



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
Programa de Doutorado em Engenharia de Processos
Área de Processos Químicos



*Propriedades térmicas, qualidade e armazenabilidade de
camarão (*Litopenaeus vannamei*, Boone) congelados em
temperaturas criogênicas*

Alessandra Almeida Castro

Prof. Dr. Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata – UFCG
(Orientador)

Profa. Dra. Maria Elita Martins Duarte - UFCG
(Orientadora)

Campina Grande-PB
Agosto/2004



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
Programa de Doutorado em Engenharia de Processos
Área de Processos Químicos



*Propriedades térmicas, qualidade e armazenabilidade de camarão
(Litopenaeus vannamei, Boone) congelados em temperaturas
criogênicas*

Tese apresentada ao Programa de Doutorado em
Engenharia de Processos da Universidade
Federal de Campina Grande, em cumprimento
as exigências para obtenção do título de doutor.

Alessandra Almeida Castro

Prof. Dr. Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata – UFCG
(Orientador)

Profa. Dra. Maria Elita Martins Duarte - UFCG
(Orientadora)

Campina Grande, 20 de agosto de 2004

DIGITALIZAÇÃO:
SISTEMOTECA - UFCG

C355p
2004 Castro, Alessandra Almeida
Propriedades térmicas, qualidade e
armazenabilidade de camarão (*Litopenaeus
vannamei*, Boone) congelados em temperaturas
criogênicas/ Alessandra Almeida Castro. –
Campina Grande: UFCG, 2004. 222p.: il
Inclui Bibliografia
Tese (Doutorado em Engenharia de Processos)
UFCG/CCT.
1. Camarão - Criocongelamento

CDU: 664.8.037.5:639.512



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
Programa de Doutorado em Engenharia de Processos
Área de Processos Químicos



PARECER FINAL DA AVALIAÇÃO DA TESE DE DOUTORADO

Alessandra Almeida Castro

Título: Propriedades térmicas, qualidade e armazenabilidade de camarão (Litopenaeus vannamei, Boone) congelados em temperaturas criogênicas

Banca Examinadora

Prof. Dr. Mario Eduardo R. M. Cavalcanti Mata – Orientador – UFCG/DEAg

Profa. Dra. Maria Elita Martins Duarte – Orientadora – UFCG/DEAg

Prof. Dr. Mauri Fortes – Examinador Externo - UNA-MG

Prof. Dr. Romeu Fioreze – Examinador Externo – CT/UFPB

Prof. Dr. Gabriel Francisco da Silva – Examinador Externo – DEQ/UFS

Prof. Dr. Alexandre José de M. Queiroz – Examinador Externo – UFCG/DEAg

PARECER: *Aprovada com distinção*

Campina Grande, 20 de agosto 2004

*O que conta na vida não é o que você aprendeu,
mas o “como” você sabe aplicar os seus conhecimentos.*

(Hugo Schlesinger)

A DEUS,
A MEU PAI, RAIMUNDO DE SOUZA CASTRO (*in memórian*)
A MINHA MÃE, FRANCISCA ALMEIDA CASTRO
A MEU ESPOSO, GERMAN DARIO PAGANI
A MEUS IRMÃOS
A TODA MINHA FAMÍLIA
DEDICO

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela vida e por todos os benefícios recebidos.

*A meu pai, **Raimundo Castro**, pela apoio, amor e confiança, sem você não poderia concluir mais um etapa da minha vida. Sinto saudades.*

*A minha mãe, **Francisca Almeida Castro**, um exemplo de mãe, mulher e amiga. Obrigada por abrir mão da minha presença, durante todo decorrer da minha formação profissional. Sinto muito orgulho de ser sua filha. Te amo.*

A CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

*Aos meus orientadores **Mário Eduardo R. M. Cavalcanti Mata e Maria Elita Martins Duarte**, pela eficiente orientação e por mostrar-me, que devemos ter sempre iniciativa, força de vontade e espírito de luta, que não devemos fraquejar no primeiro obstáculo. Obrigada.*

*A professora **Odélsia Leonor S. de Alsina**, pela atenção sempre exposta
Agradeço em especial ao meu esposo **German Dario Pagani**, por propiciar-me momentos felizes no desfecho desta tese. Obrigada por tudo, sem você tudo se tornaria mais difícil. Te amo muitoooo.*

*As minhas queridas irmãs **Goreth, Jaciara e Jacimara**. Amo muito vocês.*

*A **Luis Humberto Franquet** que sempre se mostrou um grande amigo*

*A **Marinalva Freire da Silva** uma profissional formidável*

*A **Fátima**, secretaria do Doutorado em Engenharia de Processos. Obrigada pela atenção com que sempre me atendeu.*

*A **Aldaniza**, pela atenção, ajuda e carinho. Obrigada por tudo.*

A todas as pessoas que de forma direta ou indireta ajudaram-me.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE QUADROS	xii
LISTA DE GRÁFICOS	xiii
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xv
1.0 – Introdução	01
1.1 – Justificativa	03
1.2 – Objetivos	05
1.2.1 – Objetivo geral	05
1.2.2 – Objetivos específicos	05
2.0 – Revisão Bibliográfica	08
2.1 – Camarão (<i>Litopenaeus vannamei</i>, Boone)	08
2.1.1 – Classe zoológica do camarão	09
2.2 – Carcinicultura	10
2.2.1 – Benefícios econômicos	10
2.2.2 – Importância econômico social	11
2.2.3 – Impacto ambiental	13
2.2.4 – Processamento e manejo do produto final	14
2.2.5 – Controle do processamento	16
2.3 – Características físicas	18
2.3.1 – Massa, comprimento e espessura	18
2.3.2 – Volume	18
2.4 – Cinética de congelamento	21
2.5 – Propriedades termofísicas	26
2.5.1 – Densidade	27
2.5.2 – Calor específico a pressão constante	27
2.5.3 – Difusividade térmica	30
2.5.4 – Condutividade térmica	32
2.6 – Conservação a frio	34
2.6.1 – Histórico	34
2.6.2 – Métodos de conservação	35
2.6.3 – Congelamento de alimentos	36
2.6.3.1 – Comportamento da água e de um tecido biológico quando submetidos ao congelamento	36
2.6.4 – Tipos de congelamento	40
2.6.5 – Processos de congelamento de alimentos	46
2.6.5.1 – Congelamento convencional	46
2.6.5.1.1 – Congelamento do camarão	47
2.6.5.2 – Congelamento criogênico	48

2.6.5.3 – Congelamento criomecânico	56
2.6.6 – Tipos de congeladores	56
2.7 – Descongelamento	57
2.7.1 – Descongelamento em água	58
2.7.2 – Descongelamento por ar frio a 4°C	58
2.7.3 – Descongelamento por microondas	58
2.7.4 – Descongelamento por contato duplo	58
2.8 – Caracterização físico-química e microbiológicas	59
2.8.1 – Análises físico-químicas	59
2.8.1.1 – Conteúdo de água	60
2.8.1.2 – Cinzas	61
2.8.1.3 – Proteínas	61
2.8.1.4 – pH	62
2.8.1.5 – Carboidratos	63
2.8.1.6 – Gorduras	63
2.8.1.7 – Valor calórico	64
2.8.1.8 – Exsudado	65
2.8.1.9 – Atributo de textura (dureza)	66
2.8.1.9.1 – Fibra muscular	66
2.8.1.9.2 – Rigor mortis	70
2.8.2 – Análises microbiológicas	72
2.8.2.1 - Bactéria coliforme	75
2.8.2.2 – Salmonela	75
2.8.2.3 – Vibrio parahaemolyticus	76
2.9 – Qualidade sensorial	77
2.9.1 – Propriedades sensoriais	80
2.9.1.1 – Sabor	81
2.9.1.2 – Aroma (odor)	84
2.9.1.3 – Textura	85
2.9.1.4 – Aparência	86
2.9.2 – Métodos sensoriais	87
2.9.3 – Equipe de provadores	88
3.0 – Materiais e métodos	89
3.1 – Processamento do camarão	89
3.1.1 – Despesca	89
3.1.2 – Tratamento preliminar	90
3.1.3 – Setor de beneficiamento	90
3.2 – Análises físicas	91
3.2.1 – Preparo das amostras	91
3.2.2 – Massa, comprimento e espessura	91
3.2.3 – Volume	92
3.3 - Cinética de congelamento	94
3.3.1 – Obtenção das curvas de congelamento	94
3.3.2 – Tratamento dos dados	94
3.3.2.1 – Transferência de calor	94

3.4 – Propriedades termofísicas	95
3.4.1 – Densidade	95
3.4.2 – Calor específico	95
3.4.3 – Difusividade térmica	97
3.4.4 – Condutividade térmica	97
3.5 – Congelamento	98
3.5.1 – Congelamento em câmara frigorífica (-20 °C)	99
3.5.2 – Congelamento em vapor de N ₂ (-170 °C)	99
3.5.3 – Congelamento em N ₂ líquido (-196 °C)	100
3.6 – Armazenamento	101
3.7 – Descongelamento	103
3.8 – Análises físico-químicas e microbiológicas	105
3.8.1 – Análises físico-químicas	105
3.8.1.1 – Conteúdo de água	105
3.8.1.2 – Cinzas	105
3.8.1.3 – Proteínas	105
3.8.1.4 – pH	105
3.8.1.5 – Carboidratos	106
3.8.1.6 – Gorduras	106
3.8.1.7 – Valor calórico	106
3.8.1.8 – Exsudado	106
3.8.1.9 – Atributo de textura (dureza)	107
3.8.1.10 – Análises estatística	108
3.8.2 – Análises microbiológicas	109
3.8.2.1 - Bactéria coliforme	109
3.8.2.2 – Salmonela	109
3.8.2.3 – Vibrio parahaemolyticus	109
3.9 – Análise sensorial	110
3.9.1 – Análises estatística	111
4.0 – Resultados e discussão	112
4.1 – Caracterização física do camarão	112
4.1.1 – Massa, comprimento, espessura e volume	112
4.2 – Cinética de congelamento	113
4.3 – Características termofísicas do camarão	119
4.3.1 – Densidade	119
4.3.2 – Calor específico	119
4.3.3 – Difusividade térmica	121
4.3.4 – Condutividade térmica	123
4.4 – Caracterização físico-química	125
4.4.1 – Análises físico-química do camarão “fresco”	125
4.4.2 – Análises físico – química ao longo do armazenamento	126
4.4.2.1 – Conteúdo de água	126

4.4.2.2 – Cinzas	129
4.4.2.3 – Proteínas	130
4.4.2.4 – pH	133
4.4.2.5 – Gorduras.....	135
4.4.2.6 – Exsudado durante o descongelamento.....	136
4.4.2.7 – Exsudado durante o cozimento.....	139
4.4.2.8 – Atributo de textura (dureza).....	142
4.5 – Caracterização microbiológica	146
4.6 – Análise sensorial	147
4.6.1 – Avaliação do sabor	147
4.6.1.1 - Descongelamento a temperatura ambiente (25 °C).....	147
4.6.1.2 - Descongelamento em banho termostatizado a 35°C	152
4.6.2 – Avaliação do odor	156
4.6.2.1 - Descongelamento a temperatura ambiente (25 °C).....	156
4.6.2.2 - Descongelamento em banho termostatizado a 35°C	160
4.6.3 – Avaliação da textura.....	164
4.6.3.1 - Descongelamento a temperatura ambiente (25 °C).....	164
4.6.3.2 - Descongelamento em banho termostatizado a 35°C	168
4.6.4 – Avaliação da aparência.....	172
4.6.4.1 - Descongelamento a temperatura ambiente (25 °C).....	172
4.6.4.2 - Descongelamento em banho termostatizado a 35°C	177
4.7 – Descongelamento	181
4.7.1 - Descongelamento a temperatura ambiente, aproximadamente 25°C	181
4.7.2 - Descongelamento em banho termostatizado a 35°C	181
5.0 – Conclusões	182
6.0 – Referencias Bibliográficas	188
ANEXOS	199

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	TÍTULO	pg.
1	Camarão (<i>Litopenaeus vannamei</i> , Boone)	08
2	Morfologia do camarão	09
3	Método do descongelamento de massa de água para o cálculo do volume e da massa específica	19
4	Curva da temperatura para um produto durante o congelamento	21
5	Representação esquemática de um processo de transferência de calor unidirecional em uma estrutura considerada como placa plana	24
6	Evolução da temperatura durante o congelamento da água pura	37
7	Estrutura da água/gelo	38
8	Evolução da temperatura durante o congelamento de um tecido biológico	39
9	Porcentagem de água congelada	43
10	Formação de cristais de gelo no congelamento convencional (A) e no congelamento criogênico de um alimento	55
11	Reconstrução tridimensional do retículo sarcoplasmático	67
12	Faixas de temperaturas onde ocorrem o crescimento de microrganismos ..	73
13	Qualidade sensorial segundo Kramer <i>et al.</i> , (1970)	78
14	Qualidade sensorial segundo Costell <i>et al.</i> , (1981)	79
15 A	Distribuição da língua, das diversas papilas e das percepções dos quatro sabores elementares	80
15 B	Pontos das percepções da via do olfato	81
16 A	Viveiros de camarões	89
16 B	Despesca	89
17	Imersão dos camarões em água gelada para choque térmico	90
18	Medições dos camarões	92
19	Aparelho para determinar o volume de um objeto irregular	93

20	Desenho do calorímetro	95
21	Fluxograma do processo de congelamento, armazenamento e descongelamento das amostras de camarões	98
22	Botijão criogênico com vapor de N ₂	99
23	Botijão criogênico com nitrogênio líquido (N ₂ L)	100
24 A	Armazenamento das amostras de camarões no vapor de N ₂	102
24 B	Alimentação dos botijões com N ₂ líquido	102
25	Fluxograma da caracterização físico-química e microbiológica	104
26	Consistômetro de Hoopler adaptado para determinação da textura (dureza) das amostras de camarão	107
27 A	Ficha para avaliação sensorial	110
27 B	Ficha para avaliação sensorial	111
28	Curva de congelamento das amostras de camarão com cabeça a temperatura de -20 °C para uma amostra de 10,9mm de espessura	114
29	Curva de congelamento das amostras de filé de camarão a temperatura de -20 °C para uma amostra de 9,1mm de espessura	114
30	Curva de congelamento das amostras de camarão com cabeça em vapor de nitrogênio (-170 °C) para uma amostra de 10,9mm de espessura	115
31	Curva de congelamento das amostras de filé de camarão em vapor de nitrogênio (-170 °C) para uma amostra de 9,1mm de espessura	116
32	Curva de congelamento das amostras de camarão com cabeça por imersão em nitrogênio líquido (-196 °C) para uma amostra de 10,9mm de espessura	117
33	Curva de congelamento das amostras de filé de camarão por imersão em nitrogênio líquido (-196 °C) para uma amostra de 9,1mm de espessura	118
34	Comportamento do conteúdo de água dos camarões com cabeça armazenado por 12 meses as temperaturas de -20 °C, -30 °C e -17 0°C .	128
35	Comportamento do conteúdo de água dos filés de camarões armazenado por 12 meses as temperaturas de -20 °C, -30 °C e -170 °C	128
36	Comportamento do teor de proteína dos camarões com cabeça armazenado por 12 meses as temperaturas de -20 °C, -30 °C e -170 °C ..	132
37	Comportamento do teor de proteína dos filés de camarões armazenado por 12 meses as temperaturas de -20 °C, -30 °C e -170 °C	132

38	Exsudado durante o descongelamento dos camarões com cabeça armazenado por 12 meses as temperaturas de -20°C , -30°C e -170°C ..	138
39	Exsudado durante o descongelamento dos filés de camarões armazenado por 12 meses as temperaturas de -20°C , -30°C e -170°C	136
40	Exsudado durante o cozimento dos camarões com cabeça armazenado por 12 meses as temperaturas de -20°C , -30°C e -170°C	141
41	Exsudado durante o cozimento dos filés de camarões armazenado por 12 meses as temperaturas de -20°C , -30°C e -170°C	141
42	Comportamento do atributo textura (dureza) das amostras de camarões com cabeça durante os 12 meses de armazenagem as temperaturas de -20°C , -30°C e -170°C	145
43	Comportamento do atributo textura (dureza) das amostras de filés de camarões durante os 12 meses de armazenagem as temperaturas de -20°C , -30°C e -170°C	145
44	Equações que expressam a variação do sabor do filé de camarão armazenado por 12 meses às temperaturas de -20°C e -30°C	148
45	Equações que expressam a variação do sabor do filé de camarão armazenado por 12 meses às temperaturas de -170°C (vapor de N_2)	149
46	Equações que expressam a variação do sabor do camarão com exoesqueleto e cabeça armazenado por 12 meses as temperaturas de -20°C e -30°C	150
47	Equações que expressam a variação do sabor do camarão com exoesqueleto e cabeça armazenado por 12 meses as temperaturas de -170°C (vapor de N_2)	151
48	Equações que expressam a variação do sabor do filé de camarão armazenado por 12 meses as temperaturas de -20°C	152
49	Equações que expressam a variação do sabor do filé de camarão armazenado por 12 meses à temperatura de -170°C (vapor de N_2)	153
50	Equações que expressam a variação do sabor do camarão com exoesqueleto e cabeça armazenada as temperaturas de -20°C e -30°C ...	154
51	Equações que expressam a variação do sabor do camarão com exoesqueleto e cabeça armazenado a temperatura de -170°C (vapor de N_2)	155
52	Equações que expressam a variação do odor dos filés de camarões armazenados à temperatura de -20°C e -30°C	157
53	Equações que expressam a variação do odor dos filés de camarões armazenados à temperatura de -170°C (vapor de N_2)	157

54	Equações que expressam a variação do odor dos camarões com exoesqueleto e cabeça armazenados à temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$	159
55	Equações que expressam a variação do odor dos camarões com exoesqueleto e cabeça armazenados à temperatura de $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (vapor de N_2)	159
56	Equações que expressam a variação do odor dos filés de camarões armazenados à temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$	161
57	Equações que expressam a variação do odor dos filés de camarões armazenados à temperatura de $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (vapor de N_2)	161
58	Equações que expressam a variação do odor dos camarões com exoesqueleto e cabeça armazenados às temperaturas de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$	163
59	Equações que expressam a variação do odor dos camarões com exoesqueleto e cabeça armazenados às temperaturas de $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (vapor de N_2)	163
60	Equações que expressam a variação da textura do filé de camarão armazenado às temperaturas de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$	165
61	Equações que expressam a variação da textura do filé de camarão armazenado à temperatura de $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (vapor de N_2)	165
62	Equações que expressam a variação da textura do camarão com exoesqueleto e cabeça armazenados às temperaturas de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$	167
63	Equações que expressam a variação da textura do camarão com exoesqueleto e cabeça armazenado à temperatura de $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$	167
64	Equações que expressam a variação da textura do filé de camarão armazenado às temperaturas de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$	169
65	Equações que expressam a variação da textura do filé de camarão armazenado à temperatura de $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (vapor de N_2)	169
66	Equações que expressam a variação da textura do camarão com exoesqueleto e cabeça armazenado às temperaturas de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$...	171
67	Equações que expressam a variação da textura do camarão com exoesqueleto e cabeça armazenado a temperatura de $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$	171
68	Equações que expressam a variação da aparência dos filés de camarões armazenados à temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$	174
69	Equações que expressam a variação da aparência dos filés de camarões armazenados à temperatura de $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (vapor de N_2)	174
70	Equações que expressam a variação da aparência dos camarões com exoesqueleto e cabeça armazenados às temperaturas de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$..	176

71	Equações que expressam a variação da aparência dos camarões com exoesqueleto e cabeça armazenados à temperatura de $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (vapor de N_2)	176
72	Equações que expressam a variação da aparência dos filés de camarões armazenados às temperaturas de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$	178
73	Equações que expressam a variação da aparência dos filés de camarões armazenados à temperatura de $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (vapor de N_2)	178
74	Equações que expressam a variação da aparência dos camarões com exoesqueleto e cabeça armazenados à temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$	180
75	Equações que expressam a variação da aparência dos camarões com exoesqueleto e cabeça armazenado à temperatura de $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$	180

LISTA DE TABELAS

TABELA	TÍTULO	pg.
1	Distribuição das áreas e da produção de camarão cultivado por Estado em 2002	13
2	Razões de temperatura da equação 4	23
3	Modelos da literatura para predizer o calor específico	29
4	Modelos da difusividade térmica	31
5	Modelos de predição da condutividade térmica	33
6	Comparação entre refrigeração e o congelamento	35
7	Composição química de crustáceos e moluscos	64
8	Padrões máximos permitidos para venda de crustáceos	76
9	Medidas físicas do camarão com exoesqueleto e cabeça	112
10	Medidas físicas do filé de camarão	112
11	Valores experimentais do calor específico	119
12	Valores teóricos do Cp do camarão com base em modelos da literatura	120
13	Valores da difusividade efetiva média do filé de camarão nas três fases de congelamento, as temperaturas de -20 °C, -170 °C e -196 °C	121
14	Valores da difusividade efetiva média do camarão com exoesqueleto e cabeça nas três fases de congelamento, as temperaturas de -20 °C, -170 °C e -196 °C	122
15	Valores da condutividade térmica para o camarão com exoesqueleto e cabeça as temperaturas de -170 °C e -196 °C	123
16	Valores da condutividade térmica para o filé de camarão as temperaturas de -170 °C e -196 °C	124
17	Caracterização físico-química do camarão “fresco”	125
18	Valores do conteúdo de água para interação tratamento x armazenamento e resultados do teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade	127
19	Análise de variância para o teor de cinzas dos camarões, sob diferentes tratamentos ao longo de 12 meses de armazenamento	129

20	Comparação entre as médias do teor de cinzas para os diferentes tempos de armazenamento e para as diferentes técnicas de congelamento	129
21	Valores do teor de proteína (%) para interação tempo de armazenamento x tratamento e resultados do teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade	131
22	Valores do pH para interação tempo de armazenamento x tratamento e resultados do teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade	134
23	Análise de variância para o teor de gorduras dos camarões, sob diferentes tratamentos ao longo de 12 meses de armazenamento	135
24	Comparação entre as médias do teor de gorduras para os diferentes tempos de armazenamento e para as diferentes técnicas de congelamento .	135
25	Valores do exsudado durante o descongelamento para interação tempo de armazenamento x tratamento e resultados do teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade	137
26	Valores do exsudado durante o cozimento para interação tempo de armazenamento x tratamento e resultados do teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade	140
27	Valores do atributo textura (dureza) para interação tempo de armazenamento x tratamento e resultados do teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade	144

LISTA DE QUADROS

QUADRO	TÍTULO	pg.
1	Propriedades físicas do nitrogênio	49
2	Propriedades físicas do anidrido carbônico	52
3	Comparação entre o congelamento com nitrogênio líquido e CO ₂	53
4	Comparação entre o congelamento com nitrogênio líquido e com o frio mecânico	54

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO	TÍTULO	pg.
1	Produção mundial de camarão (toneladas)	12
2	Evolução da produção brasileira de camarão cultivado (ton/ano)	12
3	Potência frigorífica do nitrogênio (SEO)	51

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi estudar o efeito das técnicas de: a) congelamento nas temperaturas de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$; b) armazenamento as temperaturas de $(-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$, e c) do método de descongelamento (temperatura ambiente: aproximadamente $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ e em banho termostatizado: $35\text{ }^{\circ}\text{C}$) sobre duas amostras de camarão: 1) com exoesqueleto e cabeça e 2) sem exoesqueleto e sem cabeça, por um período de 12 meses de armazenamento. Foram determinados os seguintes parâmetros: a) características físicas (massa, comprimento, espessura e volume); b) cinética de congelamento as temperaturas de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$; c) propriedades termofísicas (densidade, calor específico, difusividade térmica e condutividade térmica); d) características físico-químicas (conteúdo de água, cinzas, proteínas, pH, carboidratos, gorduras, calorías, exsudado e um atributo de textura: dureza); e) caracterização microbiológica (salmonela, coliformes fecais, vibrio parahaemolyticus) e f) avaliação sensorial (sabor, odor, textura e aparência), visando verificar a eficácia das técnicas de congelamento e descongelamento na qualidade do camarão armazenado. Na análise da cinética, as curvas de congelamento obtidas à temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ para o camarão com exoesqueleto e cabeça e para o filé foram observadas claramente as três fases, ou seja, resfriamento, cristalização e pós-congelamento. Este fato também ocorreu para o camarão com cabeça congelado a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$, já para o filé congelado a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ não se distinguiu com clareza a fase I da Fase II, ou seja, a fase de resfriamento e a fase de cristalização, fato este atribuído a maior velocidade de congelamento. Nas curvas de congelamento do camarão com cabeça e filé quando estes foram submetidos ao congelamento por imersão em N_2 líquido ($-196\text{ }^{\circ}\text{C}$) também não se observou uma distinção entre as fases de resfriamento e cristalização. Com relação às propriedades termofísicas, a densidade do camarão "fresco" ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$) com exoesqueleto e cabeça foi de $1,066\text{g/cm}^3$ e do filé foi de $1,02\text{g/cm}^3$. Os valores médios do calor específico do camarão com exoesqueleto e do filé "fresco" foram de $0,84$ e $0,86\text{ kcal/kg }^{\circ}\text{C}$, respectivamente e para o camarão com exoesqueleto e filé à temperatura de $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ foram de $0,28\text{ kcal/kg }^{\circ}\text{C}$, $0,31\text{ kcal/kg }^{\circ}\text{C}$ e a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ foram de $0,25\text{ kcal/kg }^{\circ}\text{C}$ e $0,28\text{ kcal/kg }^{\circ}\text{C}$, respectivamente. A difusividade efetiva média do camarão com exoesqueleto às temperaturas de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, foi de $9,13 \times 10^{-3}\text{ mm}^2/\text{s}$; $29 \times 10^{-3}\text{ mm}^2/\text{s}$; $571,8 \times 10^{-3}\text{ mm}^2/\text{s}$ e para o filé nas mesmas temperaturas foi $9,9 \times 10^{-3}\text{ mm}^2/\text{s}$; $28,1 \times 10^{-3}\text{ mm}^2/\text{s}$; $384,3 \times 10^{-3}\text{ mm}^2/\text{s}$. A condutividade térmica média para o camarão com exoesqueleto às temperaturas de $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ foi de $0,032\text{ W/m }^{\circ}\text{C}$ e $0,499\text{ W/m }^{\circ}\text{C}$ e para o filé nas mesmas temperaturas foi de $0,029\text{ W/m }^{\circ}\text{C}$ e $0,371\text{ W/m }^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Na caracterização físico-química, tanto nos camarões com cabeça quanto nos filés, congelados e armazenados em vapor de N_2 ($-170\text{ }^{\circ}\text{C}$) mantiveram-se inalterados o conteúdo de água, cinzas, proteínas, pH, gorduras e exsudado, durante todo o período de armazenagem. Os resultados das análises microbiológicas dos camarões frescos, depois de congelados e durante os 12 meses de armazenamento, apresentaram ausência de salmonela, de coliformes fecais e vibrio parahaemolyticus. Na avaliação sensorial quanto aos atributos sabor, odor, textura e aparência, os degustadores demonstraram preferência pelas amostras congeladas e armazenadas em vapor de N_2 , as amostras que tiveram menores índices de aceitabilidade foram às congeladas e armazenadas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Concluiu-se ainda que tanto no sabor, odor e textura, em todos os tratamentos, as médias das notas dos camarões descongelados em banho termostatizado à temperatura de $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ foram menores que as descongeladas a temperatura ambiente, todavia, na avaliação da aparência do camarão com exoesqueleto e cabeça, quando descongeladas em banho termostatizado a $35\text{ }^{\circ}\text{C}$, apresentaram notas mais elevadas que as descongeladas à temperatura ambiente, tal fato é atribuído a astaxantina existente em crustáceos, que quando aquecida dá a cor alaranjada ao camarão.

ABSTRACT

The objective of this research was to study the effect of techniques of: 1) freezing in temperatures of $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$; 2) storage in temperatures of $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$, and 3) of unfreezing method (environmental temperature: approximately $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ and in thermostated bath: $35\text{ }^{\circ}\text{C}$) on two samples of shrimp: 1) with exoskeleton and head and 2) without exoskeleton and head, for a period of 12 months of storage. The following parameters had been determined: 1) physical characteristics (mass, length, thickness and volume); 2) kinetic freezing of temperatures at $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$; 3) thermophysical properties (density, specific heat, thermal diffusivity and thermal conductivity); 4) physicochemical characteristic (water content, ashes, proteins, pH, carbohydrates, fats, calories, exuded and an texture attribution: hardness); 5) microbiological characterization (salmonella, fecale coliform, vibrio parahaemolyticus) and 6) sensorial evaluation (flavor, scent, texture and appearance), aiming to verify the effectiveness of freezing and unfreezing techniques in the quality of the stored shrimp. During kinetic analysis, the curves of freezing obtained at the temperature of $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ for the shrimp with the head and exoskeleton for the filet, the three phases, or better saying, cooling, crystallization and after-freezing were clearly observed. This fact also occurred for the shrimp with frozen head at $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$, on the other hand for the filet at $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$, it was not easy to distinguish with clarity phase I from Phase II, in other words, the phases of cooling and crystallization, due to the speed of freezing. At the shrimps with head freezing curve, it was observed that when these were submitted to freezing by immersion in liquid N_2 ($-196\text{ }^{\circ}\text{C}$) there was not any distinction between the phases of cooling and crystallization. In relation to the thermophysical properties, the density of fresh shrimp ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$) with exoskeleton and head were of $1,066\text{g}/\text{cm}^3$ and of that of filet was $1,02\text{g}/\text{cm}^3$. The average values of the specific heat of the shrimp with exoskeleton and fresh filet is of $0,84$ and $0,86\text{ kcal}/\text{kg }^{\circ}\text{C}$, respectively and for shrimp with exoskeleton and filet at temperature of $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ were of $0,28\text{ kcal}/\text{kg }^{\circ}\text{C}$, $0,31\text{ kcal}/\text{kg }^{\circ}\text{C}$ and $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ were of $0,25\text{ kcal}/\text{kg }^{\circ}\text{C}$ and $0,28\text{ kcal}/\text{kg }^{\circ}\text{C}$, respectively. The medium diffusivity effectiveness of the shrimp with exoskeleton at the temperatures of $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, was of $9,13 \times 10^{-3}\text{ mm}^2/\text{s}$; $29 \times 10^{-3}\text{ mm}^2/\text{s}$; $571,8 \times 10^{-3}\text{ mm}^2/\text{s}$ and for the filet at the same temperature was $9,9 \times 10^{-3}\text{ mm}^2/\text{s}$ temperatures was; $28,1 \times 10^{-3}\text{ mm}^2/\text{s}$; $384,3 \times 10^{-3}\text{ mm}^2/\text{s}$. The average thermal conductivity for shrimp with exoskeleton at $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ was of $0,032\text{ W}/\text{m }^{\circ}\text{C}$ and $0,499\text{ W}/\text{m }^{\circ}\text{C}$ and for filet at the temperature was of $0,029\text{ W}/\text{m }^{\circ}\text{C}$ and $0,371\text{ W}/\text{m }^{\circ}\text{C}$, respectively. For physicist-chemistry characterization, both in shrimps with head as well as that of filet, frozen and stored in N_2 vapor ($-170\text{ }^{\circ}\text{C}$) the water content, proteins, pH, fats and exuded remained unchanged during all the period of storage. The results of the microbiological analyses of the fresh shrimps, after been frozen and during 12 months of storage, presented absence of salmonella, fecal coliform and vibrio parahaemolyticus. In the sensorial evaluation as much as flavor, scent, texture and appearance are concerned, the testators demonstrated preference for samples frozen and stored in vapor of N_2 , the samples with the least acceptability indices were those frozen and stored at $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. It was concluded that in the flavor, scent and texture, in all the treatments, the average notes of defrosted shrimps in thermostated bath of $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperature were less than those defrosted at environmental temperature, however, in the evaluation of the appearance of the shrimp with exoskeleton and head, when defrosted at thermostated bath of $35\text{ }^{\circ}\text{C}$, presented higher notes than those defrosted at environmental temperature, such facts are attributed to astaxantine existing in crustaceans, which when heated, gives the shrimp that gives the orange color to the shrimp.

1.0 - Introdução

A carcinicultura (criação de camarão em viveiros) é uma atividade praticada em mais de 50 países (ROSEMBERRY, 1994). O cultivo de camarão marinho é um segmento da aqüicultura mundial que mais cresceu nas últimas décadas nos países sub-tropicais e tropicais em desenvolvimento.

Em 1985, 98% da oferta mundial de camarão era de origem extrativista e 2% cultivado em viveiros (GEORGE, 1997). Com o desenvolvimento da aqüicultura, em 2002, 50% da produção mundial foi de camarão cultivado.

No Brasil, a exploração comercial da carcinicultura marinha teve início na década de 80, mas, somente a partir da segunda metade dos anos 90, houve domínio da tecnologia, a qual permitiu o aproveitamento do potencial que o país apresenta, nas suas diversas regiões, especialmente no Nordeste, que deteve em 2003, 95% da produção nacional.

O camarão branco (*Litopenaeus vannamei*, Boone) é o mais cultivado no Brasil, devido a sua acelerada taxa de crescimento em altas densidades e à grande capacidade de se adaptar às diferentes condições climáticas.

O mercado interno brasileiro tem sido uma surpresa para os produtores, cuja demanda por camarões de viveiros vem apresentado um constante processo de crescimento, nas diversas regiões do país (ROCHA & MAIA, 1998). Segundo os mesmos autores, apesar da firme demanda e os favoráveis preços do mercado interno, a comercialização de camarão *fresco* e conservado em gelo, apresenta um forte componente negativo que é a curta vida de prateleira. De fato, o camarão é um produto de elevado grau de perecibilidade, que contribui para fragilizar o seu processo de comercialização como um todo.

Desse modo, considerando o grande potencial do mercado brasileiro e a eminente perspectiva de um rápido crescimento da carcinicultura nacional, torna-se necessário à adoção de medidas urgentes para o desenvolvimento de técnicas de conservação que permitam a máxima qualidade nutricional, física e organoléptica desse produto, para se obter vitória na conquista de novos mercados nacional e internacional.

Vários métodos podem ser utilizados para conservação de alimentos, entre os quais podem ser citados a salga, a desidratação, refrigeração e o congelamento. Dentre estes o mais utilizado na conservação de camarões é o congelamento. É sabido que existem diferentes métodos para congelar os alimentos, mas também é de conhecimento geral, que estes métodos exigem uma rápida redução da temperatura, sem que haja perdas de sabor, aroma nem mudanças no aspecto físico. Uma das técnicas emergentes utilizadas na conservação de alimentos é o congelamento criogênico (OTTERER, 2003). O congelamento criogênico tem como principal objetivo manter intactas as propriedades do produto, garantindo sua qualidade, aparência e sabor. Um rápido congelamento minimiza o crescimento de cristais de gelo que destrói as paredes celulares evitando assim a desidratação.

Os produtores brasileiros, cientes de que devem melhorar as técnicas de conservação dos seus produtos, têm envidado intensos esforços com vistas à atualização dos seus processos produtivos, envolvendo desde a atividade de cultivo propriamente dita, a captura, o transporte, o manuseio e o acondicionamento do seu produto, bem como o seu processamento e estocagem para a obtenção de um produto final de alto padrão, em nível internacional. Para tanto, torna-se necessária a adoção de providências e técnicas adequadas à manutenção da qualidade e sanidade do camarão em processamento, envolvendo desde os aspectos relacionados com a infra-estrutura necessária, maquinaria, capacitação humana e o processamento propriamente dito, até o embarque final do produto. Assim, técnicas apropriadas de congelamento visando eliminar ou reduzir as perdas que ocorrem durante a armazenagem e distribuição devem ser incentivadas e suficientemente difundidas. Desta forma, neste trabalho, serão abordados os tratamentos pós-colheita, caracterização físico-químicas, microbiológicas, sensorial, congelamento (convencional: $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e criocongelamento: $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$) armazenamento (convencional: $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ e criocogênica: $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$) e descongelamento (temperatura ambiente: aproximadamente $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ e em banho termostatzado: $35\text{ }^{\circ}\text{C}$). Este estudo é importante para o sucesso econômico da carcinicultura, portanto, é fundamental que todas as atividades, desde a retirada das amostras dos viveiros até o momento de expedição sejam feitas de maneira que o trinômio tempo – temperatura e qualidade sejam equacionados adequadamente.

1.1 - Justificativa

A maior parte da produção mundial de alimentos corresponde a produtos perecíveis que necessitam de estudos para conservação (NEVES FILHO, 1991).

Conservar estes alimentos, por um período prolongado, tem sido um grande desafio na história do homem. Os alimentos fermentados, desidratados e as conservas são exemplos, muito claros, de tentativas de alcançar o objetivo de estender por longo prazo a disponibilidade dos mesmos. Atualmente, grande parte das pesquisas vinculada à tecnologia de alimentos, busca cumprir com os múltiplos requerimentos de funcionalidade demandada por produtores, transformadores, distribuidores e consumidores. Uma dessas demandas está associada a uma vida útil prolongada dos produtos, que permita obter vantagens na cadeia logística de abastecimento, requerendo menor frequência de reposição e, como consequência, economia de tempo e recursos. A este desafio se soma outra queixa, por parte dos principais participantes desta cadeia, os consumidores, que exigem técnicas que permitam deter a deterioração dos produtos e que preserve suas características organolépticas e nutricionais originais, sem adição de agentes conservantes. Uma técnica emergente é o congelamento criogênico, pois a mesma permite a conservação original dos alimentos, sem agregação de aditivos químicos (OTTERER, 2003).

