b>a, c</b> 1,50 ± 0,48	<b>c, h, e</b> 22,91 ± 2,50	<b>c, b, d</b> 22,96 ± 2,53	8,54 ± 3,74
	50	<b>d, e</b> 72,13 ± 2,01	<b>a, c</b> 2,56 ± 0,39	<b>a, d</b> 28,25 ± 1,59	<b>a, d</b> 28,37 ± 1,62	11,02 ± 1,99
	60	<b>f, g</b> 65,51 ± 2,33	<b>a, c</b> 2,42 ± 0,76	<b>c, j, e</b> 21,46 ± 1,43	<b>c, b, f</b> 21,60 ± 1,51	5,97 ± 0,62
<i>NaCl + Sacarose</i>	40	<b>h, j</b> 57,14 ± 2,15	<b>a, c</b> 2,54 ± 0,23	<b>c, d</b> 23,47 ± 0,89	<b>b, d, e</b> 23,61 ± 0,91	14,06 ± 0,58
	50	<b>h, j</b> 57,42 ± 1,09	<b>a, c</b> 3,70 ± 0,96	<b>c, d</b> 25,07 ± 2,35	<b>b, d</b> 25,34 ± 2,47	14,73 ± 0,59
	60	<b>k, b</b> 46,58 ± 0,93	<b>b</b> 7,49 ± 1,48	<b>a, d</b> 27,24 ± 0,65	<b>a, d</b> 28,25 ± 1,02	25,99 ± 2,03
<i>Amostra com NaCl + xarope de milho</i>	40	<b>f, h</b> 60,85 ± 2,96	<b>a, c</b> 3,50 ± 0,45	<b>c, f</b> 21,71 ± 1,81	<b>c, b, e, f</b> 21,99 ± 1,86	10,19 ± 0,67
	50	<b>b, i</b> 58,66 ± 1,43	<b>a, c</b> 3 ± 1,77	<b>a, d, e</b> 26,76 ± 1,25	<b>a, d, f</b> 26,93 ± 1,44	14,58 ± 0,15
	60	<b>a, i, j</b> 54,10 ± 1,76	<b>b</b> 6,88 ± 1,50	<b>b, f</b> 16,73 ± 1,02	<b>c, e</b> 18,09 ± 1,51	16,81 ± 1,16

Obs: médias com letras em comum na mesma coluna não diferem entre si no nível de 5% de significância ( $p \leq 0,05$ )

A mioglobina (Mb) é o principal pigmento responsável pela coloração marrom-avermelhada da carne do peixe e de outros animais vertebrados e invertebrados. A hemoglobina (Hb) também presente no músculo escuro, porém em pequenas concentrações,

pouco contribui para a cor da carne, exceto nos casos em que haja rupturas dos vasos sanguíneos com acúmulo de sangue nos tecidos musculares (MAIA e OGAWA, 1999).

Os dados de  $L^*$  (luminosidade) das amostras de mapará seco, em diferentes temperaturas, sem tratamento e com pré-tratamento de desidratação osmótica em soluções binária e ternárias, podem ser visualizados na Figura 4.38

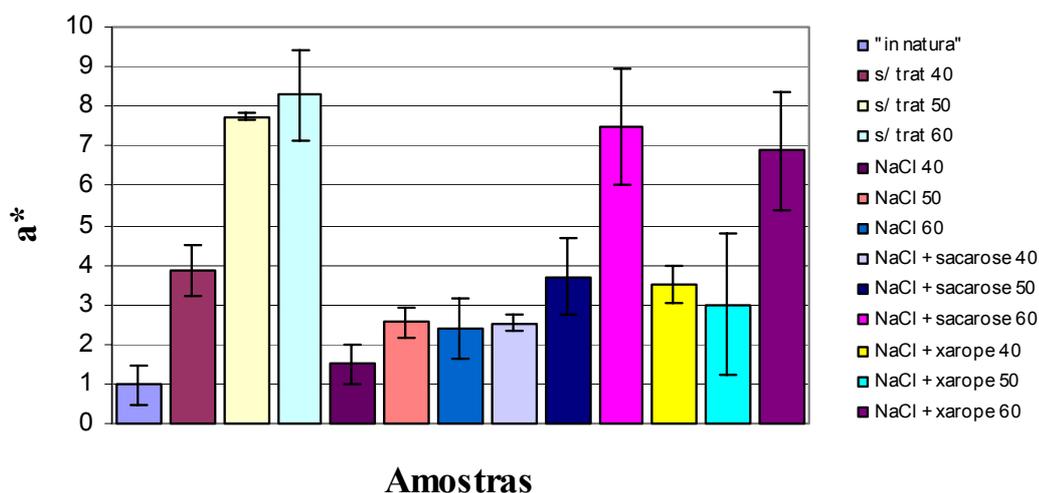


**Figura 4.38**– Valores de  $L^*$  (Luminosidade) das amostras de mapará seco em diferentes temperaturas sem pré-tratamento e com pré-tratamento de desidratação osmótica em soluções binária e ternárias.

Quanto maior a porcentagem de Mb + Hb na carne, mais escuro é o músculo do peixe. Verifica-se, através da Tabela 4.35 e Figura 4.38 que a amostra padrão possivelmente tem uma quantidade menor de Mb + Hb, pois apresenta cor branca com 69,82% de luminosidade. As amostras desidratadas em solução de NaCl, secas a 40 °C apresentaram mais luminosidade que a amostra padrão, possivelmente devido à desnaturação que a proteína sofreu na presença de NaCl ou devido aos compostos da oxidação de lipídios, que podem ter reagido com a proteína provocando sua desnaturação.

Todas as amostras desidratadas em soluções ternárias e sem pré-tratamento apresentaram perda de luminosidade significativa em relação à padrão. Como  $L^*$  varia de branco (máximo) a preto (mínimo) pode-se afirmar que estas amostras ficaram mais escuras, devido o aumento da temperatura de secagem. Apenas as amostras desidratadas em solução de NaCl e secas a 50 e 60°C não apresentaram diferença significativa.

Os dados de  $a^*$  (intensidade de vermelho) das amostras de mapará seco em diferentes temperaturas, sem tratamento e com pré-tratamento de desidratação osmótica, em soluções binária e ternárias, podem ser visualizados na Figura 4.39.



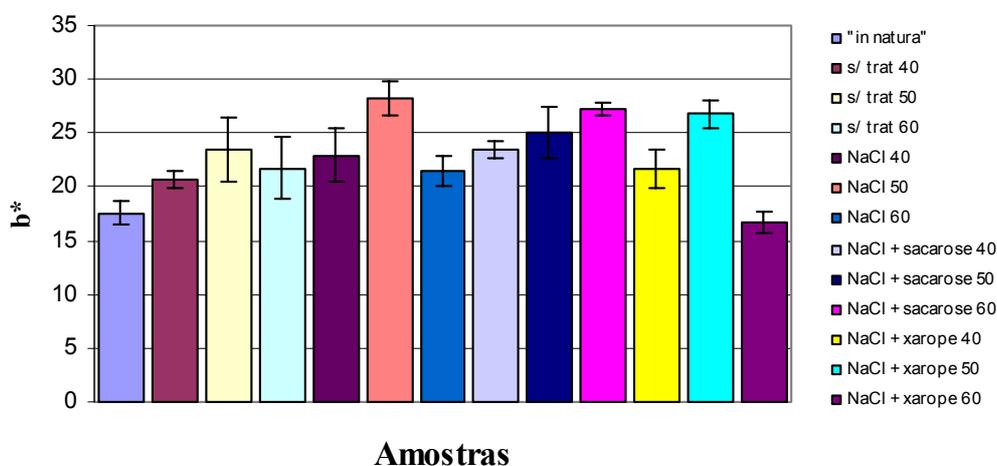
**Figura 4.39** — Valores de  $a^*$  (intensidade de vermelho) das amostras de mapará seco em diferentes temperaturas sem tratamento e com pré-tratamento de desidratação osmótica em soluções binária e ternárias.

Verifica-se, através da Tabela 4.35 e Figura 4.39, que as amostras sem pré-tratamento apresentaram grandes diferenças em relação à amostra padrão. Pode-se dizer que esta grande variação está relacionada com a oxidação que estas amostras sofreram, quando foram levadas ao processo de secagem sem pré-tratamento, em diferentes temperaturas. À medida que aumenta a temperatura de secagem, há o aumento da cor vermelha para as amostras sem pré-tratamento.

Os resultados das amostras com sacarose e xarope de milho, secas a 60°C, apresentam também um aumento da intensidade da cor vermelha, provavelmente devido à reação de Maillard, muito comum em processos que utilizam açúcares. Esta reação utiliza temperaturas inferiores a 100°C, sendo que duplica a cada aumento de 10°C, entre as temperaturas de 40 e 70°C.

Todas as amostras utilizando NaCl aumentaram o valor de  $a^*$ , assim como as amostras utilizando soluções ternárias nas temperaturas de 40 e 50°C, mas este aumento não teve significância em relação à amostra padrão.

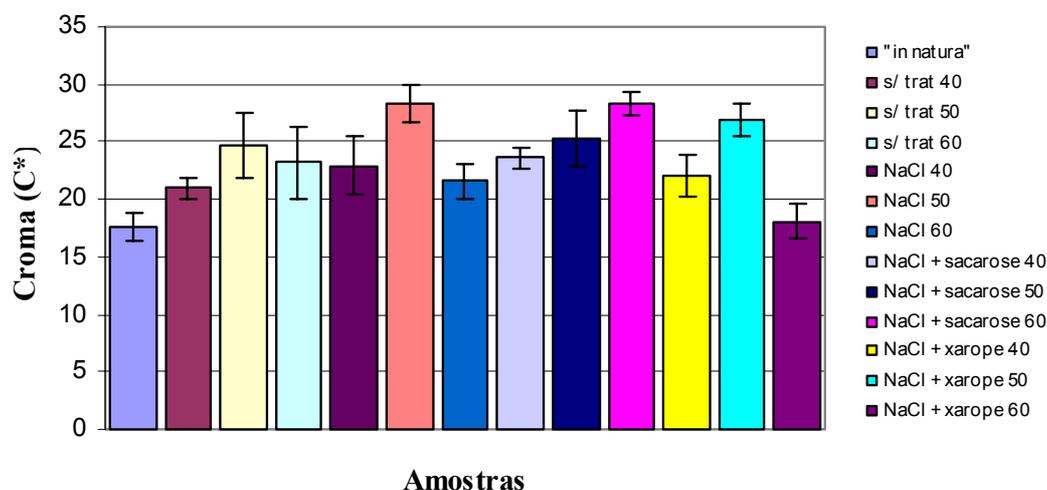
Os dados de  $b^*$  (intensidade de amarelo) das amostras de mapará seco em diferentes temperaturas, sem tratamento e com pré-tratamento de desidratação osmótica, em soluções binária e ternárias, podem ser visualizados na Figura 4.40.



**Figura 4.40** – Valores de  $b^*$  (intensidade de amarelo) das amostras de mapará seco em diferentes temperaturas sem pré-tratamento e com pré-tratamento de desidratação osmótica em soluções binária e ternárias.

Através da Tabela 4.35 e Figura 4.40, pode-se observar que, apesar de pequena, houve diferença significativa da amostra padrão em relação às amostras sem pré-tratamento e desidratadas em solução de NaCl e NaCl + xarope a 50°C, assim como todas as amostras desidratadas com solução de NaCl + sacarose. Pode-se observar também que todas as amostras significativas apresentaram uma maior intensidade de amarelo em relação ao padrão.

Os dados de  $c^*$  (cromaticidade) das amostras de mapará seco em diferentes temperaturas, sem tratamento e com pré-tratamento de desidratação osmótica, em soluções binária e ternárias, podem ser visualizados na Figura 4.42.



**Figura 4.41** – Valores de  $c^*$  (croma) das amostras de mapará seco em diferentes temperaturas sem pré-tratamento e com pré-tratamento de desidratação osmótica em soluções binária e ternárias.

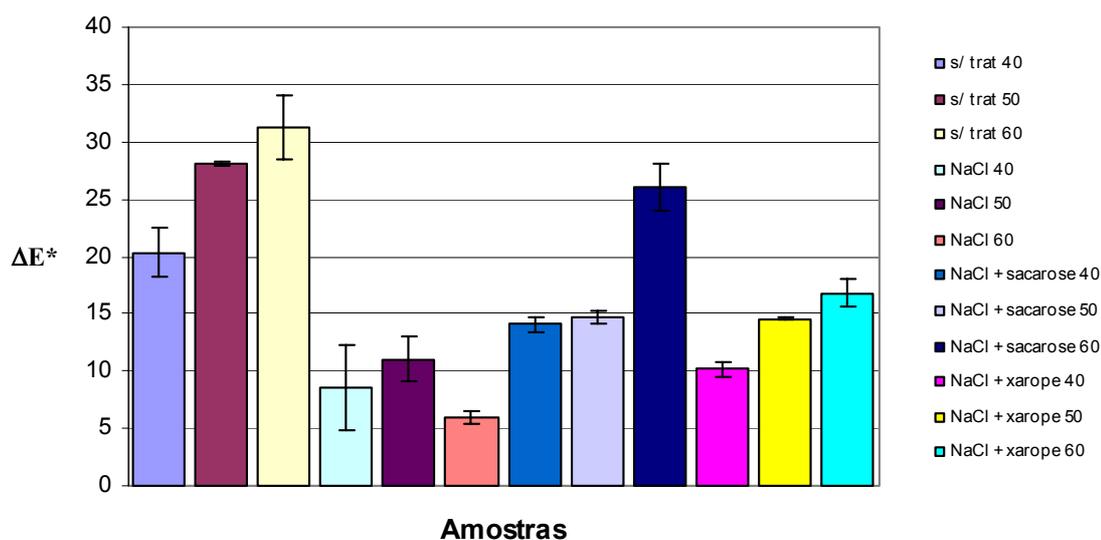
O maior valor de croma significa representa a mais pura e intensa cor (POMERANZ e MELOAN, 1971; RODRIGUES *et al.*, 2003). Segundo FERREIRA (1991) croma é a “força da cor”, que pode ser utilizada na distinção de uma cor fraca e uma cor forte, ou seja, a intensidade de um tom distinto ou a intensidade da cor.

Foi observado que os valores de  $c^*$  das amostras sem pré-tratamento e desidratadas em solução de NaCl e NaCl + xarope a 50°C, assim como todas as amostras desidratadas com solução de NaCl + sacarose apresentaram diferença significativa em relação à amostra *in natura*. Ou seja, as mesmas amostras já relatadas para a intensidade de cor amarela ( $b^*$ ). Como o croma é dependente de  $a^*$  e  $b^*$  na mesma intensidade, verificou-se que estes resultados sofrem maior influência da cor amarela que da cor vermelha, o que já era esperado, visto que o peixe mapará apresenta carne “branca”.

RODRIGUES *et al.* (2003) desidratando mamão em diferentes tempos verificaram que o aumento do valor do croma tendeu à estabilização depois de 3 horas, e verificou que este parâmetro foi o único que teve um aumento significativo ao longo do processo. O aumento da cor amarela ( $b^*$ ) e da cor vermelha ( $a^*$ ), apesar de visível, não foi significativo.

NEVES (1998) comparando os valores do croma da carne desidratada a 10 e 20°C e verificou que somente a intensidade de cor diminui nas amostras desidratadas em solução de NaCl a 20°C, mas nas amostras onde foi realizada salga seca não houve diferença do croma.

O resultado da diferença total de cor ( $\Delta E^*$ ) pode ser visualizado na Figura 4.42.



**Figura 4.42** - Diferença total de cor ( $\Delta E^*$ ) das amostras de mapará seco em diferentes temperaturas sem pré-tratamento e com pré-tratamento de desidratação osmótica em soluções binárias e ternárias.

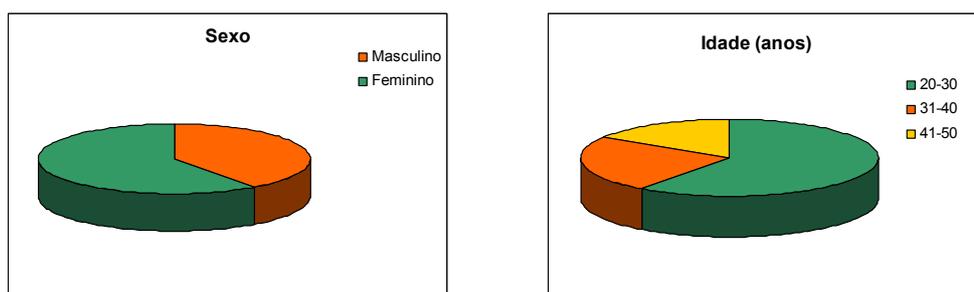
A Figura 4.42 mostra que houve uma maior diferença nas amostras sem pré-tratamento, seguida das amostras desidratadas em solução de NaCl + sacarose. Os dados de oxidação e a quantidade de açúcar da Tabela 4.34 podem ter contribuído para esta diferença. As amostras que menos sofreram diferença em relação ao padrão foram amostras desidratadas com solução de NaCl, significando que os resultados de oxidação não chegaram a interferir na cor dos produtos.

CARNEIRO (1999) realizou um estudo do efeito do tipo congelamento na cor de filés de sardinha. Os congelamentos foram em câmaras frigoríficas, previamente desidratadas em salmoura por 10 minutos e em salmoura por 2 horas. As amostras foram analisadas depois de dois meses e verificou-se não haver diferença entre as amostras.

GUIMARÃES (1999) estudou os índices de cor em relação ao frescor de lulas armazenadas em gelo. O autor verificou que o armazenamento de lulas em gelo provocou uma diminuição da luminosidade e o aumento da cromaticidade da pele nos tipos de tratamentos estudados. O aumento dos valores de  $a^*$ , ou seja, da cor vermelha na pele foi favorecido pelo contato direto com o gelo.

#### 4.9 ANÁLISE SENSORIAL

O perfil dos consumidores que participaram do Teste de Aceitabilidade de Bolinho de peixe mapará salgado e seco é mostrado na Figura 4.42. Verifica-se que a maioria dos provadores que participaram do Teste era do sexo feminino, com faixa etária entre 20 e 30 anos.



**Figura 4.43** - Perfil dos provadores utilizados no teste de aceitabilidade de bolinho de peixe mapará sem tratamento *in natura*, pré-tratados em solução de NaCl + sacarose e em solução de NaCl + xarope de milho.

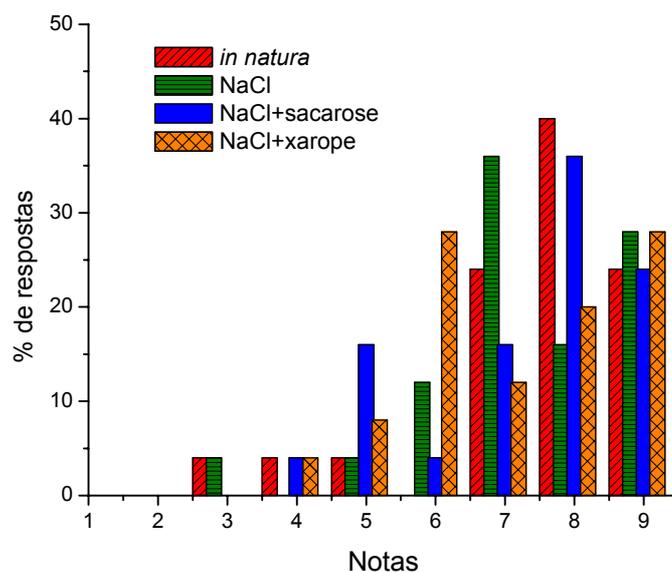
A Tabela 4.36 mostra o quadro da Análise de Variância para a aparência das amostras de bolinho de peixe mapará sem tratamento (*in natura*) e pré-tratados em solução binária de NaCl e soluções ternárias de NaCl + sacarose e NaCl + xarope de milho.

**Tabela 4.36**– Quadro de análise de variância (ANOVA) de acordo com a resposta aparência

	<i>Grau de liberdade</i>	<i>Soma quadrática</i>	<i>Média quadrática</i>	<i>F calculado</i>	<i>F tabelado (5%)</i>
<i>Amostra</i>	3	2,82	0,94	1,07	2,75
<i>Provador</i>	24	147,77	6,16	7,01	4,11
<i>Resíduo</i>	72	63,28	0,88		
<b>Total</b>	99	213,87			

A análise de variância (ANOVA) dos dados de aparência, para as quatro formulações, não revelou diferença significativa de aceitação das amostras ( $p < 0,05$ ), pois o F calculado foi menor que o F tabelado.

A distribuição das notas de aceitação de cada uma das amostras para o atributo aparência está apresentada na Figura 4.44.



**Figura 4.44** – Histograma de frequência dos valores atribuídos à aparência das amostras de bolinho de peixe mapará sem tratamento (*in natura*) e pré-tratados em solução binária de NaCl e soluções ternárias de NaCl + sacarose e NaCl+xarope de milho.

Segundo TEIXEIRA *et al.* (1987), para que o produto seja considerado aceito, em termos de suas propriedades sensoriais, é necessário que se obtenha um índice de aceitabilidade de no mínimo 70 %.

Observa-se através da Figura 4.44 que a maioria das notas recebidas pelas amostras sem tratamento e pré-processadas osmoticamente com soluções binárias e ternárias, situa-se na região indicativa de aprovação dos produtos, ou seja, valores iguais ou acima de 5, sendo que a amostra pré-processada osmoticamente em solução de NaCl + xarope de milho foi a que apresentou o menor índice de aceitação entre as quatro amostras avaliadas (79,16% de aceitabilidade) e a que apresentou maior índice foi a amostra sem tratamento (84,18% de aceitabilidade).

A Tabela 4.37 mostra o quadro da Análise de Variância para o aroma das amostras de bolinho de peixe mapará sem tratamento (*in natura*) e pré-tratados em solução binária de NaCl e soluções ternárias de NaCl + sacarose e NaCl+xarope de milho.

Tabela 4.37 – Quadro de análise de variância (ANOVA) de acordo com a resposta aroma

	<i>Grau de liberdade</i>	<i>Soma quadrática</i>	<i>Média quadrática</i>	<i>F calculado</i>	<i>F tabelado (5%)</i>
Amostra	3	7,76	2,59	3,74	2,75
Provador	24	106,35	4,43	6,41	4,11
Resíduo	72	49,74	0,69		
<b>Total</b>	99	163,85			

Como o F calculado foi maior que o F tabelado, a análise de variância (ANOVA) dos dados de aroma para as quatro amostras, revelou diferença significativa na aceitação das amostras ( $p < 0,05$ ). Os resultados agregados do Teste de média para aroma estão apresentados na Tabela 4.41.

A distribuição das notas de aceitação de cada uma das amostras para o atributo aroma está apresentada na Figura 4.44.