O congelamento criogênico é aquele que se realiza mediante a aplicação dos gases criogênicos, onde se consegue temperaturas abaixo de $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Na teoria se calcula que em temperaturas muito baixas, próximas ao zero absoluto ou Kelvin, a vida deveria seguir seus processos a uma velocidade aproximadamente de 60/70 trilhões de vezes mais lentas que as temperaturas normais ambientais. As temperaturas a que geralmente são submetidos os alimentos para sua conservação são de -5 , -10 , -30 , $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nestas temperaturas, principalmente os vegetais, mantêm suas células ainda vivas, e isto leva ao conhecimento do comportamento das mesmas.

A palavra criogenia deriva do grego “*crios*” que significa frio e “*genea*” que significa nascimento. Na atualidade quando falamos da criogenia nos referimos ao frio originado por aplicação de gases liquefeitos. Os gases inertes são aqueles que têm as mesmas propriedades, ou não possui propriedade alguma de combinação com outros elementos. Isto é de grande importância para sua aplicação nos alimentos, já que inibe a possibilidade de contaminação dos mesmos.

O emprego dos gases inertes puros, tais como hélio, argônio, criptônio, neônio, radônio e xenônio, na indústria alimentícia não é aconselhável devido ao seu elevado custo e impossibilidade de obtê-los em grandes volumes. Os mais recomendados para esta aplicação são os gases semi-inertes, como Anidrido Carbônico (CO₂) e Nitrogênio (N₂), sendo que este último é o agente ideal para este processo, por se comportar como um gás inerte, ter baixo ponto de ebulição, ser destituído de toxidez, e por ser insípido, já que o anidrido carbônico tem um sabor ácido. Têm-se demonstrado que o congelamento criogênico (com nitrogênio) em carnes, peixes, verduras e pré-cozidos conservam melhor a qualidade inicial dos produtos. Isso é devido ao fato que, se formam pequenos cristais de gelo, tendo uma melhor distribuição e tendem a manter a estrutura original dos alimentos. Com o congelamento lento, formam-se grandes cristais que produzem deformações e ruptura celulares de caráter irreversível.

O camarão é um alimento muito perecível, portanto, há necessidade de uma boa técnica de conservação para que se mantenha por um longo período de armazenamento sua qualidade sensorial e nutricional. Cientificamente, estudos comprovam que o congelamento é o melhor dos métodos de conservação dos produtos alimentícios frescos, mesmo dos mais frágeis e perecíveis, apresentando como vantagem principal o fato de não alterar a cor, sabor e a textura, preservando ainda suas qualidades nutritivas. Quando o processo utilizado é o ultracongelamento, as vantagens são múltiplas e acrescidas. Em suma, estudos indicam que quanto mais rápido se processar o congelamento do alimento, melhor resultado será obtido.

1.2 - Objetivos

1.2.1 - Objetivo geral

Estudar o efeito das técnicas de congelamento (convencional a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, criogênico a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$) do armazenamento (convencional a -20 e $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ e crioconservação em vapor de nitrogênio a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$) e do método de descongelamento (temperatura ambiente: aproximadamente $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ e em banho termostatizado: $35\text{ }^{\circ}\text{C}$) sobre as características microbiológicas, físico-química e sensoriais de duas amostras de camarões: a) camarões com exoesqueleto e cabeça (camarões inteiro) e b) camarões sem exoesqueleto e cabeça (filé de camarão).

1.2.2 - Objetivos específicos

a) Determinar as características físicas

- massa
- comprimento e espessura
- volume

b) Estudar a cinética de congelamento as temperaturas de:

- $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (câmara frigorífica)
- $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (vapor de nitrogênio)
- $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ (imersão em nitrogênio líquido)

c) Determinar as propriedades termofísicas

- densidade
- calor específico
- difusividade térmica
- condutividade térmica

d) Estudar as técnicas de congelamento

- Imersão em N₂ líquido (criocongelamento a -196 °C)
- Vapor de N₂ (criocongelamento a -170 °C)
- Câmara frigorífica (congelamento a -20 °C)

e) Estudar o efeito da armazenagem

- Em vapor de N₂ (-170 °C)
- Freezer (-30 °C)
- Câmara frigorífica (-20 °C)

f) Estudar o efeito de dois métodos de descongelamento

- Descongelamento lento, que consiste no descongelamento à temperatura ambiente (aproximadamente 25 °C) utilizando termômetro digital.

- Descongelamento em banho termostaticado, que consiste no descongelamento das amostras à temperatura de 35 °C

g) Determinar as características físico-químicas e microbiológicas

Físico-químicas

- conteúdo de água
- cinzas
- proteínas
- pH
- carboidratos
- gorduras
- Valor calórico
- exsudado
- textura (foi estudado um atributo de textura física: dureza)

Microbiológicas

- *coliformes fecais*
- *salmonela*
- *vibrio parahaemolyticus*

h) Avaliação sensorial

- sabor
- aroma (odor)
- textura
- aparência

2.0 - Revisão Bibliográfica

2.1 - Camarão (*Litopenaeus vannamei*, Boone)

Também conhecido como camarão branco (*Litopenaeus vannamei*, Boone) é o mais recomendado para criação em cativeiro por ter bastante resistência. Pertence ao grupo dos Artrópodes, classificado como Crustáceo, de corpo segmentado: cefalotórax mais abdômen, recoberto por um exoesqueleto de quitina; apresentam apêndices (patas e antenas) articulados. Simetria bilateral: triblásticos, celomados, protostômios, Figura 1 (VALENTI, 1998).



Figura 1 – Camarão (*Litopenaeus vannamei*, Boone)

2.1.1 - Classe zoológica do camarão

Reino: *Animália*
 Filo: *Arthropoda*
 Classe: *Crustáceos*
 Ordem: *Decapoda*
 Família: *Penaeidae*
 Gênero: *Penaeus*
 Espécie: *vannamei*

A principal característica do Filo *arthopoda* é a presença de apêndices articulados (arthos: articulação + podos: pé), Figura 2. Os crustáceos diferenciam-se dos demais artrópodos por apresentarem um exoesqueleto mais espesso e rígido (crusta: carapaça dura). Os crustáceos contam com aproximadamente 38.000 espécies, ocorrendo nos ecossistemas terrestre e aquático (dulcícola, marinho e salobro), das quais cerca de 8.500 são integrantes da ordem *decápoda* em que deca corresponde a dez e podos corresponde a pé (BOWMAN & ABELE, 1982). Os decápodos envolvem crustáceos popularmente conhecidos como camarões, lagostas e caranguejos.

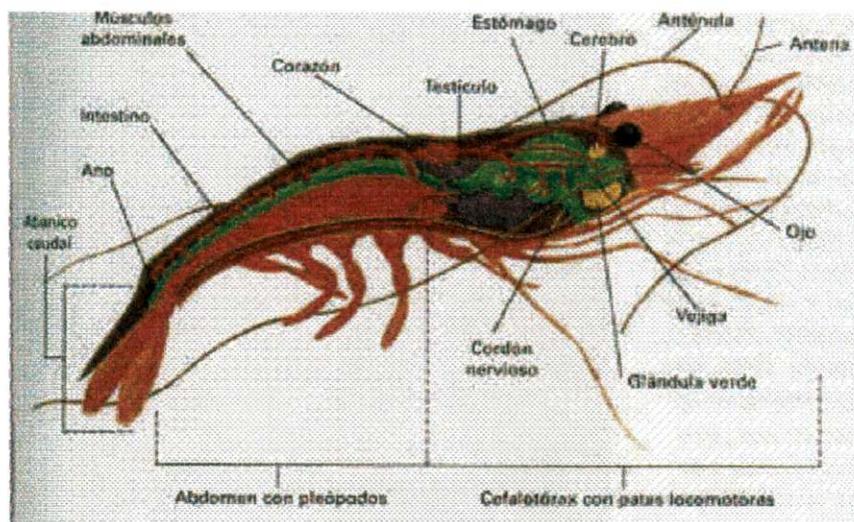


Figura 2 – Morfologia do camarão (BOWMAN & ABELE, 1982)

Este crustáceo está se tornando o principal produto marinho do Nordeste e do país. Na verdade, nem tão “marinho”, já que o crustáceo obtido na região — que não é nativo, mas originário do Oceano Pacífico — vem, sobretudo, de fazendas litorâneas dedicadas a sua criação em viveiro.

2.2 - Carcinicultura

A Carcinicultura (criação de camarão em viveiros) atividade praticada em mais de 50 países (ROSEMBERRY, 1994) tem favorecido sobremaneira, as suas regiões de intervenção, pois além de se destacar como importante segmento sócio-econômico, tem se apresentado como a alternativa mais viável para o incremento do nível da oferta mundial de camarões, face à estabilização e provável decréscimo da captura de camarões nativos.

O cultivo de camarões marinhos é uma atividade recente, no ano de 1980 a carcinicultura alcançou um nível tecnológico e hoje em dia é um dos ramos da aquíicultura que mais tem se desenvolvido. Entre os maiores produtores se encontram a Tailândia, Equador, Indonésia, Índia e China (FAÇANHA *et al.*, 2001).

O camarão *Litopenaeus vannamei* é o mais cultivado no Brasil, respondendo por mais de 95% da produção nacional, tendo sido introduzido na década de oitenta. A causa dessa grande procura é a sua acelerada taxa de crescimento em altas densidades, conversões alimentares excelentes e, grande capacidade para se adaptar às diferentes condições climáticas.

2.2.1 - Benefícios econômicos

A carcinicultura gera empregos, proporciona alta rentabilidade como atividade comercial, e pode gerar receitas significativas de exportação para o país. O potencial do litoral brasileiro para o cultivo do camarão, se devidamente aproveitado, pode transformar-se em uma das mais importantes fontes de geração de divisas do setor primário (ROCHA & MAIA, 1998).

Um investimento em torno de R\$ 25.000,00/ha em viveiros de camarão pode gerar divisas anuais da ordem de US\$16.500,00/ha, caso a produção seja direcionada para o mercado internacional, ou uma receita de R\$19.500,00/ha se o produto for comercializado no mercado interno. Com este nível de renda, o retorno do investimento total poderia ser bem mais rápido que a maioria das outras atividades produtivas (FAÇANHA *et al.*, 2001).

2.2.2 - Importância econômico-social

O cultivo de camarão marinho é o segmento da aquicultura mundial que mais cresceu nas últimas duas décadas nos países sub-tropicais e tropicais em desenvolvimento. Em 2000, a produção mundial foi de 865.000 toneladas em 1.225.961 hectares de viveiros, o que gerou cerca de 6 milhões de empregos diretos e indiretos e uma receita ao produtor da ordem de US\$ 7,5 bilhões. Em 2002, a produção mundial passou para 1.319.128 toneladas em 2.049.426 hectares.

A China, na Ásia, ocupou o primeiro lugar com 310.750 toneladas em 268.400 hectares (1.158 kg/ha/ano). No ano de 2000, no ocidente o Equador liderou, mesmo enfrentando sérios problemas de doenças virais, que em 1996 haviam afetado a Tailândia, que explorou 87.500 hectares com uma produção de 45.000 toneladas (514 kg/ha/ano) numa costa de 800 km, com faturamento de US\$ 350 milhões de dólares e geração de 600.000 empregos diretos e indiretos, mas no ano de 2002 o ocidente passou a ser liderado pelo Brasil, com 60.128 ton. em 11.016 ha, com uma produtividade de 5.458 kg/ha/ano. No Gráfico 1, observa-se uma completa informação sobre o cultivo do camarão no mundo em relação ao ano 2002. No Brasil, apesar de ser ainda modesta a produção, é importante ressaltar que o cultivo de camarão marinho traz para o litoral nordestino, pela 1ª vez em 500 anos, uma hegemonia em termos de produtividade nacional e internacional para uma atividade econômica do setor primário.

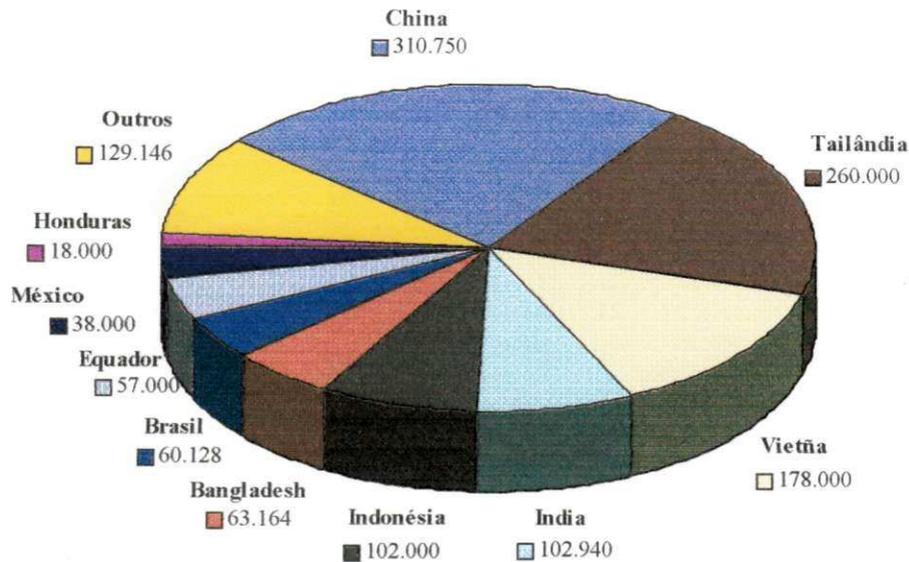
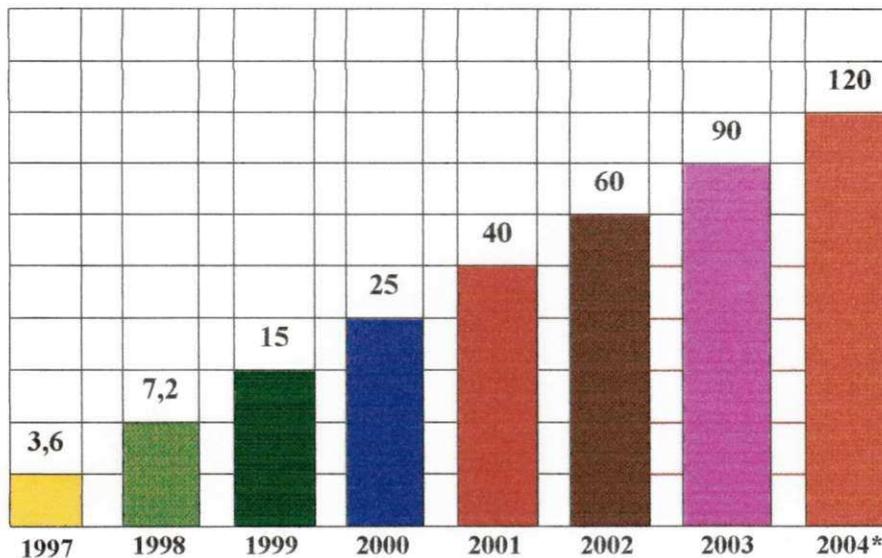


Gráfico 1 – Produção mundial de camarão (toneladas) (ABCC, 2002)

Embora a exploração comercial da carcinicultura marinha tenha tido o início na década de 80, somente a partir da segunda metade dos anos 90 é que houve domínio da tecnologia que passou a permitir o aproveitamento do imenso potencial que o país apresenta nas suas diversas macro-regiões, especialmente no Nordeste, que deteve no ano de 2003, 95% da produção nacional. No Gráfico 2, se pode observar o diagnostico geral da carcinicultura por estado em 2002 (Tabela 1).



* perspectiva para o ano de 2004 (ABCC, 2003)

Gráfico 2 – Evolução da produção brasileira de camarão cultivado (ton/ano)

Tabela 1 – Distribuição das áreas e da produção de camarão cultivado por Estado em 2002

Estado	Nº de Fazendas	Área		Produção		Produtividade		Porcentagem	
		há	Ton.	kg/ha/ano	%				
RN	280	3.591	18.500	5.152	30,77%				
CE	126	2.260	16.383	7.249	27,25%				
BA	36	1.710	7.904	4.622	13,15%				
PE	74	1.031	6.792	6.588	11,30%				
PB	50	582	3.018	5.186	5,02%				
PI	12	590	2.818	4.776	4,69%				
SE	40	352	1.768	5.023	2,94%				
SC	41	560	1.650	2.946	2,74%				
MA	5	155	727	4.690	1,21%				
ES	10	97	250	2.577	0,42%				
PR	1	50	140	2.800	0,23%				
AL	2	16	100	6.116	0,17%				
PA	3	22	78	3.545	0,13%				
TOTAL:	680	11.016	60.128	5.458	100,00%				

Fonte: ABCC, 2002

2.2.3 - Impacto ambiental

Exatamente pelas amplas e favoráveis perspectivas que o desenvolvimento da carcinicultura marinha traz para o desenvolvimento do litoral nordestino, é que fica difícil entender a reação de setores esclarecidos da sociedade que, se posicionam contra essa atividade.

É importante ter presente que a carcinicultura marinha comercial se iniciou no Brasil em 1980, não havendo qualquer registro de impacto negativo que a mesma tenha causado ao meio ambiente. Ao contrário, mediante a introdução de tecnologias avançadas (aeração artificial) o setor tem viabilizado a exploração de áreas degradadas pela exploração salineira ou pela poluição urbana e industrial, contribuindo inclusive para a revitalização de alguns desses ambientes, como é o caso dos estuários do Rio Paraíba, do Rio Goiana - PE do Rio Jaguaribe - CE e Rio Açu – RN (MAIA, 2002).

No Brasil, os 11.016 hectares de viveiros de camarão atualmente em operação, foram implantados em terrenos salitrados, áreas de *apicuns*, áreas planas adjacentes aos manguezais, sendo que apenas uma pequena parcela foi implantada em antigos viveiros de peixes e salinas artesanais que, pela diminuição dos estoques naturais de pescados e falta de competitividade, foram desativados e aos poucos colonizados por manguezais. No entanto, cabe indicar que a utilização dessas áreas não vem sendo considerada pela Justiça Federal como degradação de manguezais.

Cerca de 500 hectares de antigos viveiros de peixes e salinas desativadas, foram transformados em viveiros de camarão no Nordeste brasileiro, o que corresponde a 0,036% dos 1.400.000 hectares das reservas de mangues do Brasil. ABCC (Associação Brasileira de Criadores de Camarão) aprovou um Código de conduta e práticas de manejo para o desenvolvimento da carcinicultura, para nortear o desenvolvimento da carcinicultura nacional, que, dentre vários outros temas, estabelece a intocabilidade dos manguezais como um compromisso do setor, ressaltando-se, evidentemente, os casos em que haja necessidade de supressão de mangues para permitir acesso a água para o abastecimento e/ou drenagem dos viveiros, quando haverá, obrigatoriamente, a adoção de medidas compensatórias. Desse modo, o camarão cultivado, se conduzido com a tecnologia recomendada para a instalação e manejo de suas unidades produtivas, não ocasiona impacto negativo ao meio ambiente. O estudo realizado pelo Banco Mundial com relação ao Cultivo de Camarão e o Meio Ambiente confirma essa afirmativa, em termos de atividades impactantes, priorizadas por ordem decrescente, a carcinicultura se situa em 16º lugar. Nesse sentido, se destaca ainda que estudos realizados com efluentes dos viveiros de camarão em comparação com esgoto doméstico, desmistificam o papel de vilão atribuído pelos ecologistas aos efluentes da carcinicultura (MAIA, 2002).

2.2.4 - Processamento e manejo do produto final

A exigência do mercado consumidor de camarão por produtos de boa qualidade e sob várias formas de apresentação tem obrigado aos produtores, processadores, exportadores e importadores de pescado, a reformulação radical dos seus mecanismos operacionais em busca da qualidade absoluta, ratificada como veículo imprescindível ao ingresso no mercado internacional.

A padronização de conceitos e regulamentos na busca do controle de qualidade e conseqüentemente na obtenção da garantia de sanidade, tem se constituído como um dos mais persistentes objetivos, nos países desenvolvidos. Tal padronização ensaiou os seus primeiros passos com a publicação pelo F.D.A. (Food and Drug Administration) dos Estados Unidos do proposto "HACCP" (análise de riscos de pontos críticos de controle) em janeiro de 1994. Desde então, as indústrias de processamento americanas começaram a investir na modificação de suas plantas e no treinamento dos seus operadores para o mandatário processo de garantia, sanidade e segurança do novo sistema. A implantação do referido sistema tem como objetivo principal, a transferência da responsabilidade de garantia da sanidade e qualidade dos produtos pesqueiros, das instituições públicas, para os produtores e exportadores privados, cabendo a fiscalização freqüente e a subseqüente emissão de um certificado de classificação baseado em conceitos de "A e D", ou até mesmo, cancelando a permissão de funcionamento de suas unidades de processamento.

Presentemente, os importadores europeus, americanos e asiáticos adotam como padrão de exigência a seus países fornecedores, a anexação de um certificado emitido por órgão governamental competente como mecanismo de garantia de seus produtos. No Brasil, tal certificado é fornecido pelo Serviço de Inspeção Federal do Ministério da Agricultura, após o acompanhamento sistemático do processamento do produto a ser exportado.

Cientes de tais fatos, os produtores brasileiros têm envidado intensos esforços com vistas à atualização dos seus processos produtivos, envolvendo desde a atividade de cultivo propriamente dita, a captura, o transporte, o manuseio e o acondicionamento do seu produto, bem como o seu processamento e estocagem com vistas à obtenção de um produto final de alto padrão, em igualdade de condições de competição em nível internacional. Para tanto, torna-se necessária a adoção de providências e técnicas adequadas à manutenção da qualidade e sanidade do camarão em processamento, envolvendo desde os aspectos relacionados com a infra-estrutura necessária, maquinaria, capacitação humana e o processamento propriamente dito, até o embarque final do produto.

2.2.5 - Controle do processamento

A intensa e competente fiscalização deverá ser uma mecânica também adotada no processamento propriamente dito. A segurança com relação à higienização, ao adequado manuseio e à manutenção da temperatura do produto durante o processo de classificação deverá ser rigidamente controlada. O mesmo deverá ocorrer nas etapas subsequentes, referentes ao congelamento, embalagem, estocagem, expedição e transporte, mediante a checagem e avaliação do desempenho do pessoal, máquinas e equipamentos.

Devido ao grande crescimento da carcinicultura em nível mundial nos últimos anos, atualmente difundidos em mais de 50 países e com o mercado exigindo um produto de elevada qualidade, e que satisfaça ao consumidor quanto à aparência, sabor e odor dos camarões cultivados, é de grande relevância o conhecimento de técnicas de despescas, acondicionamento, transporte e conservação dos camarões. A carcinicultura tem grande vantagem em relação à pesca comercial de camarões, pois o procedimento de despescas pode ser realizado de maneira bem mais controlada e rápida. Na pesca comercial, é difícil padronizar a qualidade e quantidade, enquanto, na carcinicultura, é possível prognosticar essas características com mais exatidão. Com o objetivo de realizar um estudo sobre o camarão congelado e criocongelado, com resultados precisos, é que surgiu a idéia de se trabalhar com um camarão criado em viveiros, pois se pode ter um controle maior desde a matéria-prima.

Os processos que provocam a deterioração dos alimentos são de caráter: físico, químico, bioquímico e microbiológico.

Processos físicos: entre estes fatores o mais destacado é a perda da água; junto com a água se produzem as perdas de componentes voláteis que, em grandes quantidades condicionam a alteração do aroma e sabor dos alimentos.

Processos químicos: estão definidos como as reações químicas; um exemplo comum é a oxidação das gorduras, que provoca a rancidez nos produtos.

Processos bioquímicos: o fator predominante é a reação das enzimas. Um exemplo típico desta ação é a enzima polifenoloxidase, que provoca o escurecimento dos alimentos.

Processos microbiológicos: estão definidos pela ação dos microrganismos patogênicos, que provocam a deterioração dos alimentos.

2.3 - Características físicas

Forma, tamanho, volume e outras características físicas podem afetar o desempenho das máquinas de limpeza e beneficiamento, enquanto a proporcionalidade relativa entre os componentes químicos dos alimentos pode afetar as características indispensáveis à industrialização (SILVA, 1995).

Segundo MOHSENIN (1978), o estudo das propriedades físicas de um produto justifica-se à medida que se pretende desenvolver uma exploração com base em meios mecânicos. Tamanho, forma e volume, são algumas das características físicas presentes em muitos problemas associados à otimização de máquinas específicas ou na análise do comportamento do produto em diversos meios, como o manuseio do material. O mesmo autor levanta a questão do emprego de cartas para a resolução de problemas de transferência de calor, e que para o uso destas cartas torna-se necessário à aproximação da forma do produto para a forma de uma placa, cilindro ou uma esfera.

2.3.1 - Massa, comprimento e espessura

Para se obter a massa de um produto, geralmente faz-se uso de balanças analíticas de precisão e o comprimento e a espessura utilizando-se um paquímetro.

2.3.2 - Volume

O volume para amostras irregulares é geralmente determinado pelo método de deslocamento de massa de água, como descrito por MOHSENIN (1978). Neste método são feitas três pesagens. A primeira pesagem é a massa da amostra, normalmente, ao ar como pode ser visto na Figura 3 (a). A segunda pesagem, Figura 3 (b), é a massa de um recipiente contendo água. Por fim, sustentada por uma haste, a amostra é forçada para dentro do recipiente com água, até sua total submersão, no entanto, sem tocar as superfícies do recipiente, neste momento é feita a terceira pesagem como pode ser verificado na Figura 3 (c).

A leitura com a amostra submersa, menos a massa do recipiente mais água é a massa da água deslocada, a qual é usada na equação 1 para o cálculo do volume.

$$\text{Volume} = \text{massa da água deslocada} / \text{massa específica da água} \quad (1)$$

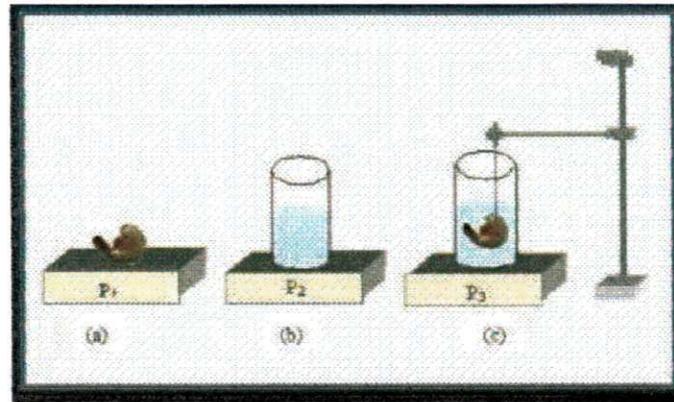


Figura 3 – Método do deslocamento de massa de água para o cálculo do volume e da massa específica.

Outro método é proposto por GRIFFITHS & SMITH (1964), onde eles definiram o volume de um conjunto de eixos através de suas dimensões axiais usando a seguinte relação:

$$V = a_1^{b_1} \times a_2^{b_2} \times a_3^{b_3} \dots a_n^{b_n} \quad (2)$$

Onde V é o volume do exemplar, $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ são diâmetros internos do corpo, considerando-os como medidas do tamanho e $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$, são constantes que dependem do produto. Para deixar a expressão linear, aplica-se logaritmo em ambos os membros da equação 2 obtendo a expressão linear (Equação 3).

$$\ln V = b_1 \ln a_1 + b_2 \ln a_2 + b_3 \ln a_3 + \dots + b_n \ln a_n \quad (3)$$

Outro procedimento utilizado para determinação do volume de um produto irregular foi descrito por GAVA (1979) e por CASTRO *et al.*, (2000), em que os pesquisadores utilizaram um recipiente conectado a uma bureta graduada. Os autores comentam que o volume do objeto corresponde ao real, se não houver absorção de água pelo objeto, ou se o objeto for recoberto por uma pequena película impermeabilizante, ou ainda se o procedimento for suficientemente rápido para que o objeto não absorva uma quantidade de água significativa. Os autores relatam ainda que se uma dessas condições não for satisfeitas provavelmente existirá um erro de medida de determinação de volume.

2.4 - Cinética de congelamento

O conhecimento da duração do congelamento tem importância industrial primordial, pois permite determinar os tempos de congelamento do produto. Todavia, o dimensionamento dos congeladores necessita igualmente do conhecimento das velocidades de congelamento relativas ao produto tratado (MAFART, 1994).

Uma forma prática de conhecer a evolução de um processo de congelamento é através da variação da temperatura do alimento em função do tempo de duração do processo. Uma representação gráfica desta dependência dá origem as denominadas curvas de congelamento (KASAHARA, 1986). Segundo NEVES FILHO (1991), durante o processo de congelamento, diferentes regiões do produto passarão por vários estágios em diferentes tempos. Considerando-se uma região ou um ponto do produto, os três estágios de alterações ou de temperaturas, podem ser definidos, Figura 4.

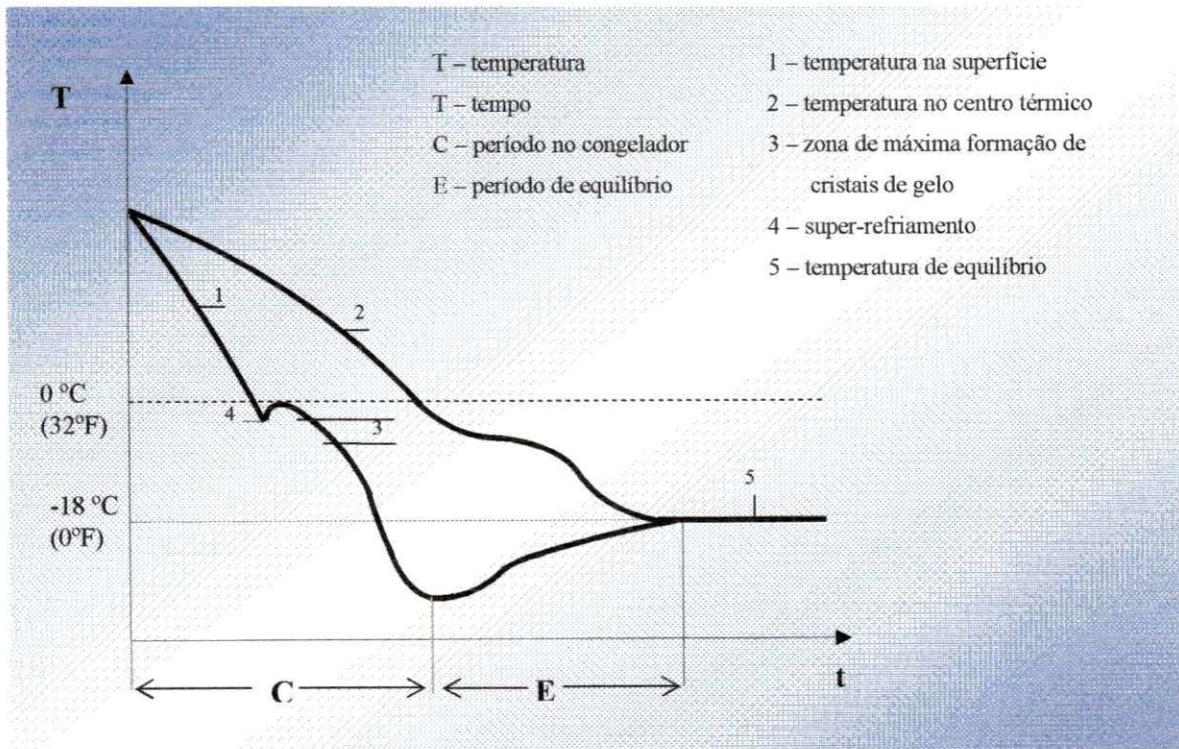


Figura 4 – Curva da temperatura para um produto durante o congelamento

Inicialmente, há um estágio de resfriamento, compreendendo o período decorrido entre o início do processo com o produto a uma alta temperatura até que se atinja a temperatura na referida região onde tem início a cristalização da água. Em seguida, tem-se o estágio de congelamento, período no qual a temperatura sofre pequena variação, onde maior parte da água muda de fase, transformando-se em gelo. Finalmente, tem-se o período de redução da temperatura na qual a maior parte da água já foi convertida em gelo até atingir uma temperatura final, considerada como a temperatura em qualquer parte do produto, inclusive seu centro térmico.

A grande maioria dos alimentos possui formas características e componentes distintos, o que pode alterar as termopropriedades do produto.

Regime transiente

Apesar de muitos processos de transferência de energia na industrialização de alimentos ocorrem em regime permanente, a exemplo de fluidos escoando em tubulações, paredes de estufas e câmaras, trocadores de calor em sistemas contínuos, etc., há outros processos que ocorrem em regime transiente, ou seja, a temperatura de cada ponto do sistema é função também do tempo. Nessa categoria, enquadram-se, entre outros, sistemas descontínuos, o início de operação de equipamentos e processos, resfriamento ou aquecimento de produtos, cozimentos, etc., (FIOREZE, 2004).

A solução analítica desses processos é bem mais complexa do que as soluções para regime permanente. Soluções aproximadas são encontradas na literatura especializada, em forma de equações com parâmetros tabelados, ou então na forma de gráficos (FIOREZE, 2004).

Quando um corpo na forma de uma **placa plana** de espessura $2L$ pequena em função do tamanho da mesma, ou seja, placa infinita, inicialmente à temperatura T_i é subitamente colocada em um meio fluido com temperatura T_∞ , ocorrerá transferência de energia por condução e convecção entre o corpo e o meio, sendo a distribuição de temperatura T_x numa posição “x” qualquer, desse corpo, uma função do tempo, fornecida pela equação:

$$\frac{T_x - T_\infty}{T_i - T_\infty} = \sum_{n=1}^{\infty} C_n \exp(-f_n^2 Fo) \cos\left(f_n \frac{x}{L}\right) \quad (4)$$

onde:

$$f_n \operatorname{tg}(f_n) = Bi \quad (5)$$

$$C_n = \frac{4 \operatorname{sen}(f_n)}{2f_n + \operatorname{sen}(2f_n)} \quad (6)$$

A Equação 5 é transcendental, ou seja, existe um número infinito de valores que a satisfazem. As tabelas de um número finito das raízes positivas desta equação são encontradas na literatura.

No centro da parede, $x = 0$, a temperatura é T_0 . Como $\cos(0) = 1$, a Equação 4 se transforma em:

$$\frac{T_0 - T_\infty}{T_i - T_\infty} = \sum_{n=1}^{\infty} C_n \exp(-f_n^2 Fo) \quad (7)$$

Esta equação é formada por uma série infinita. Observando os resultados das razões de temperatura quando se utiliza somente o primeiro termo da série (RT_1), os dois primeiros termos (RT_2), os três primeiros termos (RT_3) e os primeiros quatros termos (RT_4), para alguns valores do número de *Biot*, mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Razões de temperatura da Equação 4.

Bi	RT ₁	RT ₂	RT ₃	RT ₄
0,001	0,9916979	0,9916979	0,9916979	0,9916979
0,01	0,9916979	0,9916979	0,9916979	0,9916979
0,1	0,9223942	0,9223934	0,9223934	0,9223934
1	0,5338573	0,5338561	0,5338561	0,5338561
10	0,1638137	0,1638137	0,1638137	0,1638137
100	0,1133406	0,1133406	0,1133406	0,1133406
1000	0,1085096	0,1085096	0,1085096	0,1085096

Fonte: FIOREZE (2004)

Observa-se dessa tabela, que utilizando um ou mais termos da equação, a diferença nunca afeta a exatidão dos resultados até a quinta casa decimal. Com isso, é perfeitamente viável fazer uso de uma solução aproximada, com a utilização de apenas o primeiro termo da série infinita. Com esta aproximação, obtém-se:

$$\frac{T_0 - T_\infty}{T_i - T_\infty} = C_1 \exp(-f_1^2 Fo) \quad (8)$$

A temperatura T_x em uma posição qualquer x da placa em função da temperatura do centro é obtida com a equação:

$$\frac{T_x - T_\infty}{T_0 - T_\infty} = \cos\left(f_1 \frac{x}{L}\right) \quad (9)$$

O produto alimentício considerado como uma placa plana (Figura 5) é analisado considerando-se sua espessura $2L$, onde o fluxo calórico flui na direção X , no espaço compreendido entre $-X$ e X , sendo a difusividade térmica (α) definida como $k/Cp \cdot \rho$, em que ρ é a massa específica do material, Cp o calor específico e k , a condutividade térmica (MONTEIRO FILHO, 2001).