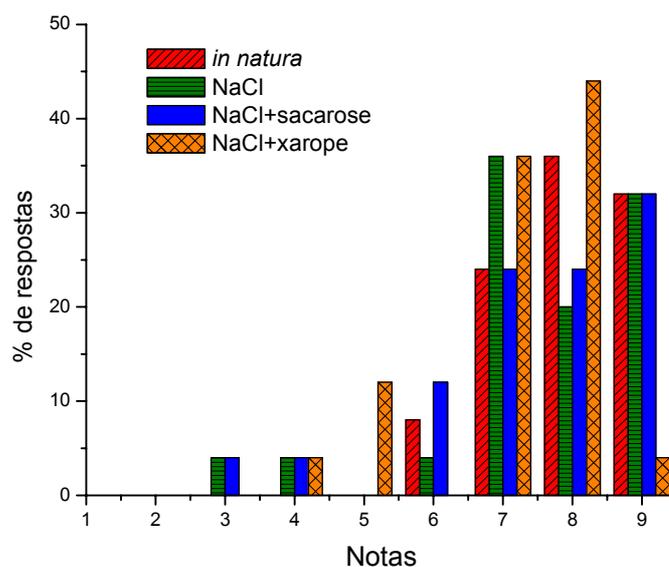


Figura 4.45 – Histograma de frequência dos valores atribuídos ao aroma das amostras de bolinho de peixe mapará sem tratamento (*in natura*) e pré-tratados em solução binária de NaCl e solução ternária de NaCl + sacarose e NaCl + xarope de milho.

Observa-se, através da Figura 4.45 que a maioria das notas recebidas pelas amostras sem tratamentos e pré-processadas osmoticamente com soluções binárias e ternárias situa-se na região indicativa de aprovação dos produtos, sendo que a amostra sem tratamento

(87,87%) foi a que apresentou o maior índice de aceitabilidade, seguida da amostra pré-tratadas com solução de NaCl (82,36%).

O sentido do olfato é muito mais complexo e sujeito a muitas variáveis, tais como fadiga e adaptação, principalmente para provadores com pouca experiência (MORAES, 1990).

O aroma é um dos mais importantes atributos da carne cozida. Este resulta de uma série de reações envolvendo diferentes precursores durante o processo de cozimento. A percepção do aroma de um alimento resulta da presença de substâncias químicas voláteis, que possuem habilidade de estimular os receptores olfativos da cavidade nasal. Estes voláteis atingem a cavidade nasal através do nariz ou via garganta durante o processo de mastigação dos alimentos. Paralelamente, respostas ao gosto ocorrem em células especializadas, localizadas na língua, devido à presença dos constituintes não voláteis nos alimentos (MADRUGA, 1997).

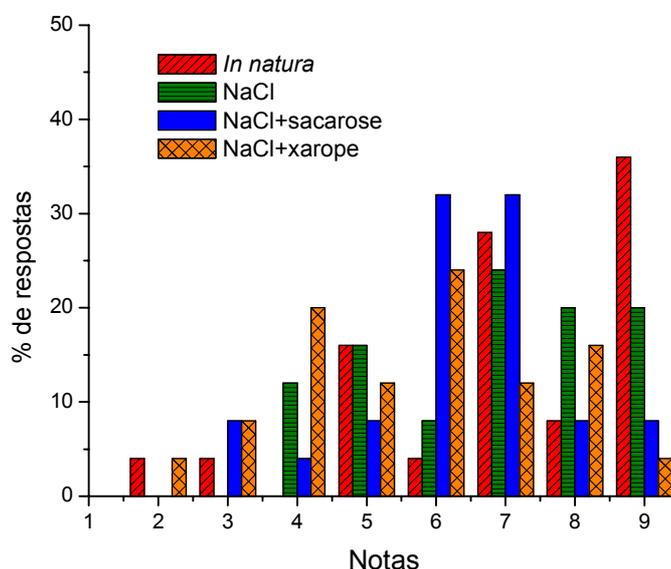
A Tabela 4.38 mostra o quadro da Análise de Variância para o sabor das amostras de bolinho de peixe mapará sem tratamento (*in natura*) e pré-tratados em solução binária de NaCl e soluções ternárias de NaCl + sacarose e NaCl + xarope de milho.

**Tabela 4.38**– Quadro de análise de variância (ANOVA) de acordo com a resposta sabor

	<i>Grau de liberdade</i>	<i>Soma quadrática</i>	<i>Média quadrática</i>	<i>F calculado</i>	<i>F tabelado (5%)</i>
<i>Amostra</i>	3	27,90	9,30	5,91	2,75
<i>Provador</i>	24	185,27	7,72	4,91	4,11
<i>Resíduo</i>	72	113,28	1,57		
<b>Total</b>	99	326,45			

Como o F calculado foi maior que o F tabelado, a análise de variância (ANOVA) dos dados de sabor para as quatro amostras, revelou diferença significativa na aceitação das amostras ( $p < 0,05$ ). Os resultados agregados do Teste de média para sabor estão apresentados na Tabela 4.41.

A distribuição das notas de aceitação de cada uma das amostras para o atributo sabor está apresentada na Figura 4.45.



**Figura 4.46** – Histograma de frequência dos valores atribuídos ao sabor das amostras de bolinho de peixe mapará sem tratamento (*in natura*) e pré-tratados em solução binária de NaCl e solução ternária de NaCl + sacarose e NaCl + xarope de milho.

Observa-se, através da Figura 4.46 que a maioria das notas recebidas pelas amostras sem tratamento (76,93% de aceitabilidade) e pré-processadas osmoticamente com soluções de NaCl (74,98% de aceitabilidade) e NaCl +sacarose (70,71% de aceitabilidade) situa-se na região indicativa de aprovação dos produtos, exceto a amostra com solução de NaCl + xarope de milho que apresentou 61,69% de aceitabilidade, valor considerado baixo para indicar que o produto foi aceito pelos provadores.

Cerca de 36% dos provadores destacaram um “sabor de terra” ou de “peixe velho” na amostra com solução de NaCl + xarope de milho, o que pode explicar a sua baixa aceitabilidade. Estes tipos de sabores são mais evidentes em peixe de água doce, como o mapará.

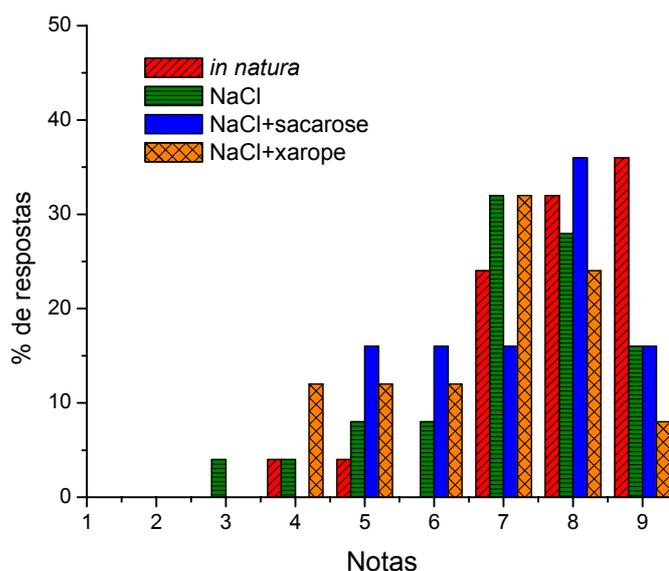
A Tabela 4.39 mostra o quadro da Análise de Variância para a textura das amostras de bolinho de peixe mapará sem tratamento (*in natura*) e pré-tratados em solução binária de NaCl e soluções ternárias de NaCl + sacarose e NaCl + xarope de milho.

**Tabela 4.39**– Quadro de análise de variância (ANOVA) de acordo com a resposta textura

	<i>Grau de liberdade</i>	<i>Soma quadrática</i>	<i>Média quadrática</i>	<i>F calculado</i>	<i>F tabelado (5%)</i>
<i>Amostra</i>	3	6,91	2,30	2,66	2,75
<i>Provador</i>	24	129,96	5,42	6,26	4,11
<i>Resíduo</i>	72	62,29	0,87		
<b>Total</b>	99	199,17			

Como o F calculado foi menor que o F tabelado para análise de variância (ANOVA) dos dados de textura para as quatro amostras, pode-se afirmar que não existe diferença significativa na aceitação das amostras ( $p < 0,05$ ). Os resultados agregados do Teste de média para textura estão apresentados na Tabela 4.41.

A distribuição das notas de aceitação de cada uma das amostras para o atributo textura sensorial está apresentada na Figura 4.46.



**Figura 4.47** – Histograma de frequência dos valores atribuídos à textura sensorial das amostras de bolinho de peixe mapará sem tratamento (*in natura*) ou pré-tratados em solução binária de NaCl e solução ternária de NaCl + sacarose e NaCl + xarope de milho.

Verifica-se, através da Figura 4.47, que as amostras foram bem aceitas em relação à textura. As maiores porcentagens estão nas notas 7 e 8, o que comprova uma boa aceitabilidade das amostras.

Vale a pena ressaltar que textura, juntamente com o aroma, foram os atributos que os provadores mais gostaram nas amostras.

Segundo SAINCLIVIER (1993) a textura do músculo do pescado não é tão importante para o consumidor quanto é a textura da carne bovina, principalmente em razão do teor de proteínas do tecido conjuntivo e de uma estrutura morfológica diferente. A textura do músculo do pescado depende da espécie, idade, tamanho e do estado nutricional.

BORDERIAS *et al.* (1983) analisaram a textura de filés de peixe pelos métodos sensorial e instrumental. Para isso foram treinados seis provadores nos conceitos básicos de análises descritivas e terminologia. Foram testadas as seguintes características: molhabilidade (liberação de água na compressão), firmeza (força requerida para comprimir o material entre os molares ou entre a língua e o palato), elasticidade (habilidade do material em retornar a sua forma original após deformação), coesividade (extensão para o qual o material pode ser deformado antes de se romper), dureza (resistência à mastigação) e suculência (sensação de aumento de fluidos livres na boca durante a mastigação). De acordo com os autores não foi encontrada correlação significativa entre os dados de textura pelos métodos sensorial e instrumental.

A Tabela 4.40 mostra o quadro da Análise de Variância para a impressão global das amostras de bolinho de peixe mapará sem tratamento (*in natura*) e pré-tratados em solução binária de NaCl e soluções ternárias de NaCl + sacarose e NaCl + xarope de milho.

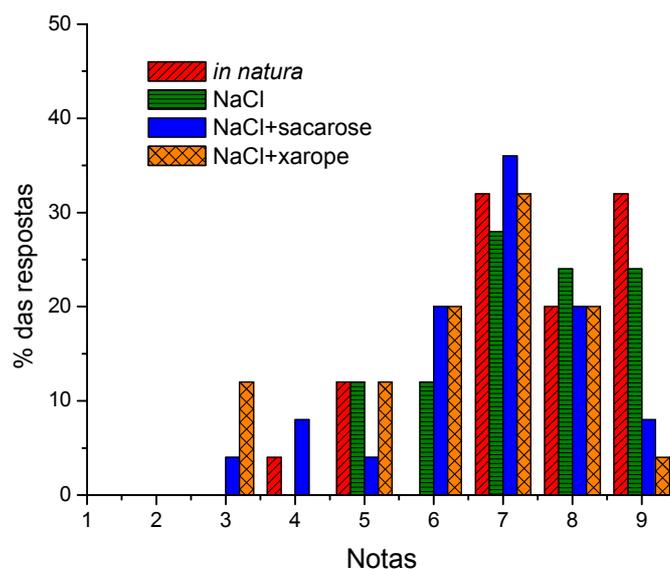
**Tabela 4.40** – Quadro de análise de variância (ANOVA) de acordo com a resposta impressão global

	<i>Grau de liberdade</i>	<i>Soma quadrática</i>	<i>Média quadrática</i>	<i>F calculado</i>	<i>F tabelado (5%)</i>
<i>Amostra</i>	3	24,0936	8,03	8,04	2,75
<i>Provador</i>	24	127,5376	5,31	4,26	4,11
<i>Resíduo</i>	72	71,91	1,0		
<b><i>Total</i></b>	99	223,54			

Como o F calculado foi maior que o F tabelado para análise de variância (ANOVA) dos dados de impressão global para as quatro amostras, pode-se afirmar que existe

diferença significativa na aceitação das amostras ( $p < 0,05$ ). Os resultados agregados do Teste de média para impressão global estão apresentados na Tabela 4.41.

A distribuição das notas de aceitação de cada uma das amostras para o atributo impressão global está apresentada na Figura 4.48.



**Figura 4.48** – Histograma de frequência dos valores atribuídos à impressão global das amostras de bolinho de peixe mapará sem tratamento (*in natura*) ou pré-tratados em solução binária de NaCl e solução ternária de NaCl + sacarose e NaCl + xarope de milho.

Observa-se, através da Figura 4.48 que a maioria das notas recebidas pelas amostras sem tratamentos e pré-processadas osmoticamente com soluções binárias e ternárias situa-se na região indicativa de aprovação dos produtos.

BESERRA *et al.* (2003) desenvolveram um produto embutido cozido, tipo apresuntado, contendo diferentes percentuais de carnes suína e caprina de animais de descarte (animais velhos) como forma de agregar valor a essa matéria prima de pouca aceitação no mercado na forma "in natura". As formulações A (100% carne suína), B (75% carne suína e 25% carne caprina), C (50% carne suína e 50% carne caprina), D (25% carne suína e 75% carne caprina) e E (100% carne caprina) foram submetidas a testes de aceitação global. Os resultados obtidos revelaram existir diferenças significativas ( $p < 0,05$ )

entre formulações, constituindo-se a formulação com 75% carne suína e 25% carne caprina a de melhor aceitação global dentre aquelas contendo carne caprina.

Na Tabela 4.41 estão apresentados as aceitabilidades médias dos atributos aparência, aroma, sabor, textura e impressão global de cada uma das amostras avaliadas juntamente com os resultados da análise de variância e do teste de Tukey.

**Tabela 4.41** – Aceitação média dos atributos aparência, aroma, sabor, textura e impressão global de “Bolinho de Peixe Mapará” seca com e sem pré-tratamento osmótico.

<b>Atributo</b>	<b><i>In Natura</i></b>	<b>NaCl</b>	<b>Sacarose</b>	<b>Glicose</b>
<i>Aparência</i>	7,58 <sup>a</sup>	7,30 <sup>a</sup>	7,22 <sup>a</sup>	7,12 <sup>a</sup>
<i>Aroma</i>	7,91 <sup>a</sup>	7,41 <sup>a,b</sup>	7,34 <sup>a,b</sup>	7,15 <sup>b</sup>
<i>Sabor</i>	6,92 <sup>a</sup>	6,75 <sup>a</sup>	6,36 <sup>a,b</sup>	5,55 <sup>b</sup>
<i>Textura</i>	7,4 <sup>a</sup>	6,98 <sup>a</sup>	7,14 <sup>a</sup>	6,68 <sup>a</sup>
<i>Impressão global</i>	7,48 <sup>a</sup>	7,33 <sup>a,c</sup>	6,65 <sup>b,c</sup>	6,28 <sup>b</sup>

Obs: Médias com letras em comum na mesma linha não diferem significativamente entre si com nível de significância de 5%.

Comparando-se a amostra *in natura* e a pré-tratada osmoticamente com NaCl + xarope de milho quanto ao aroma verifica-se que existe diferença significativa entre si. Porém, as outras amostras não diferem entre si.

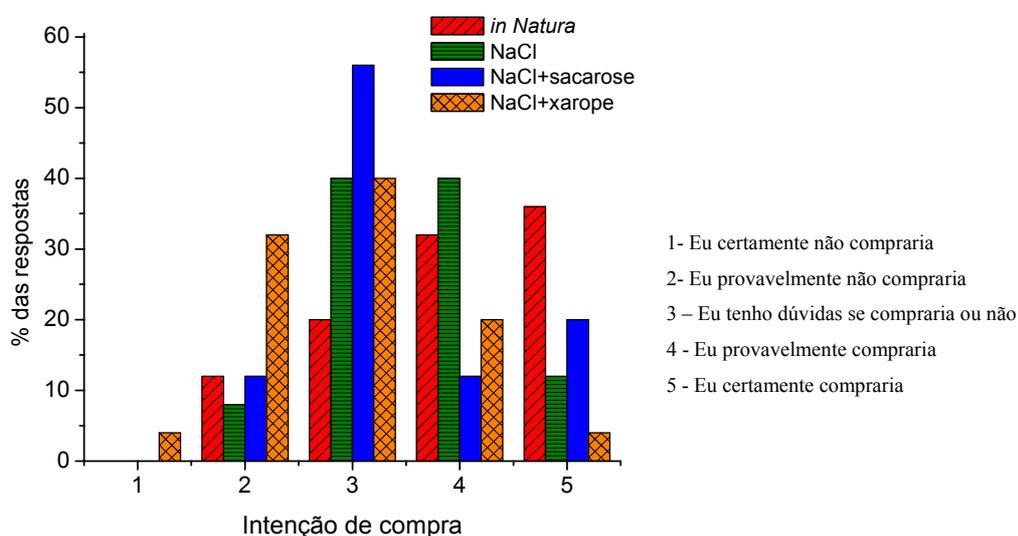
A amostra pré-tratada osmoticamente em glicose de milho foi a que apresentou as menores médias entre as amostras estudadas para todos os atributos. A amostra *in natura*, segundo os provadores, obteve valores médios de aceitação maiores que os verificados para as amostras pré-tratadas osmoticamente. As aceitações médias para todas as amostras encontram-se na faixa de aceitação.

De acordo com a Tabela 4.41 as amostras secas, *in natura* e pré-tratada osmoticamente, não diferem entre si com relação à aparência e à textura no nível de significância de 5%.

Os comentários feitos pelos provadores foram muito variados. De um modo geral, para a amostra *in natura* o sabor foi o atributo que mais agradou os provadores. Para a

amostra pré-tratada com NaCl e NaCl + sacarose os atributos aparência e textura foram os que mais agradaram os provadores enquanto que o aroma foi o atributo que menos agradou nestas amostras. Em relação às amostras pré-tratadas com NaCl + xarope de milho o sabor, de acordo com os comentários, foi sem dúvida, o atributo sensorial que menos agradou os provadores.

O histograma de intenção de compra de cada uma das amostras secas está apresentado na Figura 4.49.



**Figura 4.49** – Histograma de intenção de compra

Verifica-se, através da Figura 4.49, que as amostras pré-tratadas em solução de NaCl + xarope de milho não obtiveram uma atitude de compra favorável, apresentando quase a metade das respostas na região de não aquisição do produto. As amostras *in natura* foram as que apresentaram maior intenção de compra e as amostras pré-tratadas em solução de NaCl apresentam bons índices de intenção de compra entre os provadores, indicando que as mesmas apresentam um provável potencial de comercialização. Já as amostras pré-tratadas em solução de NaCl + sacarose apresentaram um maior índice na região de dúvida da compra do produto.

## 5. CONCLUSÕES

As condições ótimas escolhidas no processo de desidratação osmótica para ser utilizada no pré-tratamento de secagem não ultrapassaram a temperatura de 46°C e tempo de desidratação de 8 horas, pois foi observado que o aumento destas variáveis interferiu bastante nas características do pescado, como cor e textura.

O resultado da regressão não linear do Modelo de Fick, considerando 5 termos da série, não foi muito bom, devido aos erros relativos médios estarem altos em decorrência da existência de duas fases decrescente na cinética de secagem não considerada. Quando se avaliou com 1 termo apenas a primeira fase, os dados experimentais se ajustaram melhores. O Modelo de Page apresentou melhores ajustes em relação Modelo difusional. As difusividades efetivas ficaram na ordem de  $10^{-10}$  m<sup>2</sup>/s.

Analisando o produto final, as amostras desidratadas com solução de NaCl apresentaram uma atividade de água menor que as amostras sem pré-tratamento e desidratadas com solução ternária. Em contrapartida, estas amostras apresentaram uma maior oxidação em relação às amostras desidratadas com solução ternária. As amostras desidratadas com solução de NaCl + sacarose apresentaram valores de açúcares totais maiores do que os encontrados pelas amostras de NaCl + xarope.

Dentre as amostras analisadas para determinação de cor, verificou-se que as amostras sem pré-tratamento, foram as que apresentaram maior diferença total de cor. Provavelmente devido ao alto nível de oxidação que as mesmas sofreram em função do tempo maior de secagem. Com relação ao croma ( $c^*$ ) observou-se que a intensidade foi mais dependente de  $b^*$  que de  $a^*$ , como já era esperado.

As amostras avaliadas sensorialmente tiveram uma boa aceitabilidade em relação à aparência, aroma, sabor, textura e impressão global e também com perspectiva de intenção de compra por parte dos provadores, com exceção da amostra desidratada com NaCl + xarope de milho.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKMAN, R.G. Nutritional Composition of fats in seafoods. **Progress in Food and Nutrition Science**, n. 13, p. 161-241, 1989.

AL-KAHTANI, H. A.; ABU- TARBOUSH, H. M.; BAJABER. A. S. et al. Chemical changes after irradiation and post-irradiation storage in tilapia and Spanish mackerel. **Journal of Food Science**. v.61. n. 4, 729-733, 1996.

ALMEIDA, C. **Determinação da firmeza e cor do tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) visando o estabelecimento de correlações entre medidas sensoriais e físicas ao longo do tempo de maturação**. Campinas, 1995. 102p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas.

ALLEN, J. C.; HAMILTON, R. J. **Rancidity in Foods**. London: Applied Science Publishers, 1983. p. 109-130.

ALVES, D.G. **Utilização do processo combinado de desidratação osmótica e secagem para obtenção de acerola (*Malpighia puniceifolia L.*) em passa**. Campinas, 2003. 157p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas.

ANDRADE, G.P.; ZELANTE, F. Ocorrência simultânea de *Staphylococcus aureus* enterotoxigênicos nas mãos, boca e fezes em portadores assintomáticos. **Revista de Saúde pública**, v. 23, n. 4, p. 277-84, 1989.

ANTUNES, A. J.; CANHOS, W. P. **Aditivos em alimentos**. São Paulo. Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo, 1983. 178p.

ANVISA (Agência de Vigilância Sanitária). **Regulamento Técnico Sobre Padrões Microbiológicos Para Alimentos**. Resolução – RDC n.12, de 02 de janeiro de 2001. www.anvisa.gov.br.

AOAC. (Association Official Analytical Chemists). **Official Methods of Analysis**. 14<sup>a</sup> ed., Arlington, 1995.

ARAÚJO, E. A. F. **Estudo da cinética de secagem de fatias de banana nanica (*Musa acuminiata* var. Cavendish) osmoticamente desidratadas.** Campinas, 2000. 87p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas.

ARCHANA, G. N.; PRAKASH, J.; ASHA, M. R.; CHAND, N. Effects of processing on pigments of certain selected vegetables. **Journal of Food Quality**, v. 18, p. 91-101, 1995.

AZOUBEL, P. M. **Influência de pré-tratamentos na obtenção de produtos secos do caju (*Anacardium occidentale* L.)** Campinas, 2002. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas.

AZOUBEL, P. M. **Estudo da cinética de desidratação por imersão e secagem de tomate cereja (*Lycopersicon esculentum* var. Cerasiforme).** Campinas, 1999. 99p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas.

BAK, L. S.; ANDERSEN, A. B.; ANDERSEN, E. M.; BERTELSEN, V. Effect of modified atmosphere packaging on oxidative changes in frozen cold water shrimp (*Pandalus borealis*). **Food Chemistry**, v. 64, n.2, p.169-175, 1999.

BARBOSA JÚNIOR, J. L. **Influência da temperatura e da concentração na desidratação osmótica de abóbora (*Cucúrbita máxima*) e cenoura (*Daucus carota* L.)** utilizando metodologia de superfície de resposta. Campinas, 2002. 83p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. **Como fazer experimentos-pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria.** Campinas: Editora da UNICAMP, 2001. 401p.

BASTOS, J. R. **Influência da secagem sobre algumas propriedades físico-químicas do músculo de cação branco (*Carcharhynchus porosus* Razani)**. Campinas, 1977. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

BEIRÃO, L. H.; TEIXEIRA, E.; MEINERT E. M. *et al.* Processamento e industrialização de moluscos. In SEMINÁRIO E WORKSHOP “TECNOLOGIA PARA O APROVEITAMENTO INTEGRAL DO PESCADO”. **Resumos**. Campinas: ITAL, 2000, p. 38-84.

BELTRÁN, A.; MORAL, A. Changes in fatty acid composition of fresh and frozen sardine (*Sardina pilchardus* W.) during smoking. **Food Chemistry**, v. 42, n. 1, p. 99-109, 1991.

BERAQUET, N. J. Peixe salgado e seco: um processo rápido de salga. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, n. 38, p. 13 – 37. 1974.

BERGDOLL, M. S. Staphylococcus aureus. In: DOYLE, M. P. (ed) **Foodborne Bacterial Pathogens**. New York: Marcel Dekker, 1989 cap. 11, p. 463-523.

BERISTAIN, C. I.; AZUARA, E., CORTES, R.; GARCIA, H. S. Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple rings. **International Journal of food science and technology**, v. 5, p. 576-582, 1990.

BESERRA, J. F.; MELO, L. R. R.; RODRIGUES, M. C. P.; SILVA, E. M. C.; NASSU, R. T. Desenvolvimento e caracterização físico-química e sensorial de embutido cozido tipo apresuntado de carne de caprino. **Ciência Rural**, v.33, n.6,p. 1141-1147, Nov./Dec. 2003.

BEUCHAT, L. R. Influence of water activity on sporulation, germination, outgrowth and toxin production. In: **Water activity: theory and applications to food**. ROCKLAND, L. B.; BEUCHAT, L. R. (Ed.) New York: Marcel Dekker, 1987, cap. 7, p.137-151.

BISWAL, R. K.; BOZORGMEHER, K. Equilibrium data for osmotic concentration of potato in NaCl – Water solutions. **Journal of Food Process Engineering**, v. 14, n. 4, p. 237 – 247, 1991.

BISWAL, R. N.; BOZORGMEHER, K.; TOMPKINS, F. D., LIU, X. Osmotic concentration of green beans prior to freezing. **Journal of Food Science**, v. 56, p. 1008-1012, 1991.

BISWAL, R. N.; LE MAGUER, M. Mass transfer in plant Materials in contact with Aqueous Solutions of Ethanol and Sodium Chloride. Equilibrium Data. **Journal of Food Process Engineering**, v. 16, p. 159-176, 1989.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extration and purification. **Canadian Journal Biochem. Physiol.**, v. 37, p. 911-917, 1959.

BOHUON, P.; COLLIGNAN, A.; RIOS, G. M.; RAOULT-WACK, A. L. Soaking process in ternary liquids: experimental study of mass transport under natural and forced convection. **Journal of Food Engineering**, 37, 451-469, 1998.

BOHUON, P. **Dehydration-impregnation par immersion em solution ternaries: Etude des transports d'eau et de solutes sue gel et produits d'origine animale.** These Doctorat. Universite Montpellier II, 1995.

BOLIN, H. R.; HUXSOLL, C. C.; JACKSON, R.; Ng, K. C. Effect of osmotic agents and concentration on fruit quality. **Journal of Food Science**, 48, p. 202-205, 1983.

BONILHA, P. R. M.; FALCÃO, D. P. Ocorrência de enteropatógenos em alfaces e suas águas de irrigação. **Alimentos e nutrição**, v. 5, p. 87-97, 1994.

BORDERIAS, A. J.; LAMUA, M; TEJADA, M. Texture analysis of fish fillets and minced fish by both sensory and instrumental methods. **Journal Food Technology**, v. 18, p. 85-95, 1983.

BOURNE, M. C. Effects of water activity on textural properties of food. In: **Water activity: theory and applications to food.** ROCKLAND, L. B.; BEUCHAT, L. R. (Ed.) New York: Marcel Dekker, 1987, cap. 4, p.75-99.

BOX, G. E. P.; HUNER, W. G.; HUNTER, J. S. Statistics for experiments – An introduction to design, data analysis and model building. New York: Wiley Series in Probability and Mathematic Statistics, 1978.

BOX, G.E.P.; WETZ, J. **Criteria for judging adequacy of estimation by an approximate response function**. University of Wisconsin Technical Report, n.9, 1973.

BRENNAN, J. G. WANG, N. A mathematical model of simultaneous heat and moisture transfer during drying of potato. **Journal of Food Engineering**, v.24, p.47-60, 1980.

BROD, F. P. R.; ALONSO, L. F. T.; PARK, K. J. **Secagem de produtos agrícolas**. Apostila da disciplina. 121p. 1999.

BUCHANAN, W. O.; GIBBONS, N. E. (ed) **Bergey's manual of determinative bacteriology**. 8 ed. Baltimore: Williams e Wilkins, 1974.

CARDELLO, H. M.A B.; CARDELLO, L. Teor de vitamina C, atividade de ascorbato oxidase e perfil sensorial de manga (*Mangífera índica* L.) var. haden, durante o amadurecimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.18, n. 2, p. 211-217, 1998.

CARNEIRO, M. J. M. **Congelamento de filés de sardinha por imersão e avaliação física e sensorial de sua qualidade durante a estocagem**. Campinas, 1999. 185p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas.

CARVALHO JR., B. C. **Estudo da evolução das carnes bovinas salgadas no Brasil e desenvolvimento de um produto de conveniência similar à carne-de-sol**. Campinas, 2002. 265p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas.

CASTRO, M.M. M.V.; IARIA, S.T. *Staphylococcus aureus* enterotoxigênico no vestíbulo nasal de manipuladores de alimentos em cozinhas de hospitais do município de João Pessoa, PB. **Revista de Saúde Pública**, v. 18, p. 235-245, 1984.

CHAI, Y. L.; OTT, D. B.; CASH, J. N. Shelf life extension of Michigan Apples using sucrose polyester. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 15, p. 197-214, 1991

CHEN, H. C.; CHEN. C. S. Effects of dehydration on volume contraction in mushrooms. **Journal Agric. Eng. Res.** 19: 97 –9, 1974.

CHIRIFE, J.; FAVETTO, G.J. Some physical-chemical basis of food preservation by combined methods. **Food Research International**, Oxford, v.25, n.5, p.389-396, 1992.

CHIRIFE, J. Fundamentals of the drying mechanism during air dehydration of foods. IN: Mujumdar, A. **Advances in Drying**. Washington/New York/ London, ed. Hemisphere Publishes Corporation, 1983. v.3, p. 73-102.

CLUCAS, I. J. **Fish Handling, Preservation and Processing in the Tropics: Part I**. London, Tropical Products Institute, 1981.

COLLIGNAN, A.; BOHUON, P.; DEUMIER, F.; POLIGNÉ, I. Osmotic treatment of fish and meat products. **Journal of Food Engineering**, v.49, p. 153 – 162, 2001.

COLLIGNAN, A.; RAOULT-WACK, A. L. Dewatering and salting of cod by emmersion in concentrated sugar/salt solutions. **Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie**, v. 27, 259-264, 1994.

CONTRERAS-GUZMÁN, E. S. **Bioquímica de pescados e derivados**. Jabuticabal: Funep, 1994, 409 p.

CONTRERAS, J. E.; SMYRL, T. G. An evaluation of concentration of apple rings using corn syrup solids solutions. **Can. Inst. Food Science Technology**, v.14, n.4, p. 310- 314, 1981.

CONWAY, J.; CASTAIGNE, F.; PICARD, G. VOVAN, X. Mass transfer considerations in the osmotic dehydration of apples. **Canadian Institute Food Science Technology Journal**, v. 16, n.1, p. 025-029, 1983.

CORZO, O.; GOMEZ, E. R. Optimization of osmotic dehydration of cantaloupe using desired function methodology. **Journal of Food Engineering**, V. 64, p. 213–219, 2004.

CRANK, J. **The mathematics of diffusion**. 2a ed. S.I. Claredon Press Oxford, 1975, 414p.

CUTTING, C. L. Historical aspects of fish. In: BORGSTROM, G. **Fish as food**. v.2. Academic Press, New York, 1962. p. 1-28.

DALLA ROSA, M.; PINNAVAIA, G.; LERICI, C.R. La desidratazione della frutta mediante osmosi diretta. Nota II. Esperienze di Laboratorio. **Industria Conserve**, v.57, p. 3-7,1982.

DAMS, R.I.; BEIRÃO, L.H.; TEIXEIRA, E. Avaliação da qualidade microbiológica da pescadinha (*Cynoscion striatus*) inteira e em filés nos principais pontos críticos de controle de uma indústria de pescado congelado. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v. 14, n. 2, p. 151-162, 1996.

DAUDIN, J. D. Calculus des cinétiques de sechage par l'air chaud des. **Sci. Aliments**. V.3 (1): 1-36, 1983.

DEAN, L. M. Nutrition and preparation. In: MARTIN, R. E.; FLINCK, G. J. **The seafood industry**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990, cap 16, p. 255 – 267.

DEL VALLE, F. R., NICKERSON, J. T. Salting and drying fish 3: Diffusion of water. **Journal of Food Science**, v. 33, p. 499-503,1968.

DEL VALLE, F. R., NICKERSON, J. T. Studies on salting and drying fish I: Equilibrium Consideration in Salting. **Journal of Food Science**, v. 32, p. 173-179, 1967a.

DEL VALLE, F. R., NICKERSON, J. T. Studies on salting and drying fish II: Dynamic Aspects of the Salting of Fish. **Journal of Food Science**, v. 32, p. 218-224, 1967b.

DINCER, I.; DOST, S. An analytical model for moisture diffusion in solid objects during drying. **Drying Technology**, v. 13, n. 1 e 2, p. 425-435, 1995.

DJELVEH, G.; GROS, J. B.; EMAM-DJOMEH, Z. Osmotic dehydration of foods in a multicomponent solution. Part. II. Water loss and solute uptake in agar gels and meat. **Lebensm.-Wiss.u.-Technol**, v. 34, p. 319-323, 2001.

DJELVEH, G.; GROS, J. B. Measurement of effective diffusivities of ionic and non ionic solutes through beef and pork muscle using a diffusion cell. **Meat Science**, v. 23, p. 11 – 20, 1988.

DRAPER, N. R., & LIN, D. Small response-surface designs. **Technometrics**, 32(2), 87–194. 1990.

DUSSAP, G.; GROS, J. B. Diffusion-sorption model for the penetration of salt in pork and beef muscle. **Food Process Engineering**. Linko, P. et al (eds), Amsterdam: Applied Science publisher, p. 407 – 411, 1980.

DUTCOSKY, S. D. **Análise Sensorial de Alimentos**. Curitiba: Champagnat, 1996, 132p.

EL-AOUAR, A. A **Avaliação do processo combinado de desidratação osmótica e secagem na qualidade de cubos de mamão formosa (*Carica papaya* L.)**. Campinas, 2001. 113p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas.

EMAM-DJOMEH, Z.; DJELVEH, G.; GROS, J. B. Osmotic dehydration of foods in a multicomponents solution. Part I. Lowering of solute uptake in agar gels: Diffusion considerations. **Lebensmittell-Wissenschaft und technologies.**, v. 34, p. 312-318, 2001.

ERTEKIN, K. F.; CAKALOZ, T.; Osmotic dehydration of peas: II. Influence of osmosis and drying behaviour on product quality. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.20, p. 105-119, 1996.

FARKAS, D. F.; LAZAR, M. E. Osmotic dehydttation of apple pieces: Effect od temperature and syrup concentration on rates. **Food Technology**, v. 34, p. 688-690, 1969.

FAVETTO, G.; CHIRIFE, J.; BARTHOLOMAI, G. B. A study of water activity lowering in meat during immersion-cooking in sodium chloride-glycerol solution. II. Kinetics of  $a_w$  lowering and effect of some process variables. **Journal of Food Technology**, 16, 621-628, 1981.

FERRARI, C. K. B. Oxidação lipídica em alimentos e sistemas biológicos: mecanismos gerais e implicações nutricionais e patológicas. **Revista de Nutrição**. v. 11, n. 1, p. 3 -14 , 1998.

FERREIRA, V.L.P. **Análise sensorial – Testes discriminativos e afetivos**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, p. 73-77, 2000. (Manual Série Qualidade).

FERREIRA, V. L. P.; TEIXEIRA NETO, R. O.; MOURA, S. C. S. R.; SILVA, M. S. Cinética de degradação da cor de solução hidrossolúvel comercial de urucum, submetida a tratamentos térmicos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 1, p. 37-42, jan/abr, 1999.

FERREIRA, V. L. P. **Colorimetria em alimentos**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1991. 43p.

FERREIRA, E. J. G.; ZUANON, J. A. S.; SANTOS, G. M. **Peixes do médio Amazonas: região de Santarém**. Brasília: Edições IBAMA, 1998. 214 p.

FICHTATI, J., Van de VOORT, F. R., & KHURY, A. I. Multiresponse optimization of acid casein production. **Journal of Food Process Engineering**, 12(4), p.247–258, 1990

FIGUEIREDO FILHO, L. D. F. **Proposta de alto-gestão ambiental para as empresas de pesca do estado do Pará**. Belém, 1997. Monografia (Especialização) - Faculdade de Ciências Agrárias do Pará.

FLOROS, J., & CHINNAN, M. Seven factor response surface optimization of a double-stage lye (NaOH) peeling process of pimiento peppers. **Journal of Food Science**, 53, 631–638. 1988.

FORTES, M.; OKOS, M. R. Drying theories: their bases and limitations as applied to foods and grains. **Advances in Drying**, v. 1, p.119-153, 1980.

FRANCIS, F. J.; CLYDESDALE, F. M. **Food colorimetry: theory and applications**. Westport: AVI Publishing Co., 1975. 477p.

FRANCO, B. D. G. M.; GUTH, B. E. C. Isolamento e caracterização de cepas de *Escherichia coli* isoladas de alimentos. **Revista de Microbiologia**, v. 16, n. 1 p. 49 -55, 1985.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Editora Atheneu, 1999.

FUZHARA, T. O.; FRANCO, B. D. G. M. Bactérias patogênicas e bactérias indicadoras de higiene em carne suína comercializada em Santo André – SP. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 13, n. 1, p. 77-88, 1993.

GAL, S. Recent advances in techniques for the determination of sorption isotherms. In: DUCKWORTH, R. B. (ed.). **Water relations of foods**. London: Applied Science Publishers, 1972.

GELLI, D. S. Análise microbiológica de pescado marinho. In: SEMINÁRIO SOBRE CONTROLE DE QUALIDADE NA INDÚSTRIA DE PESCADO. **Anais**. São Paulo: Edições Loyola, p. 40-58, 1988.

GEROMEL, E. J.; FORSTER, R. J. **Princípios fundamentais em tecnologia de pescados**. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, Secretaria da indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia e Coordenadoria da indústria e comércio, 1982.

GIMENO, O.; ANSORENA, D.; ASTIASARÁN, I.; BELLO, J. Characterization of Chorizo de Pamplona: Instrumental Measurements of Colour and Texture. **Food Chemistry**, v. 69, p. 195-200, 2000.

GONZALES, A. P.; BURIN, L.; BUENA, M. P. Color changes during storage of honeys in relation to their composition and initial color. **Food Research International**, v. 32, p. 185-191, 1999.

GRAM, L.; HUSS, H. H. Microbiological spoilage of fish products. In: VENUGOPAL, V. DOKE, S. N. THOMAS, P. Radiation processing to improve the quality of fishery products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 39, n. 5, p. 391-440, 1999.

GRAY, J. I.; GOMMA, E. A.; BUCKLEY, D. J. Oxidative quality and shelf life of meats. **Meat Science**, Barking, v.43, p. S111-S123, 1996. Supplementary Issue.

GUDMUNDSDOTTIR, G.; STEFANSSON, G. Sensory and chemical changes in spice-salted herring as affected by handling. **Journal of Food Science**, 62(4), 894-897, 1997.

GUIMARÃES, J. L. **Estudo de índices químicos, sensoriais, microbiológicos e instrumentais para avaliação do frescor de lulas (*Loligo plei*, Blainville, 1923) armazenadas em gelo**. Campinas, 1999. 151p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas.

GURGEL, J. J. S.; FREITAS, J. V. F. Composição química de doze espécies de peixe de valor comercial de açudes do Nordeste Brasileiro. **Boletim Técnico DNOCS**. 30 (1). p.49-57, 1972.

GUSTAFSON, R. J. HALL, G. E. **Equilibrium moisture content of selled com from 50 to 155F**. Trans. ASAE, 17 (1): 120 –124 1974.

HAWKES, J.; FLINK, J. M. Osmotic concentration of fruit slices prior to freeze dehydration. **Journal of Food Process Engineering**, v.2, n.4, p. 265–284, 1978.

HAWLADER, M. N. A.; UDDIN, M. S.; HO, J. C.; TENG, A. B. W. Drying characteristics of tomatoes. **Journal of Food Engineering**, v.14, p.259-268, 1991.

HOFFMAN, F. L.; GARCIA-CRUZ C. H., VINTURIM T. M. et al. Levantamento da qualidade higiênico sanitária do pescado comercializado na cidade de São José do Rio Preto – SP. **Higiene Alimentar**, v. 13, n. 64, p. 45 – 48, 1999.

HUNG, Y. C.; MORITA, K.; SHEWFELT, R.; RESURRECCION, A. V. A.; PRUSSIA, S. Sensory and instrumental evaluation of apple color. **Journal of Sensory Studies**, v. 10, p. 15-23, 1995.

HUNTER, R. S.; HAROLD, R. W. **The measurement of appearance**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1981.

HUNTERLAB. Applications note: CIE L\* a\* b\* color scale. Virginia, 1996. v. 8, n. 7.

HYLUY, D.J.; PINHEIRO, H.C.G.; MOURÃO, A.F.; MACEDO, E.P.; CARVALHO, M.L.M.; PINTO, A. Avaliação da qualidade dos produtos pesqueiros no estado do Ceará. **Higiene Alimentar**, v. 10, n. 45, p. 37, 1996.

IARIA, S.T.; FURLANETTO, S.M.P.; CAMPOS, M.L.C. Pesquisa de *Staphylococcus aureus* enterotoxigênico nas fossas nasais de manipuladores de alimentos em hospitais, São Paulo. **Revista de Saúde Pública**, v. 14, p. 93-100, 1980.

INHAMUNS, A. J. **Composição em ácidos graxos de peixes de água doce da região Amazônica Brasileira**. Campinas, 2000. 130p. Tese (doutorado em Ciência de Alimentos) –Faculdade de Engenharia de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas.

ISLAN, M. N.; FLINK, J. M. Dehydration of potato II: Osmotic concentration and its effect on air drying behaviour. **Journal of Food Technology**, v. 17, p. 387-403, 1982.

JADHAV, S. J.; NIMBALKAR, S. S.; KULKARNI, A. D. MADHAVI. D. L. Lipid Oxidation in biological and food systems. In: **Food Antioxidants: Technological, toxicological and Health Perspectives**, , New York: Ed. Madhavi, D. L.; Deshpande, S. S.; Salunkhe, D. K., Marcel Dekker, 1996, p. 5-63.

JANERO, D. R. BURGHARDT. **Lipids**. v.23 p. 452, s. ed., 1988.

JANSON, A.C. Drying and dehydration. In: **Fish as Food**. New York, Academic Press, 1965. v. 3, p.1-54.

JAY, J. M. **Modern food Microbiology**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1970, 328 p.

JAYARAMAN, K. S.; DAS GUPTA, D. K. **Handbook of Industrial Drying**. 2ed. New York: Library of Congress Cataloging, 1987, v. 1, cap. 21: Drying of fruits and vegetables: p. 643-690.

JIMÉNEZ, A.; GUTIÉRREZ, G. Color. In: ALVARADO, J. D.; AGUILERA, J. M. **Métodos para medir propiedades físicas en industrias de alimentos**. Zaragoza: Editorial Acribia S.A., 2001. p. 325-346.

KAJUNA, S. T. A. R.; BILANSKI, W. K.; MITTAL, G. S. Color changes in bananas and plantains during storage. **Journal of Food Processing and preservation**, v. 22, p. 27-40, 1998.

KANNER, J. Oxidative process in meat and meat products – Quality implications. **Meat Science**, Barking, v. 36, n.1-2, p. 169-189, feb., 1994. Special issue.

KE, P. J.; CERVANTES, E.; ROBLES-MARTINEZ C. Determination of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) in fish tissue by an improved distillation-spectrophotometric method. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.35, p.1248-1254.

KHAYAT, A.; SCHWALL, D. Lipid oxidation in seafood. **Food Technology**, v. 37, n. 7, p. 130-140, 1983.

KHURI A.J.; CORNELL F.A. **Response surfaces: design and analyses**. New York: Mercel Dekker. 510p, 1996.

KOSUGI, H.; KATO, T.; KIKIGAWA, K. **Lipids**, v. 23 p. 1024, s .ed., 1988.

LABUZA, T. P. The properties of water in relationship to water binding in food: a review. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.1, n. 2, p. 167-190, 1977.

LAZARIDES, H. N.; KATSANIDIS, E.; NICKOLAIDIS, A. Mass transfer during osmotic pre-concentration aiming at minimal solid uptake. **Journal of Food Engineering**, v.25 ,p. 151-166, 1995.

LEITÃO, M. F. Microbiologia do pescado e controle sanitário no processamento. **Boletim do ITAL**, n. 50, p.1-35, 1977.

LEITÃO, M. F. Microbiologia do pescado salgado. **Coletânea do ITAL – Campinas (13)**, p.123-130. 1983.

LEITÃO, M. F. Microbiologia e deterioração do pescado fresco e refrigerado de origem fluvial ou marinha. In SIMPÓSIO SOBRE CONTROLE DE QUALIDADE MICROBIOLÓGICO, QUÍMICO, FÍSICO E ORGANOLÉPTICO DE PESCADO E DERIVADO. **Anais**. Santos: ITAL, p. 11 -26, 1994.

LENART, A.; FLINK, J. M. Osmotic concentration of potato II. Sapatial distribution of the osmotic effect. **Journal of Food Technology**, 19, 65-89, 1984.