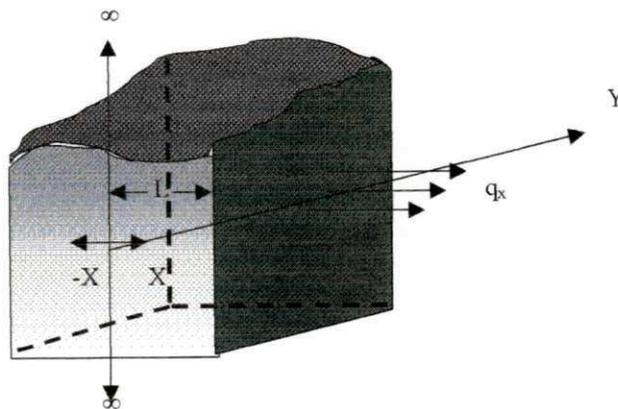


Figura 5 - Representação esquemática de um processo de transferência de calor unidirecional em uma estrutura considerada como placa plana.

em que,

T = Temperatura, °C

F_o = Número de Fourier, adimensional

C_n = Constante que depende do produto

f_n = Raiz transcendental da equação

L = Espessura da amostra/2

t = Tempo, segundo

α = Difusividade térmica efetiva, $\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

x = Distância na direção x , m

∞ = infinito (para temperatura)

2.5 - Propriedades termofísicas

Na análise da transferência de calor, é necessário usar muitas propriedades dos materiais. Conforme INCROPERA & WITT (1992), essas propriedades são, em geral, denominadas propriedades termofísicas e incluem duas categorias distintas, as propriedades de transportes e as propriedades termodinâmicas. As propriedades de transportes incluem os coeficientes de taxas de difusão, a condutividade térmica (**k**), entre outras. As propriedades termodinâmicas referem-se ao estado de equilíbrio do sistema. A densidade (**ρ**) e o calor específico (**C_p**) são duas destas propriedades que se usam intensamente na análise termodinâmica.

Quando um processo de transferência de calor é transiente, a propriedade térmica de especial importância é a difusividade térmica (**α**), sendo que este parâmetro permite, por um lado, estabelecer a rapidez com que o calor se difunde no material que se esfria e por outro, conhecer o grau de dependência que existe, para uma situação dada ao produto, entre a temperatura e o tempo (SILVA, 2002).

As propriedades dos alimentos mudam sensivelmente durante o processo de congelamento/criocongelamento. Durante o armazenamento de produtos congelados, estas propriedades podem mudar devido às flutuações de temperatura. As propriedades antes e depois do congelamento são importantes, pois influenciam na capacidade e na taxa de resfriamento dos produtos. Na maioria dos processos que envolvem transferência de calor, as propriedades dos produtos como **densidade**, **calor específico**, **difusividade térmica** e **condutividade térmica** devem ser conhecidas, e estas propriedades tendem a mudar significativamente durante a mudança de fase da água para o gelo (HELDMAN, 1982).

2.5.1 - Densidade

A densidade ou massa específica é obtida determinando-se o peso de cada unidade intacta do material dividido pelo seu volume (Equação 10), incluindo o espaço poroso dentro de cada unidade do material (MOHSENIN, 1980).

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (10)$$

em que,

ρ = massa específica em g/cm³

m = massa em g

V = volume em cm³

2.5.2 - Calor específico à pressão constante

É a quantidade de calor gasto para que a unidade de massa de um corpo eleve a temperatura em 1 °C. O calor específico varia segundo o estado da substância: é estável nos sólidos (dentro das temperaturas usuais); nos gases, o calor específico oscila, na dependência das condições de volume e pressão (EVANGELISTA, 1987). Enquanto que o calor específico da água é igual a 1 kcal/kg °C, o de outras substâncias, que exigem menos energia calorífica, são menores do que da água. O conhecimento do grau do calor específico na refrigeração ou congelamento serve para saber que quantidade de calor será necessário para resfriar o alimento.

Nos processos de transferência de calor, a que são submetidos os materiais biológicos, a variação de pressão é muito pequena. Portanto, utiliza-se o conceito de calor específico a pressão constante (MOHSENIN, 1980).

KAZARIAN & HALL (1965) têm reconhecido a dificuldade de se medir o calor específico de materiais biológicos devido ao alto teor de umidade do material e ao calor de absorção. Devido a estas dificuldades é que poucos valores de calor específico estão disponíveis na literatura.

Muitos métodos utilizados para determinar o calor específico, baseiam no equilíbrio térmico estabelecido entre um primeiro corpo, que se pretende determinar o calor específico, e um segundo corpo de calor específico conhecido (SIMÕES, 1997).

Existem dois métodos para determinar o calor específico de materiais biológicos: o método transiente ou método de mistura direta e o método estacionário. No método estacionário, a amostra é colocada em uma pequena câmara por onde passa uma corrente elétrica. Wright & Porterfield (1970) citado por SILVA (2002) afirma que a maior fonte de erro deste método está na determinação da temperatura da amostra.

Há uma forte correlação entre o calor específico e o conteúdo de água, especialmente a altos níveis de umidade (SWEAT, 1986). Por esse motivo, existem relações empíricas capazes de estimar o calor específico com base no conteúdo de água. As equações apresentadas por KASAHARA (1986) são um exemplo para o cálculo do calor específico para alimentos com teores de umidade altos:

$$C_p = 0,80W + 0,20 \quad (\text{acima do ponto de congelamento}) \quad (11)$$

$$C_p = 0,30W + 0,20 \quad (\text{abaixo do ponto de congelamento}) \quad (12)$$

em que:

C_p = calor específico em kcal/kg °C

W = é a fração de água do alimento em base úmida (adimensional)

Dois equipamentos são normalmente utilizados para determinar o calor específico: calorímetro de mistura e o calorímetro diferencial de varredura (DSC) (SWEAT, 1986).

MOHSENIN (1980) cita que o método da mistura direta é bastante utilizado. Este método consiste em utilizar um recipiente isolado, de capacidade calorífica conhecida, com um líquido inerte. O cálculo do calor específico é feito através de um balanço global de massa e energia em um sistema isolado termicamente:

Calor perdido pela amostra = calor ganho pela água + calor ganho pelo calorímetro

$$Cp_a \cdot M_a \cdot (T_a - T_e) = Cp_w \cdot M_w \cdot (T_e - T_w) + Cp_c \cdot M_c \cdot (T_e - T_w) \quad (13)$$

$$Cp_a = \frac{Cp_w \cdot M_w \cdot (T_e - T_w) + Cp_c \cdot M_c \cdot (T_e - T_w)}{M_a \cdot (T_a - T_e)} \quad (14)$$

em que,

Cp_a → calor específico da amostra

M_a → peso da amostra

T_a → temperatura inicial da amostra

Cp_w → calor específico da água

M_w → peso da água adicionada

T_w → temperatura inicial da água

Cp_c → calor específico do calorímetro

M_c → peso do calorímetro

T_e → temperatura de equilíbrio

O método de misturas foi utilizado por VIEIRA (1996) para determinar o calor específico do suco da laranja; JHA & PRASAD (1993) em nozes; HENSE (1990) em filé de cação.

Na Tabela 3 encontram-se alguns modelos de predição do calor específico encontrados na literatura.

Tabela 3 – Modelos da literatura para prever o calor específico

Produto	Fórmula, Cp (kJ/kg °C)	Limitações	Autor
Geral	$Cp = 0,837 + 3,349 X_w$		Siebel (1982) citado por MONSENIN (1980)
Geral	$Cp = 1,675 + 2,512 X_w$	$X_w > 50\%$	DICKERSON (1968)
Geral	$Cp = 2,093 X_f + 1,256 X_s + 4,18 X_w$		CHARM (1971)
Geral	$Cp = 1,465 + 2,721 X_w$		LAMB (1976)

X_w – Teor de umidade (%)

2.5.3 - Difusividade térmica

A difusividade térmica é a razão entre a habilidade de transferir calor e a capacidade de armazenar calor.

DICKERSON (1965) afirma que a difusividade térmica é a medida da quantidade de calor absorvido (dCp) por um material, para uma dada mudança de temperatura, e além disso, indica a habilidade do material para conduzir calor (k) para moléculas adjacentes.

O significado físico da difusividade térmica nos dá a medida de como a temperatura de um material pode variar quando submetido a uma situação de aquecimento ou resfriamento (SIMÕES, 1997).

Quanto maior a difusividade, mais rapidamente ocorrerá o resfriamento ou aquecimento. Portanto esta é uma propriedade importante quando se trata de transferência de calor não estacionário. Ela pode ser determinada experimentalmente ou avaliada a partir do conhecimento de suas propriedades particulares (LEWIS, 1993).

Há duas formas gerais de se obter experimentalmente a difusividade térmica de um produto (NEVES FILHO, 1991):

a) Calculando através da Equação 15:

$$\alpha = \frac{k}{\rho \times Cp} \quad (15)$$

em que:

α = difusividade térmica

k = condutividade térmica

ρ = densidade do produto

Cp = calor específico do produto

b) medindo diretamente:

Os materiais que tem uma difusividade térmica alta podem ser aquecidos ou resfriados rapidamente, enquanto as substâncias com baixa difusividade térmica se aquecem ou resfriam lentamente. Assim, a difusividade térmica é uma propriedade importante quando se consideram situações de transferência de calor em estado não estacionário (LEWIS, 1993).

BHOWMIK *et al.*, (1979) afirma que a difusividade térmica é necessária na determinação das curvas de temperatura de alimentos durante processos de transferência de calor para delimitação dos próprios procedimentos usados nestas operações.

Riedel, citado por CHOI e OKOS (1986) propôs para alimentos em geral um modelo que é baseado somente no conteúdo de água da amostra (X_w).

Martens citado por SINGH (1982), propôs dois modelos, um que é função do teor de gordura (X_f), de carboidratos (X_c), de proteínas (X_p) e do conteúdo de água (X_w), encontrando uma pequena influência do teor de proteína, gordura e carboidrato, e outro que com base na temperatura e no teor de umidade (X_w), que foi obtido através de uma regressão linear feita com 246 valores publicados de difusividade térmica de uma variedade de alimentos.

Na Tabela 4 são apresentados alguns modelos encontrados na literatura para a difusividade térmica de alimentos.

Tabela 4 – Modelos de difusividade térmica, encontrados na literatura

Produto	Formula, α (m^2/s)	Limitações	Autor
Alimentos em geral	$\alpha = 0,088 \cdot 10^{-6} + (\alpha_w - 0,088 \cdot 10^{-6})X_w$	$X_w > 60\%$	Riedel (1969) citado por CHOI & OKOS (1986)
Alimentos em geral	$\alpha = [0,057363 X_w + 0,000288 (T + 273)] \cdot 10^{-6}$		Martens (1980) citado por SINGH (1982)
Alimentos em geral	$\alpha = [0,146 X_w + 0,100 X_f + 0,075 X_p + 0,082 X_c] \cdot 10^{-6}$	T: 20°C	Martens (1980) citado por SINGH (1982)

2.5.4 - Condutividade térmica

A condutividade térmica de um material é uma medida de sua habilidade de conduzir calor.

Os métodos utilizados para determinar a condutividade térmica são os estacionários e transientes. Estes métodos consistem em resolver a equação de condução de calor em diferentes geometrias: placas paralelas, cilindros concêntricos ou esferas concêntricas (CHOI & OKOS, 1986; MOHSENIN, 1980; REIDY & RIPPEN, 1971).

O uso do método estacionário é limitado devido ao longo tempo necessário para a realização do experimento, e as formas geométricas especiais da amostra. Esse longo tempo pode causar migração da umidade da amostra ou migração de umidade no seu interior (REIDY & RIPPEN, 1971).

No caso do método transiente, a técnica da fonte linear de calor, e da sonda são bastante utilizadas em medidas de condutividade térmica. Utilizando a técnica da fonte linear de calor, van HELD e van der DRUNER (1949) fizeram as primeiras medidas em líquidos, trabalhando com água, líquidos orgânicos e ácidos inorgânicos obtiveram desvio da ordem de 2% quando comparados com a literatura.

A condutividade térmica depende do teor de umidade ou da concentração de sólidos em materiais biológicos. Alguns autores (VIEIRA, 1996; CHOI & OKOS, 1986), determinaram a variação da condutividade térmica em função do teor de umidade e da concentração.

BUHRI & SINGH (1993) mediram a condutividade térmica de rabanete, nabo, maçã, batata e cenoura, encontraram valores de 0,499; 0,480; 0,552; 0,405 e 0,564 W/m°C, respectivamente, para faixa de temperaturas de 40 a 50 °C, utilizando um Calorímetro Diferencial de Varredura modificado. Esta modificação foi feita inserindo um termopar na amostra a uma profundidade conhecida. Para uma completa validação do método os autores sugerem que seja estudado com diferentes alimentos a altas, e também, a baixas temperaturas.

Na Tabela 5 encontram-se alguns modelos de predição da condutividade térmica encontrados na literatura.

Tabela 5 – Modelos de predição da condutividade térmica

Produto	Formula, k (W/m °C)	Limitações	Autor
Suco de frutas	$K = [326,58 + 1,0412 T - 0,00337 T^2] [0,46 + 0,54 X_w] 1,73 \cdot 10^{-3}$	T: 0 – 80 °C	Riedel (1949) citado por CHOI & OKOS (1986)
Materiais biológicos	$K = K_w X_w + K_s (1 - X_w)$		Anderson (1950) citado por CHOI & OKOS (1986)
Materiais biológicos	$K = 0,056 + 0,57 X_w$	$X_w > 50\%$	SPELLS (1960)

2.6 - Conservação a frio

2.6.1 - Histórico

Na história da conservação de alimentos, entre outros métodos, o processo de mantê-los em ambiente de baixas temperaturas foi o pioneiro deles (EVANGELISTA, 1987).

Com o armazenamento de alimentos em sítios frescos, em cavernas, envoltos em blocos de gelo formado pelas nevasdas e nas geleiras, mergulhados em águas congeladas de mares, rios e lagos, o homem iniciou o meio de conservação mais comum de nossos tempos: o processo de aplicação de frio.

Nas proximidades de 1750, apareceram as primeiras referências e princípios da obtenção artificial do gelo e da refrigeração mecânica.

Porém, em 1850, na França, foi empregado por CARRÉ, para a conservação de alimentos, o frio industrial, através de sua máquina de amoníaco, para absorção do calor.

Ainda CARRÉ, em 1859, fez a primeira instalação comercial Frigorífica, em uma cervejaria de Marselha.

MIGNE e ROVART, em 1862, industrializaram a máquina concebida por CARRÉ.

Em 1868, TELLIER realizou inúmeros trabalhos sobre a utilização do gelo como agente conservador.

O primeiro transporte de carne conservada por gelo foi feita pelo navio ILLINOIS e, em 1876, o FRIGORIFIQUE fez o mesmo carregamento, com refrigeração mecânica a 0 °C; EASTMANN, no mesmo ano, também usando refrigeração mecânica, conduziu carne da América para Inglaterra.

Em 1877, CARRÉ possibilitou o transporte de carne congelada, pelo navio PARAGUAY, à -30 °C.

2.6.2 - Métodos de conservação

A partir de 1877, as técnicas de produção do frio artificiais progrediram extraordinariamente, a tal ponto que sua utilização proporciona verdadeira revolução em nossos costumes.

Os alimentos industrializados ou não, de origem animal ou vegetal, por suas particularidades constitutivas, podem facilmente sofrer modificações ou alterações produzidas por vários agentes, sejam biológicos (microorganismos e enzimas), químicos (oxigênio e água) ou físicos (luz e calor). Com um método de conservação pode-se retardar estes agentes (EVANGELISTA, 1987).

Há vários métodos de conservação de alimentos e todos tratam de reter os valores sensoriais, nutritivos entre outros fatores para manter a qualidade dos mesmos. Dentre estes métodos temos o resfriamento e o congelamento.

O congelamento diferencia-se de outros processos de aplicação de frio, pelas características que apresenta, Tabela 6.

Tabela 6 – Comparação entre a refrigeração e o congelamento

	<i>Refrigeração</i>	<i>Congelamento</i>
<i>Tempo de conservação</i>	4 °C ou mais	-10, -12 a -18 °C
<i>Qualidade de conservação</i>	Conservação das qualidades por um período curto.	Mantenção da qualidade do produto e conservação de seus caracteres organolépticos
<i>Ação antimicrogânica</i>	Atraso da multiplicação microbiana e de alterações bioquímicas	Suspensão total do crescimento microgânico, retardamento e suspensão da atividade metabólica.

Segundo NEVES FILHO (1991), o congelamento é um dos processos mais utilizados para a conservação dos alimentos, à medida que se provoca o abaixamento da temperatura, retardam-se consideravelmente processos promovidos pela ação de microorganismos, enzimas e reações químicas.

2.6.3 - Congelamento de alimentos

O congelamento é o tratamento por frio destinado aos alimentos que necessitam maior período de conservação; este processo, pelo largo tempo de armazenamento que faculta o alimento, tem nítida primazia sobre os demais meios de conservação, de natureza química e física.

A vantagem de seu emprego também consiste, principalmente, em conservar no alimento grande parte de seus caracteres organolépticos e nutritivos e dificulta ações desfavoráveis de microorganismos e enzimas.

O congelamento deve seu poder de conservação a dois efeitos:

- **Eliminação da água líquida** por transformação em gelo estabilizando toda atividade microbiológica e diminuindo consideravelmente a atividade enzimática.
- **Efeito térmico com resfriamento** dos produtos tratados até as zonas de temperaturas em que as atividades biológicas estejam reduzidas.

2.6.3.1 - Comportamento da água e de um tecido biológico quando submetidos ao congelamento

Segundo MAFART (1994), ao se congelar água pura mediante um fluido refrigerante de temperatura T, observam-se três etapas, Figura 6.

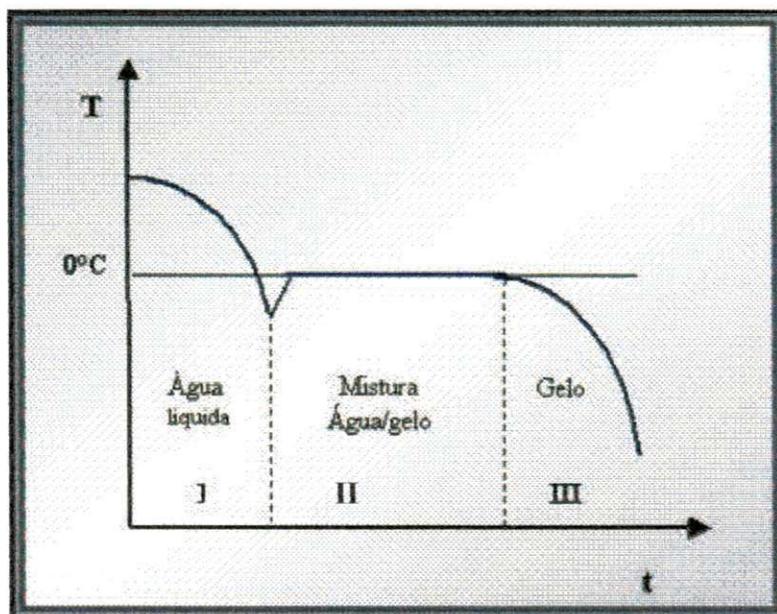
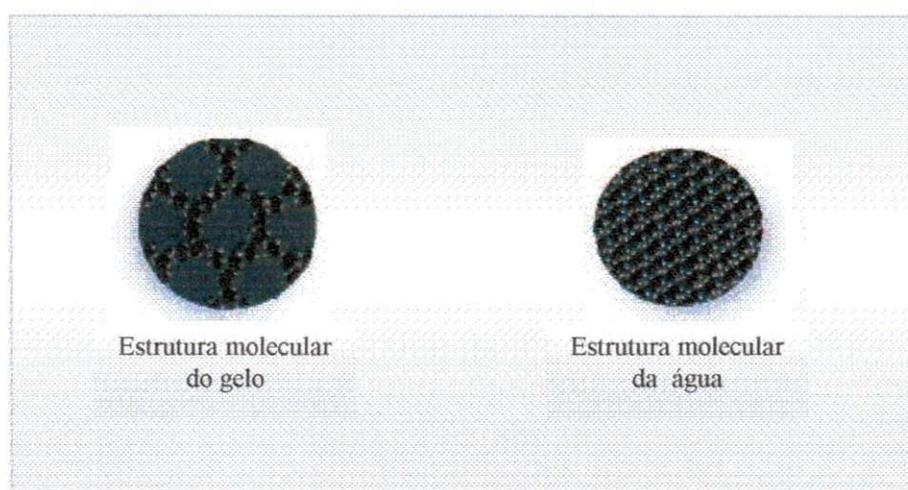


Figura 6 – Evolução da temperatura durante o congelamento da água pura

- I** – Descendo a temperatura inicial da água até uma temperatura ligeiramente inferior ao ponto de fusão ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$). Antes da aparição dos primeiros cristais, a água permanece líquida a uma temperatura inferior a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ antes de remontar até o ponto de fusão, depois ocorre o início da nucleação. Este fenômeno se denomina *sobrefusão*.
- II** – Fase da temperatura constante (meseta), é o ponto de fusão, onde ocorre o processo de mudança de fase. Somente o calor latente troca com a mudança de fase, pois é absorvido pelo meio frigorífico e a água se encontra em equilíbrio bifase água líquida/gelo.
- III** – Uma vez completado a mudança de fase, o resfriamento do gelo ocorre a uma maior velocidade, pois a condutividade térmica da água aumenta consideravelmente durante a mudança de fase.

A água tem uma característica especial: ao congelar, expande seu volume em cerca de 10%. Isso ocorre devido ao formato angular das moléculas, que não permite que se agrupem muito próximas umas das outras. Resultado: quando o líquido solidifica, essas moléculas ocupam um espaço maior, formando uma estrutura vazada, diferente do estado líquido, onde as moléculas se agrupam de maneira condensada, muito mais compacta que o gelo, Figura 7. Esse aumento de volume faz com que o gelo tenha densidade menor que a água. Além da água, apenas a prata, o bismuto, o antimônio e o ferro-gusa ficam com um volume maior em seu estado sólido (FURUKAWA, 2001).



Fonte: Revista Superinteressante, 2001

Figura 7 – Estrutura molecular da gelo/água

Pode-se compreender melhor o que acontece durante o congelamento de um tecido biológico analisando o que ocorre durante o congelamento de uma dissolução aquosa de qualquer sal. No início do processo aparecem unicamente cristais de um só constituinte: no caso, cristais de gelo trata-se de uma solução diluída; cristal de soluto trata-se de uma solução concentrada. Os cristais, formados por soluto e solventes simultaneamente são considerados uma concentração particular de soluto denominada *concentração eutética*. Está concentração particular, esta associada a uma *temperatura eutética*, que é a temperatura de fusão da mistura.

Como primeira aproximação, pode-se dizer que um tecido biológico em processo de congelamento se comporta como uma solução diluída. Comparada com a curva de congelamento da água pura, a solução diluída apresenta duas diferenças essenciais, Figura 8.

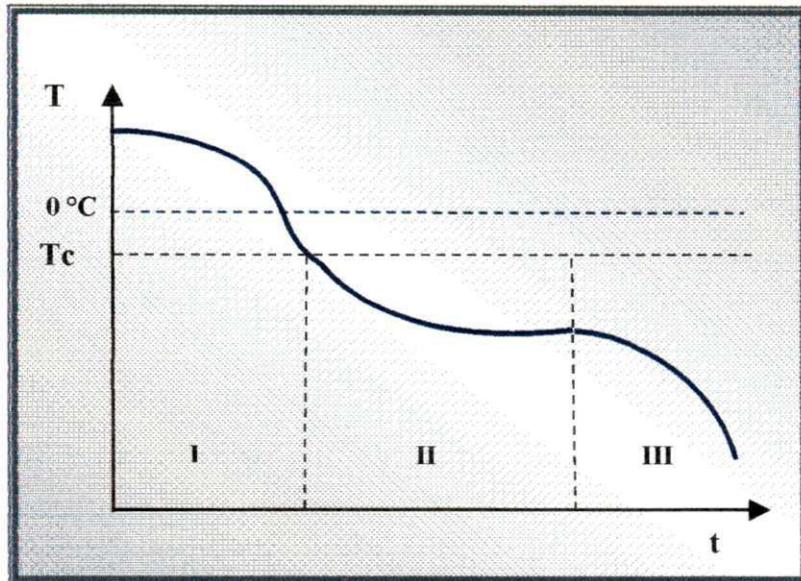


Figura 8 – Evolução da temperatura durante o congelamento de um tecido biológico

I - A temperatura de fusão da solução é inferior ao da água pura, e a diferença entre o ponto de fusão de uma solução e da água é cada vez maior quanto mais concentrada estiver a solução.

II - À medida que se forma gelo, o soluto se concentra na fase líquida (Este fenômeno é aproveitado em um processo chamado *crioconcentração*). Assim, o ponto de fusão da solução decresce ao mesmo tempo em que aumenta a concentração, razão pela qual se fala de temperatura de início do congelamento, com a finalidade de precisar que se trata de um ponto de fusão de uma solução antes que esta se modifique pela *crioconcentração*. Além disso, o aspecto da mudança de fase é prejudicado pelo decréscimo progressivo do ponto de fusão: à medida que este diminui, a temperatura diminui, por este motivo teremos uma temperatura final de congelamento inferior a inicial, a qual se diferencia do comportamento da água, que, ao se congelar tem temperaturas inicial e final iguais.

Apesar da diminuição da temperatura, a velocidade das reações no soluto aumenta; este aumento da velocidade se produz entre $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Com o aumento da concentração do soluto ocorre mudança na viscosidade, pH, força iônica, pressão osmótica e tensão superficial, entre outras. A ação destes fatores associados ao efeito do desaparecimento de uma parte da água líquida resulta em mudanças desfavoráveis no alimento. Estes efeitos podem ser limitados quando a ultrapassagem destes intervalos de temperatura se realiza de forma rápida. Este intervalo é denominado de zona de perigo ou zona crítica.

III - Uma vez completado a mudança de fase, com a estabilização da temperatura, finalmente ocorre uma nova redução de temperatura.

2.6.4 - Tipos de congelamento

Segundo EVANGELISTA (1987), a velocidade do congelamento de alimentos se realiza de modo lento e rápido.

<i>Tipos de congelamento</i>	Lenta	<ul style="list-style-type: none"> * O processo é demorado (3-12 horas) * A temperatura vai diminuindo gradativamente até chegar ao valor desejado. * Há formação de grandes cristais de gelo, no interior das células, mas principalmente nos espaços intercelulares. * Estes cristais afetam fisicamente as células, assim podendo causar reações indesejáveis.
	Rápida	<ul style="list-style-type: none"> * O tempo de abaixamento da temperatura é muito brusco. * Há produção, por isso, de pequenos cristais de gelo, principalmente no interior das células, não prejudicando o alimento.

A velocidade de congelamento é que determina a distribuição dos cristais nos tecidos, se o congelamento é lento, os primeiros cristais serão grandes e aparecerão essencialmente no interior das células. Estes grandes cristais provocam compressão mecânica que tende a danificar as células. Contudo, o efeito da crioconcentração que se provoca no exterior das células se traduz por um desequilíbrio osmótico e há migração da água para o exterior, desidratando deste modo à célula (MAFART, 1994).

Quando o congelamento é rápido, formam-se pequenos cristais, tanto no interior como no exterior das células, onde os tecidos dos alimentos são menos danificados. Durante o congelamento, os produtos que são congelados rapidamente liberam menos exsudado que nos congelados lentamente.

Com o estudo do congelamento tem-se desenvolvido diversas teorias, e para maior informação sobre estas teorias do ponto de vista da engenharia, no estudo do congelamento se consideram de suma importância os seguintes temas:

a) Determinação do ponto inicial de congelamento do produto alimentício

Este ponto é diferente do ponto de congelamento da água pura devido à presença de soluto no alimento, o qual reduz o ponto de congelamento. Este ponto é calculado de acordo com a seguinte equação:

Temperatura de início do congelamento, T_c

Para uma solução diluída, escreve-se a *lei de Raoult* (MAFART, 1994) de forma simplificada conforme a seguinte equação:

$$T_c = \frac{K_w \times C'}{M} \quad (\text{em } ^\circ\text{C}) \quad (16)$$

K_w : constante criogênica da água: 18,6 C.G.S.

C' : massa do soluto (g) dissolvida em 100g de água

M : peso molecular do soluto

No princípio do congelamento, o tecido biológico se comporta como uma solução diluída na qual se pode aplicar a *Lei de Raoult*. Neste caso, o fator M é o “peso molecular equivalente” característico da composição do extrato seco solúvel do produto.

Evidentemente, a aplicação da *Lei de Raoult* supõe que se tenha determinado o peso molecular equivalente do extrato seco solúvel. Quanto aos tecidos vegetais é necessário fazer a abstração do extrato seco insolúvel e considerar o sistema como uma solução do extrato seco solúvel na água.

Assim, para o caso da carne com 74% de conteúdo de água,

$$C' = \frac{1-0,74}{0,74} \times 100 = 35,5g/100g \text{ de água} \quad (17)$$

Para $M = 723,1$ calculados segundo a equação de Chen (CHEN, 1985), temos:

$$T_c = 18,6 \times \frac{35,1}{723,5} = -0,9^\circ C \quad (18)$$

Alguns valores de temperatura de início de congelamento segundo MAFART (1994):

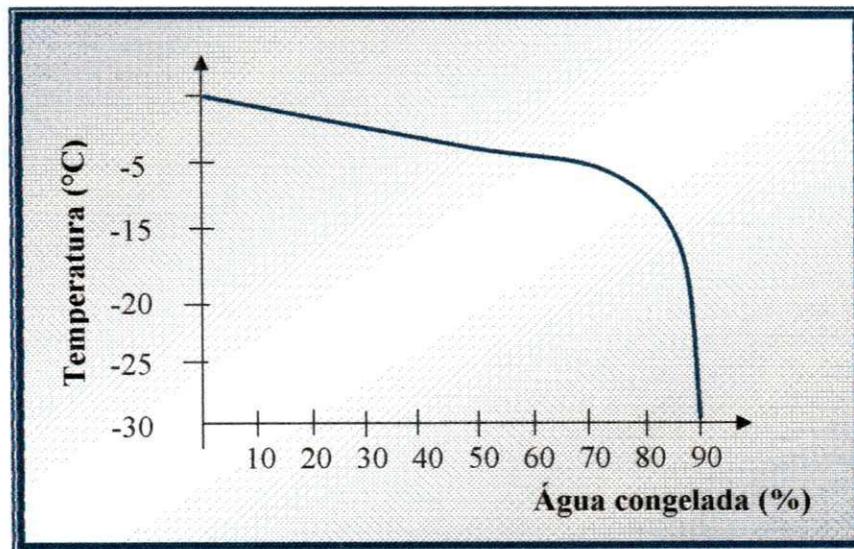
Carnes e peixes	- 1 °C
Feijão branco	- 1,1 °C
Pêras	- 2,4 °C
Suco de laranja (concentrado, 80 °Brix)	- 6 °C
Suco de maçã (concentrado, 80 °Brix)	- 10 °C

b) Proporção de água congelada

Contrariamente ao que ocorre no caso da água pura em que toda a água congela a 0 °C, no caso das soluções e tecidos biológicos, para um dado produto, a proporção de água congelada só depende da temperatura. Isto significa que se o produto, ao longo do seu congelamento, for submetido a flutuações de temperatura, será igualmente submetido a ciclos múltiplos de congelamento-descongelamento que se traduzirá na deterioração da qualidade do produto armazenado (MAFART, 1994).

c) *Princípios básicos do congelamento*

A conservação pelo congelamento fundamenta-se em dois princípios básicos. O primeiro, refere-se à mudança do estado físico de grande parte da água presente no produto, de líquido para sólido, Figura 9, deixando os microorganismos com dificuldade de sobrevivência, o que retarda a deterioração do produto. O segundo trata da diminuição da temperatura a níveis tão baixo que impede o crescimento de microorganismos. Os microorganismos não se desenvolvem em temperaturas abaixo de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. No entanto, nestas temperaturas, algumas enzimas continuam ativas, podendo ocorrer autólise, cuja velocidade vai depender da temperatura de estocagem (VALENTI, 1998).



Fonte: VALENTI, 1998

Figura 9 – Percentagem de água congelada

Segundo MAFART (1994) a maior parte da água (50 a 80%) está congelada a $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sempre existe uma certa proporção de água (ao redor de 10%) que permanece sem congelar e que corresponde à fração da água mais ligada.

A proporção de água congelada pode ser calculada a partir da equação de BARTLETT (1944).

$$Ln = \frac{L}{R} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right) \quad (19)$$

L : calor latente de fusão da água: $6.003 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$.

R : constante dos gases perfeitos: $8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ K}$.

T_o : temperatura de fusão da água: 273 K .

X : fração molar da água não congelada.

Sendo E o teor da água não congelada do produto e S o teor em extrato seco solúvel de um peso molecular equivalente M .

$$X = \frac{\frac{E}{18}}{\frac{E}{18} + \frac{S}{M}} \Rightarrow E = \frac{18SX}{M(1-X)} \quad (20)$$

O teor de gelo do produto é: $G = X_w - E$ (21)

e a proporção de água congelada é : $y = \frac{G}{X_w}$ (22)

Assim, na carne com conteúdo de água 74% congelado a $-15 \text{ }^\circ\text{C}$, o valor de $y = 94,9 \%$ (tomando $M = 723,5$).

A equação empírica de CHEN (1985) permite calcular diretamente o teor de gelo de um produto em função de sua temperatura T :

$$G = \frac{S}{M} \times \frac{RT_o^2}{L} \times \frac{T_c - T}{(T - T_o)(T_c - T_o)} \quad (23)$$

em que:

$$R = 8,32 \text{ kJ} \cdot \text{kg mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$L = 335 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

No caso da carne com conteúdo de água 74 % congelada a -15°C , tomando $M = 723,5$, tem-se:

$$y = \frac{G}{X_w} = 84\%$$

Este valor difere notoriamente do comentado segundo o método de BARTLETT (1944), percebe-se que os valores calculados segundo Bartlett são amplamente subestimados em comparação com os valores experimentais. Os valores calculados segundo ambos métodos unicamente convergem no caso dos sucos de frutas e produtos vegetais.

O cálculo da proporção de água congelada precisa, evidentemente, do conhecimento do peso molecular equivalente do extrato seco solúvel.

Conhecendo-se a temperatura de início do congelamento, se pode então determinar o peso molecular equivalente a partir da *Lei de Raoult*:

$$M = \frac{K_w \times C}{T_c} \quad (T_c \text{ em } ^{\circ}\text{C})$$

No caso da carne de 74 % de conteúdo de água, com $T_c = -1^{\circ}\text{C}$, obtém-se $M = 654,9$

Pode utilizar-se a equação de Bartlett partindo da temperatura de início de congelamento, pois não existindo gelo, $E = X_w$ (sendo X_w conhecido). Assim, determina-se a fração molar X da água não congelada para $T = T_c$:

$$X = \frac{\frac{E}{18}}{\frac{E}{18} + \frac{S}{M}} \Rightarrow E = \frac{18SX}{M(1-X)}$$

Para carne ($X_w = 0,74$; $T_c = 1^{\circ}\text{C}$), se obtém $M = 654,7$.

Segundo CHEN (1985), os dois métodos precedentes subestimam os valores reais de M, salvo o caso de legumes e frutas. O autor propõe as seguintes equações empíricas:

$$\text{Carne:} \quad M = \frac{535,4}{X_w} \quad (24)$$

$$\text{Bacalhau:} \quad M = \frac{404,9}{X_w} \quad (25)$$

$$\text{Suco de laranja e maçã:} \quad M = \frac{200}{1 + 0,25S} \quad (26)$$

2.6.5 - Processos de congelamento de alimentos

	<i>Congelamento convencional</i>
<i>Processos</i>	<i>Congelamento criogênico</i>
	<i>Congelamento criomecânico</i>

2.6.5.1 - Congelamento convencional

O processo de congelamento convencional tem como objetivo a conservação das características frescas do produto, isto devido ao uso de temperaturas baixas, que reduzem a velocidade de deteriorações causadas pelas reações químicas, físicas e atividades microbiológicas.

A conservação da carne por congelamento, bem como da maioria dos alimentos, tem sido recomendada, pois tem uma grande capacidade de manter as características químicas, organolépticas e nutritivas do produto o mais próximas possível das características iniciais, e ainda dificulta a ação desfavorável de microorganismos e enzimas (SOUTHGATE, 1992).

Segundo SING & HELDMAN (1997), a significativa queda na velocidade de crescimento microbiano, provocada pela baixa temperatura, e conseqüente redução na deterioração do produto pela ação microbiológica, assim como a influência da temperatura na formação de cristais de gelo, e nas reações enzimáticas e de oxidação demonstra como a conservação de alimentos por congelamento se produz por diferentes mecanismos.

O congelamento, de uma maneira geral, apresenta inúmeras vantagens sobre outros modos de conservação dos alimentos, entre estes, podem ser citados manutenção da cor, do sabor e das qualidades nutricionais, quando o congelamento é feito corretamente, bem como quando o processo de armazenagem segue todos os critérios necessários para que o produto mantenha sua qualidade (FONTES & LOPES, 1994).

EVANGELISTA (1987) salienta que não se deve esperar que o congelamento encubra defeitos anteriores ao tratamento, pois em matéria de qualidade, o produto congelado será sempre a soma de suas condições anteriores ao próprio congelamento.

Os fenômenos promovidos pela ação de agentes deteriorantes podem ser sensivelmente retardados com o abaixamento da temperatura, dando aos produtos um maior tempo de preservação (NEVES FILHO, 1991).