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

LERICI, C. R.; PINNAVAIA, G.; DALLA ROSA, M.; BARTOLUCCI, L. osmotic dehydration of fruit: influence of osmotic agents on drying behavior and product quality. **Journal of Food Science**, v. 50, p. 1217 – 1226, 1985.

LEWIS, W. K. The rate of drying of solids materials. **Industrial Engineering Chemistry**, v.13, n.5, p. 427-432, 1921.

LISTON, J. Fish and shellfish and their products. In: ICMSF, MICROBIAL ECOLOGY OF FOODS. v.II. **Food Commodities**. New York: Academic Press, 1980, p. 567-605.

LOMAURO, C. J.; BAKSHI, A. S.; LABUZA, T. P. Evaluation of food moisture sorption isotherm equation. Part I: fruit, vegetables and meat products. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie**, v. 18, p. 111-117, 1985.

LOURENÇO, L. F. H.; FERNANDES, G. M. L.; CINTRA, I. H. A. Características físicas, químicas e microbiológicas do mapará (*hypophthalmus edentatus*, Spix 1829) salgado e seco em secador solar. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PESCA e I CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ENGENHARIA DE PESCA. Pernambuco. **Anais**. Recife, 1999. p. 17-21.

LOVE, J. Mechanism of iron catalysis of lipid oxidation in warmed-over flavor of meat. IN: ANGELO, A. J. S.; BAILEY, M; E. **Warmed-over flavor of meat**. S. ed., 1987. S. v., p. 19-40.

LY, Y.; MOREY, R. V. Thin-layer drying rates and quality of cultivated American guising. **Transactions of the ASAE**, v. 30, n. 3, p. 842-847, 1988.

MACHADO, C.; SGARBIERI, P. Partial characterization and nutritive value of proteins from pacu (*Colossoma mitrei*, Berg 1895). **Journal Agric. Food Chemistry**. 39, p. 1715-1718, 1991.

MACHOSHVILI, I.A.; PENNA, T.C.V.; COLOMBO, A.J. Resistência térmicas de cepas de *Staphylococcus aureus* em solução tampão fosfato (pH 7,0) e em leite reconstituído. **Revista de Microbiologia**, v. 22, n. 4, p. 323-329, 1991.

MADRUGA, M. S. Formação de aroma cárneo. **Boletim do SBCTA**, v. 31 (1), p. 33-41, jan/jun, 1997.

MAGNUSSON, H.; MOLLER, A. Ropiness in the brine of sugar-salted herring. **International Journal of Food Microbiology**, v.1, p. 253-261, 1985.

MAIA, E. L.; OGAWA, M. Cor. In: **Manual de pesca (Ciência e tecnologia do pescado)**. OGAWA, M.; MAIA, E. L. (Ed.) São paulo: Livraria Varela, 1999, cap. 5, p.75-85.

MARCOTTE, M.; LE MAGUER, M. Repatition of water in plant tissues subjected to osmotic processes. **Journal of Food Process Engineering**, v. 13, p. 297-320, 1991.

MARUF, F. W.; LEDWARD, D. A.; NEALE R. J.; POUTER, R. G. Chemical and nutritional quality of Indonesian dried-salted mackerel (*Rastrellinger Kanagurta*). **International Journal Food Technology**. V.25, p. 66-77, 1990.

MEDINA VIVANCO, M. L. **Desidratação osmótica em soluções ternárias, secagem e transições térmicas de filé de tilápia (*Oreochromis niloticus*)**. Campinas, 2003. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas

MEDINA VIVANCO, M. L. **Estudo da difusão de cloreto de sódio no filé de tilápia (*Oreochromis (O.) niloticus*) utilizando volumes limitados de salmoura**. Campinas, 1998, 103 p. Dissertação (mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

MEILLGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 3 ed. Boca Raton. Florida: CRC Press, 1999.

MENDES, A. C. R. Transformações bioquímicas na fração lipídica de produtos cárneos durante o armazenamento. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, s.v. , n. 265, p. 30-37, mar., 1999.

MENTING, L.C.; HOEGSTD, B.; THIJSSSEN, H.A.C. Diffusion coefficients of water and organic volatiles in carbohydrates-water systems. **Journal of Food Technology**, v.5, p.111, 1970.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria n. 451 de 19 de setembro de 1997. **Documento**, Brasília.

MORAES, M. A. C. **Métodos para avaliação sensorial dos alimentos**. Campinas: Editora da Unicamp, 1990, 93p.

MYERS, R. H. **Response surface methodology**. Boston: Allyn and Bacon. 1971

NARITA, H. **Encyclopedia of Food Science, Food Technology, and Nutritional**. In: MACRAE, R.; ROBINSON, R. K.; SADLER, M.J.). London: Academic Press, 1993, p. 226.

NETO, A.C.; SILVA, C. G. M.; STAMFORD, T. L.. *Staphylococcus enterotoxigênicos* em alimentos in natura e processados no estado de Pernambuco, Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.22, n. 3, p. 263-271, 2002.

NEVES, E. S. **Estudo da transferência de massa em carne bovina salgada desidratada**. Campinas, 1998, 115p. Dissertação (mestrado em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas).

NKETSIA-TABIRI, J.; SEFA-DEDEH, S. Optimisation of process conditions and quality of salted dried tilapia (*Oreochromis niloticus*) using response surface methodology. **Journal Science Food Agriculture**. V.69, p. 117-127, 1995.

NOGUEIRA, R. I. **Processo de secagem de banana (*Musa acuminata* subgrupo Cavendish cultivar Nanica)**. Campinas, 1991, 53 p. (Dissertação) Mestrado em Engenharia Agrícola – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.

NUNES, M. L.; MENDES, R.; BATISTA, I. The effect of freezing on the frozen storage stability of sardine. **C. R. 17e Cong. Int. Froide. Vienne**, 1987.

OGAWA, M.; NUNES, M. L.; OGAWA N. B. P.; DINIZ, F. M. *et al.* Tecnologia do pescado. In: **Manual de pesca (Ciência e tecnologia do pescado)**. OGAWA, M.; MAIA, E. L. (Ed.) São paulo: Livraria Varela, 1999, cap. 16, p.295-388.

OGAWA, M. Alterações da carne do pescado por processamento e estocagem. In: **Manual de pesca (Ciência e tecnologia do pescado)**. OGAWA, M.; MAIA, E. L. (Ed.) São paulo: Livraria Varela, 1999, cap. 13, p.221-249.

OKOS, M. R.; NARSIMHAN, G.; SINGH, R.; WEITNAUER, A. **Food dehydration, Handbook of Food Engineering**, D, R, Heldman & D, B (eds), Lund, Marcel DeKKer, New York, 1992.

OLIVEIRA, P. R.; SOARES, R. C. Avaliação da composição química e o ponto de congelamento do jaraqui (*Semaprochilodus ssp*) e mapará (*hypophthalmus ssp*). In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PESCA e I CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ENGENHARIA DE PESCA. Pernambuco. **Anais**. Recife, 1999. p. 346-353.

PAGE, G.E. **Factors influencing the maximum of air drying shelled corn in thin ayer**. M.Sc. Thesis, USA. Purdue University, Indiana.1949

PAL, D.; SACHDEVA, S.; SINGH, S. Methods for determination of sensory quality of foods: A critical appraisal. **Journal Food Science** , v.32, n. 5, p. 357- 367, 1985.

PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**: Tecnologia da carne e de subprodutos. v.2, 1994.

PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R. Estudo da secagem de pêra Bartlett (*Pyrus sp.*) em fatias. **Ciência e Tecnologia de Alimentos** . v. 21, p.288-292, 2001.

PARK, K. J. Diffusional model with and without shrinkage during salted fish muscle drying. **Drying Technology**. 16(3-5), p.889-905, 1998.

PATHAK, P. K.; AGRAWAL, Y.; SINGH, B. P. Thin-layer dryin model for rapeseed. **Transactions of the ASAE**, v. 34, n. 6, p. 2505-2508, 1991.

PEDROSA-MENABRITO A.; REGENSTEIN, J. M. Shelf-life extension of fresh fish - A review part I – Spoilage of fish. **Journal of Food Quality**, v. 11, n. 2, p. 117-127, 1988.

PEREIRA, M.L.; CARMO, L.S.; LARA, M.A.; DIAS, R.S.; BERGDOLL, M.S. Enterotoxigenic *Staphylococci* from food handlers working in an industrial kitchen in Belo Horizonte, MG (Brazil). **Revista de Microbiologia**, v. 25, n. 3, p. 161-165, 1994.

PINHEIRO, C. R. Avaliação física, química e sensorial do pescado. In: SEMINÁRIO SOBRE TECNOLOGIA DE SALGA E DEFUMAÇÃO DO PESCADO. Campinas, 1995. p. 149-158.

PINTO, L. A. A. **Cinética da secagem de filé de peixe: uso de um modelo difusivo com variações de volume**. São Carlos, 1996. 154 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos.

PINTO, L. A. A.; TOBINAGA, S. Modelos de secagem em camada fina de alimentos: uma revisão da literatura. **Vetor**, Rio Grande, n.6, p.33 – 49, 1996.

PINTO, L. A. A.; TOBINAGA, S. Difusividade efetiva de umidade na secagem de músculo de peixe. In: XXI ENCONTRO SOBRE ESCOAMENTO EM MEIOS POROSOS, Ouro Preto. **Anais**. Minas Gerais: UFMG, 1993, v.2. p. 466-476.

POMERANZ, Y; MELOAN, C. E. **Food Analysis: Theory and practice** (1st ed). Westpot Connecticut: The AVI Publishing Company Corporation, 669p.

PONTING, J. D.; WATTERS, G. G.; FORREY, R. R.; JACKSON, R.; STANLEY, W. L. Osmotic dehydration of fruits. **Food Technology**, 20, 1365-1368, 1966.

PRANDL, O.; FISCHER, A.; SCHMIDHOFER, T.; SINELL, H. J. **Tecnología higiene de la carne**. Editorial Acribia, SA. Zaragoza, 1994.

QUAST, D. G.; TEIXEIRA NETO, R. O. Atividade de água em alguns alimentos de teor intermediário de umidade. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos** 6:203-232, 1975.

RABELO, A. M. A. Métodos sensoriais para análise do pescado. In: CONTROLE DE QUALIDADE DO PESCADO. Leopoldianum Editora e Edições Loyola. São Paulo, p.106-116, 1988.

RAO, M. A.; RIZVI, S. S. H. **Engineering properties of food**. New York: Marcel Dekker, 1986. p. 123-214.

RAOULT- WACK, A. L.; LAFONT, F.; RIOS, G.; GUILBERT, S. Osmotic dehydration of mass transfer in terms of engineering properties. In: MUJUMDAR, A. S.; ROQUES, M. A. **Drying of solids**. New York: Hemisphere Publishing Company. 1989, p. 487 -495.

RAOULT- WACK, A. L.; GUILBERT, S.; LEMAGUER, M.; RIOS, G. Simultaneous water and solute transport in shrinking media – Part 1: Application to dewatering and impregnation soaking process analysis (osmotic dehydration). **Drying Technology**, 9, p. 589-612 ,1991.

RAOULT- WACK, A. L.; GUILBERT, S.; LENART, A. Recent advances in drying through immersion in concentrated solutions. In: A. S. Mujundar (Ed.), **Drying of solids** (pp. 21-51), 1992.

RAOULT- WACK, A. L. Recent advances in the osmotic dehydration of food. **Trends in Food Science Technology**, v.5, p. 225-260, 1994.

RAVINDRA, M.R.; CHATTOPADHYAY, P. K. Optimization of osmotic pre-concentration and fluidized bed drying dehydrated quick-cooking potato cubes. **Journal of Food Engineering**, v.44, p.5-11, 2000.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de Alimentos**. 1.ed. São Paulo: Edgard Blücher LTDA, 2004.

RIBEIRO, S. C. A. **Secagem e defumação líquida de filé de peixe matrinhã (*Brycon cephalus*)**. Campinas, 2000. 101 p. Dissertação (mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

RODRIGUES, A., C. C.; CUNHA, R. L.; HUBINGER, M. D. Rheological properties and colour evaluation of papaya during osmotic dehydration processing. **Journal of Food Engineering**, n. 59, p. 129-135, 2003.

RODRIGUES, A. M. C. **Secagem e defumação de peixe de água doce**. Campinas, 1996, 98p. Dissertação (mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

ROITMAN, I. TRAVASSOS, L. R. AZEVEDO, J. L. **Tratado de Microbiologia**. São Paulo: Manole, 1988, v. 1. 186 p.

RUIVO, U. E. Análise sensorial na avaliação da qualidade do pescado. In: **Controle de qualidade do pescado**. Leopoldianum Editora e Edições Loyola. São Paulo, p. 69-80, 1988

SACHETTI, G. GIANOTTI, A.; DALLA ROSA, M. Sucrose-salt combined effects on mass transfer kinetics and product acceptability. Study on apple osmotic treatments. *Journal of Food Engineering*, v. 49, 163-173, 2001.

SAINCLIVIER, M. L. **L' Industrie Alimentaire Halieutique**. Quatrième volume. La conservation par des moyens physiques. Rennes: Sciences Agronomiques, 1993.

SANCHES, L. **Pescado: matéria-prima e processamento**. Fundação Cargil, Campinas, 1989. 61 p.

SANT'ANA, L.S.; FERNANDES, J. B. Efeito do armazenamento na composição de ácidos graxos de filés de peixe da espécie pacu (*Piaractus mesopotamicos*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17, Fortaleza, 2000. **Resumos**. Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2000, v.4. p. 5-272.

SARAVACOS, G. D.; MAROULIS, Z. B. **Transport properties of foods**. 1ed., Marcel Dekker, New York, 415p., 2001.

SARAVACOS, G.; ROUZEOUS, G. S. Diffusivity of moisture in air-drying of starch gels. In: **ENGINEERING AND FOOD**. London and New York: Ed. Brian M. Mckenna, Elsevier Applied Science Publishes, v. 1, p. 493-507, 1984

SARAVACOS, G.; DOUZAS, A. MAROUSIS, S.; KOSTAROPOULUS, A. effective thermal and moisture diffusivities of granular starchs, In: DRYING'89, 1989, New York; Ed. Arum S. Mujundar and Michel A. Roques, Hemisphere Publishing Company, 314-319.

SERENO, A. M.; MOREIRA, R.; MARTINEZ, E. Mass transfer coefficients during osmotic dehydration of apple in single and combined aqueous solutions of sugar and salt. **Journal of Food Engineering**, v. 47, 43-49, 2001.

SHAIHIDI, F. Stability of fats and oils. IN: CONGRESSO E EXPOSIÇÃO LATINOAMERICANO SOBRE PROCESSAMENTO DE "ÓLEOS E GORSDURAS", v. 6, 1995, Campinas: R. Vieira. p. 47-54.

SHENOUDA, S. Y. K. Theories of protein denaturation during frozen storage of fish flesh. **Adv. Food Research**, v.26, p. 275-311, 1980.

SHERWIN, E. R. Oxidation and antioxidants in fat and oil processing. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Champaign, v. 55, n. 11, p. 809-814, 1978.

SOUDAN, F. **La conservation par le froid des poissons, crustacés et mollusques**. Paris: J. B. Baillière et Fils, Éditeurs, 1965.

STATSOFT. **Statistica for windows**. Tulsa, USA, 1997.

STRUMILLO, C.; KRUDA, T. **Drying: principles, applications and design**. Gordon and Beach. New York, 1986.

SUAREZ, C.; VIOLLAZ, P.; CHIRIFE, J. Diffusional analysis of air drying of grain sorghum. **Journal of Food Technology**, v. 15, p. 523-531, 1980.

SUDAM – Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia. Recursos pesqueiros e recursos florestais. **Formulação de programa de desenvolvimento no Vale do Rio Tocantins** .v.3. Ministério do Interior, 1997.

TAPIA, M. S.; LOPEZ-MALO, A.; CONSUEGRA, R.; CORTE, P.; WELTI-CHANES, J. Minimally processed papaya by vacuum osmotic dehydration (VOD) techniques. **Food Science and Technology International**, v.5 (1), p.41-49, 1999.

TARLADGIS, B. G.; WATTS B. M.; YOUNNATHAN, M. T.; DUGAN, L. A. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. **Journal of American Oil Chemists Society**, Chicago, v.37, n.1, p.44-48, jan., 1960.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E.; BARBETTA, P. A. **Análise sensorial de alimentos**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1987. 180p

TEIXEIRA NETO, R. O. Alterações da qualidade de frutas e hortaliças desidratadas durante a estocagem. In: **Desidratação de frutas e hortaliças – Manual Técnico**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2001, p. 8.1-8.9.

THEMELIN, A.; RAOULT-WACK, A. L.; LEBERT, A.; DANZART, M. Multicriteria optimization of food combining soaking prior to air drying. **Drying Technology**. v. 15, n.9, p. 2263-2279, 1997.

TOBINAGA, S.; PINTO, L. A. A. Secagem de materiais fibrosos: músculo de peixe. In: FREIRE, J. T.; SARTORI, D. S. **Tópicos especiais em secagem**. V.1, P. 211-251. São Carlos, UFScar, 1992.

TORNES, E. Y. GEORGE, P. La conservación del pescado – industria conservera. **Revista tecnica de la industria de conservas de pescados**. N. 44, p. 38 - 52, 1976.

TORREGGIANI, D. Osmotic dehydration in fruit and vegetables processing. **Food Research International**, 26, 59-68, 1993.

TORRES, E. A. F. S.; OKANI, E. T. Teste de TBA: ranço em alimentos. **Revista Nacional da Carne**, v. 24, n. 243, p. 68 -78, 1997.

TORREZAN, R.; JARDINE, J. G.; VITALI, A. A. Preservação de alimentos com o uso dos métodos combinados: uma revisão. **Bol. SBCTA**, v.31, n.2, p. 214-228, 1997.

TREYBAL, R. E. Mass transfer operations: Drying. New York: McGraw Hill, 1968, p. 569-575.

UDDIN, M. S.; HAWLADER, M. N. A.; RAHMAN, M. S. Evaluation of drying characteristics of pineapples in the production of pineapple powder. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 14, p.375-391, 1990.

VACAREZZA, L. M.; LOMBERDI, J. L., CHIRIFE, J. Heat transfer effects on drying rate of dehydration. **The Canadian Journal of Chemical Engineering**, v.52, October, 1974.

VAGENAS, G. K.; MANINOUS-KOURIS, D. Drying kinetics of apricots. **Drying Technology**, v.9 (3), p. 735-752, 1991.

VAN ARSDEL, W. B.; Drying phenomena. In: VAN ARSDEL, W. B.; COPLEY, M. J; MORGAN Jr., A. I. **Food dehydration**, 2 ed., Westorp., AVI publishig Co., v.1, cap. 3, p.22 – 57, 1973.

VANDERZANT, C; SPLITTSTOESSER, D. F. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 3 ed. Washington: American Public Health Association (APHA), 1992. 1919p.

VELASCO, J. R. Carnes y productos cárnicos con denominación. Madrid: Estratégias Alimentarias, 1995. 143p.

VOSKRESENSKY, N. A. Salting of herring. In: BORGSTROM, G. **Fish as Food**. V.3. Academic Press, New York, 1965. p.107-131.

WANG, D.; TANG, J.; CORREIA, L. Salt diffusivities and salt diffusion in farmed atlantic salmon muscle as influenced by rigor mortis. **Journal of Food Engineering**, v. 43, p. 115-123, 2000.

WATERMANN, J. J. Fisheries technical paper; **FAO**, n. 160. FAO Rome, 1976.

WELTI, J.; PALOU, E.; LOPEZ-MALO, BALSEIRA, A. Osmotic concentration drying of mango slices. **Drying technology**, v. 13, p. 405-416, 1995.

WOLF, W.; SPIESS, W.E.L.; JUNG, G. Sorption isotherms and water activity of food material. London: Elsevier Science, 1985.

WOYEWODA, A. D.; KE, P. J. Quality assessment of fatty fish by the 2-thiobarbituric acid distillation method. Fisheries and Oceans Canadian, Technology Branch, Halifax Lab. **New Series Circular**, n. 6, p. 1-5, 1979.

YANG, D. C.; LE MAGUER, M. Osmotic dehydration of strawberry in a batch recirculation system. **Journal of Food Quality**, v. 15, p. 387-397, 1992.

ZAITSEV, V.; KIZEVETTER, I.; LOGUNOV, L.; MAKAROVA, L.; MENDER, L.; PODSIVALOV, V. **Fish curing and Processing**. Moscow: Ed. Mir Publisher, 1969. 722p.

ZUGARRAMURDI, A.; LUPIN, H. Studio sobre el salado de anchoíta. I. Equilibrio y Perfiles de Concentración. **Rev. La. Am. J. Chem. Eng. Appl. Chem**, p. 79-90, 1976.

## APÊNDICE A

### ANVISA - Resolução

---

---

*Resolução – RDC n°12, de 02 de janeiro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, de acordo com a metodologia do FDA, para amostras consideradas representativas.*

- **n:** é o número de unidades colhidas aleatoriamente de um mesmo lote e analisadas individualmente. O caso da *Salmonella*, que é ausência em 25g, foi possível a mistura das alíquotas retiradas de cada unidade amostral, respeitando-se a proporção p/v (uma parte em peso da amostra, para dez partes em volume do meio de cultura do caldo).

- **c:** é o número máximo aceitável de unidades de amostras com contagem entre os limites de m e M (plano de três classes). No caso da *Salmonella* c é igual a zero, onde aplica-se o plano de duas classes.

- **m:** é o limite que, em um plano de três classes, separa o lote aceitável do produto ou lote com qualidades intermediárias aceitáveis.

- **M:** é o limite que, em plano de duas classes, separa o produto aceitável do inaceitável. Em um plano de três classes, M separa o lote com qualidade intermediária aceitável do inaceitável. Valores acima de M são inaceitáveis.

A amostra representativa é a amostra constituída por um determinado número de unidades amostrais, estabelecido de acordo com o plano de amostragem, diferentemente da amostra indicativa que é a amostra composta por um número de unidades amostrais inferior ao estabelecido em plano amostral constante na legislação específica.

O plano de duas classes é quando a unidade amostral a ser analisada pode ser classificada como aceitável ou inaceitável, em função do limite designado por M, aplicável para limites qualitativos, já o plano de três classes é quando a unidade amostral a ser

analisada pode ser classificada como aceitável, de qualidade intermediária ou inaceitável, em função dos limites  $m$  e  $M$ . Além de um número máximo aceitável de unidades de amostra com contagem entre os limites  $m$  e  $M$ , designado por  $c$ . A demais unidades, n menos  $c$ , devem apresentar valores menores ou iguais a  $m$ . Nenhuma das unidades  $n$  pode apresentar valores superiores ao  $M$ .

**1. Análises obrigatórias para pescado “*in natura*”**

- Salmonella: ausência em 25g

- Staphylococcus aureus:  $n=5$ ;  $c=12$ ;  $m=5 \times 10^2$ ;  $M=10^3$

## APÊNDICE B

### Tabelas de efeitos da desidratação osmótica

#### 1. Tabelas de efeitos na desidratação com solução de NaCl

##### 1.1. *Perda de peso (PP)*

**Tabela 1** – Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e significância estatística, a cada fator no modelo codificado para perda de peso na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>Erro puro</i>	<i>t(2)</i>	<i>Significância estatística (p)</i>
<i>Efeitos principais</i>				
<b>Temperatura (L)</b>	<b>17,59</b>	<b>0,39</b>	<b>44,96</b>	<b>0,00</b>
Temperatura (Q)	0,01	0,43	0,03	0,98
<b>Concentração (L)</b>	<b>2,02</b>	<b>0,39</b>	<b>5,17</b>	<b>0,04</b>
<b>Concentração (Q)</b>	<b>-2,87</b>	<b>0,43</b>	<b>-6,65</b>	<b>0,02</b>
<b>Tempo (L)</b>	<b>3,85</b>	<b>0,39</b>	<b>9,84</b>	<b>0,01</b>
Tempo (Q)	-0,15	0,43	-0,35	0,76
<i>Efeito das interações</i>				
Temper. × Conc.	1,50	0,51	2,94	0,10
Temper. × Tempo	1,31	0,51	2,57	0,12
Conc. × Tempo	-0,67	0,51	-1,31	0,32

(L): linear (Q): quadrático

**Tabela 2** – Efeito estimado, SS residual, coeficiente t e grau de significância estatística, a cada fator no modelo codificado para perda de peso na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>SS residual</i>	<i>t(7)</i>	<i>Significância estatística (p)</i>
<i>Efeitos principais</i>				
<b>Temperatura (L)</b>	<b>17,59</b>	<b>0,67</b>	<b>26,25</b>	<b>0,00</b>
Temperatura (Q)	0,01	0,74	0,02	0,99
<b>Concentração (L)</b>	<b>2,02</b>	<b>0,67</b>	<b>3,02</b>	<b>0,02</b>
<b>Concentração (Q)</b>	<b>-2,87</b>	<b>0,74</b>	<b>-3,88</b>	<b>0,00</b>
<b>Tempo (L)</b>	<b>3,85</b>	<b>0,67</b>	<b>5,75</b>	<b>0,00</b>
Tempo (Q)	-0,15	0,74	-0,20	0,84
<i>Efeito das interações</i>				
Temper. × Conc.	1,50	0,88	1,72	0,13
Temper. × Tempo	1,31	0,88	1,50	0,18
Conc. × Tempo	-0,67	0,88	-0,76	0,47

(L): linear (Q): quadrático

1.2. *Perda de água (PA)***Tabela 3** – Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo codificado para perda de água na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>Erro puro</i>	<i>t(2)</i>	<i>Significância estatística (p)</i>
<i>Efeitos principais</i>				
<b>Temperatura (L)</b>	<b>11,60</b>	<b>0,45</b>	<b>27,40</b>	<b>0,00</b>
Temperatura (Q)	-0,97	0,47	-2,07	0,17
<b>Concentração (L)</b>	<b>4,82</b>	<b>0,42</b>	<b>11,39</b>	<b>0,01</b>
Concentração (Q)	-0,65	0,47	-1,40	0,30
<b>Tempo (L)</b>	<b>4,69</b>	<b>0,42</b>	<b>11,07</b>	<b>0,01</b>
Tempo (Q)	0,37	0,47	0,79	0,51
<i>Efeito das interações</i>				
Temper. × Conc.	-0,77	0,55	-1,39	0,30
Temper. × Tempo	-0,10	0,55	-0,18	0,86
Conc. × Tempo	-1,32	0,55	-2,38	0,14

(L): linear

(Q): quadrático

**Tabela 4** – Efeito estimado, SS residual, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo codificado para perda de água na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>SS residual</i>	<i>t(7)</i>	<i>Significância estatística (p)</i>
<i>Efeitos principais</i>				
<b>Temperatura (L)</b>	<b>11,60</b>	<b>0,47</b>	<b>24,78</b>	<b>0,00</b>
Temperatura (Q)	-0,97	0,52	-1,87	0,10
<b>Concentração (L)</b>	<b>4,82</b>	<b>0,47</b>	<b>10,30</b>	<b>0,00</b>
Concentração (Q)	-0,65	0,52	-1,27	0,25
<b>Tempo (L)</b>	<b>4,69</b>	<b>0,47</b>	<b>10,01</b>	<b>0,00</b>
Tempo (Q)	0,37	0,52	0,72	0,50
<i>Efeito das interações</i>				
Temper. × Conc.	-0,77	0,61	-1,25	0,25
Temper. × Tempo	-0,10	0,61	-0,16	0,88
Conc. × Tempo	-1,32	0,61	-2,15	0,07

(L): linear

(Q): quadrático

1.3. *Ganho de sólidos (GS)***Tabela 5** – Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo codificado para ganho de sólidos na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>Erro puro</i>	<i>t(2)</i>	<i>Significância estatística (p)</i>
<i>Efeitos principais</i>				
<b>Temperatura (L)</b>	<b>-5,98</b>	<b>0,03</b>	<b>-184,95</b>	<b>0,00</b>
<b>Temperatura (Q)</b>	<b>-0,98</b>	<b>0,04</b>	<b>-27,42</b>	<b>0,00</b>
<b>Concentração (L)</b>	<b>2,80</b>	<b>0,03</b>	<b>86,58</b>	<b>0,00</b>
<b>Concentração (Q)</b>	<b>2,21</b>	<b>0,04</b>	<b>62,02</b>	<b>0,00</b>
<b>Tempo (L)</b>	<b>0,84</b>	<b>0,03</b>	<b>25,95</b>	<b>0,00</b>
<b>Tempo (Q)</b>	<b>0,52</b>	<b>0,04</b>	<b>14,66</b>	<b>0,00</b>
<i>Efeito das interações</i>				
<b>Temper. × Conc.</b>	<b>-2,27</b>	<b>0,04</b>	<b>-53,70</b>	<b>0,00</b>
<b>Temper. × Tempo</b>	<b>-1,41</b>	<b>0,04</b>	<b>-33,38</b>	<b>0,00</b>
<b>Conc. × Tempo</b>	<b>-0,65</b>	<b>0,04</b>	<b>-15,31</b>	<b>0,00</b>

(L): linear

(Q): quadrático

**Tabela 6** – Efeito estimado, SS residual, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo codificado para ganho de sólidos na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>SS residual</i>	<i>t(7)</i>	<i>Significância estatística (p)</i>
<i>Efeitos principais</i>				
<b>Temperatura (L)</b>	<b>-5,98</b>	<b>0,77</b>	<b>-7,75</b>	<b>0,00</b>
Temperatura (Q)	-0,98	0,85	-1,15	0,29
<b>Concentração (L)</b>	<b>2,80</b>	<b>0,77</b>	<b>3,63</b>	<b>0,01</b>
<b>Concentração (Q)</b>	<b>2,21</b>	<b>0,85</b>	<b>2,60</b>	<b>0,04</b>
Tempo (L)	0,84	0,77	1,09	0,31
Tempo (Q)	0,52	0,85	0,61	0,56
<i>Efeito das interações</i>				
Temper. × Conc.	-2,27	1,01	-2,25	0,06
Temper. × Tempo	-1,41	1,01	-1,40	0,21
Conc. × Tempo	-0,65	1,01	-0,64	0,54

(L): linear

(Q): quadrático

#### 1.4. Número de ácido tiobarbitúrico (TBA)

**Tabela 7**– Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo codificado para TBA na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>Erro puro</i>	<i>t(2)</i>	<i>Significância estatística (p)</i>
<i>Efeitos principais</i>				
<b>Temperatura (L)</b>	<b>0,45</b>	<b>0,01</b>	<b>37,94</b>	<b>0,00</b>
<b>Temperatura (Q)</b>	<b>0,31</b>	<b>0,01</b>	<b>23,29</b>	<b>0,00</b>
<b>Concentração (L)</b>	<b>0,47</b>	<b>0,01</b>	<b>39,17</b>	<b>0,00</b>
Concentração (Q)	0,01	0,01	0,72	0,55
<b>Tempo (L)</b>	<b>0,61</b>	<b>0,01</b>	<b>51,16</b>	<b>0,00</b>
<b>Tempo (Q)</b>	<b>0,21</b>	<b>0,01</b>	<b>15,78</b>	<b>0,00</b>
<i>Efeito das interações</i>				
<b>Temper. × Conc.</b>	<b>0,23</b>	<b>0,02</b>	<b>14,82</b>	<b>0,00</b>
Temper. × Tempo	-0,05	0,02	-2,93	0,10
Conc. × Tempo	0,05	0,02	3,31	0,08

(L): linear

(Q): quadrático

**Tabela 8**– Efeito estimado, SS residual, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo codificado para TBA na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>SS residual</i>	<i>t(2)</i>	<i>Significância estatística (p)</i>
<i>Efeitos principais</i>				
<b>Temperatura (L)</b>	<b>0,45</b>	<b>0,05</b>	<b>9,54</b>	<b>0,00</b>
<b>Temperatura (Q)</b>	<b>0,31</b>	<b>0,05</b>	<b>5,86</b>	<b>0,00</b>
<b>Concentração (L)</b>	<b>0,47</b>	<b>0,05</b>	<b>9,85</b>	<b>0,00</b>
Concentração (Q)	0,01	0,05	0,18	0,86
<b>Tempo (L)</b>	<b>0,61</b>	<b>0,05</b>	<b>12,87</b>	<b>0,00</b>
<b>Tempo (Q)</b>	<b>0,21</b>	<b>0,05</b>	<b>3,97</b>	<b>0,01</b>
<i>Efeito das interações</i>				
<b>Temper. × Conc.</b>	<b>0,23</b>	<b>0,06</b>	<b>3,73</b>	<b>0,01</b>
Temper. × Tempo	-0,05	0,06	-0,74	0,49
Conc. × Tempo	0,05	0,06	0,83	0,43

(L): linear

(Q): quadrático

1.5. *GS/PA (ganho de sólidos/ perda de água)***Tabela 9**– Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo codificado para GS/PA na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>Erro puro</i>	<i>t(2)</i>	<i>Significância estatística (p)</i>
<i>Efeitos principais</i>				
Temperatura (L)	<b>-0,46</b>	<b>0,01</b>	<b>-86,55</b>	<b>0,00</b>
Temperatura (Q)	<b>0,08</b>	<b>0,01</b>	<b>13,61</b>	<b>0,01</b>
Concentração (L)	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>1,96</b>	0,19
Concentração (Q)	0,09	<b>0,01</b>	15,78	<b>0,00</b>
Tempo (L)	<b>-0,05</b>	<b>0,01</b>	<b>-9,55</b>	<b>0,01</b>
Tempo (Q)	0,02	0,01	2,97	0,10
<i>Efeito das interações</i>				
Temper. × Conc.	<b>-0,04</b>	<b>0,01</b>	<b>-5,03</b>	<b>0,04</b>
Temper. × Tempo	-0,01	0,01	-1,12	0,37
Conc. × Tempo	-0,00	0,01	-0,16	0,89

(L): linear

(Q): quadrático

**Tabela 10**– Efeito estimado, SS residual, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo codificado para GS/PA na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>SS residual</i>	<i>t(7)</i>	<i>Significância estatística (p)</i>
<i>Efeitos principais</i>				
Temperatura (L)	<b>-0,46</b>	<b>0,02</b>	<b>-19,52</b>	<b>0,00</b>
Temperatura (Q)	<b>0,08</b>	<b>0,03</b>	<b>3,07</b>	<b>0,02</b>
Concentração (L)	0,01	0,02	0,44	0,67
Concentração (Q)	<b>0,09</b>	<b>0,03</b>	<b>3,56</b>	<b>0,01</b>
Tempo (L)	-0,05	0,02	-2,15	0,07
Tempo (Q)	0,02	0,03	0,67	0,53
<i>Efeito das interações</i>				
Temper. × Conc.	-0,04	0,03	-1,13	0,29
Temper. × Tempo	-0,01	0,03	-0,25	0,81
Conc. × Tempo	-0,00	0,03	-0,04	0,97

(L): linear

(Q): quadrático

1.6. *Atividade de água ( $a_w$ )***Tabela 11** – Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e grau de significância estatística, a cada fator no modelo codificado para atividade de água na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>Erro puro</i>	<i>t(2)</i>	<i>Significância estatística (p)</i>
<i>Efeitos principais</i>				
Temperatura (L)	<b>-0,01</b>	<b>0,00</b>	<b>-4,69</b>	<b>0,04</b>
Temperatura (Q)	<b>0,01</b>	<b>0,00</b>	<b>6,14</b>	<b>0,03</b>
Concentração (L)	<b>-0,04</b>	<b>0,00</b>	<b>-18,27</b>	<b>0,00</b>
Concentração (Q)	<b>0,01</b>	<b>0,00</b>	<b>6,65</b>	<b>0,02</b>
Tempo (L)	<b>-0,01</b>	<b>0,00</b>	<b>-4,88</b>	<b>0,04</b>
Tempo (Q)	<b>0,02</b>	<b>0,00</b>	<b>6,98</b>	<b>0,02</b>
<i>Efeito das interações</i>				
Temper. × Conc.	-0,00	0,00	-1,01	0,42
Temper. × Tempo	0,00	0,00	0,40	0,73
Conc. × Tempo	-0,01	0,00	-2,01	0,18

(L): linear

(Q): quadrático

**Tabela 12** – Efeito estimado, SS residual, coeficiente t e grau de significância estatística, a cada fator no modelo codificado para atividade de água na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>SS residual</i>	<i>t(7)</i>	<i>Significância estatística (p)</i>
<i>Efeitos principais</i>				
Temperatura (L)	-0,01	0,00	-3,33	0,01
Temperatura (Q)	0,01	0,00	4,35	0,00
Concentração (L)	-0,04	0,00	-12,95	0,00
Concentração (Q)	0,01	0,00	4,71	0,00
Tempo (L)	-0,01	0,00	-3,46	0,01
Tempo (Q)	0,02	0,00	4,95	0,00
<i>Efeito das interações</i>				
Temper. × Conc.	-0,00	0,00	0,71	0,50
Temper. × Tempo	0,00	0,00	0,29	0,78
Conc. × Tempo	-0,01	0,00	-1,43	0,20

(L): linear (Q): quadrático

## 2. Tabelas de efeitos do planejamento fracionário com soluções ternárias

### 2.1. Perda de água (PA)

**Tabela 13** – Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e significância estatística, para cada fator, utilizando solução de NaCl + sacarose, para perda de água.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>Erro puro</i>	<i>t(2)</i>	<i>Significância estatística (p)</i>
Temperatura (°C)	12,78	0,85	15,09	0,00
NaCl (%)	6,00	0,85	7,08	0,02
Sacarose (%)	2,36	0,85	2,79	0,11
Tempo (h)	5,52	0,85	6,51	0,02

**Tabela 14** – Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e significância estatística, para cada fator, utilizando solução de NaCl + xarope de milho, para perda de água.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>Erro puro</i>	<i>t(2)</i>	<i>Significância estatística (p)</i>
Temperatura (°C)	11,38	0,47	23,97	0,00
NaCl (%)	7,70	0,47	16,22	0,00
Xarope (%)	6,55	0,47	13,81	0,01
Tempo (h)	10,23	0,47	21,55	0,00

## 2.2. *Ganho de sólidos (GS)*

**Tabela 15** – Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e significância estatística, para cada fator, utilizando solução de NaCl + sacarose, para ganho de sólidos.

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	t(2)	Significância estatística (p)
<b>Temperatura</b>	<b>-13,02</b>	<b>0,36</b>	<b>-36,22</b>	<b>0,00</b>
<b>NaCl (%)</b>	<b>3,50</b>	<b>0,36</b>	<b>9,73</b>	<b>0,01</b>
Sacarose (%)	1,05	0,36	2,91	0,10
<b>Tempo (h)</b>	<b>6,04</b>	<b>0,36</b>	<b>16,81</b>	<b>0,00</b>

**Tabela 16** – Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e significância estatística, para cada fator, utilizando solução de NaCl + xarope de milho, para ganho de sólidos.

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	t(2)	Significância estatística (p)
<b>Temperatura</b>	<b>-8,99</b>	<b>0,14</b>	<b>-64,07</b>	<b>0,00</b>
<b>NaCl (%)</b>	<b>1,81</b>	<b>0,14</b>	<b>12,86</b>	<b>0,01</b>
<b>Xarope (%)</b>	<b>3,61</b>	<b>0,14</b>	<b>25,70</b>	<b>0,00</b>
<b>Tempo (h)</b>	<b>3,18</b>	<b>0,14</b>	<b>22,69</b>	<b>0,00</b>

## 3. Tabelas de efeitos na desidratação com solução de NaCl + sacarose

### 3.1. *Perda de peso (PP)*

**Tabela 17** – Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e grau de significância estatística, a cada fator no modelo codificado para perda de peso na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	t(2)	Significância estatística (p)
<i>Efeitos principais</i>				
<b>Temperatura (L)</b>	<b>18,47</b>	<b>0,47</b>	<b>39,00</b>	<b>0,00</b>
<b>Temperatura (Q)</b>	<b>-2,43</b>	<b>0,52</b>	<b>-4,65</b>	<b>0,04</b>
Concentração (L)	-1,53	0,47	-3,23	0,08
<b>Concentração (Q)</b>	<b>-4,29</b>	<b>0,52</b>	<b>-8,22</b>	<b>0,01</b>
<b>Tempo (L)</b>	<b>5,33</b>	<b>0,47</b>	<b>11,24</b>	<b>0,01</b>
<b>Tempo (Q)</b>	<b>-7,59</b>	<b>0,52</b>	<b>-14,54</b>	<b>0,00</b>
<i>Efeito das interações</i>				
<b>Temper. X Conc.</b>	<b>3,68</b>	<b>0,62</b>	<b>5,94</b>	<b>0,03</b>
Temper. X Tempo	1,59	0,62	2,56	0,12
<b>Conc. X Tempo</b>	<b>-8,84</b>	<b>0,62</b>	<b>-14,29</b>	<b>0,00</b>

(L): linear (Q): quadrático

**Tabela 18** – Efeito estimado, SS residual, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo codificado para perda de peso na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>SS residual</i>	<i>t(7)</i>	<i>Significância estatística (p)</i>
<i>Efeitos principais</i>				
<b>Temperatura (L)</b>	<b>18,47</b>	<b>0,86</b>	<b>21,39</b>	<b>0,00</b>
<b>Temperatura (Q)</b>	<b>-2,43</b>	<b>0,95</b>	<b>-2,55</b>	<b>0,04</b>
Concentração (L)	-1,53	0,86	-1,77	0,12
<b>Concentração (Q)</b>	<b>-4,29</b>	<b>0,95</b>	<b>-4,51</b>	<b>0,00</b>
<b>Tempo (L)</b>	<b>5,33</b>	<b>0,86</b>	<b>6,17</b>	<b>0,00</b>
<b>Tempo (Q)</b>	<b>-7,59</b>	<b>0,95</b>	<b>-7,97</b>	<b>0,00</b>
<i>Efeito das interações</i>				
<b>Temper. X Conc.</b>	<b>3,68</b>	<b>1,13</b>	<b>3,26</b>	<b>0,01</b>
Temper. X Tempo	1,59	1,13	1,41	0,20
<b>Conc. X Tempo</b>	<b>-8,84</b>	<b>1,13</b>	<b>-7,84</b>	<b>0,00</b>

(L): linear (Q): quadrático

3.2. *Perda de água (PA)***Tabela 19** – Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo codificado para perda de água na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>Erro puro</i>	<i>t(2)</i>	<i>Significância estatística (p)</i>
<i>Efeitos principais</i>				
<b>Temperatura (L)</b>	<b>13,06</b>	<b>0,06</b>	<b>214,95</b>	<b>0,00</b>
Temperatura (Q)	0,19	0,07	2,89	0,10
<b>Concentração (L)</b>	<b>0,88</b>	<b>0,06</b>	<b>14,44</b>	<b>0,00</b>
<b>Concentração (Q)</b>	<b>-2,90</b>	<b>0,06</b>	<b>-43,26</b>	<b>0,00</b>
<b>Tempo (L)</b>	<b>8,30</b>	<b>0,07</b>	<b>136,65</b>	<b>0,00</b>
<b>Tempo (Q)</b>	<b>-3,86</b>	<b>0,07</b>	<b>-57,67</b>	<b>0,00</b>
<i>Efeito das interações</i>				
<b>Temper. X Conc.</b>	<b>1,44</b>	<b>0,08</b>	<b>18,15</b>	<b>0,00</b>
<b>Temper. X Tempo</b>	<b>-2,15</b>	<b>0,08</b>	<b>-27,03</b>	<b>0,00</b>
<b>Conc. X Tempo</b>	<b>-2,22</b>	<b>0,08</b>	<b>-27,95</b>	<b>0,00</b>

(L): linear (Q): quadrático

**Tabela 20** – Efeito estimado, SS residual, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo codificado para perda de água na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>SS residual</i>	<i>t(7)</i>	<i>Significância Estatística (p)</i>
<i>Efeitos principais</i>				
<b>Temperatura (L)</b>	<b>13,06</b>	<b>0,37</b>	<b>34,94</b>	<b>0,00</b>
Temperatura (Q)	0,19	0,41	0,47	0,65
Concentração (L)	0,88	0,37	2,35	0,05
<b>Concentração (Q)</b>	<b>-2,90</b>	<b>0,41</b>	<b>-7,03</b>	<b>0,00</b>
<b>Tempo (L)</b>	<b>8,30</b>	<b>0,37</b>	<b>22,21</b>	<b>0,00</b>
<b>Tempo (Q)</b>	<b>-3,86</b>	<b>0,41</b>	<b>-9,37</b>	<b>0,00</b>
<i>Efeito das interações</i>				
<b>Temper. X Conc.</b>	<b>1,44</b>	<b>0,49</b>	<b>2,95</b>	<b>0,02</b>
<b>Temper. X Tempo</b>	<b>-2,15</b>	<b>0,49</b>	<b>-4,39</b>	<b>0,00</b>
<b>Conc. X Tempo</b>	<b>-2,22</b>	<b>0,49</b>	<b>-4,54</b>	<b>0,00</b>

(L): linear (Q): quadrático

3.3. *Ganho de sólidos (GS)***Tabela 21** – Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo codificado para ganho de sólidos na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>Erro puro</i>	<i>t(2)</i>	<i>Significância estatística (p)</i>
<i>Efeitos principais</i>				
<b>Temperatura (L)</b>	<b>-5,41</b>	<b>0,48</b>	<b>-11,37</b>	<b>0,01</b>
<b>Temperatura (Q)</b>	<b>2,62</b>	<b>0,52</b>	<b>5,00</b>	<b>0,04</b>
<b>Concentração (L)</b>	<b>2,41</b>	<b>0,48</b>	<b>5,06</b>	<b>0,04</b>
Concentração (Q)	1,39	0,52	2,66	0,12
<b>Tempo (L)</b>	<b>2,98</b>	<b>0,48</b>	<b>6,26</b>	<b>0,02</b>
<b>Tempo (Q)</b>	<b>2,73</b>	<b>0,52</b>	<b>7,11</b>	<b>0,02</b>
<i>Efeito das interações</i>				
Temper. X Conc.	-2,24	0,62	-3,60	0,07
<b>Temper. X Tempo</b>	<b>-3,73</b>	<b>0,62</b>	<b>-6,01</b>	<b>0,03</b>
<b>Conc. X Tempo</b>	<b>6,62</b>	<b>0,62</b>	<b>10,65</b>	<b>0,01</b>