2.6.5.1.1 - Congelamento do camarão

A decisão de congelar ou não o camarão vai depender, principalmente, do tempo previsto para a comercialização. Se o camarão for comercializado após cinco dias da despesca, período considerado como o tempo máximo de vida de prateleira do *M. rosenbergii* faz-se necessário à utilização de um método de conservação que prolongue sua vida útil, como e o caso do congelamento (VALENTI, 1998).

Segundo VALENTI (1998), o camarão fresco destinado ao congelamento deverá receber os mesmos cuidados e atenção que aqueles destinados à venda no estado fresco. Deve-se ter presente que o congelamento não melhora a qualidade do camarão. No melhor das hipóteses, o produto, no máximo, terá as características já existentes no momento do congelamento.

Segundo VALENTI (1998) a maior parte da água de constituição do camarão solidifica-se na faixa de $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, e para que se possa obter um produto de boa qualidade, é necessário que essa faixa seja ultrapassada o mais rápido possível, não devendo ser maior que duas horas. O mesmo autor afirma que a deterioração do camarão por microorganismos somente é paralisada quando sua temperatura encontra-se abaixo de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$; entretanto, algumas enzimas deteriorativas continuam atuando. Quanto mais baixa for a temperatura de estocagem, mais lenta será a ação dessas enzimas.

2.6.5.2 - Congelamento criogênico

Este processo não utiliza instalação frigorífica; alguns empregam o contato direto por aspensão de um gás líquido sobre o produto. O suporte frigorífico, está constituído principalmente pelo consumo do calor latente de vaporização do líquido em contato com o produto. Os fluidos mais empregados para o processo de congelamento com gás liquefeito são o nitrogênio líquido (N_2) e o dióxido de carbono (CO_2) (MAFART, 1994).

a) Características e propriedades dos gases liquefeitos mais empregados

A utilização dos gases ou misturas de gases, obtidos por procedimentos industriais, na conservação de alimentos e bebidas, é recente e data do final do século XIX e princípios do século XX. Por exemplo, no ano 1900 apareceram trabalhos austro-húngaros dedicados ao estudo da conservação de produtos cárnicos em uma sala com atmosfera modificada a base de CO_2 , nitrogênio e oxigênio. As primeiras tentativas de emprego dos gases (nitrogênio fundamentalmente) para o congelamento rápido de pescados e outros produtos alimentícios data de 1930-1940 (VICENTE *et al.*, 1994).

Entre os líquidos criogênicos mais utilizados se destaca o Dióxido de Carbono e o Nitrogênio por suas características, descritas a seguir:

O nitrogênio (N₂)

O nitrogênio, em condições normais (20 °C de temperatura e 1kg/cm² de pressão) e um gás incolor, inodoro e insípido. É o principal componente do ar, onde se encontra presente em uma proporção de 78,08 % em volume (VICENTE, 1994).

A pressão atmosférica e a temperatura abaixo do -196 °C é um líquido incolor, inodoro e caracterizado principalmente por sua grande inércia química (não ataca ou reage com outros produtos), o que favorece sua utilização na elaboração de envasados e conservação de produtos alimentícios.

Em condições de pressão e temperaturas normais é um gás não inflamável e inerte. Não é possível a respiração dos seres vivos em atmosfera de nitrogênio e não é possível a combustão dos corpos em este tipo de gás. Entretanto, o nitrogênio é um elemento essencial para a vida, já que forma parte da estrutura protéica dos animais e das plantas. O nitrogênio apresenta pouca solubilidade em água e outros líquidos (VICENTE, 1994).

No Quadro 1 são apresentadas as características mais importantes. Como pode ser observado nesta tabela, o nitrogênio se expande ao passar de líquido a gás até 696,5 vezes seu volume, cedendo seu calor latente (47,74 kcal/kg) no processo.

Quadro 1 – Propriedades físicas do nitrogênio

Propriedades físicas do nitrogênio (N ₂)	
(ar = 1)	(líquido - gás)
Símbolo Químico N ₂	Peso molecular 28,0134
Peso específico 0,996	Volume de expansão 696,5
Temperatura da ebulição (a 1kg/Cm ²)	-195,8 °C
Densidade em estado líquido.....	808,60 kg/m ³
Calor latente de vaporização	47,74 kcal/Kg
Ponto triplo	(-210 °C, 0,1253 Bar)

Fonte: VICENTE (1994).

São quatro as principais qualidades que tem feito com que o nitrogênio líquido, seja o fluido criogênico escolhido para refrigeração e ultracongelamento de vários produtos:

- Sua inércia química (não ataca nem reage com outros corpos).
- Sua potência frigorífica.
- Não é tóxico
- Seu baixo preço.

O nitrogênio é utilizado em forma líquida nos processos de refrigeração e congelamento rápido de alimentos. Em forma gasosa pode-se empregar na conservação e acondicionamento de produtos, como:

- Conservação das carnes e peixes em atmosfera de nitrogênio.
- Proteção de vinhos e outras bebidas desde sua elaboração ao engarrafamento com nitrogênio gasoso.

De acordo com VICENTE *et al.*, (1994), as frigorias adicionadas por um litro de nitrogênio líquido, para esfriar um produto a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ é de 70 frigorias, e 38,4 frigorias é somente para um baixo nível térmico ($-196\text{ }^{\circ}\text{C}$), o que confere uma grande rapidez de congelamento. Por outro lado, a potência frigorífica subministrada por uma quantidade dada de nitrogênio líquido varia pouco em função do nível térmico o qual se subministra as frigorias, contrariamente é o que ocorre em instalações clássicas de refrigeração. Como exemplo, se pode indicar que a potência frigorífica do nitrogênio líquido a $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ representa 93% da potência frigorífica a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Enquanto que, se o nitrogênio for utilizado em forma líquida nos processos de refrigeração e congelamento rápido de alimentos, em forma gasosa se pode empregar na conservação e acondicionamento dos mesmos produtos (Gráfico 3).

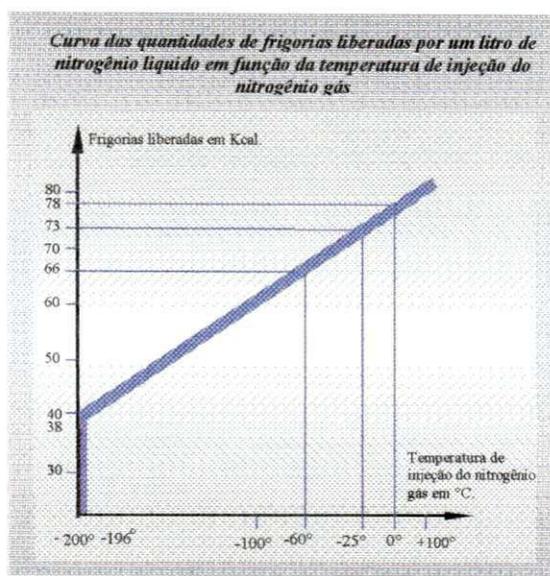


Gráfico 3 - Potência frigorífica do nitrogênio (SEO).

Dióxido do carbono (CO₂)

O dióxido de carbono é um gás em condições normais (20 °C e temperatura de 1kg/cm² de pressão). Encontra-se presente na atmosfera em uma proporção variável, compreendida entre 0,03 e 0,06 % em volume. É incolor e inodoro e com sabor ácido. Não é tóxico, tão pouco inflamável, só é tóxico em concentrações elevadas. Para usos industriais, se subministra líquido em garrafas de aço a temperatura ambiente. Também se pode entregar em cisternas, em estado líquido e a baixa temperatura (-14 °C a -27 °C).

No princípio de 1914 o CO₂ foi utilizado em extintores de incêndios. Em alimentação seu emprego pela primeira vez foi na carbonatação de bebidas. Comercialmente se apresenta também como neve carbônica, o gelo seco, a uma temperatura de -78 °C e a pressão atmosférica, tendo então uma alta capacidade frigorífica (150 kcal/kg). O CO₂, em estado de gás, pesa 53% mais que o ar, sendo muito mais solúvel em água que outros gases, tais como o nitrogênio ou oxigênio. A solubilidade aumenta ao baixar a temperatura, propriedade que se emprega no engarrafamento de cervejas e bebidas em geral. O CO₂ realça o sabor das bebidas, sejam naquelas que se acrescenta CO₂ ou nas que se produzem por fermentação natural. O anidrido carbônico em estado líquido é também incolor e existe em temperaturas compreendidas entre -51,56 °C e 31°C (VICENTE *et al.*, 1994). No Quadro 2 contém as características físicas mais importantes do CO₂.

Quadro 2 - Propriedades físicas do anidrido carbônico (CO₂)

Propriedades físicas do anidrido carbônico (CO ₂)	
(ar)	(líquido - gás)
Símbolo Químico CO ₂	Peso molecular..... 44,01
Peso Específico 1,53	
Temperatura critica	31 °C
Temperatura da ebulição (a 1kg/cm ²)	-78,5 °C
Densidade do liquido (a 1atm. / -79,8 °C).....	1562 kg/m ³
Densidade do gás (a 1atm.).....	2,814 kg/m ³
Calor latente de vaporização	136,7 kcal/kg
Ponto triplo	(-56,57 °C, 5,185 Bar)

Por ser um gás inerte e antioxidante pode ser utilizado na conservação daqueles produtos alimentícios em que, o simples contacto com o oxigênio é prejudicial (carnes, determinadas classes de vinhos, etc.). O CO₂ produz-se de forma natural, na fermentação de grande quantidade de produtos alimentícios (mosto de uva, mosto cervejeiro, melaços, etc.) por ação do fermento sobre os açúcares presentes, dando lugar a diversas substâncias tais como: álcool, CO₂, ácido acético, ésteres, etc. A reação é de caráter exotérmico, desprende calor (VICENTE *et al.*, 1994).

b) Diferenças entre o nitrogênio e dióxido do carbono

Um congelamento criogênico normalmente se refere a um fluido cujo ponto de ebulição está bastante abaixo do ponto de congelamento normal do alimento. Quando o alimento é imerso no fluido, tem lugar a uma evaporação do congelante sobre a superfície do alimento, melhorando, portanto o coeficiente de película térmica (LEWIS, 1993). Entre os líquidos criogênicos se destacam o dióxido de carbono e o nitrogênio, sendo que, este último, é o agente ideal para a execução do processo, por ser inerte, de baixo ponto de ebulição e destituído de toxidez (EVANGELISTA, 1987). No Quadro 3 são apresentadas as diferenças entres os dois gases.

Quadro 3 - Comparação entre o congelamento com nitrogênio líquido e CO₂

Comparação entre o congelamento com nitrogênio líquido e anidrido carbônico.			
Elemento de comparação	Nitrogênio	Anidrido Carbônico	Vantagem
1. Temperatura	-195°C	-79°C	N ₂ : Mais rapidez no congelamento
2. Reações	Inerte	Dá ácido carbônico em contato com água	N ₂ (inerte)
3. Capacidade frigorífica	72 frigorias/litro (-196 °C) – (-20 °C)	60 frigorias/quilo	N ₂ (maior capacidade)
4. Custo	100	120	N ₂ (menor custo)
5. Armazenamento	Armazenamento temperatura ambiente	Armazenamento em frio	N ₂ (mais seguro e barato)
6. Segurança	Inerte, no ar esta presente (78%)	Gás tóxico produz asfixia	N ₂ (mais seguro)
7. Segurança	Baixa pressão de armazenamento	20 kg/cm ²	N ₂ (Menor pressão)
8. Segurança	Menor peso que o ar	Mais pesado que o ar (Perigo)	N ₂ (menos denso)
9. Canalização	Sem obstrução	Obstrui ao produzir neve carbônica	N ₂ (sem obstrução)

Segundo VICENTE *et al.*, (1994) o congelamento criogênico com nitrogênio líquido apresenta uma serie de vantagens, tais como: menor desidratação do alimento durante o processo de congelamento, menores perdas de peso do produto ao proceder o seu descongelamento (menor retenção da água), melhor característica organoléptica (cor, odor, sabor e textura), com a cor e o odor mais parecidos ao que tinha o produto inicialmente, melhor qualidade microbiológica (detenção do desenvolvimento microbiano e enzimático), detenção dos processos de oxidação e rancificação provocados pelo oxigênio e pelo desenvolvimento bacteriano.

Outras vantagens do congelamento com o nitrogênio líquido quando comparadas com o frio mecânico, são apresentados no Quadro 4 (VICENTE *et al.*, 1994).

Quadro 4 – Comparação entre o congelamento com o nitrogênio líquido e com o frio mecânico

<i>Elemento de comparação</i>	<i>Nitrogênio</i>	<i>Frio Mecânico</i>	<i>Vantagem para:</i>
1. Perdas de peso	0,1 %	2,5 – 3,2%	N ₂ = menos perda
2. Velocidade de congelamento	3 a 15 min.	20 a 180 min.	N ₂ = congelamento mais rápido
3. Fluido refrigerante	N ₂ (-196 °C)	Ar (-25 / -40 °C)	N ₂ = temperatura mais baixa
4. Preço do túnel	1	4 – 6	N ₂ = menos custo de equipamento inicial
5. Manutenção	1 %	4 – 6%	N ₂ = menos custo de manutenção
6. Gastos anuais (fixo + variáveis)	X pts / kg congelado	1,4 X pts / kg	N ₂ = menos gastos anuais
7. Qualidade microbiológica	Detenção rápida do crescimento bacteriano	Detenção mais lenta	N ₂ = melhor qualidade microbiológica
8. Qualidade física	Sem exsudado, inertização	Exsudado, cor, inertização por ar	N ₂ = melhor qualidade física

O congelamento rápido de produtos alimentícios se conhece na atualidade como “ultracongelamento”, e se realiza em alguns minutos (máximo de 120). Quando o ultracongelamento é feito por aplicação de gases criogênicos (nitrogênio líquido) principalmente a baixas temperaturas, o processo se realiza de 1 a 15 minutos (VICENTE *et al.*, 1994).

Não só a temperatura merece atenção especial, mas também as velocidades de congelamento têm grande relevância na qualidade do camarão, principalmente quando se sabe que o camarão apresenta uma textura frágil (VALENTI, 1998).

A carne do camarão, assim como a de animais, é constituída de células que se dispõem uma das outras. Quando a temperatura começa a baixar para valores inferiores a 0 °C, inicia-se a formação de cristais, primeiramente nos fluidos localizados entre as células.

Nas Figuras 10A e 10B são mostrados a formação de cristais em congelamento convencional e em congelamento criogênico, respectivamente.

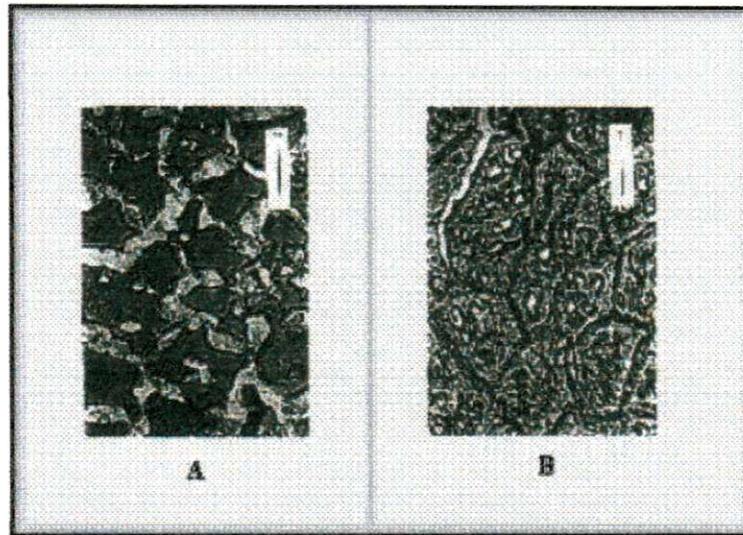


Figura 10A e 10B - Formação de cristais de gelo no congelamento convencional e no congelamento criogênico de um alimento (MONTEIRO FILHO, 2001)

MILLER *et al.*, (1982) estudando a carne suína, congelada convencionalmente e em nitrogênio líquido e armazenada por um período de 24 meses, determinaram que ao longo do armazenamento a qualidade da carne foi decrescendo, mas concluíram que, quando congelada em nitrogênio líquido, apresentava uma melhor aparência da carne do que quando congelada convencionalmente. Normalmente, alimentos submetidos a métodos criogênicos de congelamento apresentam qualidade superior devido principalmente à dimensão, número, e localização dos cristais de gelo.

2.6.5.3 - Congelamento criomecânico

É interessante combinar em série duas técnicas de congelamento, com a etapa criogênica antes da etapa mecânica (VRINAT, 1986).

Segundo MAFART (1994), este processo permite que o frio chegue muito rápido ao produto, formando uma crosta sólida na superfície do mesmo. Ao ficar endurecido superficialmente de maneira rápida, o produto fica menos frágil e resiste à mudança mecânica. A continuação do congelamento mecânico se realiza lentamente, até atingir o centro, mas com a primeira fase criogênica, a zona periférica congelada rapidamente exerce um papel protetor contra a exsudação e perdas de aroma.

2.6.6 - Tipos de congeladores

Considerando a forma pela qual o produto é congelado, existem quatro tipos de congeladores (FAO, 1977).

Congeladores por circulação rápida de ar - são encontrados na forma contínua e descontínua. Em ambos os casos, o calor vai sendo retirado por uma corrente rápida de ar frio, que passa através do produto. No primeiro, o produto congela à medida que vai passando lentamente por um túnel de congelamento. No segundo, o produto, geralmente, é colocado em carrinhos providos de bandejas que permanecem fixas no túnel durante o processo de congelamento.

Congelador por contato ou de placa - a transmissão de calor ocorre mediante o contato direto entre o produto e a placa metálica, através da qual passa o refrigerante. Os congeladores de placa podem ser horizontais ou verticais.

Congelador por imersão - os pescados (ou camarões) são imersos em uma solução de sal quase saturada e resfriada entre $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, por serpentinas instaladas dentro do tanque e ligadas a uma unidade refrigeradora externa. A velocidade de congelamento neste equipamento é alta, fornecendo produtos congelados individualmente.

Congelador criogênico - é aquele no qual o calor é retirado do produto por contato direto com um gás ou vapor liquefeito, sendo que o nitrogênio é um dos mais usados.

2.7 - Descongelamento

Por múltiplas razões o descongelamento é uma etapa crítica do ponto de vista microbiológico. O exsudado composto por água e substâncias nutritivas aparecem em primeiro lugar na superfície do produto, pois é a zona em que a temperatura é menos fria, onde a contaminação inicial é mais elevada (na carne fresca, a carga microbiana é da ordem de 10^2 unidades formadoras de colônias por grama, muitos produtos alcançam valores na superfície da ordem de 10^3 até 10^7 unidades formadoras de colônias) (MAFART, 1994).

Para limitar o desenvolvimento microbiano, é conveniente descongelar a baixas temperaturas e rapidamente. Estas duas sugestões são evidentemente incompatíveis e não fica outra solução que adotar um compromisso mais ou menos difícil para descongelar o menos lentamente possível, sem que ao mesmo tempo esteja favorecendo o desenvolvimento microbiano devido a temperaturas suaves.

De acordo com BERTULLO (1975) e BURGESS *et al.*, (1987), os métodos de descongelamento se dividem em: a) aqueles em que o calor é aplicado na superfície do produto por meio de sua exposição ao ar, água ou placas metálicas quentes; b) aqueles nos quais calor é gerado uniformemente através da carne e c) aqueles que dependem de eletricidade, os quais são utilizados correntes para gerar calor dentro do produto.

Assim, os métodos são:

- **Descongelamento em água**
- **Descongelamento por ar frio a 4 °C**
- **Descongelamento por microondas**
- **Descongelamento por contato duplo**

2.7.1 - Descongelamento em água

Segundo BERTULLO (1975) o maior risco que ocorre ao descongelar em água é a perda do sabor, mas se tratando de pescados inteiros este método não é satisfatório, pois ocorre uma ligeira perda de sabor e de pigmentos da pele. Os produtos congelados de pequeno porte ou destinados ao consumo imediato, segundo suas características poderão ser descongelados por imersão em água fria ou banhos de água quente e em geladeiras; o tempo de descongelamento em água, por sua maior condutibilidade, é mais veloz do que o realizado por ar (EVANGELISTA, 1987).

2.7.2 - Descongelamento por ar frio a 4 °C

Este método requer muito tempo de descongelamento que pode chegar a dias. No entanto, a quantidade do exsudado do produto descongelado por este método, é relativamente elevada (0,5 a 3%). Por este motivo este método não é muito praticado (MAFART, 1994).

2.7.3 - Descongelamento por microondas

É um método bastante rápido comparado com procedimentos clássicos. Desagradavelmente este método tropeça com os problemas técnicos inerentes das microondas (MEISEL, 1971). Devido que as microondas são absorvidas muito mais rapidamente pela água líquida do que pelo gelo, quando à frente de descongelamento aparece na periferia, esta atua como uma parede protetora, impedindo a penetração das microondas, até a zona central que ainda não tenha sido descongelada, de modo que a superfície do produto pode cozinhar, antes que a parte central tenha sido descongelada.

2.7.4 - Descongelamento por contato duplo

Blocos de pescados são descongelados entre placas metálicas em um equipamento similar ao do congelamento. O líquido que circula através das placas proporciona o calor necessário para o descongelamento.

Análises físico – químicas e microbiológicas

2.8 - Caracterização físico-químicas e microbiológicas

Os distintos países através de mecanismos especializados como as diferentes organizações internacionais, têm feito pesquisas para que o homem disponha de um alimento sano do ponto de vista microbiológico e parasitológico, que não esteja contaminado por constituição ou agregação com metabólitos, que por ação acumulativa possam originar alterações irreversíveis, ou que por ações biológicas percam ou diminuam seus aspectos físico-químicos (BERTULLO, 1975).

Grandes quantidades de pessoas ingerem os alimentos sem conhecer seus valores nutritivos, e estes alimentos são ingeridos ou “*in natura*”, ou submetidos a processos culinários, ou elaborados industrialmente (EVANGELISTA, 1987). Os alimentos se diferenciam entre si, por seu valor nutritivo, que pode ser reduzido ou de alto teor.

2.8.1 - Análises físico-químicas

As análises físico-químicas em alimentos servem para avaliar componentes de interesse nutricional como alguns minerais e vitaminas, além de se poder controlar quimicamente a qualidade das matérias-primas alimentares dos produtos processados (ANGELUCCI *et al.*, 1987).

É sabido que durante a armazenagem frigorífica ocorrem modificações físico-químicas, onde estudos visam à identificação dos fatores que provocam alterações na qualidade do produto (NEVES FILHO, 1991).

2.8.1.1 - Conteúdo de água

O mais freqüente, e muitas vezes o mais abundante componente de um alimento é a água. Assim, a água passa a ser um dos mais importantes componentes desses produtos com a peculiaridade de ser importante não somente por suas possibilidades de participar em transformações químicas, mas também por permitir as transformações químicas dos demais componentes quando atua como solvente, e pelas transformações físicas que a água pode sofrer e induzir o alimento (BOBBIO *et al.*, 1995).

O conteúdo de água no alimento se relaciona com a quantidade de água disponível existente no produto. A água disponível é aquela que, no alimento, se encontra em forma livre, isto é, não ligada, como se acha nas soluções; nas soluções salinas ou açucaradas, em razão do aumento da pressão osmótica, os microorganismos perdem água que contém, pelo deslocamento da água celular para o meio externo (EVANGELISTA, 1987).

A água é o principal componente na maioria dos alimentos, atingindo ate 97-98% em alguns vegetais frescos. Assim, a natureza e força de sua associação com outros componentes têm importante papel nas propriedades e estabilidade dos alimentos refrigerados, aqui incluídos tanto os refrigerados como congelados (NEVES FILHO, 1991).

Há que se distinguir quatro formas de água em materiais biológicos: água livre, água de constituição, água de adsorção e água de cristalização. A primeira é o soluto de todos os líquidos biológicos, contendo os compostos químicos do referido material, mas com cada um deles em sistemas específicos e grau de dispersão, solidificando como gelo (NEVES FILHO, 1991).

A água de constituição está presente em sistemas macrocelulares, mas pode ser separada como gelo, fenômeno que poderá induzir a morte das células. A água da terceira forma está ligada diretamente a compostos sólidos e não congela mesmo a baixas temperaturas. Por exemplo, no caso de liofilização, somente pode ser removida durante o segundo estágio ao passo que a água livre e de constituição são retiradas no primeiro estágio (NEVES FILHO, 1991).

Finalmente, a água de cristalização, como apresenta ligações extremamente fortes e fazendo parte do sistema cristalino do produto através de hidratos, somente pode ser retirada sob condições extremas de temperatura, após a destruição da estrutura cristalina (NEVES FILHO, 1991).

Lobão *et al.*, citado por VALENTI (1998) analisaram amostras de *M. rosenbergii* de diferentes comprimentos, encontrando os seguintes valores médios: conteúdo de água: 76,24%; cinzas: 1,22%; proteínas: 20,68% e gorduras: 0,69%.

2.8.1.2 - Cinzas

Cinzas em alimentos refere-se ao resíduo inorgânico remanescente da queima da matéria orgânica, sem resíduo de carvão. A composição da cinza obtida não corresponde, necessariamente, à soma das substâncias minerais presentes no alimento em si, devido às perdas por volatilização ou mesmo pela interação entre componentes. O perfil das cinzas pode ser considerado como medida geral de qualidade e freqüentemente é utilizado como critério na identificação dos alimentos. A cinza contém, geralmente, cálcio, magnésio, ferro, fósforo, chumbo, sódio e outros componentes minerais (ANGELUCCI *et al.*, 1987).

2.8.1.3 - Proteínas

As proteínas são fontes de energia e tal como os carboidratos, cada grama de proteína fornece 4 kcal, que, se não forem consumidas pelo organismo, serão convertidas em reserva de gordura do corpo. Os nutricionistas determinaram teores mínimos de proteínas para se ingerir diariamente. Estes teores são da ordem de 10% do valor calórico total. Não existe vantagem alguma em se ingerir mais do que se necessita, pois todo o excesso será convertido em gorduras (BORATTO, 1997).

As quatro maiores classes de compostos essenciais à vida são os ácidos nucleicos, as proteínas, os lipídeos e os carboidratos (ANGELUCCI *et al.*, 1987).

As proteínas são compostos orgânicos indispensáveis para o bom funcionamento do organismo. Estas são formadas por cerca de 20 aminoácidos, dos quais 8 são essenciais e devem ser ingeridos pelo homem. São encontrados nas carnes, peixes, aves, sementes, produtos da soja, ovos e laticínios (RODRIGUES, 1997).

As proteínas são substâncias macromoleculares, que têm especial papel na estrutura das células de todos os sistemas vivos. É o caso da miofibrila, responsável pela contração muscular que ocorre após a morte dos animais. As proteínas têm alta capacidade de se ligar a água (NEVES FILHO, 1991).

2.8.1.4 - pH

As diferenças do pH do alimento influem consideravelmente sobre os microorganismos, como acontece com a temperatura e outros fatores. De um modo geral, os microorganismos, em sua maioria, crescem em torno de pH 7, principalmente na faixa de 6,6 a 7,5, havendo alguns deles que se desenvolvem em pH igual a 4 (EVANGELISTA, 1987).

Segundo PRINCE *et al.*, (1971) a maior parte das bactérias tem um pH ótimo de crescimento, próximo à neutralidade (pH 7) e valores máximos e mínimos em torno de 8 e 5, respectivamente. Existem bactérias que iniciam seu crescimento com pH 11 e outras que podem crescer com pH inferior a 3.

Segundo CHITARRA & CHITARRA (1990), para uma faixa de concentração de ácidos entre 2,5 e 0,5%, o pH aumenta com a redução da acidez. Uma pequena variação no valor de pH é detectado em testes organolépticos.

O pH pode ser avaliado através de processos colorométricos ou eletrométricos. Nos processos colorométricos são usados certos indicadores que alteram sua coloração em determinadas concentrações de íons de hidrogênio, falsificando os resultados em soluções intensamente coradas ou turvas. Nos processos eletrométricos são utilizados aparelhos que são potenciômetros especialmente adaptados que permitem uma determinação direta, simples e precisa do pH (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1976).

Para estimar os graus de qualidade e putrefação dos camarões, Iyengar & Col. (1960) citado por BERTULLO (1975) propuseram utilizar papel vermelho fenol com variações de pH entre 6,8 e 8,2; encontraram que nos camarões frescos não teve troca de cor. Camarões com boa qualidade adquire uma cor rosada; os de má qualidade chega a rosado forte, tomando sempre as variações de pH na parte interna dos músculos. Rojas Garcia ainda citado por BERTULLO (1975) ratifica o valor desta reação na evolução do grau de frescura dos camarões armazenados em salmoura refrigerada e no gelo. Baron & Villanueva (1972) citado por BERTULLO (1975) estimam que o pH no exsudado do camarão é considerado bom, por um painel de degustação, se estiver entre 6,7 e 7,3; é considerado aceitável se estiver entre 7,3 e 8; os que estiverem acima de 8 são considerados inaceitáveis. O pH foi calculado com o potenciômetro e com papéis indicadores.

2.8.1.5 - Carboidratos

A principal fonte energética dos alimentos está presente nas frutas frescas e secas, mel, açúcar, cereal (arroz, aveia, cevada e centeio) e vegetais (RODRIGUES, 1997).

Nas dietas com alto teor de carboidratos, o organismo procurando manter o nível normal de açúcar do sangue, transforma este último em triglicerídeos. Muitos pesquisadores têm prevenido contra o uso de dietas ricas em carboidratos e de baixo teor de gorduras, porque um forte aumento na ingestão de carboidratos pode causar elevação nos níveis de triglicerídeos no sangue e causar arteriosclerose (MORETTO & ALVES, 1986).

2.8.1.6 - Gorduras

São definidas genericamente como compostos encontrados nos organismos vivos sendo insolúveis em água, mas solúveis em solventes orgânicos como o éter etílico, éter de petróleo, hexano, benzeno, clorofórmio ou metanol. São designados genericamente como triglicerídeos, são substâncias untosas ao tato, líquidas, semi-líquidas (pastosas) ou sólidas à temperatura ambiente (ANGELUCCI *et al.*, 1987).

As gorduras se apresentam como compostos de proteção nos animais e vegetais, sendo uma das mais importantes substâncias de reserva. Em maior ou menor escala, todos os alimentos as contém.

2.8.1.7 - Valor calórico

Segundo ANGELUCCI *et al.*, (1987), caloria é uma medida de energia, que equivale a quantidade de calor necessária para se elevar de um grau centígrado um grama de água. As calorias podem ser obtidas dos carboidratos (açúcares), das proteínas, das gorduras e do álcool. O teor calórico dos alimentos não tem nada a ver com o seu teor de vitaminas e sais minerais. Uma dieta bem balanceada se deve considerar a necessidade calórica de cada indivíduo.

O valor energético fornecido pelos nutrientes dos alimentos, é o seguinte:

- 1g de proteína fornece, em média, (4kcal).
- 1g de gordura fornece, em média, (9kcal).
- 1g de carboidratos fornece, em média, (4kcal).

O valor calórico calculado do alimento será a soma das calorias fornecidas por esses nutrientes.

Na Tabela 7 é apresentada a composição química de crustáceos e moluscos.

Tabela 7 – Composição química de crustáceos e moluscos

Composição Química de alguns moluscos e crustáceos						
Nome comum	Nome científico	Proteína	Matéria graxa	Umidade	Cinzas	Autor
Mexilhão	<i>Mytilus edulis</i> (não cultiado)	9,30	1,16	84,90	2,61	A.Castellanos (1962)
	(cultivado)	9,70	0,86	84,40	2,82	A.Castellanos (1962)
Mexilhão	<i>M.platensis</i> (litoral profundo)	11,37	1,80	82,30	2,50	A.Castellanos (1962)
Ostra	<i>Ostrea puelchiana</i>	6,5-11,5	0,73-1,4	90-85,4		A.Castellanos (1957)
Centolha	<i>Lithodes antracticus</i>	18,50	0,65	79,20	1,8	Angelescu (1962)
Camarão	<i>Penaus brasiliensis</i>	20,33	0,48	77,60	1,50	Carvalho Rios (1954)

Fonte : BERTULLO, 1975

2.8.1.8 - Exsudado

De acordo com SAINCLIVIER (1993) a medida do exsudado é uma das maneiras de se avaliarem alterações ocorridas, como também de interpretar a capacidade de retenção de água em tecidos. O autor define exsudado livre como sendo o líquido que sai espontaneamente do pescado congelado durante o descongelamento; forçado, obtido por compressão ou centrifugação sob ação de uma força exterior que deve ser normalizada; e exsudados após cozimento como sendo o líquido liberado após cozimento de acordo com protocolo definido.

A medida do exsudado em si é um problema, pois depende do tamanho da amostra e das condições de descongelamento. Pode-se medir o volume, pesar o líquido exsudado, obter seu peso por diferença entre a amostra congelada e descongelada, ou medir a superfície úmida de um papel de filtro colocado em contato com a superfície a ser descongelada (SOUDAN, 1965).

De acordo com SOUDAN (1965), após congelamento e descongelamento, o exsudado aumenta de maneira irregular sendo difícil se determinar a sua origem. Esse exsudado pode aumentar com o congelamento lento, flutuações de temperatura e tempo de estocagem, condições essas favoráveis à formação de grandes cristais de gelo nos tecidos, os quais perfuram os envelopes celulares ou pressionam as células que se rompem sob pressão. O autor concluiu que a exsudação está ligada à cristalização do gelo que favorece a desnaturação das proteínas. As proteínas perdem assim certas faculdades de reação ou ligação, responsáveis pela sua elasticidade e capacidade de retenção de água.

BERTULLO (1975) relata que o pescado congelado perde mais suco celular do que as carnes vermelhas e aves. O produto magro perde mais que o gordo devido à relação água/proteína que existe em ambos. Outro fator importante é o tempo de armazenamento, sendo que o pescado armazenado por 6 meses exsuda mais que após 1 mês de armazenamento. Um produto que passou por um congelamento lento tende a exsudar mais que o produto congelado rápido.

2.8.1.9 - Atributo de textura (Dureza)

2.8.1.9.1 - Fibra muscular

Os músculos dos pescados, crustáceos e moluscos, podem tornar-se duros com o tipo de congelamento e o tempo de armazenamento, ou suaves e brandos devido à degradação autolítica (HUSS, 1988). Segundo, este autor, a textura pode ser avaliada organolepticamente, mas por muitos anos existiu a necessidade de desenvolver técnicas instrumentais confiáveis que possa dar resultados precisos da textura.

A unidade estrutural essencial dos músculos é a fibra muscular. As fibras são células multinucleadas, têm o diâmetro variável entre 10 e 100 micras. As fibras são formadas por um conjunto de miofibrilas, essas podem ser alteradas durante o processo de armazenamento (MONTEIRO FILHO, 2001).

Os artrópodes tendo abandonado o esqueleto hidrostático de seus ancestrais celomados, reduziram gradativamente a cavidade celômica e os feixos de músculos que atuavam sobre eles. Em vez disso, eles se apóiam no exoesqueleto para suporte e manutenção da forma do corpo. Os músculos dos artrópodes estão arranjados em curtos feixes de músculos estriados que vão de um segmento a outro, ou entre as articulações dos apêndices. Os músculos prendem-se no lado interno do exoesqueleto por meio de células epidérmicas especializadas.

O exoesqueleto rígido que cobre todo o corpo do artrópode é interrompido por curtas áreas de cutícula fina e flexível, na qual a procutícula é muito reduzida e menos endurecida, que se encontra entre cada segmento e entre cada artículo do apêndice, a membrana artrodial ou articular vista anteriormente. Geralmente, cada articulação é atravessada por um ou mais pares de músculos antagônicos. Um grupo de músculos, os flexores, traz a parte do corpo ou do apêndice para o ponto de articulação; o grupo de músculos antagônico, os extensores, estende o corpo ou o apêndice. A flexão e extensão entre as placas são efetuadas pela contração desses músculos, com músculos e cutícula agindo juntos como um sistema de alavanca. A extensão, particularmente dos apêndices, é realizada em parte ou completamente

por um aumento da pressão sanguínea. Muitos artrópodes modernos possuem a habilidade de auto-amputação dos apêndices (autotomia) principalmente os apêndices torácicos podem pensar que esse comportamento estava presente no plano-básico de Arthropoda. Esse comportamento atualmente é usado para fugir de algum predador.

A fibra muscular apresenta uma unidade funcional denominada de sarcômero, o comprimento do sarcômero é um referencial para a avaliação da capacidade de retenção de água e maciez da carne. As miofibrilas são rodeadas por um líquido sarcoplasmático. A secção longitudinal apresenta duas partes escuras (intervalo A) onde no meio destas aparece uma área clara (área H). Essas partes se alternam com as partes claras (intervalo I) e em sua parte central ocorre uma linha central de cor escura (linha Z). O sarcômero é o espaço delimitado entre duas linhas Z, Figura 11.