(L): linear

(Q): quadrático

**Tabela 22** – Efeito estimado, SS residual, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo codificado para ganho de sólidos na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>SS residual</i>	<i>t(7)</i>	<i>Significância estatística (p)</i>
<i>Efeitos principais</i>				
<b>Temperatura (L)</b>	<b>-5,41</b>	<b>0,94</b>	<b>-5,77</b>	<b>0,00</b>
<b>Temperatura (Q)</b>	<b>2,62</b>	<b>1,03</b>	<b>2,54</b>	<b>0,04</b>
<b>Concentração (L)</b>	<b>2,41</b>	<b>0,94</b>	<b>2,57</b>	<b>0,04</b>
Concentração (Q)	1,39	1,03	1,35	0,22
<b>Tempo (L)</b>	<b>2,98</b>	<b>0,94</b>	<b>3,18</b>	<b>0,02</b>
<b>Tempo (Q)</b>	<b>2,73</b>	<b>1,03</b>	<b>3,61</b>	<b>0,01</b>
<i>Efeito das interações</i>				
Temper. X Conc.	-2,24	1,22	-1,83	0,11
<b>Temper. X Tempo</b>	<b>-3,73</b>	<b>1,22</b>	<b>-3,05</b>	<b>0,02</b>
<b>Conc. X Tempo</b>	<b>6,62</b>	<b>1,22</b>	<b>5,41</b>	<b>0,00</b>

(L): linear

(Q): quadrático

3.4. *TBA (número de ácido tiobarbitúrico)***Tabela 23** – Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo codificado para TBA na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>Erro puro</i>	<i>t(2)</i>	<i>Significância estatística (p)</i>
<i>Efeitos principais</i>				
<b>Temperatura (L)</b>	<b>0,38</b>	<b>0,01</b>	<b>43,05</b>	<b>0,00</b>
Temperatura (Q)	0,00	0,01	-0,45	0,70
<b>Concentração (L)</b>	<b>0,12</b>	<b>0,01</b>	<b>12,92</b>	<b>0,01</b>
<b>Concentração (Q)</b>	<b>-0,07</b>	<b>0,01</b>	<b>-7,09</b>	<b>0,02</b>
<b>Tempo (L)</b>	<b>0,38</b>	<b>0,01</b>	<b>42,07</b>	<b>0,00</b>
<b>Tempo (Q)</b>	<b>-0,11</b>	<b>0,01</b>	<b>-10,70</b>	<b>0,01</b>
<i>Efeito das interações</i>				
Temper. X Conc.	0,02	0,01	1,73	0,23
<b>Temper. X Tempo</b>	<b>0,26</b>	<b>0,01</b>	<b>21,95</b>	<b>0,00</b>
Conc. X Tempo	-0,01	0,01	-0,48	0,68

(L): linear

(Q): quadrático

**Tabela 24**– Efeito estimado, SS residual, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo codificado para TBA na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>SS residual</i>	<i>t(7)</i>	<i>Significância estatística (p)</i>
<i>Efeitos principais</i>				
<b>Temperatura (L)</b>	<b>0,38</b>	<b>0,02</b>	<b>15,57</b>	<b>0,00</b>
Temperatura (Q)	0,00	0,03	-0,16	0,88
<b>Concentração (L)</b>	<b>0,12</b>	<b>0,02</b>	<b>4,67</b>	<b>0,00</b>
<b>Concentração (Q)</b>	<b>-0,07</b>	<b>0,03</b>	<b>-2,57</b>	<b>0,04</b>
<b>Tempo (L)</b>	<b>0,38</b>	<b>0,02</b>	<b>15,21</b>	<b>0,00</b>
<b>Tempo (Q)</b>	<b>-0,11</b>	<b>0,03</b>	<b>-3,87</b>	<b>0,01</b>
<i>Efeito das interações</i>				
Temper. X Conc.	0,02	0,03	0,62	0,55
<b>Temper. X Tempo</b>	<b>0,26</b>	<b>0,03</b>	<b>7,94</b>	<b>0,00</b>
Conc. X Tempo	-0,01	0,03	-0,17	0,87

(L): linear

(Q): quadrático

### 3.5. *GS/PA (ganho de sólidos/ perda de água)*

**Tabela 25** – Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator para GS/PA na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>Erro puro</i>	<i>t(2)</i>	<i>Significância estatística (p)</i>
<i>Efeitos principais</i>				
<b>Temperatura (L)</b>	<b>-0,53</b>	<b>0,02</b>	<b>-32,04</b>	<b>0,00</b>
<b>Temperatura (Q)</b>	<b>0,20</b>	<b>0,02</b>	<b>10,95</b>	<b>0,01</b>
Concentração (L)	0,06	0,02	3,50	0,07
<b>Concentração (Q)</b>	<b>0,10</b>	<b>0,02</b>	<b>5,68</b>	<b>0,03</b>
<b>Tempo (L)</b>	<b>-0,13</b>	<b>0,02</b>	<b>-8,05</b>	<b>0,02</b>
<b>Tempo (Q)</b>	<b>0,27</b>	<b>0,02</b>	<b>14,65</b>	<b>0,00</b>
<i>Efeito das interações</i>				
Temper. X Conc.	-0,09	0,02	-4,07	0,06
Temper. X Tempo	0,01	0,02	0,47	0,69
<b>Conc. X Tempo</b>	<b>0,35</b>	<b>0,02</b>	<b>16,10</b>	<b>0,00</b>

(L): linear

(Q): quadrático

**Tabela 26** – Efeito estimado, SS residual, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator para GS/PA na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>SS residual</i>	<i>t(7)</i>	<i>Significância estatística (p)</i>
<i>Efeitos principais</i>				
<b>Temperatura (L)</b>	<b>-0,53</b>	<b>0,06</b>	<b>-8,92</b>	<b>0,00</b>
<b>Temperatura (Q)</b>	<b>0,20</b>	<b>0,07</b>	<b>3,05</b>	<b>0,02</b>
Concentração (L)	0,06	0,06	0,98	0,36
Concentração (Q)	0,10	0,07	1,58	0,16
Tempo (L)	-0,13	0,06	-2,24	0,06
<b>Tempo (Q)</b>	<b>0,27</b>	<b>0,07</b>	<b>4,08</b>	<b>0,00</b>
<i>Efeito das interações</i>				
Temper. X Conc.	-0,09	0,08	-1,14	0,29
Temper. X Tempo	0,01	0,08	0,13	0,90
<b>Conc. X Tempo</b>	<b>0,35</b>	<b>0,08</b>	<b>4,48</b>	<b>0,00</b>

(L): linear

(Q): quadrático

3.6 *Atividade de água ( $a_w$ )***Tabela 27** – Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator para atividade de água na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>Erro puro</i>	<i>t(2)</i>	<i>Significância estatística (p)</i>
<i>Efeitos principais</i>				
Temperatura (L)	-0,026	0,001	-23,284	0,002
Temperatura (Q)	0,010	0,001	7,921	0,016
Concentração (L)	-0,017	0,001	-14,971	0,004
Concentração (Q)	0,010	0,001	8,206	0,015
Tempo (L)	-0,021	0,001	-18,477	0,003
Tempo (Q)	0,011	0,001	8,492	0,014
<i>Efeito das interações</i>				
Temper. X Conc.	-0,015	0,002	-10,191	0,010
Temper. X Tempo	-0,002	0,002	-1,359	0,307
Conc. X Tempo	0,013	0,002	8,832	0,013

(L): linear

(Q): quadrático

**Tabela 28** – Efeito estimado, SS residual, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator para atividade de água na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+sacarose.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>SS residual</i>	<i>t(7)</i>	<i>Significância estatística (p)</i>
<i>Efeitos principais</i>				
Temperatura (L)	-0,026	0,003	-9,940	0,002
Temperatura (Q)	0,010	0,003	3,381	0,016
Concentração (L)	-0,017	0,003	-6,391	0,004
Concentração (Q)	0,010	0,003	3,503	0,015
Tempo (L)	-0,021	0,003	-7,888	0,003
Tempo (Q)	0,011	0,003	3,625	0,014
<i>Efeito das interações</i>				
Temper. X Conc.	-0,015	0,003	-4,350	0,010
Temper. X Tempo	-0,002	0,003	-0,580	0,307
Conc. X Tempo	0,013	0,003	3,770	0,013

(L): linear

(Q): quadrático

#### 4. Tabelas de efeitos na desidratação com solução de NaCl + xarope de milho

##### 4.1 *Perda de peso (PP)*

**Tabela 29** – Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo codificado para perda de peso na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+xarope de milho.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>Erro puro</i>	<i>t(2)</i>	<i>Significância estatística</i>
<i>Efeitos principais</i>				
<b>Temperatura (L)</b>	<b>18,22</b>	<b>0,41</b>	<b>44,27</b>	<b>0,00</b>
<b>Temperatura (Q)</b>	<b>1,38</b>	<b>0,38</b>	<b>3,59</b>	<b>0,02</b>
<b>NaCl (L)</b>	<b>4,32</b>	<b>0,41</b>	<b>10,50</b>	<b>0,00</b>
NaCl (Q)	0,02	0,38	-0,04	0,97
<b>Xarope de milho (L)</b>	<b>3,20</b>	<b>0,41</b>	<b>7,78</b>	<b>0,00</b>
<b>Xarope de milho (Q)</b>	<b>-3,81</b>	<b>0,38</b>	<b>-9,89</b>	<b>0,00</b>
<b>Tempo (L)</b>	<b>5,76</b>	<b>0,41</b>	<b>14,01</b>	<b>0,00</b>
<b>Tempo (Q)</b>	<b>-2,16</b>	<b>0,38</b>	<b>-5,60</b>	<b>0,00</b>
<i>Efeito das interações</i>				
Temperat. × NaCl	0,98	0,50	1,95	0,11
Temper. × xarope	0,14	0,50	0,27	0,79
Temperat. × tempo	1,19	0,50	2,36	0,06
NaCl × xarope	0,67	0,50	1,33	0,24
<b>NaCl × tempo</b>	<b>1,62</b>	<b>0,50</b>	<b>3,22</b>	<b>0,02</b>
Xarope × tempo	-1,19	0,50	-2,35	0,07

(L): linear

(Q): quadrático

**Tabela 30** – Efeito estimado, SS residual, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo codificado para perda de peso na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+xarope de milho.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>SS residual</i>	<i>t(2)</i>	<i>Significância estatística</i>
<i>Efeitos principais</i>				
<b>Temperatura (L)</b>	<b>18,22</b>	<b>0,78</b>	<b>23,26</b>	<b>0,00</b>
Temperatura (Q)	1,38	0,73	1,88	0,08
<b>NaCl (L)</b>	<b>4,32</b>	<b>0,78</b>	<b>5,52</b>	<b>0,00</b>
NaCl (Q)	0,02	0,73	-0,02	0,98
<b>Xarope de milho (L)</b>	<b>3,20</b>	<b>0,78</b>	<b>4,09</b>	<b>0,00</b>
<b>Xarope de milho (Q)</b>	<b>-3,81</b>	<b>0,73</b>	<b>-5,20</b>	<b>0,00</b>
<b>Tempo (L)</b>	<b>5,76</b>	<b>0,78</b>	<b>7,36</b>	<b>0,00</b>
<b>Tempo (Q)</b>	<b>-2,16</b>	<b>0,73</b>	<b>-2,94</b>	<b>0,01</b>
<i>Efeito das interações</i>				
Temperat. × NaCl	0,98	0,96	1,02	0,32
Temper. × xarope	0,14	0,96	0,14	0,89
Temperat. × tempo	1,19	0,96	1,24	0,23
NaCl × xarope	0,67	0,96	0,70	0,50
NaCl × tempo	1,62	0,96	1,69	0,11
Xarope × tempo	-1,19	0,96	-1,24	0,24

(L): linear

(Q): quadrático

4.2. *Perda de água (PA)***Tabela 31**– Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo codificado para perda de água na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+xarope de milho.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>Erro puro</i>	<i>t(15)</i>	<i>Significância estatística</i>
<i>Efeitos principais</i>				
<b>Temperatura (L)</b>	<b>8,92</b>	<b>0,38</b>	<b>23,79</b>	<b>0,00</b>
Temperatura (Q)	0,25	0,35	0,70	0,51
<b>NaCl (L)</b>	<b>6,29</b>	<b>0,38</b>	<b>16,77</b>	<b>0,00</b>
NaCl (Q)	-1,31	0,35	-3,72	0,01
<b>Xarope de milho (L)</b>	<b>6,02</b>	<b>0,38</b>	<b>16,06</b>	<b>0,00</b>
<b>Xarope de milho (Q)</b>	<b>-5,57</b>	<b>0,35</b>	<b>-15,86</b>	<b>0,00</b>
<b>Tempo (L)</b>	<b>7,38</b>	<b>0,38</b>	<b>19,68</b>	<b>0,00</b>
<b>Tempo (Q)</b>	<b>-4,66</b>	<b>0,35</b>	<b>-13,27</b>	<b>0,00</b>
<i>Efeito das interações</i>				
Temperat. × NaCl	0,38	0,46	0,83	0,45
Temper. × xarope	-0,28	0,46	-0,61	0,57
Temperat. × tempo	-0,05	0,46	-0,11	0,92
NaCl × xarope	-0,72	0,46	-1,57	0,18
NaCl × tempo	0,39	0,46	0,84	0,44
<b>Xarope × tempo</b>	<b>-2,17</b>	<b>0,46</b>	<b>-4,71</b>	<b>0,01</b>

(L): linear (Q): quadrático

**Tabela 32** – Efeito estimado, SS residual, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo codificado para perda de água na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl+xarope de milho.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>SS residual</i>	<i>t(15)</i>	<i>Significância estatística</i>
<i>Efeitos principais</i>				
<b>Temperatura (L)</b>	<b>8,92</b>	<b>0,83</b>	<b>10,80</b>	<b>0,00</b>
Temperatura (Q)	0,25	0,77	0,32	0,75
<b>NaCl (L)</b>	<b>6,29</b>	<b>0,83</b>	<b>7,62</b>	<b>0,00</b>
NaCl (Q)	-1,31	0,77	-1,69	0,11
<b>Xarope de milho (L)</b>	<b>6,02</b>	<b>0,83</b>	<b>7,29</b>	<b>0,00</b>
<b>Xarope de milho (Q)</b>	<b>-5,57</b>	<b>0,77</b>	<b>-7,20</b>	<b>0,00</b>
<b>Tempo (L)</b>	<b>7,38</b>	<b>0,83</b>	<b>8,94</b>	<b>0,00</b>
<b>Tempo (Q)</b>	<b>-4,66</b>	<b>0,77</b>	<b>-6,03</b>	<b>0,00</b>
<i>Efeito das interações</i>				
Temperat. × NaCl	0,38	1,01	0,38	0,71
Temper. × xarope	-0,28	1,01	-0,27	0,79
Temperat. × tempo	-0,05	1,05	-0,05	0,96
NaCl × xarope	-0,72	1,01	-0,71	0,49
NaCl × tempo	0,39	1,01	38,12	0,71
<b>Xarope × tempo</b>	<b>-2,17</b>	<b>1,05</b>	<b>-2,14</b>	<b>0,05</b>

(L): linear (Q): quadrático

4.3. *Ganho de sólidos (GS)***Tabela 33** – Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo codificado para ganho de sólidos.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>Erro puro</i>	<i>t(15)</i>	<i>Significância estatística</i>
<i>Efeitos principais</i>				
Temperatura (L)	<b>-9,30</b>	<b>0,14</b>	<b>-65,77</b>	<b>0,00</b>
Temperatura (Q)	<b>-1,13</b>	<b>0,13</b>	<b>-8,57</b>	<b>0,00</b>
NaCl (L)	<b>1,97</b>	<b>0,14</b>	<b>13,93</b>	<b>0,00</b>
NaCl (Q)	<b>-1,29</b>	<b>0,13</b>	<b>-9,76</b>	<b>0,00</b>
Xarope de milho (L)	<b>2,82</b>	<b>0,14</b>	<b>19,97</b>	<b>0,00</b>
Xarope de milho (Q)	<b>-1,76</b>	<b>0,13</b>	<b>-13,29</b>	<b>0,00</b>
Tempo (L)	<b>1,62</b>	<b>0,14</b>	<b>11,46</b>	<b>0,00</b>
Tempo (Q)	<b>-2,50</b>	<b>0,13</b>	<b>-18,90</b>	
<i>Efeito das interações</i>				
Temperat. × NaCl	<b>-0,60</b>	<b>0,17</b>	<b>-3,48</b>	<b>0,02</b>
Temper. × xarope	-0,42	0,17	-2,41	0,06
Temperat. × tempo	<b>-1,24</b>	<b>0,17</b>	<b>-7,16</b>	<b>0,00</b>
NaCl × xarope	<b>-1,39</b>	<b>0,17</b>	<b>-8,03</b>	<b>0,00</b>
NaCl × tempo	<b>-1,24</b>	<b>0,17</b>	<b>-7,15</b>	<b>0,00</b>
Xarope × tempo	<b>0,98</b>	<b>0,17</b>	<b>-5,66</b>	<b>0,00</b>

(L): linear (Q): quadrático

**Tabela 34** – Efeito estimado, SS residual, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo codificado para ganho de sólidos.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>SS residual</i>	<i>t(15)</i>	<i>Significância estatística</i>
<i>Efeitos principais</i>				
Temperatura (L)	<b>-9,30</b>	<b>0,48</b>	<b>-19,52</b>	<b>0,00</b>
Temperatura (Q)	<b>-1,13</b>	<b>0,45</b>	<b>-2,54</b>	<b>0,02</b>
NaCl (L)	<b>1,97</b>	<b>0,48</b>	<b>4,13</b>	<b>0,00</b>
NaCl (Q)	<b>-1,29</b>	<b>0,45</b>	<b>-2,89</b>	<b>0,01</b>
Xarope de milho (L)	<b>2,82</b>	<b>0,48</b>	<b>5,93</b>	<b>0,00</b>
Xarope de milho (Q)	<b>-1,76</b>	<b>0,45</b>	<b>-3,95</b>	<b>0,00</b>
Tempo (L)	<b>1,62</b>	<b>0,48</b>	<b>3,40</b>	<b>0,00</b>
Tempo (Q)	<b>-2,50</b>	<b>0,45</b>	<b>-5,61</b>	<b>0,00</b>
<i>Efeito das interações</i>				
Temperat. × NaCl	-0,60	0,58	-1,03	0,32
Temper. × xarope	-0,42	0,58	-0,71	0,49
<b>Temperat. × tempo</b>	<b>-1,24</b>	<b>0,58</b>	<b>-2,13</b>	<b>0,05</b>
<b>NaCl × xarope</b>	<b>-1,39</b>	<b>0,58</b>	<b>-2,38</b>	<b>0,03</b>
<b>NaCl × tempo</b>	<b>-1,24</b>	<b>0,58</b>	<b>-2,12</b>	<b>0,05</b>
Xarope × tempo	0,98	0,58	-1,68	0,11

(L): linear (Q): quadrático

4.4. *Número de ácido tiobarbitúrico (TBA)***Tabela 35** – Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e grau de significância estatística, a cada fator para TBA na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>Erro puro</i>	<i>t(15)</i>	<i>Significância estatística</i>
<i>Efeitos principais</i>				
<b>Temperatura (L)</b>	<b>0,24</b>	<b>0,01</b>	<b>24,03</b>	<b>0,00</b>
<b>Temperatura (Q)</b>	<b>0,11</b>	<b>0,01</b>	<b>11,36</b>	<b>0,00</b>
NaCl (L)	<b>0,05</b>	<b>0,01</b>	<b>4,53</b>	<b>0,01</b>
NaCl (Q)	0,00	0,01	0,14	0,90
Xarope de milho (L)	0,02	0,01	1,66	0,16
<b>Xarope de milho (Q)</b>	<b>0,08</b>	<b>0,01</b>	<b>8,28</b>	<b>0,00</b>
<b>Tempo (L)</b>	<b>0,13</b>	<b>0,01</b>	<b>13,19</b>	<b>0,00</b>
<b>Tempo (Q)</b>	<b>0,07</b>	<b>0,01</b>	<b>7,10</b>	<b>0,00</b>
<i>Efeito das interações</i>				
<b>Temperat. × NaCl</b>	<b>-0,06</b>	<b>0,01</b>	<b>-4,97</b>	<b>0,00</b>
Temper. × xarope	0,01	0,01	1,12	0,31
<b>Temperat. × tempo</b>	<b>0,07</b>	<b>0,01</b>	<b>6,10</b>	<b>0,00</b>
<b>NaCl × xarope</b>	<b>0,12</b>	<b>0,01</b>	<b>10,20</b>	<b>0,00</b>
NaCl × tempo	0,01	0,01	1,04	0,35
<b>Xarope × tempo</b>	<b>-0,06</b>	<b>0,01</b>	<b>-5,26</b>	<b>0,00</b>

(L): linear (Q): quadrático

**Tabela 36** – Efeito estimado, SS residual, coeficiente t e grau de significância estatística a cada fator para TBA na desidratação osmótica de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>SS residual</i>	<i>t(15)</i>	<i>Significância estatística</i>
<i>Efeitos principais</i>				
<b>Temperatura (L)</b>	<b>0,24</b>	<b>0,02</b>	<b>11,71</b>	<b>0,00</b>
<b>Temperatura (Q)</b>	<b>0,11</b>	<b>0,02</b>	<b>5,54</b>	<b>0,00</b>
NaCl (L)	<b>0,05</b>	<b>0,02</b>	<b>2,21</b>	<b>0,04</b>
NaCl (Q)	0,00	0,02	0,07	0,95
Xarope de milho (L)	0,02	<b>0,02</b>	0,81	0,43
<b>Xarope de milho (Q)</b>	<b>0,08</b>	<b>0,02</b>	<b>4,04</b>	<b>0,00</b>
<b>Tempo (L)</b>	<b>0,13</b>	<b>0,02</b>	<b>6,43</b>	<b>0,00</b>
<b>Tempo (Q)</b>	<b>0,07</b>	<b>0,02</b>	<b>3,46</b>	<b>0,00</b>
<i>Efeito das interações</i>				
<b>Temperat. × NaCl</b>	<b>-0,06</b>	<b>0,03</b>	<b>-2,42</b>	<b>0,03</b>
Temper. × xarope	0,01	0,03	0,54	0,59
<b>Temperat. × tempo</b>	<b>0,07</b>	<b>0,03</b>	<b>2,97</b>	<b>0,01</b>
<b>NaCl × xarope</b>	<b>0,12</b>	<b>0,03</b>	<b>4,97</b>	<b>0,00</b>
NaCl × tempo	0,01	0,03	0,51	0,62
<b>Xarope × tempo</b>	<b>-0,06</b>	<b>0,03</b>	<b>-2,56</b>	<b>0,02</b>

(L): linear (Q): quadrático

4.5. Ganho de sólidos / perda de água (GS/PA)**Tabela 37** – Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e grau de significância estatística, a cada fator para GS/PA na desidratação osmótica de filé de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>Erro puro</i>	<i>t(5)</i>	<i>Significância estatística</i>
<i>Efeitos principais</i>				
<b>Temperatura (L)</b>	<b>-0,64</b>	<b>0,01</b>	<b>-72,54</b>	<b>0,00</b>
Temperatura (Q)	0,03	0,01	3,17	0,02
NaCl (L)	-0,12	0,01	-13,28	0,00
NaCl (Q)	0,00	0,01	0,57	0,59
<b>Xarope de milho (L)</b>	<b>-0,13</b>	<b>0,01</b>	<b>-15,12</b>	<b>0,00</b>
Xarope de milho (Q)	0,12	0,01	14,21	0,00
<b>Tempo (L)</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,01</b>	<b>-21,75</b>	<b>0,00</b>
Tempo (Q)	0,05	0,01	5,47	0,00
<i>Efeito das interações</i>				
Temperat. × NaCl	0,13	0,01	12,04	0,00
Temper. × xarope	0,18	0,01	16,12	0,00
Temperat. × tempo	0,17	0,01	15,46	0,00
NaCl × xarope	0,07	0,01	6,56	0,00
NaCl × tempo	0,04	0,01	3,52	0,02
Xarope × tempo	0,14	0,01	13,31	0,00

(L): linear

(Q): quadrático

**Tabela 38** – Efeito estimado, SS residual, coeficiente t e grau de significância estatística a cada fator para GS/PA na desidratação osmótica de filé de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>SS residual</i>	<i>t(15)</i>	<i>Significância estatística</i>
<i>Efeitos principais</i>				
<b>Temperatura (L)</b>	<b>-0,64</b>	<b>0,06</b>	<b>-10,02</b>	<b>0,00</b>
Temperatura (Q)	0,03	0,06	0,44	0,67
NaCl (L)	-0,12	0,06	-1,84	0,09
NaCl (Q)	0,00	0,06	0,08	0,94
<b>Xarope de milho (L)</b>	<b>-0,13</b>	<b>0,06</b>	<b>-2,09</b>	<b>0,05</b>
Xarope de milho (Q)	0,12	0,06	1,96	0,07
<b>Tempo (L)</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,06</b>	<b>-3,00</b>	<b>0,01</b>
Tempo (Q)	0,05	0,06	0,76	0,46
<i>Efeito das interações</i>				
Temperat. × NaCl	0,13	0,08	1,66	0,12
<b>Temper. × xarope</b>	<b>0,18</b>	<b>0,08</b>	<b>2,23</b>	<b>0,04</b>
<b>Temperat. × tempo</b>	<b>0,17</b>	<b>0,08</b>	<b>2,14</b>	<b>0,05</b>
NaCl × xarope	0,07	0,08	0,91	0,38
NaCl × tempo	0,04	0,08	0,49	0,63
Xarope × tempo	0,14	0,08	1,84	0,09

(L): linear

(Q): quadrático

4.6. *Atividade de água ( $a_w$ )***Tabela 39** – Efeito estimado, erro puro, coeficiente t e grau de significância estatística, a cada fator para atividade de água na desidratação osmótica de filé de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.

<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>Erro puro</i>	<i>t(5)</i>	<i>Significância estatística</i>
<i>Efeitos principais</i>				
Temperatura (L)	-0,01	0,00	-8,37	0,00
Temperatura (Q)	0,01	0,00	5,95	0,00
NaCl (L)	-0,02	0,00	-12,96	0,00
NaCl (Q)	0,01	0,00	7,46	0,00
Xarope de milho (L)	-0,01	0,00	-4,95	0,00
Xarope de milho (Q)	0,01	0,00	6,90	0,00
Tempo (L)	-0,03	0,00	-19,80	0,00
Tempo (Q)	0,01	0,00	8,03	0,00
<i>Efeito das interações</i>				
Temperat. × NaCl	0,00	0,00	-0,29	0,78
Temper. × xarope	-0,02	0,00	-8,80	0,00
Temperat. × tempo	0,00	0,00	0,14	0,89
NaCl × xarope	-0,01	0,00	-8,37	0,00
NaCl × tempo	0,02	0,00	11,26	0,00
Xarope × tempo	0,01	0,00	7,07	0,00

(L): linear (Q): quadrático

**Tabela 40** – Efeito estimado, SS residual, coeficiente t e grau de significância estatística, a cada fator para atividade de água na desidratação osmótica de filé de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.

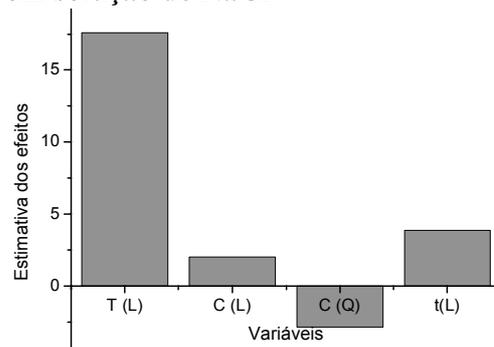
<i>Fatores</i>	<i>Efeito estimado</i>	<i>SS residual</i>	<i>t(15)</i>	<i>Significância estatística</i>
<i>Efeitos principais</i>				
Temperatura (L)	-0,01	0,00	-2,94	0,01
Temperatura (Q)	0,01	0,00	2,09	0,05
NaCl (L)	-0,02	0,00	-4,56	0,00
NaCl (Q)	0,01	0,00	2,62	0,02
Xarope de milho (L)	-0,01	0,00	-1,74	0,10
Xarope de milho (Q)	0,01	0,00	2,42	0,03
Tempo (L)	-0,03	0,00	-6,96	0,00
Tempo (Q)	0,01	0,00	2,82	0,01
<i>Efeito das interações</i>				
Temperat. × NaCl	0,00	0,00	-0,10	0,92
Temper. × xarope	-0,02	0,00	-3,09	0,01
Temperat. × tempo	0,00	0,00	0,05	0,96
NaCl × xarope	-0,01	0,00	-2,94	0,01
NaCl × tempo	0,02	0,00	3,96	0,00
Xarope × tempo	0,01	0,00	2,49	0,03

(L): linear (Q): quadrático

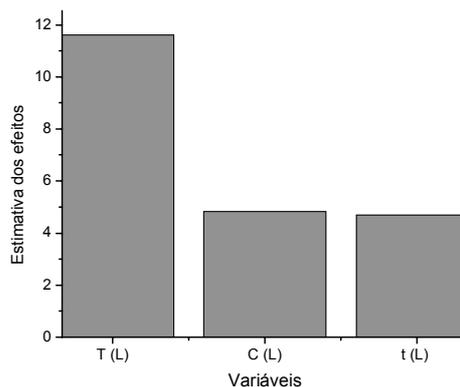
## APÊNDICE C

### Gráficos dos efeitos significativos da desidratação osmótica

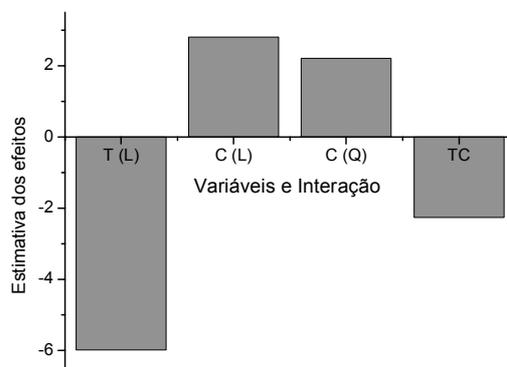
#### 1. Desidratação osmótica com solução de NaCl



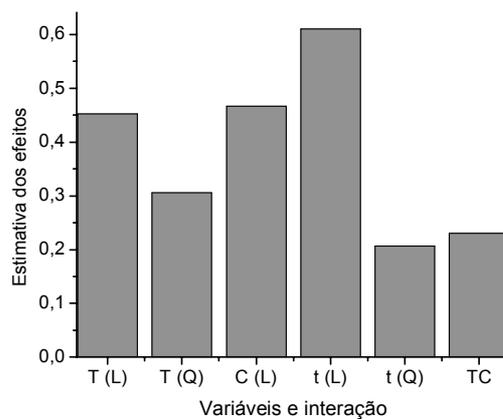
**Figura 1** – Valores de efeitos significativos para perda de peso, da desidratação osmótica de filé de mapará, em solução de NaCl.



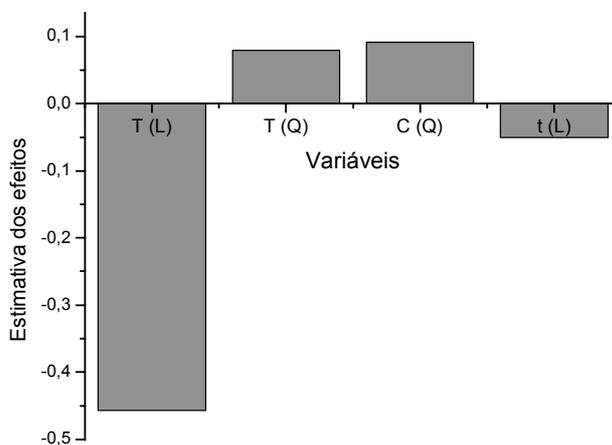
**Figura 2**- Valores de efeitos significativos para a perda de água, da desidratação osmótica de filé de peixe mapará, em solução de NaCl



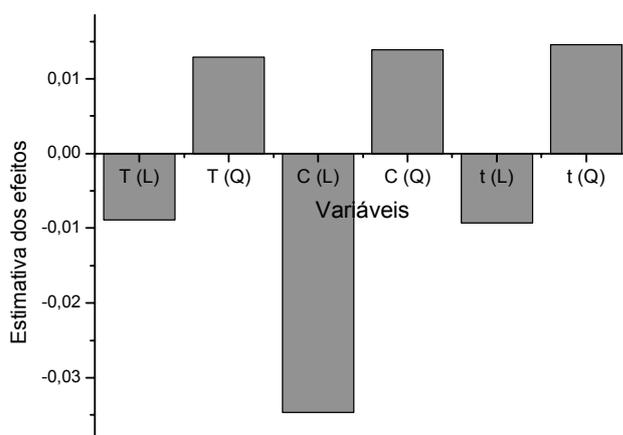
**Figura 3** – Valores de efeitos significativos para o ganho de sólidos, da desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl.



**Figura 4** – Valores de efeitos significativos para TBA na desidratação osmótica de filé de mapará em solução de NaCl.

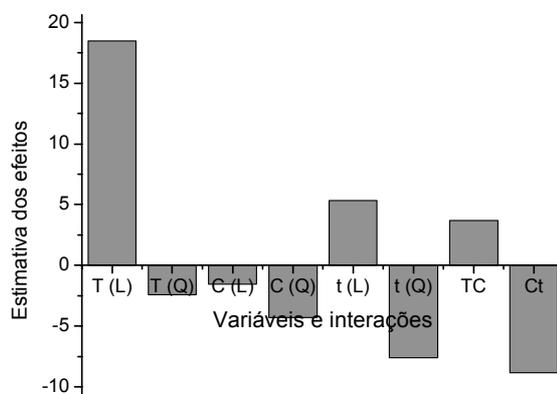


**Figura 5** – Valores de efeitos significativos para GS/PA na desidratação osmótica de filé de mapará em solução de NaCl.

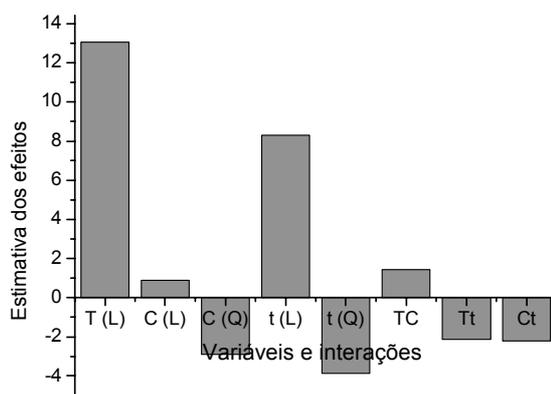


**Figura 6** – Valores de efeitos significativos para atividade de água na desidratação osmótica de filé de mapará em solução de NaCl.

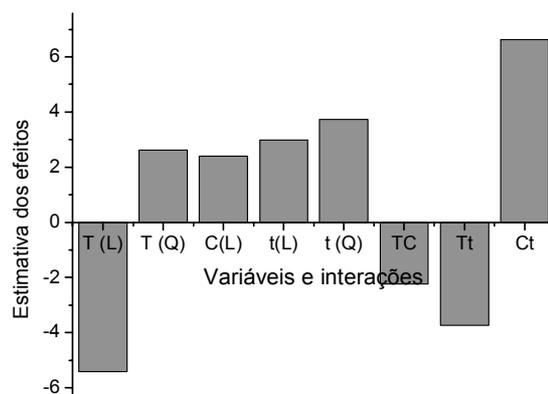
## 2. Desidratação osmótica com solução de NaCl + sacarose



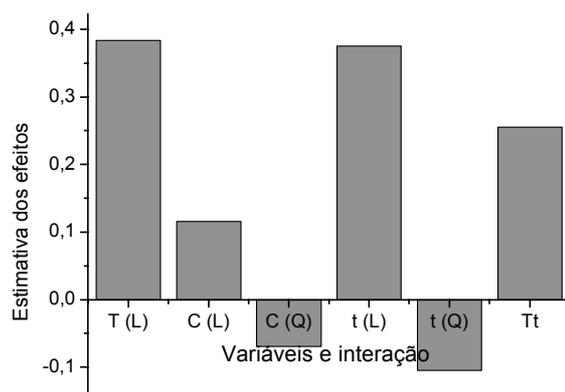
**Figura 7** – Valores de efeitos significativos para a perda de peso, na desidratação osmótica de filé de mapará, em solução de NaCl+ sacarose.



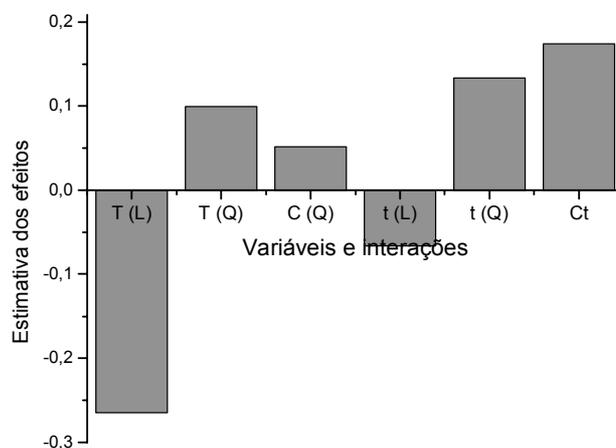
**Figura 8** – Valores de efeitos significativos para a perda de água, na desidratação osmótica de filé de mapará, em solução de NaCl+ sacarose.



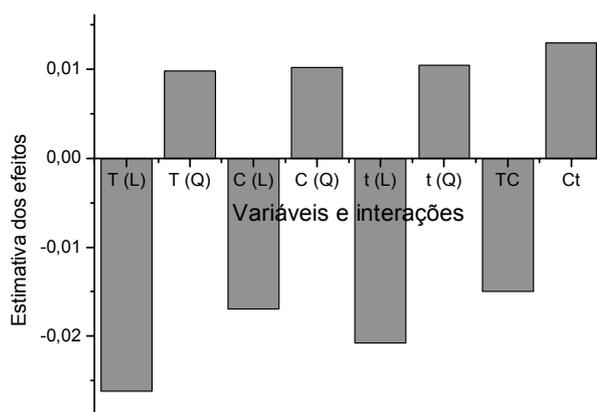
**Figura 9** – Valores de efeitos significativos para o ganho de sólidos na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl+sacarose.



**Figura 10** – Valores de efeitos significativos para TBA na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl+sacarose.

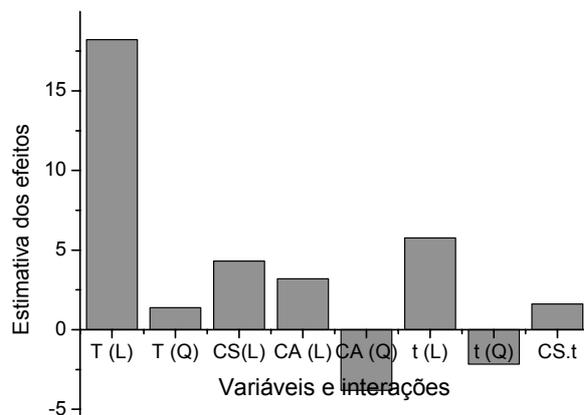


**Figura 11** – Valores de efeitos significativos para GS/PA na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl+sacarose.

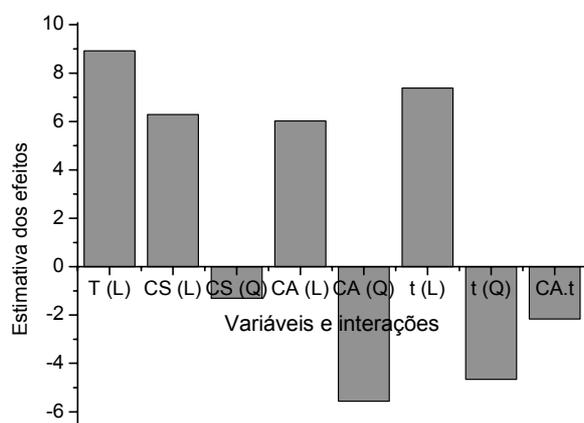


**Figura 12** – Valores de efeitos significativos para atividade de água na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl+sacarose.

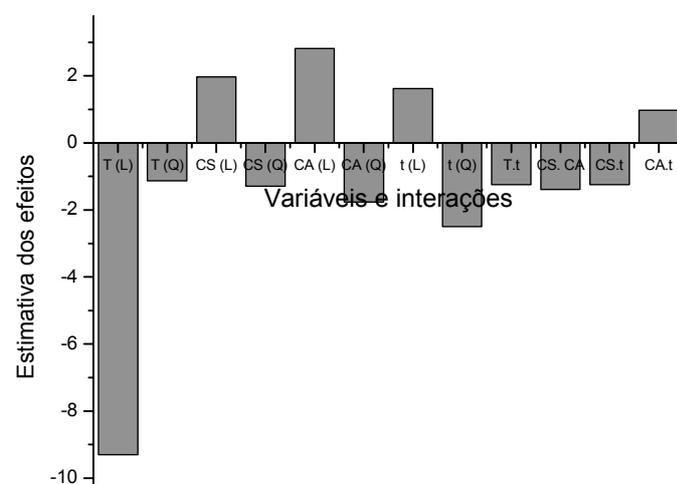
### 3. Desidratação osmótica com solução de NaCl + xarope de milho



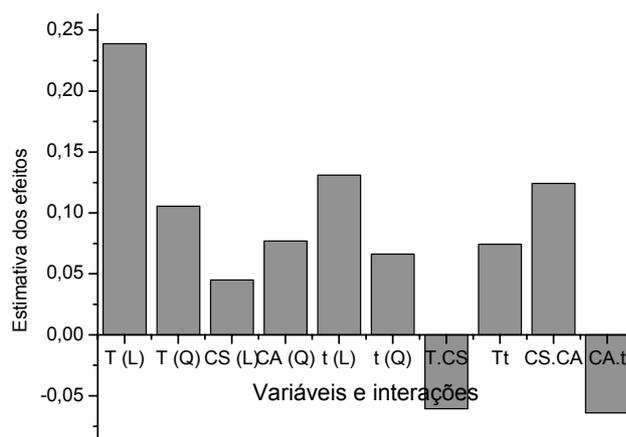
**Figura 13**– Valores de efeitos significativos para perda de peso na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



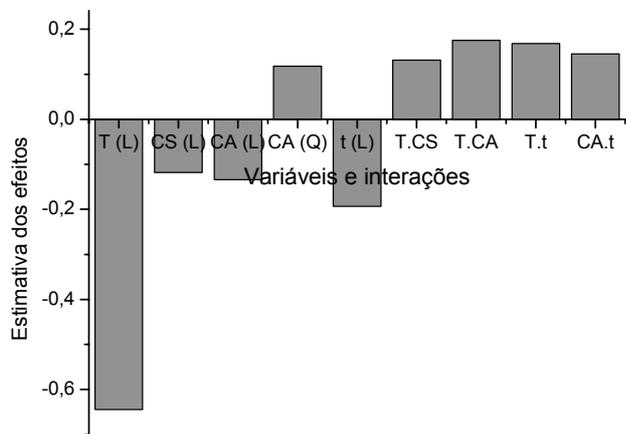
**Figura 14**– Valores de efeitos significativos para perda de água na desidratação osmótica de filés de mapará em solução de NaCl + xarope de milho.



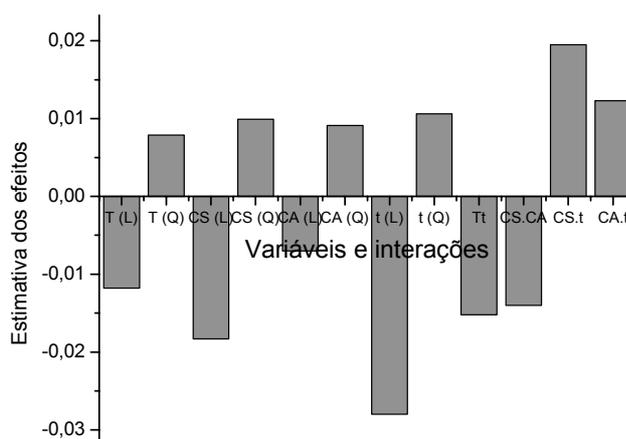
**Figura 15**– Valores significativos para o ganho de sólidos, na desidratação osmótica de filés de mapará, em solução de NaCl + xarope de milho.



**Figura 16**– Valores de efeitos significativos para TBA, na desidratação osmótica de filés de mapará, em solução de NaCl + xarope de milho.



**Figura 17**– Valores de efeitos significativos para GS/PA, na desidratação osmótica de filés de mapará, em solução de NaCl + xarope de milho.



**Figura 18**– Valores significativos para atividade de água, na desidratação osmótica de filés de mapará, em solução de NaCl + xarope de milho.