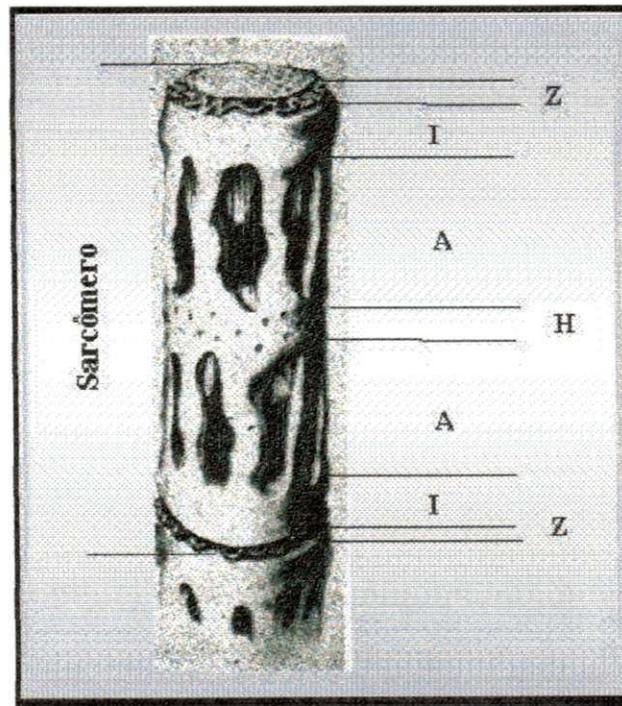


Figura 11 – Reconstrução tridimensional do retículo sarcoplasmático (PRINCE, *et al.*, 1971)

Schwann & Bowman citado por PRINCE *et al.*, (1971) estudaram a membrana da célula muscular. Este último dos autores descreveu o sarcolema como uma lamina membranosa tubular delicada que reveste a cada uma das fibras de extremo a extremo.

Os músculos dos peixes, crustáceos e moluscos apresentam baixo conteúdo de tecido conectivo, o que explica a facilidade de sua desintegração após o cozimento (DUNAJSKI, 1979).

HENDERSON *et al.*, (1970) verificou que com o aumento da maturação, as miofibrilas se tornam mais curtas, mais fragmentadas e mais frágeis.

A fragmentação das miofibrilas identifica a integridade da fibra muscular, estando essa fragmentação ligada diretamente aos valores de maciez e força de cisalhamento (DAVIS *et al.*, 1980).

Segundo VALENTI (1998) o sucesso da comercialização do *M. rosenbergii* tem sido dificultado pela curta vida útil na forma refrigerada, de somente três a quatro dias. Após esse espaço de tempo, ocorre o fenômeno denominado *mushiness*, que é uma pronunciada perda da integridade muscular, principalmente no primeiro segmento que é adjacente ao hepatopâncreas, tornando-o depreciativo para o consumidor.

A textura *mushi* pode ser definida como aquela que não oferece resistência à mordida, possui uma consistência farinhenta e facilidade de separação da musculatura em flocos (VALENTI, 1998).

Pesquisas realizadas por Powland (1982) citado por VALENTI (1998), tiveram como objetivo analisar histologicamente o tecido muscular do camarão, de forma a evidenciar a ação proteolítica causadora do *mushiness*. Depois de 48 horas de estocagem no gelo, as caudas provenientes de camarão, previamente descabeçados, apresentavam uma integridade muscular da linha **Z** e dos miofilamentos, os quais não estavam muito separados, indicando que a proteína sarcoplasmática encontrava-se completamente intacta, ao contrário do camarão que permaneceu com cabeça, no qual as aberturas no sarcoplasma ficaram evidentes.

NIP & MOY (1988) estudaram as mudanças da microestrutura das caudas de camarões, usando o microscópico eletrônico scanner (SEM). As avaliações foram realizadas nos intervalos de zero, 3, 5 e 7 dias. As observações efetuadas com o SEM mostraram que os camarões no tempo zero apresentaram uma estrutura organizada da fibra muscular com o perimísio e o endomísio intactos. Depois de três dias, a estrutura muscular do camarão apresentava uma desintegração parcial do perimísio e endomísio, dividindo a fibra muscular, provavelmente devido à ação enzimática. Por sua vez, nos dias 5 e 7, ambas as camadas encontravam-se em pequenas quantidades e totalmente desintegradas.

PAPADOPOLOS *et al.*, (1989) estudaram as mudanças ultra-estruturais do camarão de água doce (*M. rosenbergii*), acondicionado no gelo, usando o microscópico eletrônico de transmissão. Foi observado que 24 horas pós-morte não houve mudanças com relação ao tempo zero, apresentando as miofibrilas totalmente intactas, e a linha **Z** e a zona **H** bem definida sem nenhuma perda visível da sua estrutura. Depois de três dias, alguma perda da integridade estrutural foi aparente. A zona **H** chega a ser mais difusa, a linha **Z** começa a desintegrar-se. Por sua vez, decorridos 10 dias pós-morte, a integridade miofibrilar foi perdida e a linha **Z** e a zona **H** estava completamente ausente. Os autores acreditam que a dissolução da linha **Z** poderia ser a explicação para o desenvolvimento do *mushiness* no camarão acondicionado no gelo.

Segundo VALENTI (1998) a aquicultura tem grande vantagem em relação à pesca comercial de camarões, pois os procedimentos de despesca podem ser realizados de maneira bem mais controlada e rápida. Na pesca comercial, é difícil padronizar a qualidade e quantidade, enquanto que, na aquicultura, é possível prognosticar essas características com mais exatidão. Na pesca comercial, após içamento da rede, os camarões são colocados no convés da embarcação, encontrando-se, em grande parte, mortos por asfixia devido ao estresse provocado durante o arraste, que leva aproximadamente seis horas. O esforço intenso provoca uma produção de ácido láctico devido à reduzida capacidade de transporte de oxigênio e anidrido carbônico do sangue, o que prejudica a qualidade da carne do camarão. Quando a despesca é realizada adequadamente na aquicultura, as mudanças bioquímicas e microbiológicas podem ser retardadas, uma vez que somente após o *rigor mortis* são iniciados os processos deteriorativos; assim, quanto mais demorado este for, maior será a vida de prateleira do camarão.

2.8.1.9.2 - Rigor mortis

Imediatamente após a morte, as caudas dos camarões apresentam-se moles e flexíveis. Depois de certo tempo, o tecido muscular começa a endurecer-se, etapa que é denominada *rigor mortis*. Posteriormente, o músculo torna-se mole (VALENTI, 1998).

Após a morte dos camarões, a circulação do sangue paralisa-se, interrompendo o abastecimento de oxigênio aos tecidos musculares, no entanto, continuam os processos bioquímicos nos músculos e nos tecidos em condições anaeróbicas. As células musculares ainda estão em estado de atividade fisiológica, a glicose, o fosfato inorgânico e a adenosina difosfato (ADP) estão em balanço com adenosina trifosfato (ATP) e o ácido láctico, sendo este responsável pela redução do pH. O ATP, que corresponde a um composto fosfatado de elevada energia, forma um elemento amortecedor entre os filamentos musculares que são mantidos separados, apresentando um músculo mole e flexível. O ATP é decomposto por enzimas presentes na célula, porém, as células ainda são capazes de ressintetizar o ATP, por fosforilação do ADP, poucas horas após a morte. A energia para esse processo é proporcionada pela glicose, e o fósforo inorgânico é obtido pela decomposição da fosfocreatina. No momento em que esse processo termina, o ATP desaparece da célula, não encontrando fator algum que previna a associação íntima entre as proteínas estruturais, a actina e a miosina. Formam-se, então, fortes ligações entre estas proteínas, produzindo a contração muscular duradoura, produzindo a actiomiosina, a qual faz com que o tecido muscular torne-se duro e rígido, iniciando-se o *rigor mortis*. A velocidade de esgotamento do ATP no tecido muscular do camarão será determinado pelas quantidades iniciais de fosfocreatina e glicogênio no momento da morte (VALENTI, 1998).

Além das características da despesca, a temperatura tem uma participação preponderante neste fenômeno. Quanto maior for o grau de estresse do camarão na despesca e mais elevada a temperatura, menor será o tempo em que o camarão entrará no rigor, e este será de curta duração e menos intenso. Uma fase de pré-rigor prolongada corresponderá a um *rigor mortis* dilatado, o que é muito conveniente, pois, nessa fase, os animais têm suas defesas naturais intactas, apresentam um pH ligeiramente ácido, inibitório para muitos microrganismos e enzimas endógenas e, o que é mais importante, tem uma estrutura muscular fechada (contraída), que impede a disseminação de enzimas e microrganismos (CONTRERAS-GUZMÁN, 1994).

É muito difícil separar os processos bioquímicos intrínsecos que se produzem no tecido muscular após a morte dos camarões, daqueles associados com o desenvolvimento bacteriano. O efeito combinado da acumulação ou eliminação de metabólicos musculares e microbianos, produzido por enzimas autolítica, ou microbianas, provoca na matéria-prima mudanças características conhecidas como deterioração. De maneira geral, pode-se dizer que os crustáceos deterioram-se mais rapidamente que os peixes, devido ao elevado conteúdo de metabólicos de pequeno peso molecular, bem como de aminoácidos livres, os quais ficam facilmente disponíveis para a alimentação das bactérias (VALENTI, 1998).

É importante ressaltar que a influência de fatores biológicos do animal vivo, processos bioquímicos pós-morte, a manipulação e processamento constituem fatores que, além de serem especialmente importantes na conservação da qualidade, tem um impacto muito grande no comportamento da estrutura do colágeno, e este, por sua vez, influencia a resistência mecânica, a integridade e as propriedades reológicas do músculo (SIKORSKI & SCOTT, 1984).

2.8.2 - Análises microbiológicas

Todos os alimentos, independentes de sua origem, apresentam uma microbiota natural extremamente variável, concentrada principalmente na região superficial, embora os tecidos internos, tanto dos vegetais como de animais, possam eventualmente apresentar formas microbianas viáveis. Particularmente as bactérias, bolores e leveduras são microorganismos de maior destaque, tanto como agentes potenciais de deterioração, como eventuais patógenos do homem. Ao lado da microbiota natural nas diversas etapas que levam à obtenção de produtos processados, os alimentos estão sujeitos à contaminação por diferentes microorganismos, provenientes da manipulação inadequada, equipamentos e utensílios mal sanitizados, ou provenientes da atmosfera.

Durante o processamento ou manuseio, é inevitável a contaminação do produto por microorganismos, tanto os responsáveis por doenças ou infecções como as que podem se multiplicar mesmo a baixas temperaturas que respondem por alterações indesejáveis. Torna-se, assim, importante o conhecimento dos fatores que influem na qualidade microbiológica do produto e que poderão orientar possíveis modificações de tal forma a se obter um produto que reúna vantagens tanto para a indústria como para o consumidor.

A maioria das bactérias são mesófilas, sua temperatura ótima de crescimento é de 25 °C a 40 °C e a temperatura mínima de crescimento é de 15 °C. A refrigeração, que normalmente se refere ao emprego de temperaturas inferiores a 10 °C, evita o crescimento de quase todos os germes mesófilos, já que a temperatura de refrigeração se encontra abaixo da temperatura mínima de crescimento desses germes. Os microorganismos psicrófilos crescem bastante a 10 °C e em temperaturas mais baixas, podendo inclusive alguns fungos crescer lentamente em temperaturas tão baixas como -5 °C. As carnes que se conservam por congelamento não permitem o crescimento bacteriano (PRINCE *et al.*, 1971).

Para que ocorra o desenvolvimento e a multiplicação é necessário que no meio se encontrem elementos nutritivos e condições favoráveis ao microorganismo como: a) oxigênio; b) pH ótimo para a maioria das bactérias, onde se encontra na faixa entre 5 e 8; c) umidade, visto que o microorganismo somente se desenvolve em um meio com certa atividade de água e d) temperatura. Este último item é de grande importância, pois a medida que se reduz a temperatura, o desenvolvimento destes microorganismos torna-se cada vez mais lento até que, a partir de um certo valor, denominada temperatura mínima de crescimento é interrompida. A faixas de temperatura onde ocorre o crescimento de psicotróficos e patogênicos são mostradas na Figura 12 (NEVES FILHO, 1991).

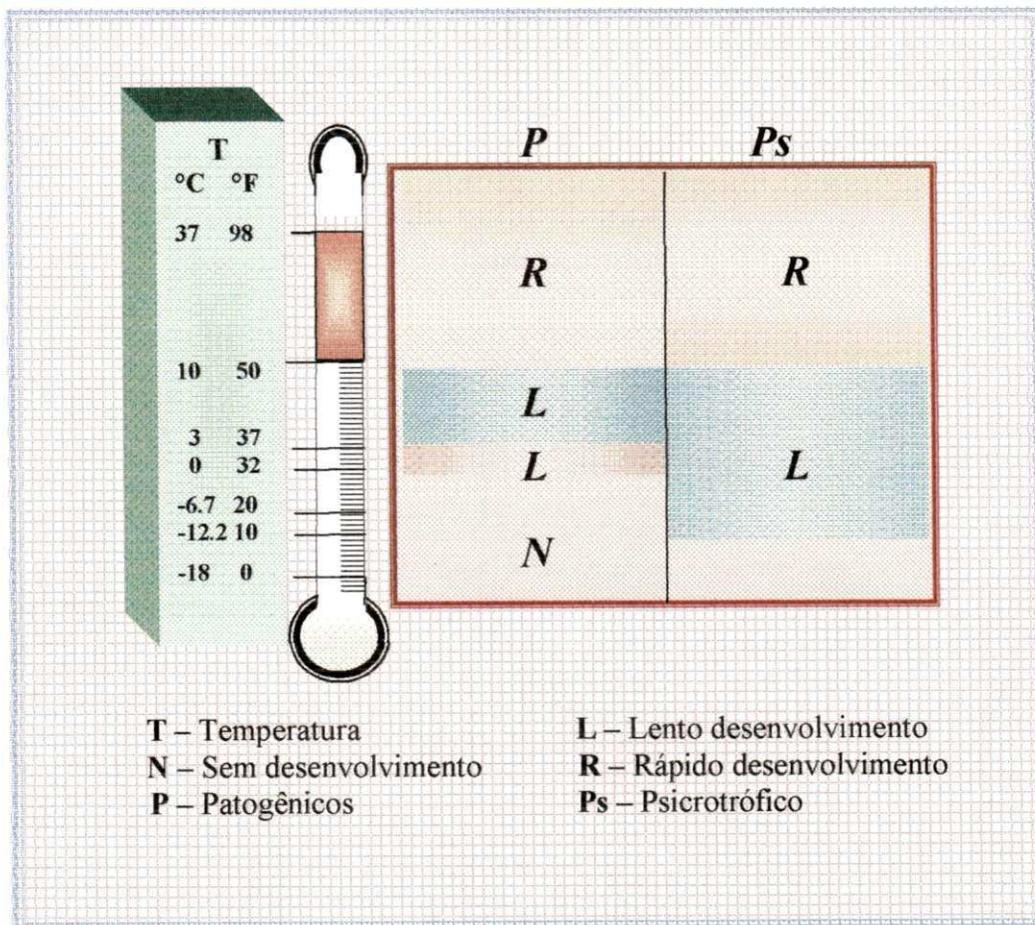


Figura 12 - Faixas de temperaturas onde ocorre o crescimento de microrganismos

Os microrganismos se reproduzem mais rapidamente a uma temperatura ótima de crescimento. Por exemplo, os coliformes, particularmente *E. coli*, têm sido usados como indicadores para análise da qualidade sanitária de alimentos bem como para conhecer a possibilidade da existência de organismos patogênicos. Muitos destes indicadores podem ser considerados como mesófilos, com uma temperatura ótima de crescimento entre 25 a 37 °C e que, com uma ou outra exceção, não se desenvolvem abaixo de 5 °C. No entanto, determinados microorganismos denominados psicrotróficos têm a capacidade de se adaptar apreciavelmente as temperaturas de refrigeração, apesar de apresentarem uma temperatura ótima entre 20 a 37 °C (NEVES FILHO, 1991).

Inúmeras provas de controle de qualidade são efetuadas nos alimentos nas suas diversas fases: obtenção, recepção, conservação e embalagem, com a finalidade de avaliar, controlar e reparar irregularidades na sanidade de um produto a ser dado ao consumidor. Esse controle é dividido em 2 setores:

- 1 – Controle físico-químico
- 2 – Controle microbiológico

As análises microbiológicas são de fundamental importância para a indústria alimentícia, pois proporciona condições para controlar o beneficiamento, bem como a eficiência do sistema antes e após ser embalado.

A análise de bactérias patogênicas na indústria de alimentos se faz necessário para que possamos determinar se este alimento está dentro do controle de qualidade exigido. Há vários organismos cuja presença indica uma forma qualquer de contaminação. Para indicar, no entanto, a contaminação de origem humana, mede-se a grandeza desta distribuição, e adotam-se os organismos do grupo coliformes como indicador. As bactérias do grupo coliformes são típicas do intestino do homem e de outros animais de sangue quente, e justamente por estarem sempre presentes no excremento ($10^6 - 10^9$ /gramas de fezes) e por serem de simples determinação são adotadas como referência para indicar e medir a grandeza da contaminação.

2.8.2.1 - *Bactéria coliforme*

A bactéria coliforme sozinha, não transmite qualquer doença, mas se excretada por um indivíduo doente, portador de um organismo patogênico, ela virá acompanhada deste organismo capaz de trazer as conhecidas doenças de veiculação hídrica. Há dois subgrupos de coliformes:

- Coliformes totais (CT)
- Coliformes fecais (CF)

Coliformes são bactérias em forma de bastonetes de 0,2 – 0,3 μm ; gram positiva, aeróbias ou anaeróbias facultativas, não esporuladas, que fermentam a lactose com produção de ácido e gás em 24 – 48 horas a 35 – 37 °C. A diferença entre coliformes fecais e totais é feita utilizando-se a propriedade que tem os CF (*coliformes fecais*) de fermentar a lactose a 44,5 °C, com produção de ácido e gás.

O congelamento criogênico tem grande vantagem com relação à qualidade bacteriológica. Mediante a ação de baixas temperaturas sobre os alimentos, se consegue reduzir ou eliminar a atividade microbiana e enzimática, que provocam, sua destruição. Os microorganismos, como o ser humano, necessitam de nutrientes. Uma das maneiras de se defender desses nutrientes é pela aplicação do frio nos alimentos.

Efetivamente como o homem encontra sua temperatura ótima para viver entre 15 e 25 °C, a maioria desses microorganismos, se desenvolve em temperaturas de 23 a 30 °C. Por isto, utiliza-se temperaturas na faixa de 2 °C a - 40 °C pode inibir ou deter totalmente seu crescimento (VICENTE *et al.*, 1994).

2.8.2.2 - *Salmonela*

Os membros do gênero *Salmonela* são agentes de infecções intestinais humanas e animais. Dentre os agentes de doenças vinculadas por alimentos, o gênero *salmonela* é um dos principais responsáveis por casos fatais e por complicações clínicas dos afetados. Desta forma, além da alta taxa de morbi-mortalidade, sua incidência no homem e animais implica gastos significativos com medicamentos e hospitalizações (LONGO *et al.*, 1992).

2.8.2.3 - *Vibrio parahaemolyticus*

O *vibrio parahaemolyticus* é um habitante saprofítico normal da costa marítima, e se multiplica nos meses mais quentes, é encontrado nas espécies de pescados provenientes dessas áreas. O significado e a interpretação de sua presença nos pescados tem importância do ponto de vista de saúde pública, quando associados as características próprias do produto e das condições em que é processado e mantido (LONGO *et al.*, 1992).

Os padrões microbiológicos adotados pelo Ministério da Saúde para crustáceos *in natura* ou congelados, para consumo humano, encontram-se listados na Tabela 8. Padrões Máximos Permitidos Para Venda de Crustáceos.

Tabela 8 – Padrões máximos permitidos para venda e consumo de crustáceos

<i>Análise</i>	<i>in natura</i>	<i>congelado</i>
<i>Salmonela</i> (25 g)	ausência	ausência
<i>Coliformes fecais</i>	100/g	100/g
<i>Sthaphylococcus</i>	1.000/g	1.000/g
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	5.000/g	1.000/g

2.9 - Qualidade sensorial

Qualidade pode ser conceituada como um conjunto de características que diferenciam unidades individuais de um produto e que são significativas para a determinação de seu grau de aceitação pelo consumidor (CAMPOS *et al.*, 1989).

Qualidade é uma variável que pode ser boa ou má, alta ou baixa. Deve-se entender por qualidade, não um atributo necessariamente excelente ou altamente desejável, mais sim, reconhecer que um atributo particular de qualidade ou certo nível pode ser muito importante para determinados produtos e de nenhuma importância para outros. A qualidade pode ser subdividida em três categorias principais:

- a) quantitativa
- b) não aparente
- c) sensorial

Em geral, qualidade é considerada pela maioria dos consumidores como a qualidade sensorial, pois são atributos incluídos nesta categoria que o consumidor pode avaliar por meio de seus próprios sentidos.

O consumo de um alimento conhecido ou não do consumidor, depende em primeira instância da sua cor e de seu aspecto. Quando o alimento é conhecido, o apelo primordial não é mais somente devido à cor e aspecto, pois o aroma e sabor passam a ser importantes na sua aceitação (CHAVES, 1993).

A análise sensorial é feita através da utilização dos sentidos humanos: visão, gustação, olfato. A avaliação sensorial é efetuada de maneira científica, utilizando os sentidos de um Painel Sensorial, integrado por um grupo de pessoas, especialmente treinadas para analisar as diferentes características organolépticas dos alimentos.

As sensações que resultam da interação dos órgãos humanos dos sentidos com alimentos, são usados para avaliar sua aceitabilidade por parte do consumidor e nas pesquisas para o desenvolvimento de novos produtos.

KRAMER *et al.*, (1970) esquematizaram os atributos sensoriais na forma de um círculo, colocando-os sob três categorias principais: aparência e sabor, as quais estão posicionadas externamente ao círculo, como pode ser observado na Figura 13. Internamente, sob cada uma das categorias principais, têm-se os atributos a elas relacionados. Assim, sob aparência encontramos: cor, forma e tamanho; sob aparência, textura e sob o sabor, o odor e o gosto. Alguns atributos podem ser perceptíveis por mais de um sentido e para sanar este problema, KRAMER colocou-os nas interfaces. É o que ocorre com a viscosidade e a consistência, que tanto podem ser percebidas pela aparência como pelos sentidos cinestésicos e do sabor e dos defeitos, entre sabor e aparência.

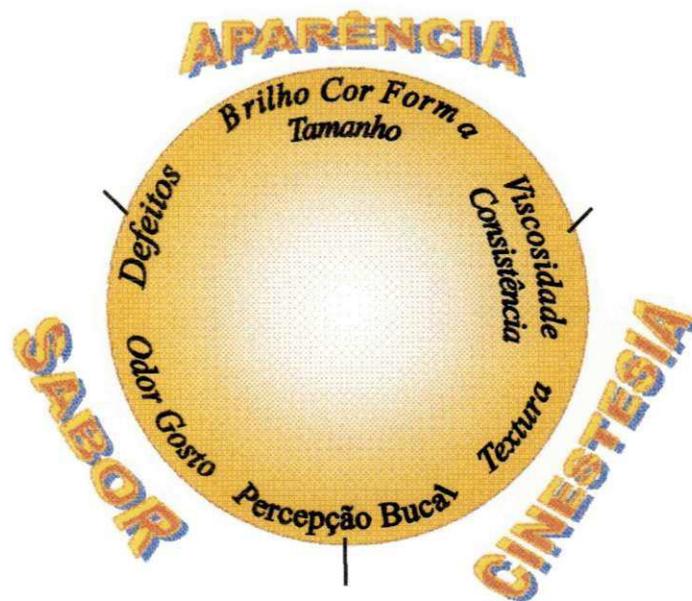


Figura 13 – Qualidade sensorial segundo KRAMER *et al.*, (1970)

Segundo COSTELL *et al.*, (1981), a qualidade sensorial não é uma característica própria do alimento, mas o resultado da interação entre alimento e o homem, ela pode ser definida como a sensação humana provocada por determinados estímulos do alimento. Portanto, esta sensação depende não só das características dos estímulos, mas também das condições fisiológicas, psicológicas, étnicas e sociais da pessoa que avalia. Esta conceituação é mostrada de uma forma esquemática na Figura 14.

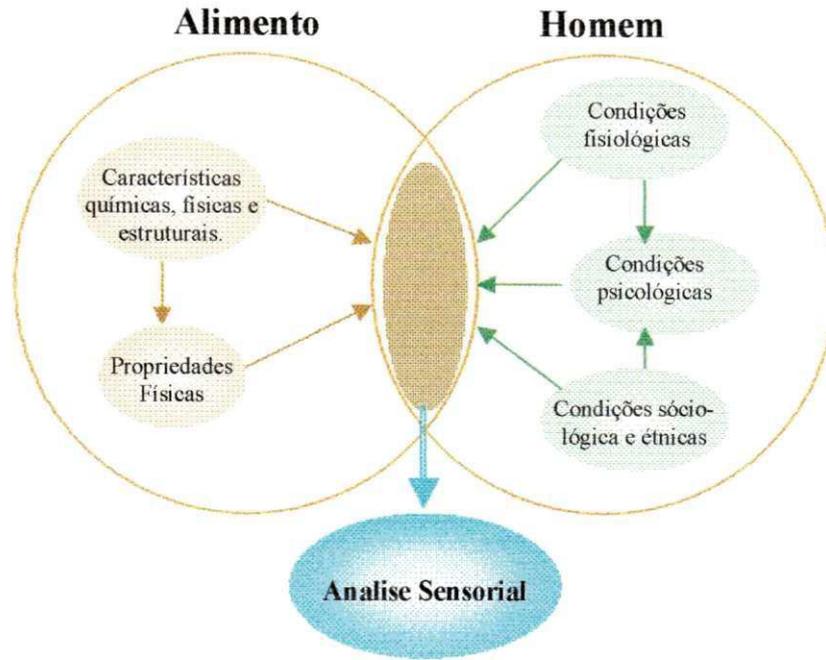


Figura 14 – Qualidade sensorial segundo COSTELL *et al.*, (1981)

A avaliação sensorial de alimento é função primária do homem, que desde a infância, aceita-os ou rejeita de acordo com a sensação que experimenta ao observá-los ou ingeri-los. Esse aspecto de qualidade, que incide diretamente na reação do consumidor, é que se denomina qualidade sensorial, e é o que pode levar as inovações, ao sucesso ou ao fracasso. Então, se é desejado avaliar a qualidade sensorial de um alimento é dizer às sensações que o homem terá ao ingeri-lo (CHAVES, 1993).

De acordo com ÓLAFSDÓTTIR *et al.*, (1997) a análise sensorial é uma técnica científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar características de alimentos como percebidos pelos sentidos da visão, olfato, paladar, tato e audição. É útil no desenvolvimento de novos produtos e novas fontes de alimentos, em estudos de armazenagem e vida de prateleira, e na garantia da qualidade de um produto, especialmente com mudanças de formulação, processamento e embalagem (MOSKOWITZ, 1988).

A análise sensorial é um dos métodos mais utilizados no controle de qualidade nas indústrias de pescados e crustáceos, 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. Os dados obtidos são geralmente comparados com análises físico-químicas e microbiológicas. É uma forma de completar os dados sobre a qualidade do produto. A análise sensorial é considerada subjetiva, pois depende dos órgãos do sentido, da experiência e capacidade dos julgadores (RUIVO, 1988; RABELO, 1988).

2.9.1 - Propriedades sensoriais

As propriedades sensoriais são os atributos dos alimentos detectadas por meio dos sentidos, onde ao levar um alimento à boca, o cérebro recebe a informação que liga os receptores de sabor da língua (as papilas gustativas) e os receptores olfativos que se encontram no nariz (COURTHIADE, 1999) (Figura 15A e Figura 15B). A aparência e a textura são propriedades sensoriais muito importantes de um alimento, sendo mais fáceis de se avaliar do que o sabor, pois este se constitui em um fenômeno completo e dinâmico, que relaciona todos os sentidos, principalmente o olfato e o gosto. O olfato compõe a fisiologia de sabor porque, o aroma (ou odor) é o primeiro atributo que se percebe, antes até que o gosto. Um odor inadequado pode interferir ou modificar um determinado sabor (LOZANO, 1999).

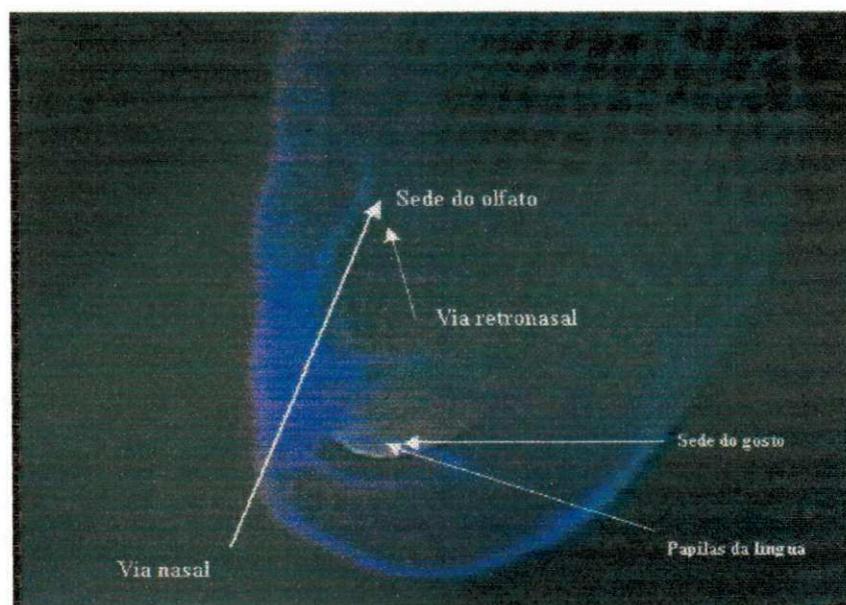


Figura 15A – Pontos das percepções da via do olfato, se distingue a via nasal, determinante do odor simples e a via retronasal, determinante do aroma da boca.

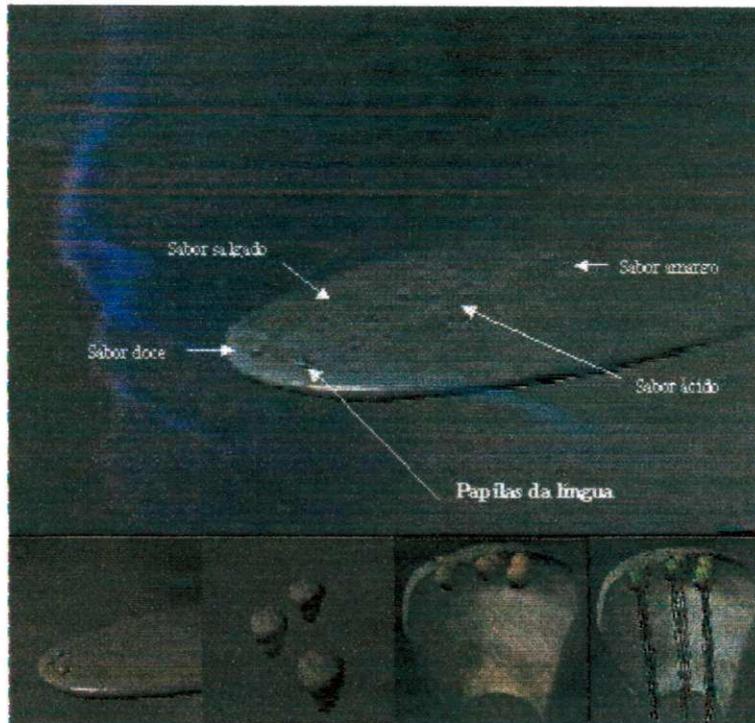


Figura 15B - Distribuição da língua, das diversas papilas e das percepções dos quatro sabores elementares

As propriedades sensoriais são atributos dos alimentos que são detectados por meio dos sentidos. Existem propriedades que são percebidas por um único sentido e outras que necessitam de dois ou mais. Dentre as principais que podem ser medidas sensorialmente tem-se: Sabor, odor, textura e aparência.

2.9.1.1 - Sabor

Saborear um alimento é tão importante como o alimento em si. Medir a qualidade de um alimento unicamente por sua valorização química e biológica sem tomar em conta seu sabor é atentar contra a eficiência e a saúde.

De acordo com TILGNER (1966) a elaboração e valorização de um sabor são por completo empíricas.

Por definição o sabor é um fenômeno sensorial que necessita do julgamento humano (Pangborn citado por BERTULLO, 1975). O mesmo autor define:

Para o consumidor - o sabor se utiliza para descrever sobre tudo a qualidade que engloba todos os parâmetros sensoriais incluindo os estímulos visuais e auditivos.

O técnico em alimento - ajusta a classificação em direção das características que estimulam primeiramente os sentidos químicos, mas também tropeça com sutis sensações tais como, a qualidade, aspereza, suavidade, consistência e inclusive salivação.

Os químicos de sabores - concentram sua atenção nos compostos voláteis que apontam o aroma percebido pelo olfato.

Os analistas sensoriais - limitam o sabor às propriedades do gosto e odor que se reconhecem o doce, ácido, salgado e amargo.

Os sistemas sensoriais químicos da gustação estão espalhados por toda cavidade bucal e estão concentrados na língua (Teixeira citado por ARAÚJO, 2000). Os receptores do sabor são distribuídos desigualmente sobre a língua; os receptores do sabor doce na ponta da língua, os dos ácidos e salgados nos lados e os amargos na base e, às vezes, na garganta. São renováveis em poucos dias e não são rigorosamente específicos. Existe alguma transposição: um receptor que responde a um açúcar, não responderá necessariamente a outra substância de gosto doce, mas pode dar uma ligeira resposta para um gosto amargo (MORI, 1988).

O sabor dos peixes, crustáceos e moluscos é originado a partir de componentes extraíveis de baixo peso molecular, solúveis em água ou na saliva, no momento da mastigação. Estes são mais abundantes nos crustáceos e moluscos que nos peixes, o que condiciona à melhor palatabilidade dos primeiros (KONOSU & YAMAGUCHI, 1982).

Segundo os mesmos autores, o frescor é o principal fator que tem influencia sobre o sabor. É conhecido que algumas espécies tem seu sabor melhorado algum tempo após a morte. Isso pode ser explicado pela grande diversidade das reações, principalmente enzimáticas, que conduzem ao aumento ou diminuição de aminoácidos livres, nucleotídeos, etc., durante a estocagem.

Sabe-se que o camarão perde sabor no decorrer da estocagem com gelo. Estudos realizados por McCoid *et al.* (1984) estabeleceram que existia uma correlação entre a perda de aminoácidos livres na cauda do camarão *Penaeus setiferus*, e o aumento da carga bacteriana. Resultados similares foram obtidos por COBB III *et al.*, (1974), mas, verificou-se também, que grande perda dos aminoácidos era devida a fatores de ordem física, e não a transformações bioquímicas. Quando o camarão é colocado diretamente em contato com o gelo, a água de fusão retira da superfície as substâncias solúveis em água, inclusive os aminoácidos. Quando o camarão foi estocado no gelo, mas sem contato direto, verificou-se uma concentração de aminoácidos similar ao estado inicial.

NAKAMURA & ISHIKAWA (1986), estabeleceram organolepticamente que os camarões *Penaeus japonicus* tinham um tempo máximo de três dias armazenados a 2 °C, para a preparação de *sushi* ou *sashimi*.

A temperatura é um fator importantíssimo na determinação da vida de prateleira. De acordo com a avaliação sensorial, foi estabelecido que o tempo máximo de vida de prateleira dos camarões *Penaeus merguenses* são de 13 dias, 7 dias e 3 horas, quando estocados a 0, 15 e 35 °C, respectivamente (SHAMSHAD *et al.*, 1990).

A temperatura de estocagem do *Penaeus japonicus* congelado, também determina sua vida de estocagem: a -40 °C a qualidade é mantida por um longo período de estocagem, ao passo que a -20 °C, este tempo fica reduzido a poucos meses (SHABAN *et al.*, 1987).

REDDY *et al.*, (1981) estudaram as mudanças de ácidos graxos e da qualidade do camarão *M. rosenbergii* armazenados sob congelamento. Embora os ácidos graxos, especialmente os insaturados, apresentaram uma redução no decorrer dos seis meses a -18 °C, não foi detectado sabor ranço, nesse período, que comprometesse a qualidade do produto.

2.9.1.2 - Aroma (odor)

O aroma dos alimentos provém de substâncias voláteis que se desprendem e estimulam os quimiorreceptores olfativos das narinas, e é percebido pelo sentido do olfato. De acordo com a concentração do odor, diferentes células sensoriais serão ativadas (ARAÚJO, 2000).

A sensibilidade do olfato humano é bastante eficiente. Quando treinado, consegue a presença de certas substâncias em concentrações baixíssimas e consegue também distinguir milhares de odores diferentes. Provadores de chá, café, vinho e perfume parecem utilizar mais uma memória para odores do que a hipersensibilidade (TEIXEIRA *et al.*, 1987). A sensibilidade varia com o indivíduo e diminui com a idade (MORI, 1988).

Segundo Patrick Macleod citado por ZUROWIETZ (1996), o processo de percepção sensorial do olfato é dividido em três fases: Na primeira fase, uma molécula olfativa passa por uma etapa de detecção e decodificação, ou seja, o momento em que as moléculas olfativas alcançam a membrana ciliar olfativa e lá são capturadas pelas proteínas. A segunda fase consiste do processamento da informação, ou seja, da reconhecimento dos símbolos e pode ser dita que é semelhante à ação de processamento de imagem em um computador. A terceira fase é integração e isso não ocorre até que todas as informações serem compreendidas, reconhecidas e identificadas. Durante esta fase, o molde comportamental começa a funcionar, e é apenas neste ponto que se pode falar do prazer.

Na olfação é a mesma célula nervosa que recebe o sinal por via de uma molécula do nariz que reage e avança diretamente ao centro olfatório do cérebro. O centro olfatório está em contato próximo com aquelas regiões que processam os estímulos sexuais e emocionais, tanto quanto os centros para a memória e consciência. Conseqüentemente impressões olfativas podem evocar muitas emoções fortes ou memória (ZUROWIETZ, 1996).

Para WATERS & HALE (1981), o odor característico da deterioração foi observado entre 14 e 16 dias de estocagem refrigerada e os camarões apresentaram uma textura mais mole decorridos quatro dias no gelo, quando comparados com o estado inicial.

2.9.1.3 - Textura

A conceituação do parâmetro textura é controvertida. Para o consumidor, significa o grau de aceitabilidade, em função do produto, ser macio ou não, suculento ou não. Do ponto de vista técnico, textura é a soma das sensações cinestésicas derivada da degustação de um alimento, englobando as sensações percebidas na cavidade oral (CAMPOS, 1989).

Segundo VOISEY (1971), a textura de alimentos está relacionada às propriedades físicas sentidas pelos olhos antes de se consumir o alimento (exceto a cor), pelo sentido do tato no manuseio e pelos receptores nervosos da boca durante o consumo. Porém, o consumidor não está ciente dos fatores como forma e tamanho, tamanho das partículas, teor de umidade, teor de gordura, estrutura e propriedades mecânicas do alimento.

Man citado por BERTULLO (1975) define “textura como o modo pelo qual os componentes estruturais de um alimento são arranjados em um micro ou macro-estrutura e as manifestações: externas dessa estrutura”. Esta definição leva em conta a natureza das partículas que constituem o alimento e está relacionada ao comportamento dos alimentos nos equipamentos de teste, bem como seu comportamento quando do consumo.

Bourne (1974) citado por BERTULLO (1975) não apresenta uma definição de textura, mas introduz o termo "propriedades de textura", por considerar que há um grande número de parâmetros associados e que textura não pode ser medida completamente por uma única medida, por exemplo, o pH. Sua definição de “propriedades de textura” é: propriedades do alimento que constituem um grupo de características físicas sentidas na boca, relacionadas à deformação e fluxo sob aplicação de uma força e que são medidas objetivamente em função de força, tempo e distância.

COSTÉLL & DURÁN (1981) também consideram que o termo “textura” descreve exclusivamente a resposta humana a determinados estímulos procedentes do alimento. Segundo esta afirmação definem a textura como uma sensação experimentada pelo homem, chegando à conclusão de que os alimentos não possuem textura, mas sim certas características ou propriedades que estão relacionadas com as sensações produzidas durante a sua

manipulação ou ingestão. Ainda segundo esta linha, consideram que não se mede física ou quimicamente a textura, mas apenas sensorialmente, enquanto que por métodos físicos e químicos medem-se apenas os parâmetros de textura, considerando como tais às características dos alimentos que dão lugar à sensação experimentada pelo homem.

A textura é avaliada pelas propriedades físicas do produto, seja pelos olhos, dedos e pela boca, no momento da mastigação. O alimento, de uma maneira geral, é dividido durante a primeira mastigação, logo é reduzido a pequenos pedaços, até que é ingerido. Durante esse processo, mudanças de tamanho, formas e suas características superficiais são percebidas (IZUTSU & WANI, 1985).

O sabor e a textura são duas características da carne que mais contribuem para a sua aceitação (PEARSON *et al.*, 1983), embora se tenha estabelecido que a aceitação do pescado cozido depende mais do sabor que da textura (RASEKH *et al.*, 1970).

Segundo HALE & WATERS (1981), a retirada da cabeça de *M. rosenbergii*, imediatamente após a despesca, melhora sensivelmente a textura da carne do camarão e possibilita o congelamento sem surgimento do *mushines*.

2.9.1.4 - Aparência

Segundo BERTULLO (1975), a maior preferência no valor de venda de alguns frutos do mar, como é o caso dos camarões e lagostas em comparação aos pescados, não está dado por seu valor nutritivo, está relacionada possivelmente por razões gustativa e inclusive estética (aparência).

2.9.2 - Métodos sensoriais

Com a expansão da indústria de alimentos, têm sido difundidos métodos sistemáticos para acessar as reações sensoriais dos alimentos. As indústrias investem muito no sentido de preservar a qualidade sensorial do produto e reduzir riscos na aceitação de novos produtos pelo consumidor. O “expert”, ou degustador treinado em um determinado produto foi substituído por uma equipe de provadores devidamente treinados para avaliar as diferentes qualidades organolépticas. Hoje a análise sensorial tem várias aplicações como o controle e garantia de qualidade, desenvolvimento de novos produtos, testes de consumidores, estudo de percepção humana, correção com medidas físicas, químicas e instrumentais (COSTELL & DURAN, 1981).

Os métodos sensoriais são classificados, de acordo com Monteiro citado por CARNEIRO (1999), em:

- **Métodos de diferença**
- **Métodos analíticos**
- **Métodos de sensibilidade**
- **Método de escala**
- **Método de preferência e aceitação**

Os métodos de diferença indicam se as amostras são iguais ou diferentes. Amostras com grandes diferenças não devem ser testadas por este método. Eles se classificam em:

- **Teste triangular** – onde são apresentadas três amostras codificadas em que duas são iguais e uma diferente;
- **Teste Duo-Trio** – o provador escolhe entre duas amostras a que é igual a uma terceira usada como padrão;
- **Teste pareado** – amostras codificadas são apresentadas aos pares, para comparação, com base em critérios pré-estabelecidos;

- **Teste de ordenação** – os provadores ordenam várias amostras de acordo com a intensidade de determinada característica;
- **Teste de comparação múltipla** – os provadores avaliam as amostras em função do grau de diferença em relação a uma amostra padrão. É um teste adequado para discriminações visuais, onde a fadiga é quase inexistente. De acordo com CHAIB (1973) no teste de comparação múltipla, que tem a finalidade de detectar diferenças de intensidade regular quando há pequeno efeito entre as amostras, o número de amostras a serem testadas deve ser de 1 a 4, a serem servidas de 1 a 6 e o número de provadores de 5 a 12.

2.9.3 - Equipe de provadores

A equipe deve ser selecionada pela sua capacidade de detectar diferenças. Nem todos os pesquisadores da área de análise sensorial estão de acordo com o treinamento da equipe, alguns recomendam selecionar através de testes específicos (MORAES, 1988). A equipe de provadores pode apresentar respostas que indicarão: preferência do consumidor, diferença entre as amostras, diferença e preferência entre as amostras, seleção da melhor amostra ou processo e determinação do grau ou nível de qualidade do produto (CHAIB, 1973).

O provador ideal de acordo com MONTEIRO (1984) deve ter boa saúde e apetite, alto grau de integridade, habilidade de concentração, sensibilidade média, curiosidade intelectual, capacidade de produzir os resultados e, principalmente, boa vontade.

3.0 – Materias e métodos

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Análises Químicas, Análise Física de Alimentos e no Laboratório de Criogênia do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

As amostras de camarões utilizadas nesta pesquisa foram provenientes dos viveiros da Fazenda Aquamaris S.A, localizada na cidade de João Pessoa - PB.

3.1 - Processamento do camarão

3.1.1 - Despesca

A despesca foi feita mediante a drenagem gradual dos viveiros. Foram utilizadas redes com malhas de diâmetro de acordo com o tamanho do camarão exigido pelo mercado (12g). Dois dias antes da despesca, a água dos viveiros foi gradativamente diminuída, para facilitar a operação. A despesca foi iniciada quando o volume da água atingiu cerca de 30% do volume total (Figuras 16A e 16B).



Figura 16A – Viveiro de camarões



Figura 16B - Despesca

3.1.2 - Tratamento preliminar

Após serem capturados, os camarões foram colocados em caixas de fibra de vidro com capacidade de 1000 litros de água com temperatura de 3 a 5 °C, para receberem choque térmico, Figura 17. Gradualmente, os camarões foram retirados e colocados em caixa de isopor, na forma alternada (camarão/gelo), após serem acondicionados com gelo foram transferidos para o setor de beneficiamento da própria fazenda.



Figura 17 – Imersão dos camarões em água gelada para o choque térmico

3.1.3 - Setor de beneficiamento

Na plataforma de beneficiamento, os camarões foram imediatamente imersos em água de 3 a 5 °C, clorada a 5ppm e contendo uma dosagem de metabissulfito de sódio de 1,25%. Em seguida foram acondicionadas em caixas isotérmicas, com gelo em camadas alternadas, ou seja, uma camada de gelo e outra de camarão e transportadas ao laboratório da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

3.2 - Análises físicas

3.2.1 - Preparo das amostras

Foram levados ao Laboratório de criogênia 61kg de camarões inteiros, onde foram lavados em água corrente e escorridos para retirada do excesso de água. Foram separados 20,5kg de camarões para obtenção de filés (este processo foi feito manualmente, retirando-se o exoesqueleto e a cabeça), foram obtidos 12,5 kg de filés, onde foi retirado 0,5kg para a realização da cinética de congelamento, e dos 30,5kg restantes de camarão com exoesqueleto e com cabeça foram retirados 0,5kg para realização da cinética de congelamento. 30kg foram divididos em lotes para serem congelados e 10kg para caracterização física.

1º Lote: Camarões com exoesqueleto e cabeça (10 kg) – congelamento (-20 °C)

2º Lote: Camarões com exoesqueleto e cabeça (10kg) – criocongelamento (-170 °C)

3º Lote: Camarões com exoesqueleto e cabeça (10kg) – criocongelamento (-196 °C)

4º Lote: Filés de camarões (5kg) criocongelamento (-170 °C)

5º Lote: Filés de camarões (5kg) criocongelamento (-196 °C)

6º Lote: Filés (0,5kg) – cinética de congelamento

7º Lote: Camarões com exoesqueleto e cabeça (0,5kg) – cinética de congelamento

8º Lote: Camarões com exoesqueleto e cabeça (5kg) – caracterização física

8º Lote: Filés de camarões (5kg) – caracterização física

3.2.2 - Massa, comprimento e espessura

As massas das amostras foram determinadas em balança analítica com precisão de quatro casas decimais, o comprimento e a espessura utilizando-se um paquímetro digital *STARRET*, Figura 18. Foram utilizadas 50 unidades de camarão para cada parâmetro analisado.

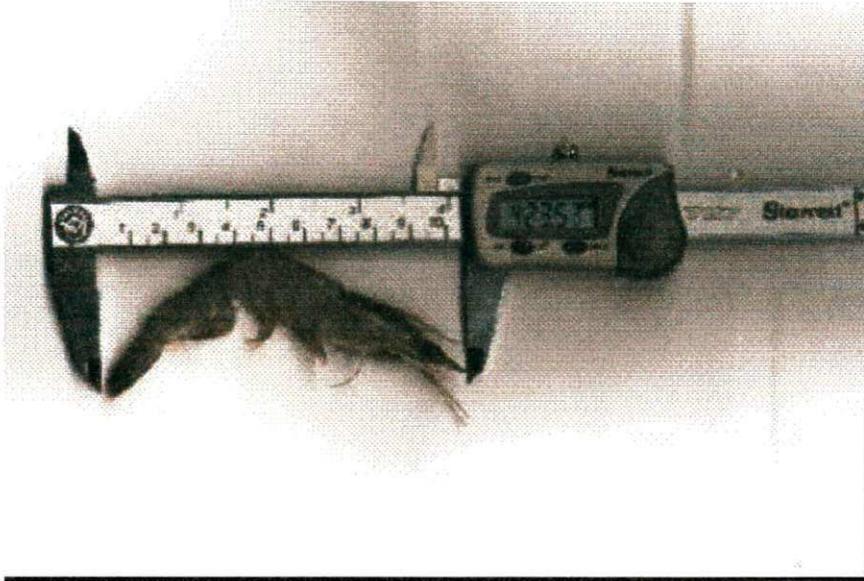


Figura 18 – Medições dos camarões

3.2.3 - Volume

O procedimento utilizado para determinação do volume do camarão foi o descrito por GAVA (1979) e por CASTRO *et al.*, (2000), em que os pesquisadores utilizaram um recipiente conectado a uma bureta graduada. O método consistiu em encher o recipiente com água destilada até o início da bureta, onde se encontrava a marca zero. A torneira conectada ao recipiente permite fazer com que, quando o recipiente estiver com um volume de água acima do zero da bureta, o equipamento seja calibrado para que a água fique na marca zero. Este procedimento é feito escoando-se a água com auxílio de uma torneira. Depois do equipamento ser zerado, este é girado em 180° onde se abre a tampa do recipiente para se introduzir a amostra de forma irregular no seu interior.

Antes de introduzir a amostra no recipiente, estas foram imersas em óleo com a finalidade de formar uma fina película para impedir a absorção da água. Após a preparação da amostra, esta foi em seguida introduzida no recipiente, fechou-se a tampa e novamente girou-se o equipamento em 180°. O volume introduzido no seu interior fez com que houvesse um deslocamento da água no interior da bureta. O volume lido na bureta, corresponde ao volume do objeto irregular. Para esta determinação foram utilizadas 50 unidades de camarão com cabeça e 50 unidades de filés, Figura 19.

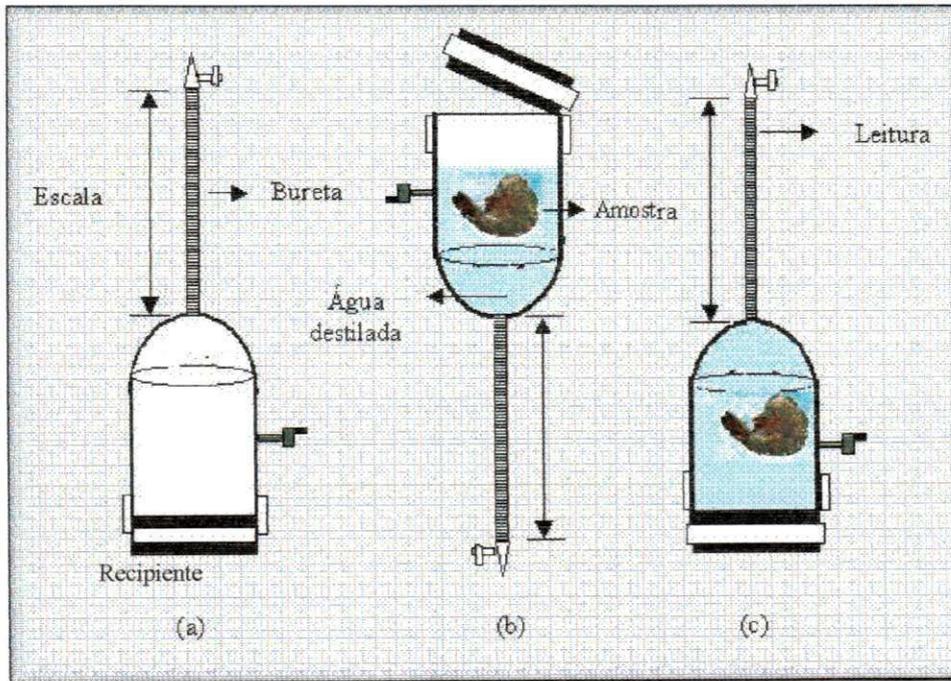


Figura 19 – Aparelho para determinar o volume de um objeto irregular

Cinética de congelamento

3.3 - Cinética de congelamento

3.3.1 – Obtenção das curvas de congelamento

As curvas de congelamento foram obtidas introduzindo-se um termopar de 0,5mm de diâmetro, no centro das amostras de camarão (**amostra 1**- um camarão com cabeça: 12g, tamanho:109,5mm, espessura 10,5mm; **amostra 2**: - um filé: 6,1g, comprimento: 58,1mm e espessura: 9,12mm). Após o acoplamento dos termopares nas amostras, colocou-se as mesmas no equipamento destinado ao congelamento. A leitura da temperatura para o congelamento a -20°C foi obtida utilizando-se um termômetro digital e a cada 60 segundos era feita a leitura desta amostras, até a estabilização da temperatura estudada. Para o congelamento a -170 e -196°C , estas leituras foram feitas a cada 10 e 5 segundos, respectivamente.

3.3.2 - Tratamentos dos dados

3.3.2.1 – Transferência de calor

Os cálculos de transferência de calor, em regime transiente, para o camarão, considerando este como placa plana, de espessura $2L$, no instante $F_0 = \alpha T/L^2$ (tempo adimensional, denominado número de Fourier), foi realizado utilizando-se a Equação 7.

Os coeficientes da Equação 7 foram calculados utilizando-se o Programa STATISTIC 5.0, fazendo uma análise de regressão linear da razão de temperatura em função do tempo. As curvas de congelamento das amostras de camarão foram divididas em partes correspondentes a fases típicas do processo de congelamento, ou seja, resfriamento, cristalização e pós-congelamento.

Propriedades termofísicas de alimentos

3.4 - Propriedades termofísicas do camarão

3.4.1 - Densidade

A densidade ou massa específica foi obtida pela razão entre a massa de cada unidade intacta de camarão e o seu volume, Equação 10 (MOHSENIN, 1980).

3.4.2 - Calor específico

Para determinação do calor específico do camarão foi utilizado o método das misturas. Nesse método, o material com massa e temperatura conhecida, do qual se pretende determinar o calor específico, foi colocado em um calorímetro, cuja capacidade calorífica foi determinada, contendo uma certa quantidade de água com temperatura conhecida. O calor específico do material foi computado pela equação de balanço de calor entre o calor ganho e o calor perdido pela água e calorímetro e pelo calor perdido ou ganho pelo material. Para essas determinações, foi utilizado um calorímetro, Figura 20, construído utilizando-se uma garrafa térmica envolvida por uma camada de fibra de vidro (isolante térmico) colocada dentro de um tubo de PVC. Um termômetro digital foi utilizado para medir a temperatura no interior do calorímetro. Para a determinação do calor específico do camarão, necessitou-se determinar primeiro a capacidade calorífica do calorímetro.

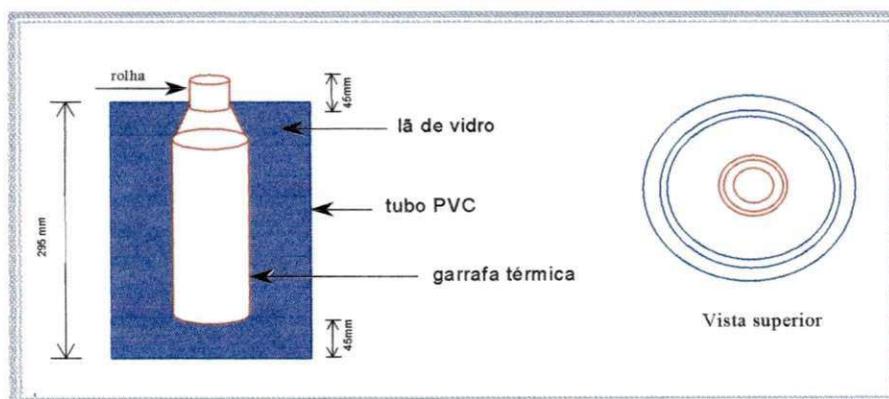


Figura 20 - Desenho do calorímetro

Capacidade calorífica do calorímetro

Para determinar a capacidade calorífica do calorímetro, colocou-se 100g de água destilada, em seu estado natural, dentro do calorímetro. Este foi fechado com uma rolha de borracha acoplada a um termômetro que indica a temperatura T_1 no interior do calorímetro. Em seguida, colocou-se no recipiente mais 100g de água destilada a uma temperatura média de aproximadamente $2\text{ }^\circ\text{C}$, correspondendo à temperatura T_2 . Agitou-se o calorímetro durante um determinado tempo até que foi alcançada uma temperatura de equilíbrio T_3 . A capacidade calorífica foi determinada pela seguinte equação:

$$c_1 m_1 (T_1 - T_3) + C_{\text{cal}} (T_1 - T_3) = c_2 m_2 (T_3 - T_2) \quad (27)$$

em que:

$c_1 = c_2 =$ calor específico da água, $1\text{ kcal/g }^\circ\text{C}$

$m_1 =$ massa de água em estado natural, 100g

$m_2 =$ massa de água fria, 100g

$T_1 =$ temperatura da água em estado natural, $^\circ\text{C}$

$T_2 =$ temperatura da água fria, $^\circ\text{C}$

$T_3 =$ temperatura de equilíbrio da mistura, $^\circ\text{C}$

$C_{\text{cal}} =$ capacidade calorífica do calorímetro, $\text{kcal}/^\circ\text{C}$.

Calor específico do camarão (estado fresco):

Conhecida a capacidade calorífica do calorímetro (C_{cal}) e a temperatura de equilíbrio T_3 foram colocadas amostras de camarão com uma temperatura T_4 no calorímetro e agitou-se até que um novo equilíbrio fosse alcançado a uma temperatura T_5 . O calor específico do camarão foi determinado pelo seguinte balanço de energia:

$$m_s \cdot c_s (T_4 - T_5) = c_1 \cdot m_1 (T_5 - T_3) + C_{\text{cal}} (T_5 - T_3) \quad (28)$$

em que:

$c_1 =$ calor específico da água, $1\text{ kcal/g }^\circ\text{C}$

$m_s =$ massa da amostra, 100g

$c_s =$ calor específico das amostras, $\text{kcal/g}^\circ\text{C}$

$T_4 =$ temperatura da amostra, $^\circ\text{C}$

$T_5 =$ temperatura de equilíbrio da mistura, $^\circ\text{C}$

Calor específico do camarão (estado criocongelado)

O método aqui utilizado baseia-se no fato de que o calor cedido por um corpo é igual ao calor recebido quando estes estão em contato. Segundo VICENTE *et al.*, (1994) o calor latente de vaporização do nitrogênio é 47,74 kcal/kg. Este valor foi multiplicado pela massa de nitrogênio evaporada durante o congelamento do camarão, encontrando-se portanto o calor cedido pelo nitrogênio.

3.4.3 - Difusividade térmica

Por meio da Equação 9 chegou-se a um valor da difusividade térmica para cada temperatura, em suas respectivas fases.

3.4.4 - Condutividade térmica

A condutividade térmica das amostras foi determinada através da Equação 15 que relaciona a massa específica, o calor específico e a difusividade térmica.

Congelamento

3.5 - Congelamento

Esta parte da pesquisa foi realizada no Laboratório de Criogênia do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG. A Figura 21 representa as operações que foram realizadas.

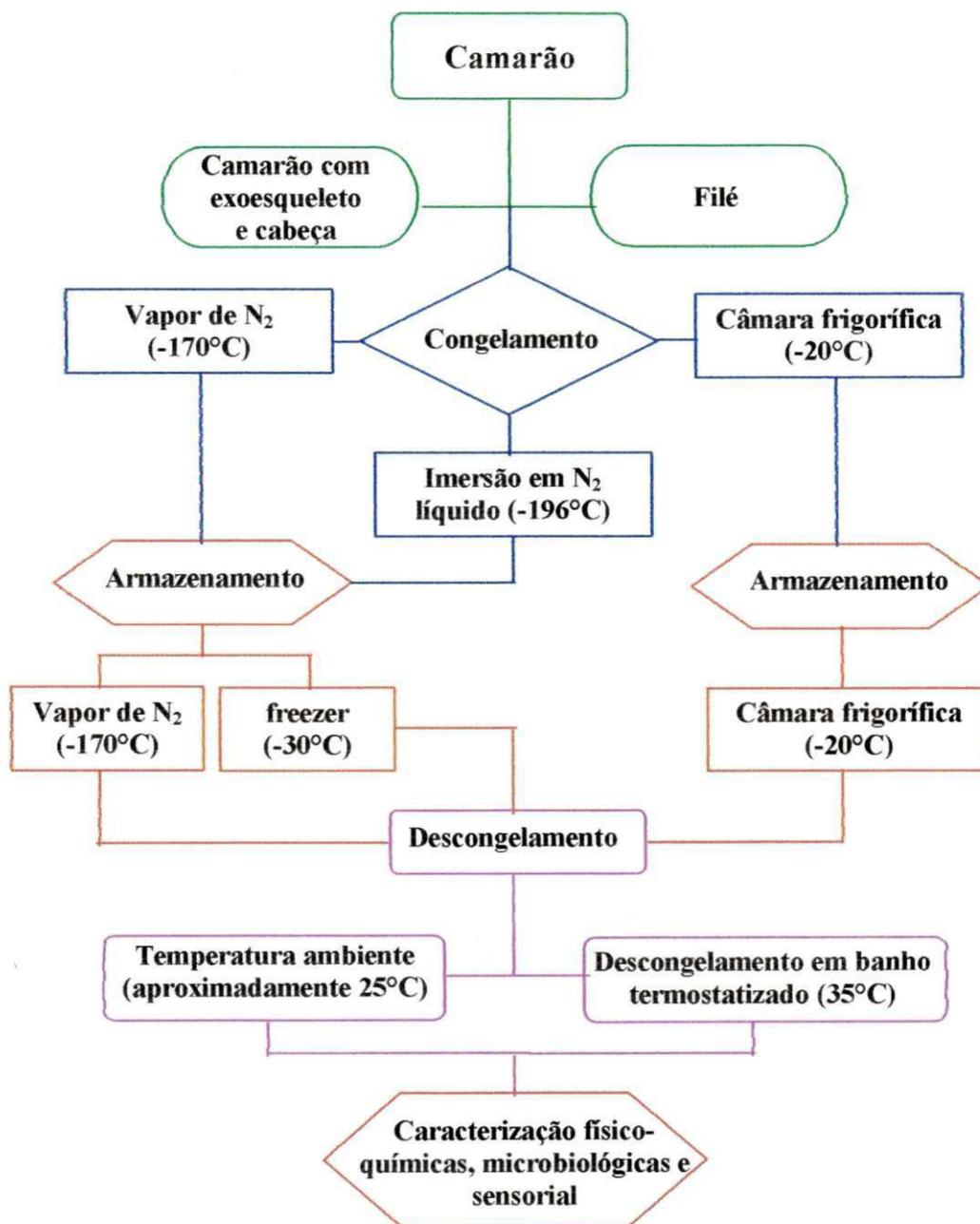


Figura 21 – Fluxograma do processo de congelamento, armazenamento e descongelamento das amostras de camarão.

3.5.1 – Congelamento em câmara frigorífica (-20 °C)

Após o preparo das amostras, estas foram pesadas em lotes de 200g e colocadas em sacos de polietileno de baixa densidade e acondicionadas em caixa de 2kg, revestidas de filme plástico e congeladas em câmara frigorífica (-20 °C).

3.5.2 – Congelamento em vapor de nitrogênio (-170°C)

As amostras de camarões foram pesadas em lotes de 200g e colocadas dentro de canister de aço inoxidável e posteriormente introduzidas em botijões criogênicos, Figura 22, de forma que as amostras ficassem acima do nível do nitrogênio líquido, sendo criocongeladas apenas com o vapor do mesmo a uma temperatura de -170 °C.

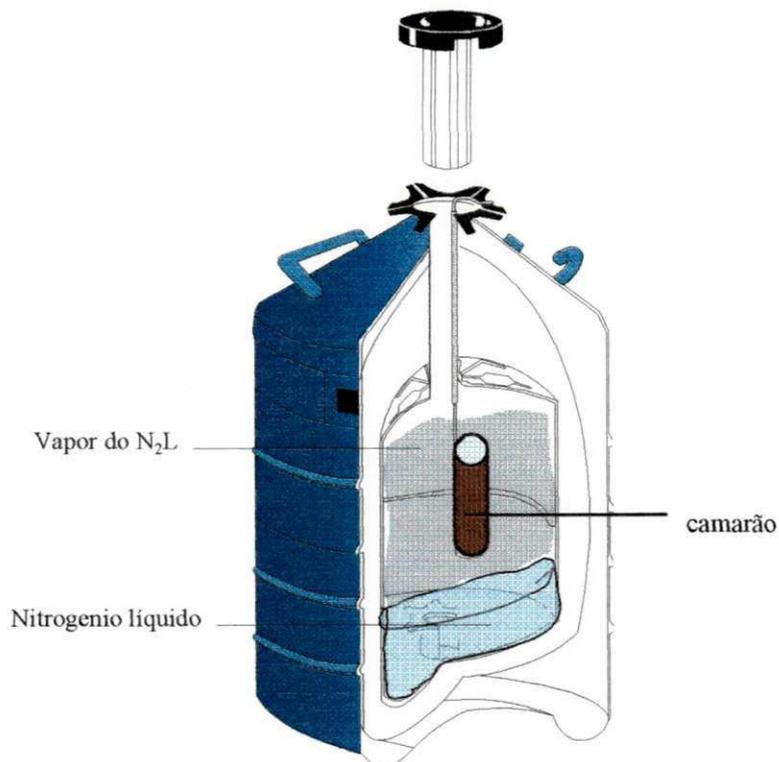


Figura 22 – Botijão criogênico com vapor de nitrogênio

3.5.3 – Congelamento em nitrogênio líquido (-196 °C)

As amostras de camarão foram pesadas em lotes 200g e colocadas dentro de canister de aço inoxidável e posteriormente imersas em nitrogênio líquido (N₂ L), a uma temperatura de -196 °C, de maneira que todas as amostras ficassem imersas em nitrogênio líquido, Figura 23;

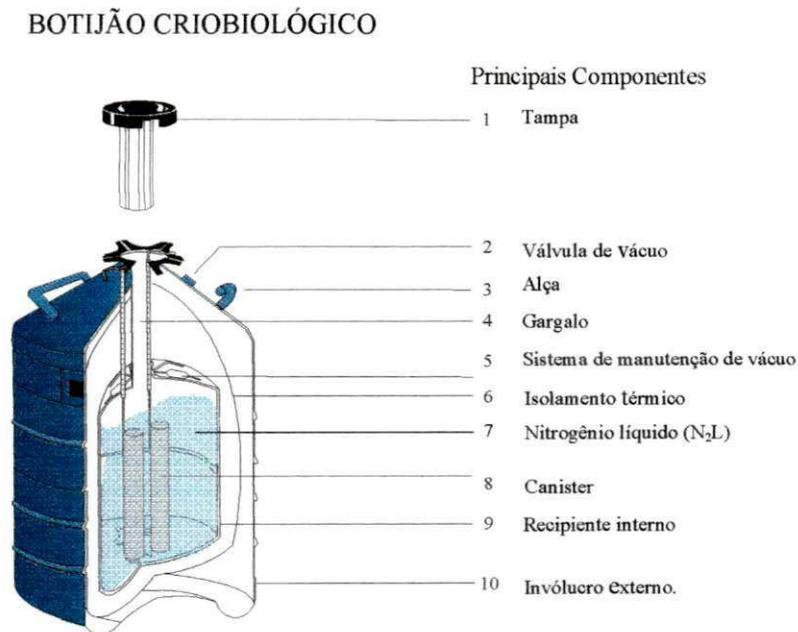


Figura 23 – Botijão criogênico com nitrogênio líquido

Armazenamento

3.6 - Armazenamento

Foram estudadas três técnicas de armazenagem

1^o Técnica

Câmara frigorífica – As amostras foram congeladas e conservadas em câmara frigorífica (-20 °C) por um período de 12 meses.

2^o Técnica

Foi realizada uma combinação do frio criogênico com o frio mecânico – as amostras foram congeladas em nitrogênio líquido (-196 °C) e em vapor de nitrogênio (-170 °C) para posteriormente serem conservadas em freezer a uma temperatura de -30 °C nas seguintes combinações:

Combinação 1 : (imersão em N₂ líquido/ freezer)

O recipiente utilizado para imersão das amostras de camarão em nitrogênio líquido foi uma caixa metálica com base quadrada de 18,3 x 18,3 cm e altura de 19 cm, revestida com poliestireno expandido de 4,5 cm de espessura e mais uma camada de chapa de alumínio de 1mm de espessura. As amostras foram pesadas em lotes de 200g e cada lote colocado em uma cesta metálica telada, de base 17,5 x 17,5 cm e altura de 10 cm. Cada lote de camarão foi imerso por 2 minutos no nitrogênio líquido a uma temperatura de -196 °C. Este tempo foi previamente testado e se mostrou suficiente para congelar todo o conteúdo. Imediatamente após o cesto ser retirado, as amostras foram colocadas em embalagens de polietileno de baixa densidade e acondicionadas em caixa de papelão de capacidade de 2kg, revestidas com filme plástico e, posteriormente, foram levadas ao freezer (-30 °C) onde permaneceram por um período de 12 meses.

Combinação 2 : (Vapor N₂/ freezer)

As amostras de camarão foram colocadas em recipientes criogênicos, contendo vapor de nitrogênio a uma temperatura de -170 °C, de maneira que todas as amostras ficassem em vapor nitrogênio e posteriormente foram colocadas em embalagens de polietileno de baixa densidade e levadas ao freezer (-30 °C) onde permaneceram por um período de 12 meses.

3ª Técnica

Vapor de N₂ - As amostras de camarão com cabeça e com exoesqueleto e filés de camarão foram conservadas em botijões criogênicos contendo 20% de nitrogênio líquido (-196 °C) e 80% de vapor de nitrogênio (-170 °C). Quando foram introduzidas nos botijões criogênicos teve-se o cuidado para que as mesmas ficassem acima do nível do nitrogênio líquido, sendo criopreservadas apenas no vapor. Esta armazenagem ocorreu por um período de 12 meses. Cada botijão continha seis canisters, sendo que, cada canister continha 200g de amostras, Figura 24. Como os botijões não eram totalmente herméticos, havia uma pequena perda de N₂ e esta perda era reposta a cada 5 dias, Figura 24a.



Figura 24 – Armazenamento das amostras de camarões no vapor N₂

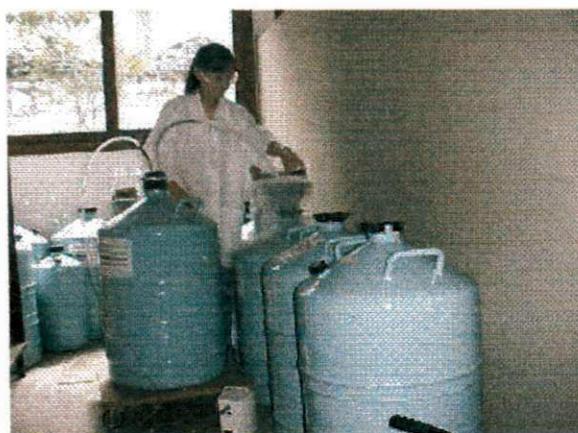


Figura 24a – Alimentação dos botijões com N₂ líquido

Descongelamento

3.7 - Descongelamento das amostras de camarão

Depois de decorrido o período pré-determinado para avaliação das amostras, estas foram submetidas a 2 métodos de descongelamento:

- a) Descongelamento lento, que consistiu no descongelamento das amostras a temperatura de aproximadamente 25 °C.

- b) Descongelamento em banho termostaticado a temperatura de 35 °C.

Caracterização físico-químicas e microbiológicas

3.8 - Análises físico-químicas e microbiológicas

Esta parte da pesquisa foi realizada no Laboratório de Análises Químicas de Alimentos do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande-UFCG, no Laboratório de Análises Microbiológicas da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, e no Laboratório de Química da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB. A Figura 25 representa as operações que foram realizadas.