## APÊNDICE D

## Tabelas dos dados da cinética de secagem

**Tabela 1** – Dados experimentais de cinética de secagem de amostra “*in Natura*” na temperatura de 40°C, velocidade do ar de 1,5m/s

t (h)	Amostra (g)	X <sub>bu</sub> (%)	X <sub>bs</sub> (%)	Adm	t (h)	Amostra (g)	X <sub>bu</sub> (%)	X <sub>bs</sub> (%)	Adm
0	23,37	64,01	1,78	1,000	41	12,13	33,22	0,50	0,040
1	20,92	57,29	1,34	0,672	42	12,05	33,02	0,49	0,037
2	19,92	54,56	1,20	0,567	43	12,00	32,86	0,49	0,034
3	18,77	51,41	1,06	0,460	44	11,94	32,71	0,49	0,032
4	17,88	48,97	0,96	0,386	45	11,89	32,56	0,48	0,029
5	16,85	46,17	0,86	0,310	46	11,84	32,42	0,48	0,027
6	16,64	45,58	0,84	0,295	47	11,78	32,26	0,48	0,024
7	16,36	44,80	0,81	0,275	48	11,74	32,14	0,47	0,022
8	16,10	44,09	0,79	0,258	49	11,69	32,02	0,47	0,020
9	15,87	43,48	0,77	0,244	50	11,65	31,91	0,47	0,019
10	15,62	42,77	0,75	0,227	51	11,60	31,77	0,47	0,016
11	15,42	42,23	0,73	0,215	52	11,56	31,65	0,46	0,014
12	15,22	41,69	0,72	0,203	53	11,52	31,55	0,46	0,013
13	15,03	41,16	0,70	0,191	54	11,46	31,39	0,46	0,010
14	14,85	40,66	0,69	0,181	55	11,40	31,23	0,45	0,008
15	14,68	40,20	0,67	0,171	56	11,36	31,12	0,45	0,006
16	14,52	39,76	0,66	0,162	57	11,32	31,01	0,45	0,004
17	14,36	39,34	0,65	0,153	58	11,31	30,99	0,45	0,004
18	14,21	38,91	0,64	0,145	59	11,27	30,88	0,45	0,002
19	14,09	38,60	0,63	0,138	60	11,23	30,77	0,44	0,000
20	13,94	38,19	0,62	0,130					
21	13,78	37,74	0,61	0,122					
22	13,68	37,46	0,60	0,116					
23	13,57	37,17	0,59	0,111					
24	13,46	36,86	0,58	0,105					
25	13,35	36,56	0,58	0,099					
26	13,25	36,29	0,57	0,094					
27	13,15	36,01	0,56	0,089					
28	13,06	35,77	0,56	0,085					
29	12,96	35,49	0,55	0,080					
30	12,84	35,17	0,54	0,074					
31	12,80	35,05	0,54	0,072					
32	12,72	34,85	0,53	0,068					
33	12,65	34,64	0,53	0,064					
34	12,56	34,40	0,52	0,060					
35	12,49	34,21	0,52	0,057					
36	12,42	34,02	0,52	0,054					
37	12,36	33,85	0,51	0,051					
38	12,29	33,67	0,51	0,048					
39	12,24	33,51	0,50	0,045					
40	12,17	33,34	0,50	0,042					

**Tabela 2** – Dados experimentais de cinética de secagem de amostra “*in Natura*” na temperatura de 50°C, velocidade do ar de 1,5m/s.

Amostra					Amostra				
t (h)	(g)	Xbu (%)	Xbs (%)	Adm	t (h)	(g)	Xbu (%)	Xbs (%)	Adm
0	25,04	64,01	1,78	1,000	41	12,40	31,71	0,46	0,019
1	22,35	57,15	1,33	0,668	42	12,28	31,39	0,46	0,014
2	21,36	54,61	1,20	0,571	43	12,20	31,18	0,45	0,011
3	19,98	51,08	1,04	0,452	44	12,08	30,87	0,45	0,006
4	19,08	48,79	0,95	0,384	45	12,07	30,85	0,45	0,006
5	17,97	45,94	0,85	0,307	46	12,02	30,74	0,44	0,004
6	17,43	44,56	0,80	0,272	47	11,98	30,62	0,44	0,002
7	17,27	44,15	0,79	0,263	48	11,93	30,49	0,44	0,000
8	17,02	43,52	0,77	0,248					
9	16,79	42,92	0,75	0,234					
10	16,57	42,37	0,74	0,221					
11	16,39	41,89	0,72	0,211					
12	16,20	41,43	0,71	0,200					
13	16,03	40,97	0,69	0,191					
14	15,86	40,54	0,68	0,182					
15	15,58	39,84	0,66	0,167					
16	15,33	39,19	0,64	0,154					
17	15,13	38,67	0,63	0,143					
18	15,01	38,37	0,62	0,137					
19	14,84	37,93	0,61	0,129					
20	14,66	37,47	0,60	0,120					
21	14,43	36,88	0,58	0,109					
22	14,30	36,56	0,58	0,103					
23	14,17	36,22	0,57	0,097					
24	14,03	35,86	0,56	0,090					
25	13,89	35,51	0,55	0,084					
26	13,77	35,19	0,54	0,078					
27	13,63	34,85	0,54	0,072					
28	13,52	34,57	0,53	0,067					
29	13,41	34,27	0,52	0,062					
30	13,30	34,01	0,52	0,057					
31	13,19	33,73	0,51	0,053					
32	13,10	33,49	0,50	0,048					
33	13,00	33,24	0,50	0,044					
34	12,90	32,98	0,49	0,040					
35	12,80	32,72	0,49	0,036					
36	12,73	32,55	0,48	0,033					
37	12,67	32,38	0,48	0,030					
38	12,60	32,21	0,48	0,027					
39	12,53	32,04	0,47	0,025					
40	12,47	31,87	0,47	0,022					

**Tabela 3**– Dados experimentais de cinética de secagem de amostra “*in Natura*” na temperatura de 60°C, velocidade do ar de 1,5m/s.

t (h)	P amostra (g)	Xbu (%)	Xbs (%)	Adm
0	22,10	64,01	1,78	1,000
1	19,08	55,26	1,24	0,609
2	17,38	50,34	1,01	0,449
3	16,02	46,40	0,87	0,343
4	14,88	43,11	0,76	0,265
5	14,38	41,64	0,71	0,233
6	14,00	40,54	0,68	0,210
7	13,70	39,69	0,66	0,193
8	13,33	38,62	0,63	0,173
9	13,06	37,82	0,61	0,157
10	12,76	36,96	0,59	0,142
11	12,47	36,12	0,57	0,127
12	12,24	35,47	0,55	0,115
13	12,05	34,89	0,54	0,105
14	11,85	34,31	0,52	0,096
15	11,67	33,81	0,51	0,087
16	11,48	33,25	0,50	0,078
17	11,29	32,71	0,49	0,070
18	11,15	32,30	0,48	0,063
19	11,03	31,96	0,47	0,058
20	10,93	31,67	0,46	0,053
21	10,79	31,27	0,45	0,047
22	10,66	30,89	0,45	0,041
23	10,56	30,59	0,44	0,037
24	10,46	30,30	0,43	0,033
25	10,36	30,02	0,43	0,028
26	10,27	29,75	0,42	0,024
27	10,19	29,52	0,42	0,021
28	10,10	29,24	0,41	0,017
29	10,03	29,06	0,41	0,014
30	9,95	28,82	0,40	0,011
31	9,89	28,64	0,40	0,008
32	9,83	28,48	0,40	0,006
33	9,76	28,28	0,39	0,003
34	9,70	28,10	0,39	0,001
35	9,68	28,04	0,39	0,000

**Tabela 4**– Dados experimentais de cinética de secagem de amostra desidratada em solução de NaCl na temperatura de 40°C, velocidade do ar de 1,5m/s.

<b>t (h)</b>	<b>Amostra (g)</b>	<b>Xbu (%)</b>	<b>Xbs (%)</b>	<b>Adm</b>
0	53,03	47,19	0,89	1,000
1	46,89	41,73	0,72	0,691
2	42,60	37,91	0,61	0,507
3	39,39	35,05	0,54	0,384
4	37,80	33,64	0,51	0,326
5	36,77	32,72	0,49	0,291
6	35,73	31,80	0,47	0,256
7	34,96	31,11	0,45	0,230
8	34,19	30,42	0,44	0,205
9	33,57	29,87	0,43	0,186
10	32,94	29,31	0,41	0,166
11	32,57	28,98	0,41	0,155
12	32,20	28,65	0,40	0,143
13	31,80	28,30	0,39	0,131
14	31,40	27,94	0,39	0,119
15	31,02	27,60	0,38	0,108
16	30,64	27,27	0,37	0,097
17	30,38	27,03	0,37	0,089
18	30,12	26,80	0,37	0,082
19	29,86	26,57	0,36	0,074
20	29,59	26,33	0,36	0,066
21	29,28	26,06	0,35	0,057
22	28,97	25,78	0,35	0,049
23	28,65	25,49	0,34	0,040
24	28,32	25,20	0,34	0,031
25	28,02	24,93	0,33	0,022
26	27,72	24,67	0,33	0,014
27	27,61	24,56	0,33	0,011
28	27,49	24,46	0,32	0,008
29	27,38	24,36	0,32	0,005
30	27,27	24,27	0,32	0,002
31	27,24	24,24	0,32	0,001
32	27,20	24,20	0,32	0,000

**Tabela 5**– Dados experimentais de cinética de secagem de amostra desidratada em solução de NaCl na temperatura de 50°C, velocidade do ar de 1,5m/s.

<b>t (h)</b>	<b>Amostra (g)</b>	<b>Xbu (%)</b>	<b>Xbs (%)</b>	<b>Adm</b>
0	48,82	47,19	0,89	1,000
1	41,71	40,32	0,68	0,685
2	34,85	33,69	0,51	0,443
3	31,66	30,60	0,44	0,346
4	29,30	28,32	0,40	0,279
5	27,63	26,71	0,36	0,235
6	25,96	25,09	0,33	0,193
7	24,77	23,94	0,31	0,163
8	23,58	22,79	0,30	0,135
9	22,77	22,01	0,28	0,116
10	21,96	21,23	0,27	0,098
11	21,38	20,67	0,26	0,085
12	20,80	20,11	0,25	0,072
13	20,41	19,73	0,25	0,064
14	20,02	19,35	0,24	0,055
15	19,69	19,03	0,23	0,048
16	19,35	18,70	0,23	0,041
17	19,08	18,44	0,23	0,035
18	18,80	18,17	0,22	0,029
19	18,62	18,00	0,22	0,026
20	18,44	17,82	0,22	0,022
21	18,25	17,64	0,21	0,018
22	18,06	17,46	0,21	0,014
23	18,02	17,41	0,21	0,013
24	17,97	17,37	0,21	0,012
25	17,94	17,34	0,21	0,012
26	17,91	17,31	0,21	0,011
27	17,79	17,19	0,21	0,008
28	17,66	17,07	0,21	0,006
29	17,52	16,93	0,20	0,003
30	17,37	16,79	0,20	0,000

**Tabela 6** – Dados experimentais de cinética de secagem de amostra desidratada em solução de NaCl na temperatura de 60°C, velocidade do ar de 1,5m/s.

<b>t (h)</b>	<b>Amostra (g)</b>	<b>Xbu (%)</b>	<b>Xbs (%)</b>	<b>Adm</b>
0	46,10	47,1936	0,8937	1,0000
1	37,39	38,2700	0,6200	0,6181
2	28,95	29,6345	0,4212	0,3408
3	25,75	26,3588	0,3579	0,2526
4	23,89	24,4549	0,3237	0,2049
5	22,46	22,9910	0,2986	0,1698
6	21,60	22,1107	0,2839	0,1493
7	20,63	21,1178	0,2677	0,1268
8	19,66	20,1248	0,2520	0,1048
9	18,98	19,4236	0,2411	0,0896
10	18,29	18,7225	0,2304	0,0746
11	17,70	18,1185	0,2213	0,0620
12	17,11	17,5146	0,2123	0,0495
13	16,68	17,0744	0,2059	0,0405
14	16,25	16,6342	0,1995	0,0316
15	15,61	15,9791	0,1902	0,0186
16	14,97	15,3240	0,1810	0,0058
17	14,83	15,1755	0,1789	0,0029
18	14,68	15,0271	0,1768	0,0000

**Tabela 7**– Dados experimentais de cinética de secagem de amostra desidratada em solução de NaCl + sacarose na temperatura de 40°C, velocidade do ar de 1,5m/s.

<b>t (h)</b>	<b>Amostra (g)</b>	<b>Xbu (%)</b>	<b>Xbs (%)</b>	<b>Adm</b>
0	47,89	46,76	0,88	1,000
1	44,03	42,99	0,75	0,743
2	40,17	39,22	0,65	0,519
3	38,12	37,22	0,59	0,410
4	36,01	35,16	0,54	0,306
5	35,43	34,59	0,53	0,278
6	34,85	34,03	0,52	0,251
7	34,34	33,53	0,50	0,228
8	33,83	33,03	0,49	0,205
9	33,42	32,63	0,48	0,186
10	33,00	32,22	0,48	0,168
11	32,65	31,88	0,47	0,152
12	32,29	31,53	0,46	0,137
13	31,98	31,23	0,45	0,123
14	31,67	30,92	0,45	0,110
15	31,31	30,57	0,44	0,095
16	30,95	30,22	0,43	0,080
17	30,80	30,07	0,43	0,074
18	30,59	29,87	0,43	0,065
19	30,41	29,69	0,42	0,058
20	30,28	29,57	0,42	0,053
21	29,71	29,00	0,41	0,030
22	29,13	28,44	0,40	0,007
23	29,05	28,36	0,40	0,003
24	28,96	28,28	0,39	0,000

**Tabela 8**– Dados experimentais de cinética de secagem de amostra desidratada em solução de NaCl + sacarose na temperatura de 50°C, velocidade do ar de 1,5m/s.

t (h)	Amostra (g)	Xbu (%)	Xbs (%)	Adm
0	51,06	46,76	0,88	1,000
1	46,00	42,13	0,73	0,745
2	41,78	38,26	0,62	0,561
3	36,03	33,00	0,49	0,345
4	34,28	31,39	0,46	0,286
5	33,39	30,57	0,44	0,257
6	32,49	29,75	0,42	0,228
7	31,78	29,10	0,41	0,206
8	31,07	28,45	0,40	0,184
9	30,36	27,80	0,39	0,163
10	29,90	27,38	0,38	0,149
11	29,22	26,75	0,37	0,129
12	28,53	26,13	0,35	0,110
13	28,15	25,77	0,35	0,099
14	27,76	25,42	0,34	0,088
15	27,34	25,04	0,33	0,076
16	26,98	24,71	0,33	0,066
17	26,63	24,39	0,32	0,057
18	26,34	24,12	0,32	0,049
19	25,98	23,79	0,31	0,039
20	25,80	23,63	0,31	0,034
21	25,68	23,52	0,31	0,031
22	25,52	23,37	0,30	0,027
23	25,41	23,27	0,30	0,024
24	25,30	23,17	0,30	0,021
25	25,24	23,11	0,30	0,020
26	25,11	23,00	0,30	0,016
27	25,01	22,90	0,30	0,014
28	24,83	22,74	0,29	0,009
29	24,68	22,60	0,29	0,005
30	24,55	22,48	0,29	0,002
31	24,52	22,46	0,29	0,001
32	24,49	22,43	0,29	0,000

**Tabela 9**– Dados experimentais de cinética de secagem de amostra desidratada em solução de NaCl + sacarose na temperatura de 60°C, velocidade do ar de 1,5m/s.

t (h)	Amostra (g)	Xbu (%)	Xbs (%)	Adm
0	60,31	46,76	0,88	1,000
1	53,42	41,42	0,71	0,711
2	49,22	38,16	0,62	0,560
3	43,75	33,92	0,51	0,385
4	39,97	30,99	0,45	0,276
5	36,89	28,60	0,40	0,195
6	35,73	27,70	0,38	0,165
7	33,78	26,19	0,35	0,117
8	31,83	24,68	0,33	0,072
9	31,35	24,31	0,32	0,061
10	30,87	23,93	0,31	0,050
11	30,55	23,68	0,31	0,042
12	30,22	23,43	0,31	0,035
13	29,98	23,24	0,30	0,030
14	29,73	23,05	0,30	0,024
15	29,48	22,86	0,30	0,019
16	29,33	22,74	0,29	0,015
17	29,21	22,65	0,29	0,013
18	29,09	22,55	0,29	0,010
19	29,05	22,52	0,29	0,009
20	28,96	22,45	0,29	0,007
21	28,91	22,41	0,29	0,006
22	28,82	22,34	0,29	0,004
23	28,72	22,27	0,29	0,002
24	28,62	22,19	0,29	0,000

**Tabela 10** – Dados experimentais de cinética de secagem de amostra desidratada em solução de NaCl + xarope de milho na temperatura de 40°C, velocidade do ar de 1,5m/s.

<b>t (h)</b>	<b>Amostra (g)</b>	<b>Xbu (%)</b>	<b>Xbs (%)</b>	<b>Adm</b>
0	48,44	0,94	1,00	1,000
1	44,37	0,80	0,92	0,735
2	41,60	0,71	0,86	0,576
3	39,48	0,65	0,82	0,464
4	38,36	0,62	0,79	0,409
5	36,77	0,58	0,76	0,332
6	36,26	0,57	0,75	0,309
7	35,51	0,55	0,73	0,275
8	34,70	0,53	0,72	0,239
9	34,17	0,52	0,71	0,216
10	33,92	0,51	0,70	0,205
11	33,51	0,50	0,69	0,188
12	33,17	0,50	0,68	0,173
13	32,89	0,49	0,68	0,162
14	32,61	0,48	0,67	0,150
15	32,37	0,48	0,67	0,141
16	32,17	0,47	0,66	0,132
17	31,94	0,47	0,66	0,123
18	31,78	0,47	0,66	0,116
19	31,53	0,46	0,65	0,107
20	31,28	0,46	0,65	0,097
21	30,92	0,45	0,64	0,083
22	30,64	0,44	0,63	0,072
23	30,40	0,44	0,63	0,062
24	30,18	0,43	0,62	0,054
25	29,81	0,42	0,62	0,040
26	29,52	0,42	0,61	0,029
27	29,42	0,42	0,61	0,025
28	29,33	0,42	0,61	0,022
29	29,19	0,41	0,60	0,017
30	29,12	0,41	0,60	0,014
31	29,02	0,41	0,60	0,010
32	28,90	0,41	0,60	0,006
33	28,873	0,406	0,596	0,005
34	28,822	0,405	0,595	0,003
35	28,782	0,404	0,594	0,001
36	28,741	0,403	0,593	0,000

**Tabela 11** – Dados experimentais de cinética de secagem de amostra desidratada em solução de NaCl + xarope de milho na temperatura de 50°C, velocidade do ar de 1,5m/s.

<b>t (h)</b>	<b>Amostra (g)</b>	<b>Xbu (%)</b>	<b>Xbs (%)</b>	<b>Adm</b>
0	48,43	48,44	0,94	1,000
1	44,02	44,02	0,79	0,739
2	39,60	39,61	0,66	0,516
3	37,56	37,57	0,60	0,424
4	36,10	36,11	0,57	0,362
5	35,02	35,03	0,54	0,317
6	33,94	33,95	0,51	0,275
7	33,30	33,31	0,50	0,250
8	32,66	32,67	0,49	0,225
9	32,18	32,18	0,47	0,207
10	31,69	31,70	0,46	0,189
11	31,41	31,42	0,46	0,179
12	31,13	31,14	0,45	0,169
13	30,71	30,72	0,44	0,154
14	30,29	30,30	0,43	0,139
15	29,94	29,95	0,43	0,127
16	29,60	29,61	0,42	0,115
17	29,36	29,37	0,42	0,107
18	29,12	29,13	0,41	0,099
19	28,89	28,90	0,41	0,091
20	28,66	28,67	0,40	0,083
21	28,41	28,42	0,40	0,075
22	28,16	28,17	0,39	0,067
23	28,02	28,02	0,39	0,062
24	27,87	27,88	0,39	0,057
25	27,74	27,75	0,38	0,053
26	27,61	27,62	0,38	0,049
27	27,34	27,34	0,38	0,040
28	27,06	27,07	0,37	0,031
29	26,81	26,82	0,37	0,023
30	26,56	26,57	0,36	0,015
31	26,45	26,45	0,36	0,011
32	26,33	26,34	0,36	0,008
33	26,205	26,210	0,355	0,004
34	26,080	26,085	0,353	0,000

**Tabela 12** – Dados experimentais de cinética de secagem de amostra desidratada em solução de NaCl + xarope de milho na temperatura de 60°C, velocidade do ar de 1,5m/s.

<b>t (h)</b>	<b>Amostra (g)</b>	<b>Xbu (%)</b>	<b>Xbs (%)</b>	<b>Adm</b>
0	46,58	48,44	0,94	1,000
1	40,22	41,83	0,72	0,665
2	33,86	35,21	0,54	0,399
3	31,21	32,46	0,48	0,303
4	29,85	31,04	0,45	0,257
5	29,49	30,67	0,44	0,245
6	28,49	29,63	0,42	0,213
7	28,00	29,12	0,41	0,197
8	27,69	28,80	0,40	0,188
9	27,07	28,15	0,39	0,169
10	26,74	27,81	0,39	0,159
11	26,50	27,56	0,38	0,151
12	26,06	27,10	0,37	0,138
13	25,72	26,75	0,37	0,128
14	25,38	26,39	0,36	0,118
15	25,11	26,11	0,35	0,110
16	24,77	25,76	0,35	0,100
17	24,54	25,52	0,34	0,094
18	24,31	25,28	0,34	0,087
19	23,99	24,95	0,33	0,078
20	23,67	24,62	0,33	0,069
21	23,33	24,26	0,32	0,060
22	22,98	23,90	0,31	0,050
23	22,69	23,59	0,31	0,042
24	22,39	23,28	0,30	0,035
25	22,09	22,97	0,30	0,027
26	21,79	22,66	0,29	0,019
27	21,63	22,49	0,29	0,014
28	21,47	22,33	0,29	0,010
29	21,34	22,19	0,29	0,007
30	21,21	22,06	0,28	0,003
31	21,15	21,99	0,28	0,002
32	21,08	21,92	0,28	0,000

## APÊNDICE E

### Análise sensorial

Nome \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

No. da Amostra \_\_\_\_\_

Você está recebendo uma amostra de bolinho de peixe  
Por favor, observe, aspire e prove a amostra e marque na escala o que você achou:

Em relação à aparência:

Desgostei extremamente \_\_\_\_\_ Gostei extremamente

\_\_\_\_\_

Em relação ao aroma:

Desgostei extremamente \_\_\_\_\_ Gostei extremamente

\_\_\_\_\_

Em relação ao sabor:

Desgostei extremamente \_\_\_\_\_ Gostei extremamente

\_\_\_\_\_

Em relação à textura:

Desgostei extremamente \_\_\_\_\_ Gostei extremamente

\_\_\_\_\_

Em relação à impressão global:

Desgostei extremamente \_\_\_\_\_ Gostei extremamente

\_\_\_\_\_

O que você mais gostou nessa amostra? \_\_\_\_\_

O que você menos gostou nessa amostra? \_\_\_\_\_

Em relação a compra deste produto, qual seria sua atitude?

- ( ) Eu certamente não compraria
- ( ) Eu provavelmente não compraria
- ( ) Eu tenho dúvida se compraria ou não
- ( ) Eu provavelmente compraria
- ( ) Eu certamente compraria

Justifique: \_\_\_\_\_

Comentários: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_