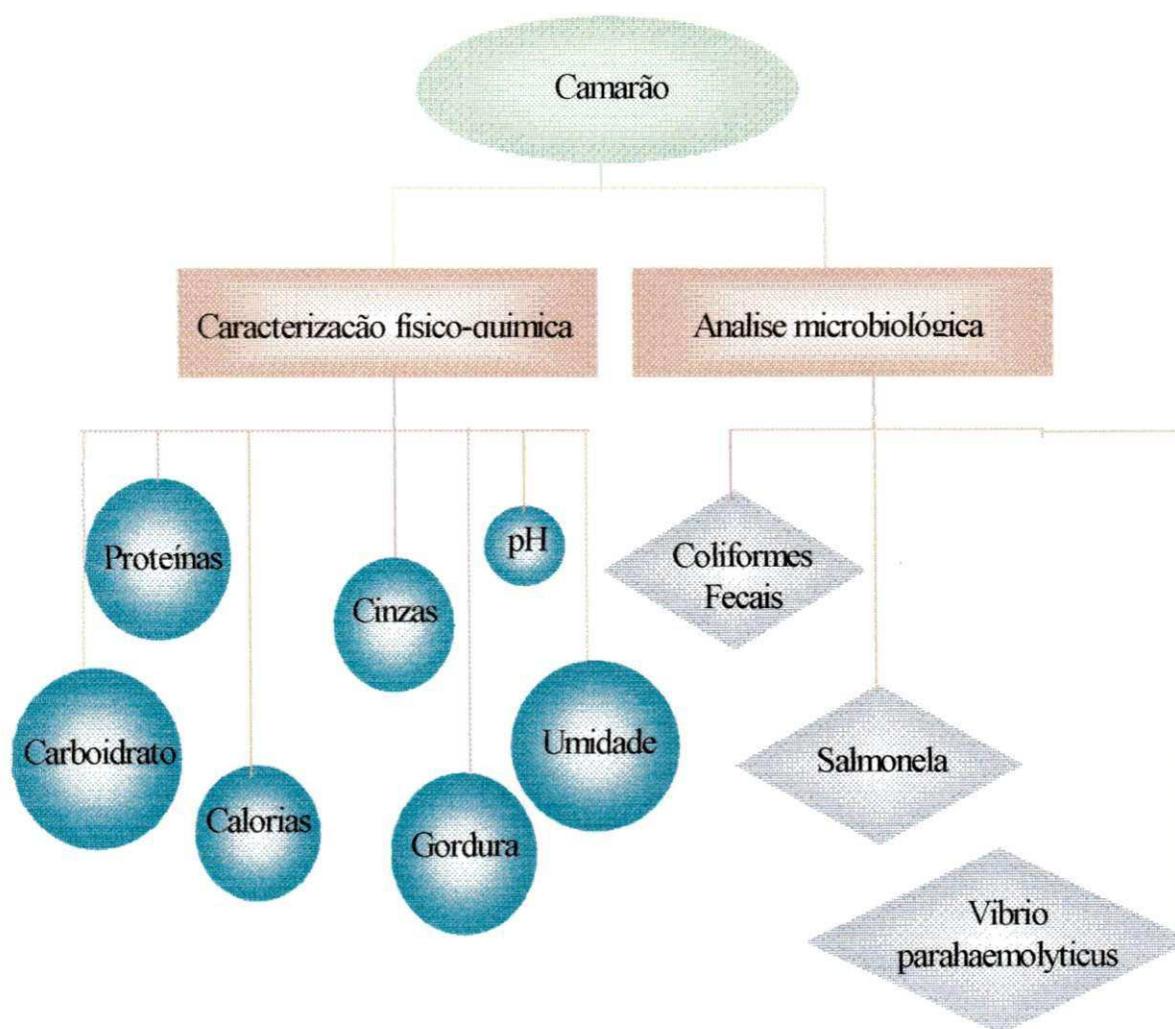


Figura 25 – Fluxograma da caracterização físico-química e microbiológica

3.8.1 - Análises físico-químicas

A caracterização físico-químicas (conteúdo de água, cinzas, proteínas, pH, carboidratos, gorduras e valor calórico) foi feita com amostras do camarão “fresco”, após o processo de congelamento, criocongelamento e durante o armazenamento (cada três meses por um período de 1 ano).

3.8.1.1- Conteúdo de água

A determinação do conteúdo de água foi feita pelo método gravimétrico de volatilização, utilizando-se a estufa a 105 ± 3 °C, método descrito pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

3.8.1.2 - Cinzas

Para esta determinação foi utilizado o método descrito pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985), o qual utilizou-se a mufla e os resultados foram expressos em porcentagem (p/p).

3.8.1.3 - Proteínas

As proteínas foram determinadas avaliando-se o nitrogênio total da amostra pelo método Kjeldahl, segundo descrito pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985). A proteína total foi calculada pela multiplicação da porcentagem de nitrogênio total pelo fator de conversão 6,38.

3.8.1.4 - pH

As medidas de pH foram determinadas pelo método potenciométrico, que consiste em aferir o pH metro Analyser, modelo 300M usando soluções tampão (pH 4,0 e 7,0) à temperatura de 25 °C. Imergindo o eletrodo no becker que continha uma suspensão de 1:1 de camarão e água destilada, fez-se a leitura direta em unidade de pH.

3.8.1.5 - Carboidratos

Para esta determinação foi utilizado o método descrito pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985) e os resultados foram expressos em porcentagem (p/p).

3.8.1.6 - Gorduras

Para esta determinação foi utilizado o método descrito pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985) e os resultados foram expressos em porcentagem (p/p).

3.8.1.7 - Valor calórico

O valor calórico calculado do alimento foi determinado pela soma das calorias fornecidas por esses nutrientes.

- 1g de proteína fornece, em média, (4kcal).
- 1g de gordura fornece, em média, (9kcal).
- 1g de carboidratos fornece, em média, (4kcal).

3.8.1.8 - Exsudado

Taxa de exsudação durante o descongelamento (Xe)

Cada amostra (filé de camarão e camarão com cabeça) foi pesada e colocada sobre um absorvente tipo Spontex (mistura de viscosa e sintético) de espessura 3,75mm. O absorvente foi desidratado previamente em estufa (105 °C por 24h) e logo depois pesado. O absorvente, contendo a amostra de camarão congelado, foi acondicionado hermeticamente em sacos de polietileno de baixa densidade. Procedeu-se em seguida o descongelamento sob água corrente durante 5 minutos. A taxa de exsudação foi obtida pela diferença de peso do absorvente após descongelamento e após passagem em estufa por 24h, e calculado pela Equação 29. As análises foram feitas com dez repetições. Para cada medida utilizou-se um camarão com exoesqueleto e com cabeça e um filé de camarão. O resultado foi expresso em g de água exsudada/100g de amostra.

$$X_e = \frac{\text{água exsudada}}{100\text{g amostra}} \quad (29)$$

em que:

$$\text{água exsudada} = Ma_h - Ma_s$$

Ma_h – massa do absorvente úmido (após descongelamento)

Ma_s – massa do absorvente (após secagem em estufa)

Taxa de exsudação durante o cozimento (Xe)

As amostras (sem absorventes) foram descongeladas colocando-se em sacos de polietileno de baixa densidade, em água corrente à temperatura ambiente por 5 minutos. Em seguida as amostras foram colocadas sobre o absorvente previamente desidratado, acondicionada hermeticamente e cozidas em banho maria (100 °C). A taxa de exsudação foi dada pela pesagem do absorvente após cozimento e após passagem em estufa por 24h, e calculado pela expressão (Equação 29), sendo **Ma_h** a massa do absorvente úmido, após cozimento. O resultado foi expresso em g de água exsudada/100g de amostra.

3.8.1.9 – Atributo de textura (Dureza)

A textura das amostras de camarões com exoesqueleto e com cabeça e filés, foram realizadas com um consistômetro de Hoppler adaptado para esta determinação. Para o início dos trabalhos, o consistômetro foi posto sobre uma mesa e nivelado na posição horizontal conforme a indicação do nível do bolha de ar acoplada neste, de acordo com instrução do manual. O dispositivo de medição utilizado no consistômetro de Hoppler foi adaptado com uma dentadura de peso 212,5g, os dois dentes superiores com uma largura de 8,24mm e uma espessura de 2,38mm cada. A profundidade de penetração (ΔS) foi indicada pelo medidor do equipamento (mm), o tempo de penetração foi medido com o auxílio de um cronômetro. Fixou-se um peso de 2,750kg, no topo da barra guia, ou seja, do equipamento. Para a medição inicial, a dentadura foi conectada na extremidade inferior da barra guia, conforme se observa na Figura 26. Em seguida, realizou-se a leitura (ΔS), a qual é considerada como ponto de partida (posição zero).

Para a leitura do tempo de penetração na amostra, colocou-se a dentadura sobre o camarão. Depois de anotado a posição zero a trava da barra guia com um peso de (2,750kg) foi solta, fez a penetração na amostra, durante um tempo (t) e uma profundidade (ΔS). As medições foram feitas com vinte repetições. Para cada medida utilizou-se um camarão (camarão com exoesqueleto e com cabeça e Filés).

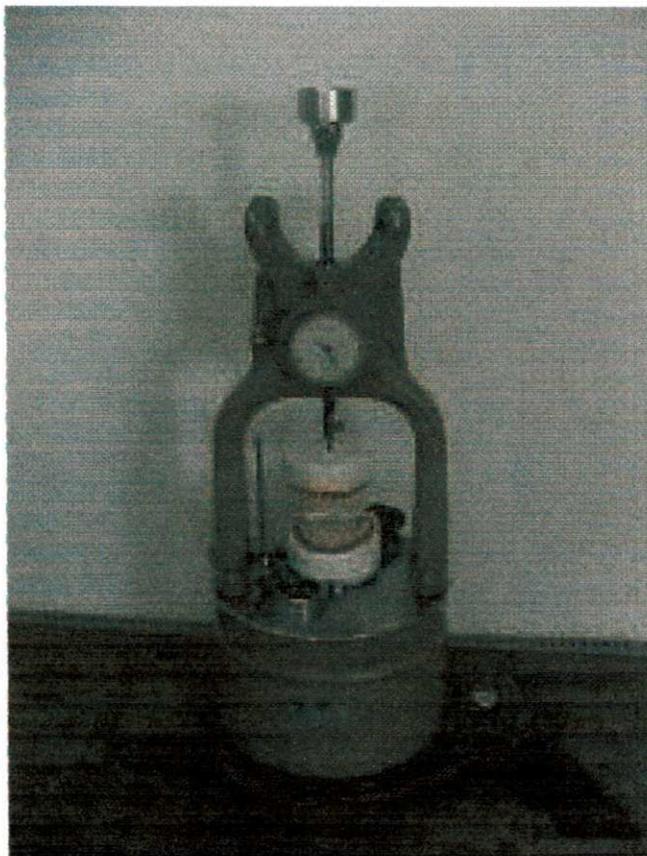


Figura 26 - Consistômetro de Hoppler adaptado para determinação do tempo de resistência a mordida na amostra de camarão

3.8.1.10– Análise estatística

Os dados obtidos com as análises físico-químicas foram submetidas a análise estatística, utilizado o programa ASSISTAT 7.1.

3.8.2 – Análises microbiológicas

3.8.2.1 – Coliformes fecais, Salmonela e Vibrio parahaemolyticus

Para estas análises foi considerado como padrão o Método de Análise Microbiológica para Alimentos do Ministério da Agricultura (1991/1992 – 2ª Revisão).

Avaliação sensorial

3.9 – Avaliação sensorial

A análise sensorial foi realizada de acordo com as Normas do CODEX para os camarões congelados rapidamente (1995). Os filés e camarões com cabeça foram submetidos à observação sensorial através de uma equipe formada de 30 provadores, com uma faixa etária entre 20 e 50 anos, treinados e não treinados, utilizando uma ficha de avaliação descrita nas Figura 27A e Figura 27B. Para a medida da intensidade dos atributos (sabor, aroma, textura e aparência), foi utilizada uma escala hedônica variando de gostei muitíssimo (nota 9) a desgostei muitíssimo (nota 1). As 10 amostras foram previamente passadas no vapor por 5min. e logo depois, apresentadas aos provadores em sacos de alumínio, codificadas com números de 3 dígitos selecionados aleatoriamente.



*Análise Sensorial do
Camarão Criocongelado*

Nome: _____

Idade: ____ anos

Profissão: _____

Você gosta de camarão: Sim Não

Data ____/____/____

Tipo de descongelamento: Banho termostizado (35°C)

Você está recebendo 10 amostras de camarão. Avalie cuidadosamente o sabor, odor, textura e aparência. O objetivo do nosso trabalho depende da sua avaliação. Utilize a escala abaixo para demonstrar o quanto você ficou satisfeito ou insatisfeito com as amostras.

- 1- Desgostei muitíssimo
- 2- Desgostei muito
- 3- Desgostei regularmente
- 4- Desgostei ligeiramente
- 5- Indiferente
- 6- Gostei ligeiramente
- 7- Gostei regularmente
- 8- Gostei muito
- 9- Gostei muitíssimo

SABOR		ODOR		TEXTURA		APARENCIA	
100A		100A		100A		100A	
101A		101A		101A		101A	
200A		200A		200A		200A	
201A		201A		201A		201A	
300A		300A		300A		300A	
301A		301A		301A		301A	
400A		400A		400A		400A	
401A		401A		401A		401A	
500A		500A		500A		500A	
600		600		600		600	

Sugestões

Figura 27A – Ficha para a avaliação da análise sensorial



*Análise Sensorial do
Camarão Criocongelado*

Nome: _____

Idade: _____ anos

Profissão: _____

Você gosta de camarão: Sim Não

Data ___/___/_____

Tipo de descongelamento: Temperatura ambiente (25°C)

Você está recebendo 10 amostras de camarão. Avalie cuidadosamente o sabor, odor, textura e aparência. O objetivo do nosso trabalho depende da sua avaliação. Utilize a escala abaixo para demonstrar o quanto você ficou satisfeito ou insatisfeito com as amostras.

- 1- Desgostei muitíssimo
- 2- Desgostei muito
- 3- Desgostei regularmente
- 4- Desgostei ligeiramente
- 5- Indiferente
- 6- Gostei ligeiramente
- 7- Gostei
- 8- Gostei muito
- 9- Gostei muitíssimo

SABOR		ODOR		TEXTURA		APARENCIA	
100A		100A		100A		100A	
101A		101A		101A		101A	
200A		200A		200A		200A	
201A		201A		201A		201A	
300A		300A		300A		300A	
301A		301A		301A		301A	
400A		400A		400A		400A	
401A		401A		401A		401A	
500A		500A		500A		500A	
600		600		600		600	

Sugestões

Figura 27B – Ficha para a avaliação da análise sensorial

3.9.1– Análise estatística

Os dados obtidos com as análises sensoriais foram submetidos à análise estatística, utilizando o programa STATISTIC 5.0.

4.0 - Resultados e discussão

4.1 - Caracterização física do camarão

4.1.1 - Massa, comprimento, espessura e volume

As Tabelas 9 e 10 contêm as medidas físicas feitas em 50 amostras de camarão, escolhidas aleatoriamente, como massa, comprimento, espessura e volume.

Tabela 9 - Medidas físicas feitas em camarão com exoesqueleto e cabeça

Amostra de camarão com exoesqueleto e com cabeça	Massa (g)	comprimento (mm)	Espessura (mm)	Volume (cm ³)
<i>Média</i>	12,99	108,70	10,70	12,20
<i>Desvio Padrão</i>	0,82	1,01	0,52	1,85

Tabela 10 - Medidas físicas feitas em filés de camarões

Amostra Filé de camarão	Massa (g)	comprimento (mm)	Espessura (mm)	Volume (cm ³)
<i>Média</i>	5,81	58,10	9,10	5,70
<i>Desvio Padrão</i>	0,37	0,615	0,018	0,39

4.2 - Cinética de congelamento

Os dados experimentais e calculados da razão de temperatura em função do tempo, para as amostras de camarão, ou seja, camarão com cabeça e filé de camarão, congelado a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (câmara frigorífica), a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (vapor de nitrogênio) e a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ (imersão em nitrogênio líquido), encontram-se no anexo A, nas Tabelas A1, A2 e A3, A4, A5 e A6 respectivamente. Nas Figuras 28, 29, 30, 31, 32 e 33 encontram-se as curvas de congelamento do camarão com cabeça e filé de camarão nas temperaturas acima especificadas.

Nas curvas de congelamento das Figuras 28 e 29, observou, claramente, as três fases pelas quais as amostras de camarões passaram ao serem congeladas, ou seja, resfriamento (Fase I), cristalização (Fase II) e pós-congelamento (Fase III). Estas curvas são similares à curva de congelamento da água. Este fato é devido ao camarão possuir um alto conteúdo de água, ou seja, de 77,8%. Na Fase de resfriamento (Fase I), o período de tempo foi de aproximadamente 480 segundos para o camarão com cabeça e 300 segundos para o filé de camarão, onde a temperatura baixou rapidamente de $24,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ para $-1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ no camarão com cabeça (Anexo A; Tabela A1) e de $24,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ para $-1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ no filé de camarão (Anexo A, Tabela A2). Quando se iniciou a cristalização (Fase II), o tempo foi de aproximadamente 960 segundos para o camarão com cabeça e 600 segundos para o filé de camarão e na fase III (pós-congelamento), observou-se que foram necessários aproximadamente 520 e 280 segundos, respectivamente, para as amostras atingirem o equilíbrio.

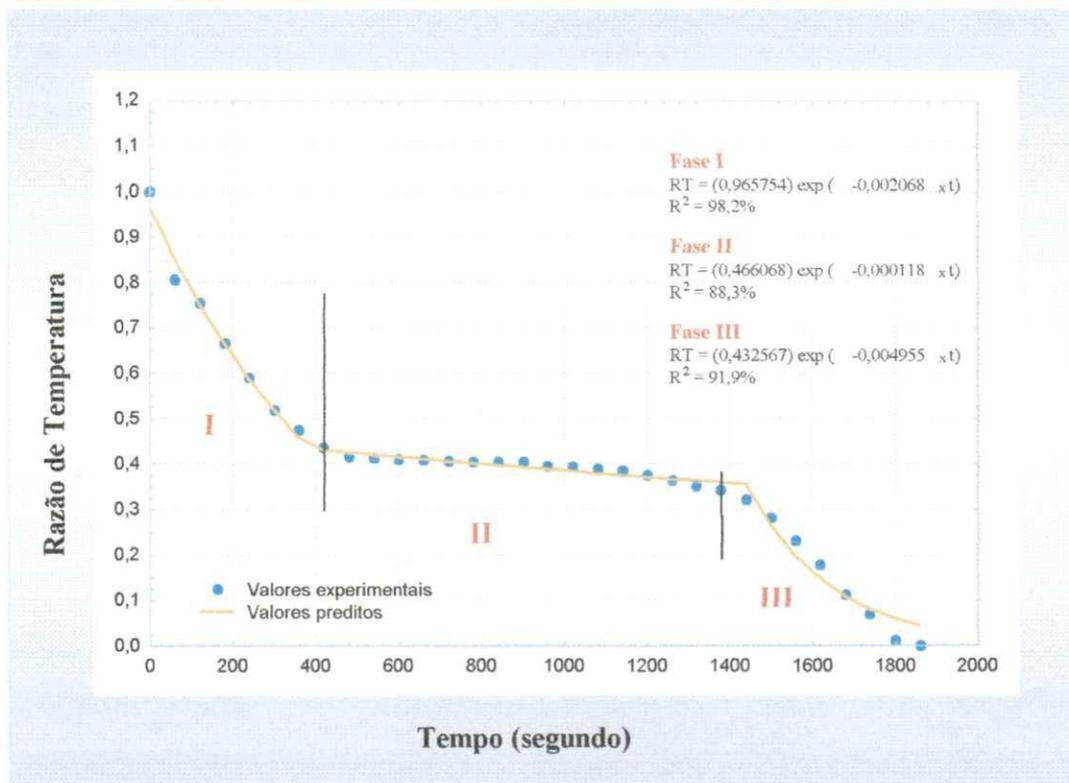


Figura 28 – Curva de congelamento das amostras de camarão com cabeça a temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, para uma amostra de 10,7mm de espessura.

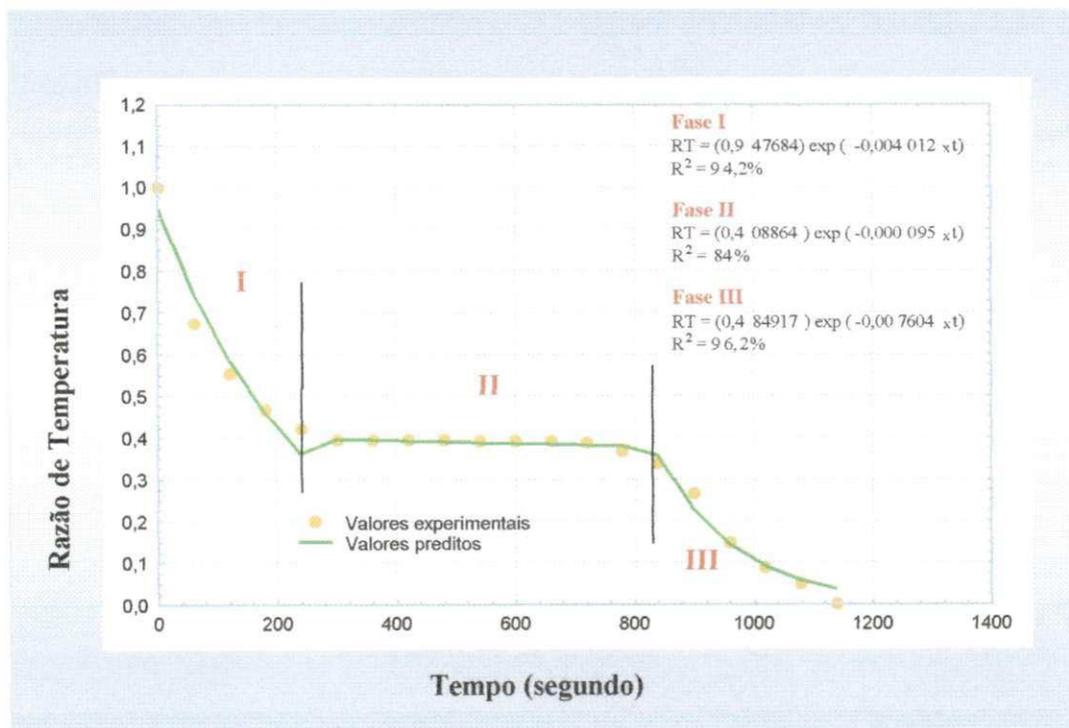


Figura 29 – Curva de congelamento das amostras de filé de camarão, a temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, para uma amostra de 9,1mm de espessura.

A curva de congelamento obtida com vapor de nitrogênio a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 30) das amostras de camarão com cabeça, permite ainda distinguir as três fases de congelamento. Na Fase I (resfriamento) ocorreu em 20 segundos e durante este período a temperatura baixou de $24,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ para $-0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Anexo A; Tabela A3). A Fase II que corresponde à cristalização durou 130 segundos, onde a temperatura baixou de $-0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ para $-10,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ e a Fase III, foi a mais prolongada, durando 550 segundos.

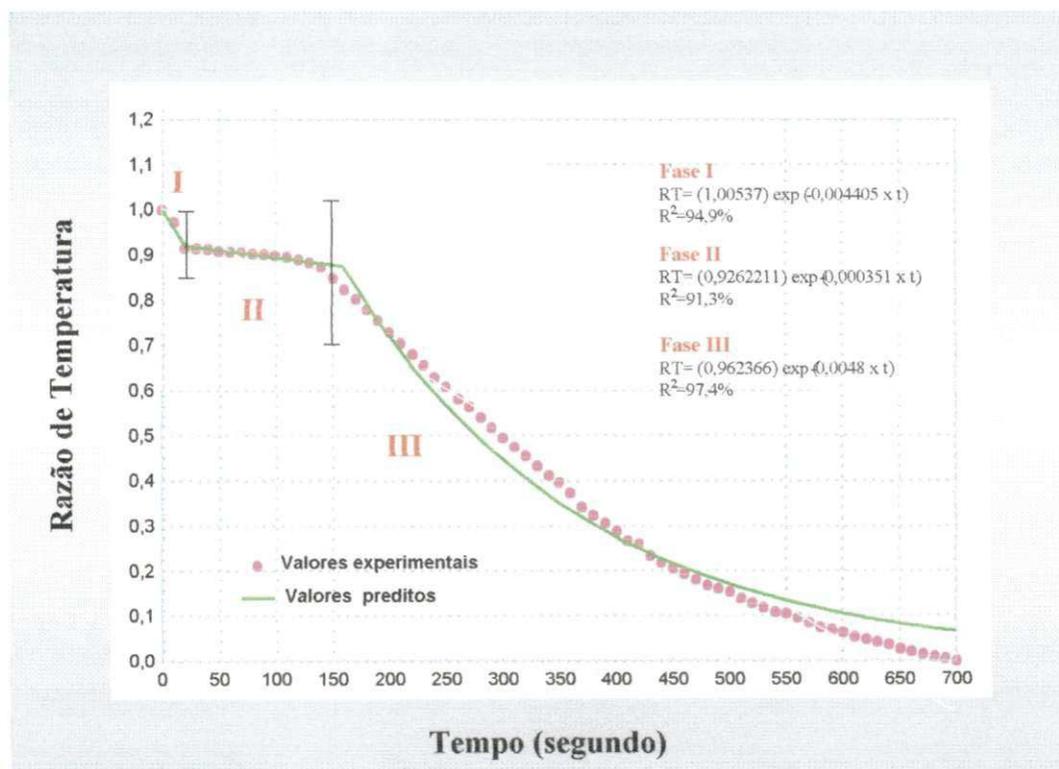


Figura 30 – Curva de congelamento das amostras de camarão com cabeça, com vapor de nitrogênio ($-170\text{ }^{\circ}\text{C}$), para uma amostra de 10,7mm de espessura.

Na curva de congelamento das amostras de filé de camarão em vapor de nitrogênio (Figura 31), não se distingue com clareza a Fase I da Fase II, ou seja, a fase de resfriamento e a fase de cristalização, este fato é devido a maior velocidade de congelamento. A Fase I e II (resfriamento/cristalização) durou 150 segundos e a Fase III, foi de aproximadamente 280 segundos (Anexo A; Tabela A4).

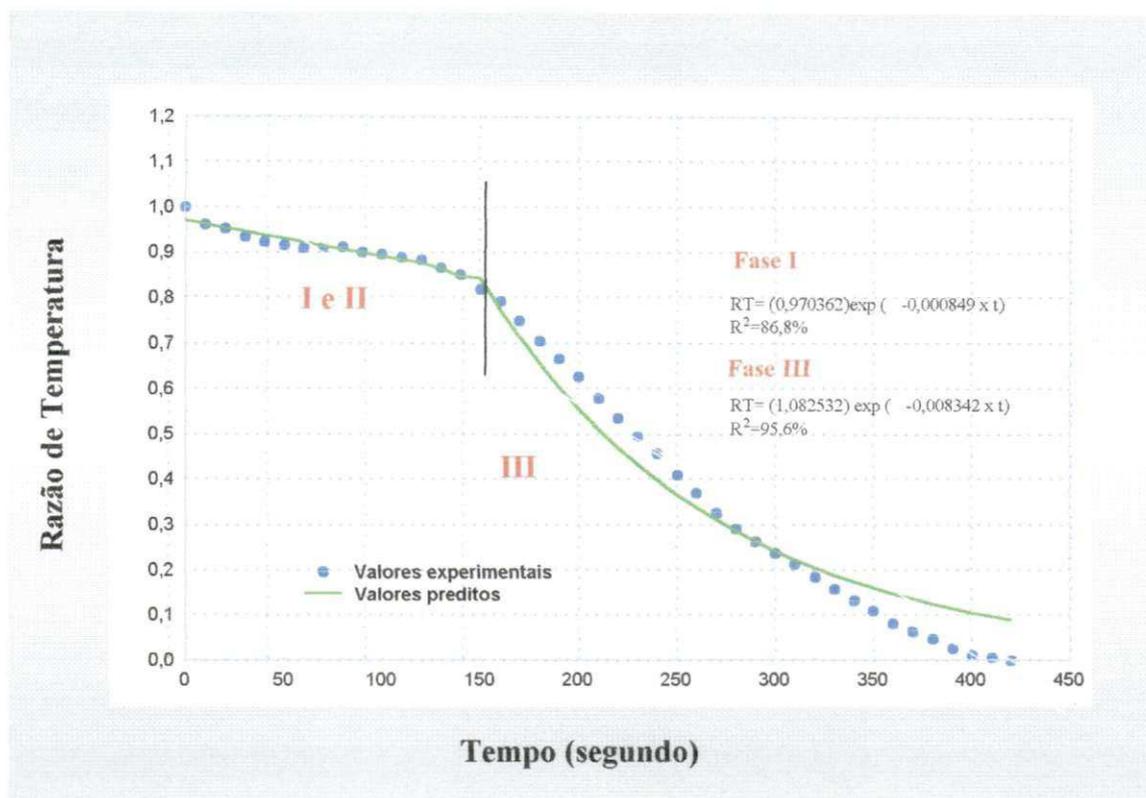


Figura 31 – Curva de congelamento das amostras de filé de camarão, vapor de N₂ (-170 °C), para uma amostra de 9,1 mm de espessura.

Nas curvas de congelamento das amostras de camarão com cabeça e filé de camarão por imersão em nitrogênio líquido (Figura 32 e 33), também não se observa uma distinção entre as fases de resfriamento e cristalização. Observa-se que foi atingido um tempo de 40 segundos para as fases de resfriamento e pós-congelamento. A fase de resfriamento e cristalização durou 15 segundos para as amostras de filé de camarão e de camarão com cabeça. Na fase de pós-congelamento ambas amostras levaram aproximadamente 25 segundos para atingir a temperatura de $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Anexo A; Tabela A5 e Tabela A6).

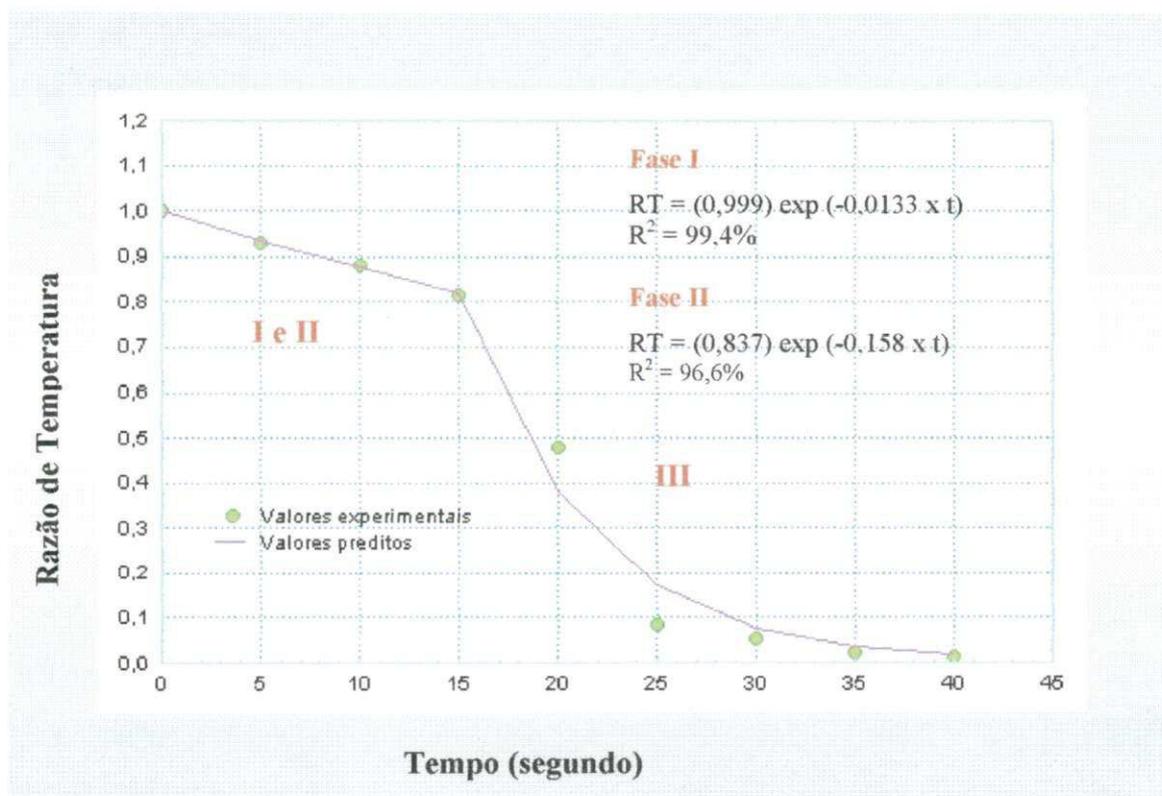


Figura 32 – Curva de congelamento das amostras de camarão com cabeça, por imersão em nitrogênio líquido a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, para uma amostra de 10,7mm de espessura.

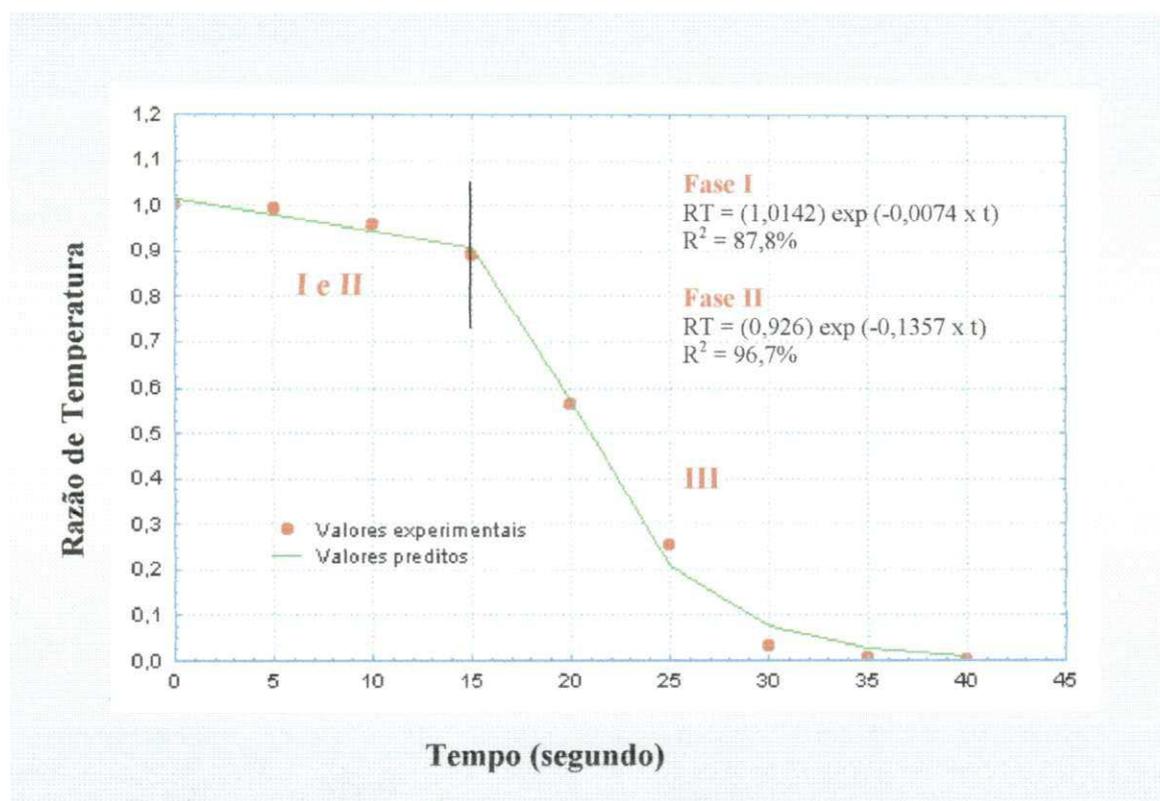


Figura 33 – Curva de congelamento das amostras de filé de camarão, por imersão em nitrogênio líquido a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, para uma amostra de 9,1mm de espessura.

4.3 - Características termofísicas do camarão

4.3.1 - Densidade

A densidade é importante para o dimensionamento e otimização de equipamentos, mas na literatura, praticamente, não existem dados de densidade para o camarão à temperatura abaixo do ponto de congelamento, daí a importância em determiná-lo.

A densidade do camarão com cabeça e do filé a temperatura de 25 °C foram de 1,066g/cm³ e de 1,02g/cm³, respectivamente.

4.3.2 - Calor específico

Os valores de calor específico do camarão com cabeça e do filé estão na Tabela 11. NEVES FILHO (1991) encontrou um valor de calor específico para o camarão abaixo do ponto de congelamento de 0,44 kcal/kg °C e acima do congelamento de 0,84 kcal/kg °C com um conteúdo de água de aproximadamente 76%. Esta diferença deve-se ao fato de que o camarão possui um elevado conteúdo de água. O seu comportamento é semelhante ao da água, já que a mesma, sofre uma variação pela metade no calor específico, ao passar do estado líquido ao sólido (gelo), ou seja, o calor específico da água no seu estado líquido, é 1kcal/kg °C, e no estado sólido é de 0,5kcal/kg °C.

Tabela 11 – Valores experimentais do calor específico do camarão

Produto	Temperatura (°C)	Experimental Cp (kcal/Kg °C)
Camarão com cabeça (fresco)	25	0,84
Filé de camarão (fresco)	25	0,86
Camarão com cabeça	-170	0,28
Filé de camarão	-170	0,31
Camarão com cabeça	-196	0,25
Filé de camarão	-196	0,28

Para comparar os dados experimentais, foram utilizados alguns modelos da literatura, segundo Tabela 3. Na Tabela 12 encontram-se os valores de calor específico do camarão antes do congelamento em relação a esses modelos.

Tabela 12 – Valores teóricos do Cp do camarão com base em modelos da literatura

Produto	Teórico Cp (kcal/kg °C)	Teórico Cp (kcal/kg °C)	Autor
	Com cabeça	Filé	
camarão	0,81	0,82	KASAHARA (1986) (acima do ponto de congelamento)
	0,43	0,45	KASAHARA (1986) (abaixo do ponto descongelamento)
	0,86	0,90	DICKERSON (1968) (acima do ponto de congelamento)
	0,84	0,87	LAMB (1976) (acima do ponto de congelamento)
	0,81	0,86	Siebel citado por MOHSENIN (1980) (acima do ponto de congelamento)

Os valores do calor específico teórico (Tabela 12) foram próximos quando comparados com os valores experimentais (Tabela 11) do camarão fresco e depois de congelado com os valores calculados pelas equações de (KASAHARA, 1986; DICKERSON, 1968; LAMB, 1976; MOHSENIN, 1980) que se basearam em amostras com um alto conteúdo de água.

Observando ainda a Tabela 11, percebe-se que o calor específico do camarão com exoesqueleto e cabeça, nas mesmas condições de temperatura, é um pouco menor do que o filé de camarão. O calor específico do camarão a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, é de aproximadamente 30% do valor obtido para o camarão fresco, ou seja, ele cai em aproximadamente 70%.

4.3.3 - Difusividade térmica

Encontram-se nas Tabelas 13 e 14 os valores calculados para as difusividades efetivas do camarão, com estes resultados foi determinada a difusividade efetiva média obtida pela média ponderada das fases I e III, conforme proposto por KASAHARA *et al.*, (1986).

No congelamento convencional a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a difusividade efetiva média do filé de camarão foi de $9,9 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, para o congelamento a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (vapor de N_2) foi de $28,15 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ e para o congelamento por imersão em N_2 líquido ($-196\text{ }^{\circ}\text{C}$) foi de $384,30 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$.

Tabela 13 – Valores da difusividade efetiva e difusividade efetiva média do filé nas três fases de congelamento as temperaturas de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Congelamento em câmara frigorífica a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$			
Fases *	L/2** (mm)	Difusividade efetiva	Difusividade efetiva média
I	4,555	$17,34 \times 10^{-3} \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	-
II	4,555	-	-
III	4,555	$23,20 \times 10^{-3} \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	$9,9 \times 10^{-3} \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
Congelamento em vapor de N_2 $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$			
Fases *	L/2** (mm)	Difusividade efetiva	Difusividade efetiva média
I	4,555	$3,74 \times 10^{-3} \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	-
II	4,555	-	-
III	4,555	$41,225 \times 10^{-3} \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	$28,15 \times 10^{-3} \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
Congelamento por imersão em N_2 líquido $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$			
Fases *	**L/2 (mm)	Difusividade efetiva	Difusividade efetiva média
I	4,555	$34,17 \times 10^{-3} \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	-
II	4,555	-	-
III	4,555	$594,4 \times 10^{-3} \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	$384,30 \times 10^{-3} \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

* Fases I – Resfriamento; II – Cristalização; III – Pós-congelamento

** L – Espessura da amostra

Na Tabela 14 estão os valores calculados da difusividade efetiva e difusividade efetiva média para o camarão com exoesqueleto e cabeça submetida a três diferentes métodos de congelamento. No congelamento convencional a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ considerando-se as fases I e III a difusividade térmica efetiva média do camarão com exoesqueleto e cabeça foi de $9,13 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ foi de $29 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ e a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ foi de $571,8 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$.

Tabela 14 – Valores da difusividade efetiva e difusividade efetiva média do camarão com exoesqueleto e cabeça as temperaturas de -20°C , -170°C e -196°C .

Congelamento em câmara frigorífica a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$			
Fases*	L/2** (mm)	Difusividade efetiva	Difusividade efetiva média
I	5,35	$12,46 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$	-
II	5,35	-	-
III	5,35	$22,33 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$	$9,13 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$
Congelamento em vapor de N_2 $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$			
Fases*	L/2** (mm)	Difusividade efetiva	Difusividade efetiva média
I	5,35	$27,71 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$	-
II	5,35	-	-
III	5,35	$28,98 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$	$29 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$
Congelamento por imersão em N_2 líquido $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$			
Fases*	**L/2 (mm)	Difusividade efetiva	Difusividade efetiva média
I	5,35	$0,0833 \text{ mm}^2/\text{s}$	-
II	5,35	-	-
III	5,35	$865 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$	$571,8 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$

* Fases I – Resfriamento; II – Cristalização; III – Pós-congelamento

** L – Espessura da amostra

Observa-se, nas Tabela 13 e 14, que as difusividades efetivas médias das amostras de filé de camarão foram menores quando comparadas com as amostras de camarões com exoesqueleto e cabeça fato que pode ser atribuído ao exoesqueleto.

4.3.4 - Condutividade térmica

Com os resultados obtidos experimentalmente da densidade, do calor específico e da difusividade térmica do filé de camarão e para o camarão com exoesqueleto e cabeça, utilizando a Equação 15, calculou-se a condutividade térmica para as temperaturas de $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ para as referidas amostras.

Na Tabela 15 e 16 estão os valores calculados para a condutividade térmica, para o camarão com exoesqueleto e cabeça e para o filé de camarão, quando estas foram submetidas aos dois métodos de congelamento e suas respectivas fases.

Tabela 15 – Valores da condutividade térmica para o camarão com exoesqueleto e com cabeça as temperaturas de $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Congelamento em vapor de N_2 $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$					
Fases*	L/2** (mm)	Difusividade efetiva	Calor específico Cp (kcal/kg $^{\circ}\text{C}$)	Densidade (g/cm^3)	Condutividade Térmica K (W/m $^{\circ}\text{C}$)
I	5,35	$27,71 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$	0,27	1,01	0,031
II	5,35	-	-	-	-
III	5,35	$28,98 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$	0,27	1,01	0,033
Congelamento por imersão em N_2 líquido $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$					
Fases*	**L/2 (mm)	Difusividade efetiva	Calor específico Cp (kcal/kg $^{\circ}\text{C}$)	Densidade (g/cm^3)	Condutividade Térmica K (W/m $^{\circ}\text{C}$)
I	5,35	$83,3 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$	0,25	1,01	0,087
II	5,35	-	-	-	-
III	5,35	$865 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$	0,25	1,01	0,912

* Fases I – Resfriamento; II – Cristalização; III – Pós-congelamento

** L – Espessura da amostra

Tabela 16 – Valores da condutividade térmica para o filé de camarão as temperaturas de $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Congelamento em vapor de N_2 $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$					
Fases*	L/2** (mm)	Difusividade efetiva	Calor específico Cp (kcal/kg $^{\circ}\text{C}$)	Densidade (g/cm^3)	Condutividade Térmica K (W/m $^{\circ}\text{C}$)
I	4,55	$3,74 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$	0,31	1,01	$4,89 \times 10^{-3}$
II	4,55	-	-	-	-
III	4,55	$41,22 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$	0,31	1,01	0,054

Congelamento por imersão em N_2 líquido $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$					
Fases*	**L/2 (mm)	Difusividade efetiva	Calor específico Cp (kcal/kg $^{\circ}\text{C}$)	Densidade (g/cm^3)	Condutividade Térmica K (W/m $^{\circ}\text{C}$)
I	4,55	$34,17 \times 10^3 \text{ mm}^2/\text{s}$	0,28	1,01	0,040
II	4,55	-	-	-	-
III	4,55	$594,4 \times 10^3 \text{ mm}^2/\text{s}$	0,28	1,01	0,702

* Fases I – Resfriamento; II – Cristalização; III – Pós-congelamento

** L – Espessura da amostra

4.4 - Caracterização físico-químicas

4.4.1 - Análises físico-químicas do camarão “fresco”

O camarão “fresco” antes do congelamento foi avaliado quanto aos aspectos físico-químicos. Na Tabela 17, encontram-se os valores do seu conteúdo de água, cinzas, proteínas, pH, carboidrato, gordura, valor calórico, exsudado_d (exsudado durante o descongelamento), exsudado_c (exsudado durante o cozimento) e atributo de textura (dureza).

Tabela 17 – Caracterização físico-química do camarão “fresco”

<i>Determinações</i>	<i>Resultados obtidos</i>	<i>Resultados da Literatura</i>
<i>Conteúdo de água (% b.u)</i>	77,8	76,24 *
<i>Cinzas (g/100)</i>	1,23	1,22 *
<i>Proteína (g/100g)</i>	18	21,20 **
<i>pH</i>	7,02	-
<i>Carboidratos (g/100g)</i>	0,0	0,00 **
<i>Gorduras (g/100)</i>	1,8	1,80 **
<i>Calorias (kcal)</i>	88,4	101,00 **
<i>Exsudado_d (g/100g)</i>	2,2	-
<i>Exsudado_c (g/100g)</i>	1,6	-
<i>Atributo de textura (dureza)</i>	23	-

** FRANCO (1998)

* VALENTI (1998)

Com estes valores iniciais, foram analisados se ocorreram alterações ou não com o congelamento (-20, -170 e -196 °C) e o armazenamento (-20, -30 e -170 °C), esses valores serão discutidos posteriormente, de modo a verificar as mudanças durante um período de 12 meses de armazenagem.

Observa-se na Tabela 17, que o conteúdo de água, gordura, carboidratos e cinzas estão próximos aos valores encontrados por FRANCO (1998) e VALENTI (1998), no entanto os valores de proteínas e calorias, obtidos por FRANCO (1998) encontram-se ligeiramente superiores, ou seja, 17% e 14,3%, respectivamente.

4.4.2 - Análises físico-químicas do camarão ao longo do armazenamento

4.4.2.1 - Conteúdo de água

Verificou-se por meio da análise de variância (Anexo B; Tabela B1 e B2) diferenças significativas em nível de 1% de probabilidade para os fatores tratamentos, período de armazenamento e para interação, tratamento x período de armazenamento. Aplicando-se o teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (Tabelas 18), verificou-se que a amostra de filé de camarão que foi congelado e armazenado no vapor de nitrogênio (FVV), manteve o seu conteúdo de água médio durante os 12 meses de armazenamento. Em relação as demais amostras foram verificadas uma diminuição do conteúdo de água durante a armazenagem, sendo que as amostras de camarão com cabeça (CCC) e filé de camarão (FC) congelado e armazenados a temperatura $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, perderam ao final do armazenamento (12 meses) cerca de 11% de conteúdo de água.

Nas Figuras 34 e 35, encontram-se as curvas de conteúdo de água das amostras de camarões. Foi estudada a variação do conteúdo de água em função do tempo de armazenagem nas diferentes temperaturas, esta variação foi expressa por equações polinomiais. Observa-se que os coeficientes de determinação (R^2), estão entre 86% e 99%. Por serem de natureza empírica, essas equações só podem ser utilizadas para prever dados de congelamento para as condições de temperaturas e armazenagem estudadas.

Segundo BERTULLO (1975), toda célula viva que morre entra de imediato em desequilíbrio com a umidade ambiente. Todos os produtos da pesca sejam pescados (magros ou gordurosos), moluscos ou crustáceos, sofrem perda de conteúdo de água quando é refrigerado ou congelado, sendo mais evidente no primeiro caso.

Tabela 18 – Valores do conteúdo de água para a interação tratamento X armazenamento e resultados do teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

Tratamentos	Tempo de armazenagem (meses)									
	0		3		6		9		12	
camarão fresco	77.80	aA	77.80	aA	77.80	aA	77.80	aA	77.80	aA
FVF	77.80	aA	77.80	aA	77.06	aA	76.83	abcA	76.33	abA
CCVF	77.80	aA	77.53	aAB	76.86	aAB	76.66	abcAB	75.66	abB
FIF	77.80	aA	77.70	aA	77.46	aA	75.40	bcdB	74.00	bB
CCIF	77.80	aA	77.76	aA	77.50	aA	77.43	abA	74.86	bB
FVV	77.80	aA	77.80	aA	77.80	aA	77.80	aA	77.80	aA
CCVV	77.80	aA	77.80	aA	77.70	aA	77.66	abA	77.63	aA
FIV	77.80	aA	77.63	aAB	77.73	aA	76.06	abcdAB	75.70	abB
CCIV	77.80	aA	77.73	aA	77.40	aAB	75.66	abcdBC	74.66	bC
CCC	77.80	aA	77.70	aA	77.38	aA	75.06	cdB	69.36	cC
FC	77.80	aA	77.73	aA	77.59	aA	74.03	dB	69.36	cC

Observações: As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si.

DMS/Coluna = 2.3445 e DMS/Linhas = 1.9800
 MG = 76.85006 CV% = 1.13682

FVF – Filé: congelado a -170°C e armazenado a -30°C

CCVF – Camarões com cabeça: congelado a -170°C e armazenado a -30°C

FIF – Filé: congelado a -196°C e armazenado a -30°C

CCIF – Camarões com cabeça: congelado a -196°C e armazenado a -30°C

FC – Filé: congelado a -20°C e armazenado a -20°C

FVV – Filé: congelado a -170°C e armazenado a -170°C

CCVV – Camarões com cabeça: congelado a -170°C e armazenado a -170°C

FIV – Filé: congelado a -196°C e armazenado a -170°C

CCIV – Camarões com cabeça: congelado a -196°C e armazenado a -170°C

CCC – Camarões com cabeça: Congelado a -20°C e armazenados a -20°C

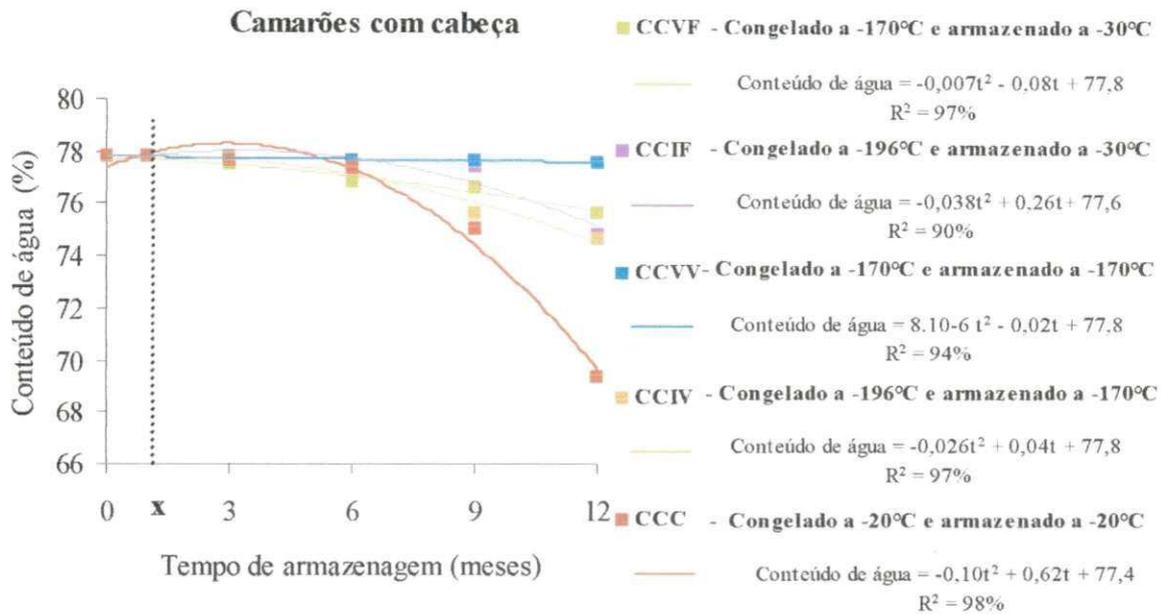


Figura 34 – Comportamento do conteúdo de água dos camarões com cabeça armazenados por 12 meses as temperaturas de -20 °C, -30 °C e -170 °C

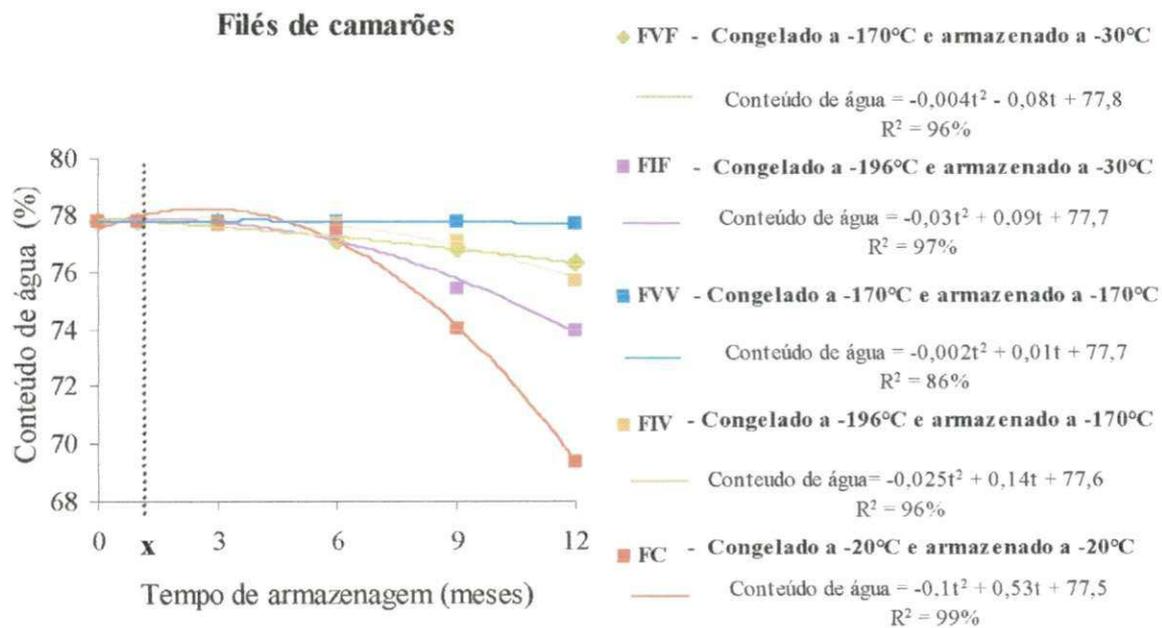


Figura 35 – Comportamento do conteúdo de água dos filés de camarões armazenados por 12 meses as temperaturas de -20 °C, -30 °C e -170 °C.

4.4.2.2 - Cinzas

Verificou-se que as amostras de filé de camarão e de camarões com exoesqueleto e com cabeça por meio da análise de variância (Tabela 19 e 20) não existiram diferenças significativas no teor de cinzas entre os tratamentos e o tempo de armazenamento.

Tabela 19 – Análise de variância para o teor de cinzas dos camarões, sob diferentes tratamentos ao longo de 12 meses de armazenamento.

F.V	G.L	S.Q	QM	F
Fator 1 (F1)	4	0.00014	0.00003	2.3664 ns
Fator 2 (F2)	10	0.00026	0.00003	1.7918 ns
Int. F1 x F2	40	0.00053	0.00001	0.8980 ns
Resíduo	110	0.00162	0.00001	
Total	164	0.00255		

Fator 1 (F1) = Período de armazenagem (meses)

Fator 2 (F2) = Tratamentos

** = significativo em nível de 1% de probabilidade

* = significativo em nível de 5% de probabilidade

ns = não significativo

Tabela 20 – Comparação entre as médias do teor de cinzas para os diferentes tempo de armazenamento e para as diferentes técnicas de congelamento.

Período de armazenagem (meses)	Médias do armazenamento (meses)	Tratamentos	Médias dos tratamentos
0	1.23 a	camarão fresco	1.23 a
3	1.22 a	FVF	1.22 a
6	1.22 a	CCVF	1.22 a
9	1.22 a	FIF	1.22 a
12	1.22 a	CCIF	1.22 a
		FVV	1.22 a
		CCVV	1.22 a
		FIV	1.22 a
		CCIV	1.22 a
		CCC	1.22 a
		FC	1.22 a
MG = 1.227	DMS1 = 0.00262	CV% = 0.3122	DMS2 = 0.0046

Observação: as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

4.4.2.3 - Proteínas

Verificou-se por meio da análise de variância (Anexo C; Tabela C1 e C2) que existe diferenças significativas em nível de 1% de probabilidade nos teores de proteína, entre o tempo de armazenamento, os tratamentos e na interação entre estes dois fatores.

Pelos resultados da interação entre tempo x tratamentos para os valores de proteínas (Tabela 21) verifica-se que estes valores variam de 18% para o camarão fresco, até 13,1% para o filé de camarão congelado e armazenado a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Observando os diversos tratamentos com relação ao tempo de armazenamento, percebe-se que as amostras de camarão, tanto filé quanto o camarão com exoesqueleto e com cabeça armazenados no vapor de N_2 ($-170\text{ }^{\circ}\text{C}$), mantiveram o teor de proteína inalterado do início ao fim do armazenamento. Os demais tratamentos sofreram perdas gradativas de proteína durante todo o período. Analisando ainda a Tabela 21, com relação aos tratamentos em cada período de armazenamento, percebe-se que não houve perda significativa de proteína nas amostras de camarões congeladas por imersão em N_2L e no Vapor de N_2 , no período ($t=0$), ou seja, logo após o congelamento. No 3^o mês de armazenamento as amostras de camarões mantidas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, sofreram em média, uma perda em torno de 0,81% de proteína (4,4% do valor inicial). Para este mesmo tratamento, observou-se ao final do período de armazenamento que existiram perdas em torno de 2,76% de proteína, que corresponde a 15,33% do valor inicial.

Nas Figuras 36 e 37 encontram-se as curvas de teor de proteína das amostras de camarões, em função do tempo de armazenagem, congeladas a diferentes temperaturas, onde a variação de proteína é expressa por equações lineares. Observa-se que os coeficientes de determinação estão entre 77% e 98%, observa-se por estas curvas que, apenas a amostra congelada e armazenada a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ sofreu um decréscimo expressivo do teor de proteína. As demais amostras tendem a uma constante de valor em torno de 18, que representa o valor inicial de proteína.

Tabela 21 – Valores do teor de proteína (%) para a interação tempo de armazenamento X tratamento e resultados do teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

Tratamentos	Tempo de armazenagem (meses)									
	0		3		6		9		12	
camarão fresco	18.00	aA	18.00	aA	18.00	aA	18.00	aA	18.00	aA
FVF	17.53	aC	17.10	bB	16.76	cB	16.60	cB	16.33	dB
CCVF	17.70	aBC	17.10	bB	16.70	cB	16.56	cB	16.33	dB
FIF	17.66	aC	17.13	bB	16.76	cB	16.73	cB	16.26	dB
CCIF	17.63	aC	17.23	bB	16.63	cB	16.26	dC	16.36	dB
FVV	18.00	aA	18.00	aA	18.00	aA	18.00	aA	17.96	aA
CCVV	18.00	aA	18.00	aA	18.00	aA	18.00	aA	18.00	aA
FIV	17.96	aAB	17.96	aA	17.93	aA	17.90	aA	17.93	aA
CCIV	17.96	aAB	17.96	aA	17.93	aA	17.90	aA	17.93	aA
CCC	17.60	aC	17.33	bB	16.73	cB	14.46	dD	13.10	eC
FC	17.63	aC	17.30	bB	16.73	cB	14.50	dD	13.10	eC

Observações: As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si.

DMS/Coluna = 0.2264 e DMS/Linhas = 0.2681

MG = 17.18726

CV% = 0.58121

FVF – Filé: congelado a -170°C e armazenado a -30°C

CCVF – Camarões com cabeça: congelado a -170°C e armazenado a -30°C

FIF – Filé: congelado a -196°C e armazenado a -30°C

CCIF – Camarões com cabeça: congelado a -196°C e armazenado a -30°C

FC – Filé: congelado a -20°C e armazenado a -20°C

FVV – Filé: congelado a -170°C e armazenado a -170°C

CCVV – Camarões com cabeça: congelado a -170°C e armazenado a -170°C

FIV – Filé: congelado a -196°C e armazenado a -170°C

CCIV – Camarões com cabeça: congelado a -196°C e armazenado a -170°C

CCC – Camarões com cabeça: Congelado a -20°C e armazenados a -20°C

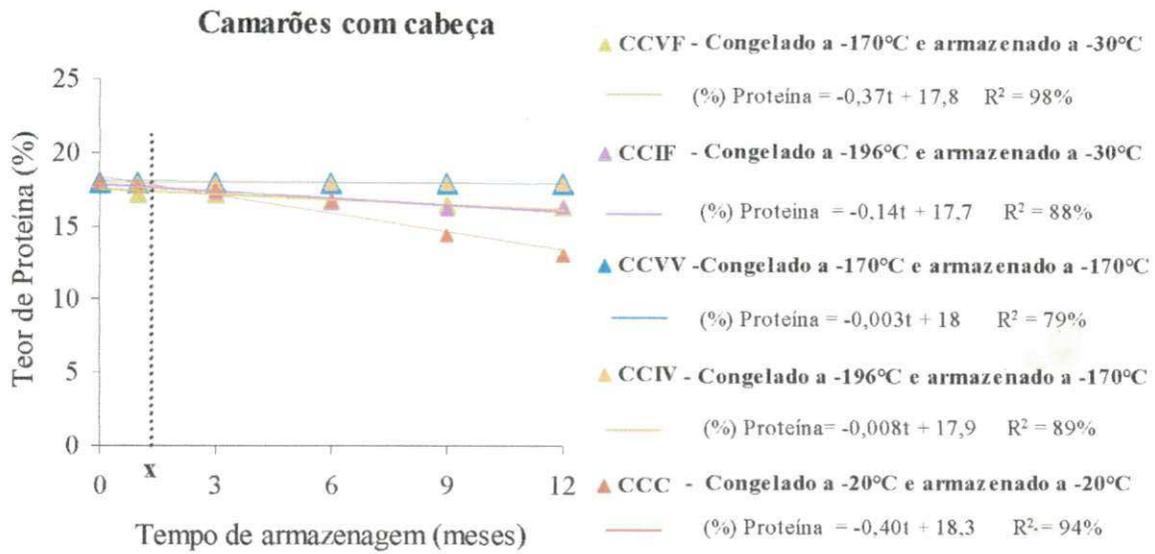


Figura 36 - Comportamento do teor de proteína das amostras de camarões com cabeça durante a armazenagem as temperaturas de -20 °C, -30 °C e -170 °C.

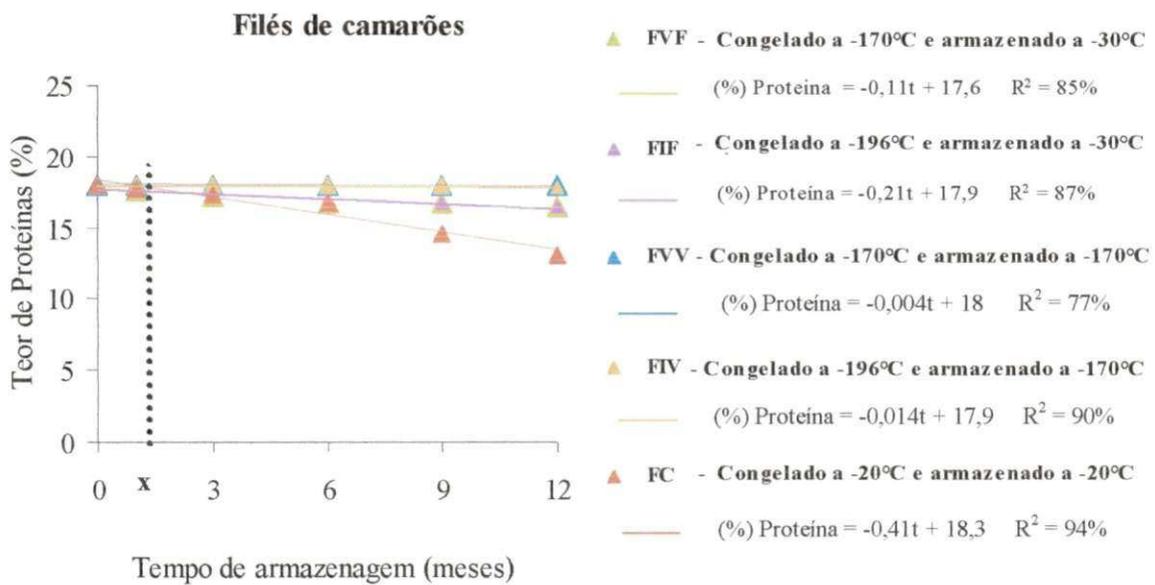


Figura 37 - Comportamento do teor de proteínas das amostras de filés de camarões durante a armazenagem as temperaturas de -20 °C, -30 °C e -170 °C.

4.4.2.4 - pH

Verificou-se por meio da análise de variância (Anexo D; Tabela D1 e D2) que existe diferenças significativas em nível de 1% de probabilidade no pH, entre o tempo de armazenamento, os tratamentos e na interação entre estes dois fatores.

Analisando todos os tratamentos (Tabela 22), em cada período, percebe-se que não houve alteração do pH, logo após o congelamento ($t=0$), ou seja, o pH não foi afetado pelo método de congelamento.

Pelos resultados da interação entre tempo x tratamentos para os valores de pH, verifica-se que houve um aumento nas amostras armazenadas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, enquanto que nas amostras congeladas e armazenadas no vapor de N_2 o pH manteve-se inalterado, já as congeladas por imersão em N_2 e armazenadas no vapor de N_2 , ocorreu um aumento de forma gradativa até o final do período de armazenamento.

BARON & VILANUEVA (1972) estimam que o pH de um camarão é considerado bom para um papel de degustação, quando se encontra entre 6,7 e 7,3; considera-se aceitável entre 7,31 e 8 e os que estão acima de 8 consideram-se inaceitáveis.

NUNES *et al.*, (1987) ao estudar o efeito do congelamento e da estabilidade em seres poikilotermos durante a armazenagem, verificou um aumento de pH durante a estocagem.

O aumento de pH dos pescados, crustáceos ou moluscos, pode ser devido ao acúmulo de produtos de natureza básica, como trimetilamina (TMA), demetilamina (DMA), amônia e algumas bases orgânicas, como putrescina e cadaverina, produzidas pela hidrólise bacteriana de compostos nitrogenados (SIKORSKI *et al.*, 1994).

Tabela 22 – Valores do pH para a interação tempo de armazenamento X tratamento e resultados do teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

Tratamentos	Tempo de armazenagem (meses)									
	0		3		6		9		12	
camarão fresco	7.02	aA	7.02	aF	7.02	aD	7.02	aD	7.02	aE
FVF	7.03	cA	7.49	bBC	7.56	aA	7.56	aAB	7.59	aC
CCVF	7.05	dA	7.40	cD	7.45	cB	7.54	bAB	7.61	aC
FIF	7.03	dA	7.42	cCD	7.43	bcB	7.50	abB	7.54	aC
CCIF	7.04	cA	7.35	bD	7.55	aA	7.56	aAB	7.61	aC
FVV	7.02	aA	7.02	aF	7.02	aD	7.02	aD	7.02	aE
CCVV	7.02	aA	7.02	aF	7.02	aD	7.02	aD	7.02	aE
FIV	7.03	dA	7.23	cE	7.44	bB	7.52	aAB	7.55	aC
CCIV	7.05	dA	7.15	cE	7.35	bc	7.41	abC	7.44	aD
CCC	7.07	cA	7.58	bA	7.59	bA	7.60	bA	7.80	aA
FC	7.07	dA	7.51	cAB	7.55	bcA	7.58	bA	7.70	aB

Observações: As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si.

DMS/Coluna = 0.0667 e DMS/Linhas = 0.0790
MG = 7.30825 CV% = 0.40292

FVF – Filé: congelado a -170°C e armazenado a -30°C

CCVF – Camarões com cabeça: congelado a -170°C e armazenado a -30°C

FIF – Filé: congelado a -196°C e armazenado a -30°C

CCIF – Camarões com cabeça: congelado a -196°C e armazenado a -30°C

FC – Filé: congelado a -20°C e armazenado a -20°C

FVV – Filé: congelado a -170°C e armazenado a -170°C

CCVV – Camarões com cabeça: congelado a -170°C e armazenado a -170°C

FIV – Filé: congelado a -196°C e armazenado a -170°C

CCIV – Camarões com cabeça: congelado a -196°C e armazenado a -170°C

CCC – Camarões com cabeça: Congelado a -20°C e armazenados a -20°C

4.4.2.5 – Gorduras

Verificou-se que as amostras de filé de camarão e de camarões com exoesqueleto e com cabeça por meio da análise de variância (Tabela 23 e 24) não existiram diferenças significativas no teor de gordura entre os tratamentos e o tempo de armazenamento.

Tabela 23 – Análise de variância para o teor de gordura dos camarões, sob diferentes tratamentos ao longo de 12 meses de armazenamento.

F.V	G.L	S.Q	QM	F
Fator 1 (F1)	4	0.00098	0.00024	1.4782 ns
Fator 2 (F2)	10	0.00299	0.00030	1.8132 ns
Int. F1 x F2	40	0.00844	0.00021	1.2774 ns
Resíduo	110	0.01817	0.00017	
Total	164	0.03058		

Fator 1 (F1) = Período de armazenagem (meses)

Fator 2 (F2) = Tratamentos

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns = não significativo

Tabela 24 – Comparação entre as médias do teor de gordura para os diferentes período de armazenagem e para as diferentes técnicas de congelamento.

Período de armazenagem (meses)	Médias do armazenagem (meses)	Tratamentos	Médias dos tratamentos
0	1.80 a	camarão fresco	1.80 a
3	1.80 a	FVF	1.80 a
6	1.80 a	CCVF	1.79 a
9	1.79 a	FIF	1.79 a
12	1.79 a	CCIF	1.79 a
		FVV	1.79 a
		CCVV	1.79 a
		FIV	1.79 a
		CCIV	1.79 a
		CCC	1.79 a
		FC	1.79 a
MG = 1.79946	DMS1 = 0.00878	CV% = 0.71420	DMS2 = 0.01542

Observação: as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si

4.4.2.6 – Exsudado durante o descongelamento

Verificou-se por meio da análise de variância (Anexo E: Tabela E1 e E2) que existe diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade no exsudado durante o descongelamento, entre o tempo de armazenamento, os tratamentos, e na interação, entre estes dois fatores.

Pelos resultados da interação entre tempo x tratamento para os valores de exsudado durante o descongelamento (Tabela 25) verifica-se que estes valores variaram de 2,2g/100g de exsudado para o camarão com exoesqueleto e cabeça “fresco” até 3,2g/100g observado para o camarão com exoesqueleto e com cabeça congelado e armazenado a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ao final dos 12 meses de armazenagem.

Analisando os tratamentos com relação ao tempo de armazenamento, percebe-se que as amostras de camarões, tanto o filé quanto o camarão com cabeça congelado por imersão em N_2L ($-196\text{ }^{\circ}\text{C}$), no vapor de N_2 ($-170\text{ }^{\circ}\text{C}$) e armazenados no vapor de N_2 (FVV, FIV, CCVV e CCIV) mantiveram os valores inalterado durante todo o período de estocagem, nos demais tratamentos ocorreram um aumento gradativo nestes valores, ou seja, ocorreram perdas de exsudado. Observando ainda a Tabela 25, com relação aos tratamentos em cada período, percebe-se que não houve perda significativa de exsudado, no período $t=0$, ou seja, logo após o congelamento, no entanto ao final do período apresentou uma perda média de exsudado de 28,3% quando comparado aos valores iniciais nas amostras congeladas e armazenadas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Nas Figuras 38 e 39 encontram-se as curvas da taxa de exsudação das amostras de camarões em função do tempo de armazenagem congelados em diferentes temperaturas, esta variação da taxa de exsudação (X_e) é expressa por equações lineares.

Observa-se que os coeficientes de determinação estão entre 73% e 95,4%, verifica-se por estas curvas que apenas as amostras armazenadas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ sofreram uma perda de exsudado com o tempo de armazenamento.

Tabela 25 – Valores do exsudado durante o descongelamento para a interação tempo de armazenamento X tratamento e resultados do teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

Tratamentos	Tempo de armazenagem (meses)									
	0		3		6		9		12	
camarão fresco	2.20	aA	2.22	aC	2.22	aC	2.22	aD	2.22	aD
FVF	2.23	eA	2.50	dB	2.55	cB	2.66	bC	2.73	aC
CCVF	2.23	dA	2.60	cA	2.60	cB	2.66	bC	2.73	aC
FIF	2.23	eA	2.50	dB	2.56	cB	2.66	bC	2.73	aC
CCIF	2.23	dA	2.60	cA	2.58	cB	2.67	bC	2.73	aC
FVV	2.22	aA	2.22	aC	2.22	aC	2.22	aD	2.22	aD
CCVV	2.22	aA	2.22	aC	2.22	aC	2.22	aD	2.22	aD
FIV	2.23	aA	2.23	aC	2.23	aC	2.24	aD	2.23	aD
CCIV	2.23	aA	2.22	aC	2.23	aC	2.24	aD	2.23	aD
CCC	2.23	eA	2.60	dA	2.68	cA	3.13	bA	3.20	aA
FC	2.23	eA	2.50	dB	2.67	cA	2.88	bB	3.00	aB

Observações: As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si.

DMS/Coluna = 0.0468 e DMS/Linhas = 0.0554

MG = 2.43164

CV% = 0.84857

FVF – Filé: congelado a -170°C e armazenado a -30°C

CCVF – Camarões com cabeça: congelado a -170°C e armazenado a -30°C

FIF – Filé: congelado a -196°C e armazenado a -30°C

CCIF – Camarões com cabeça: congelado a -196°C e armazenado a -30°C

FC – Filé: congelado a -20°C e armazenado a -20°C

FVV – Filé: congelado a -170°C e armazenado a -170°C

CCVV – Camarões com cabeça: congelado a -170°C e armazenado a -170°C

FIV – Filé: congelado a -196°C e armazenado a -170°C

CCIV – Camarões com cabeça: congelado a -196°C e armazenado a -170°C

CCC – Camarões com cabeça: Congelado a -20°C e armazenados a -20°C

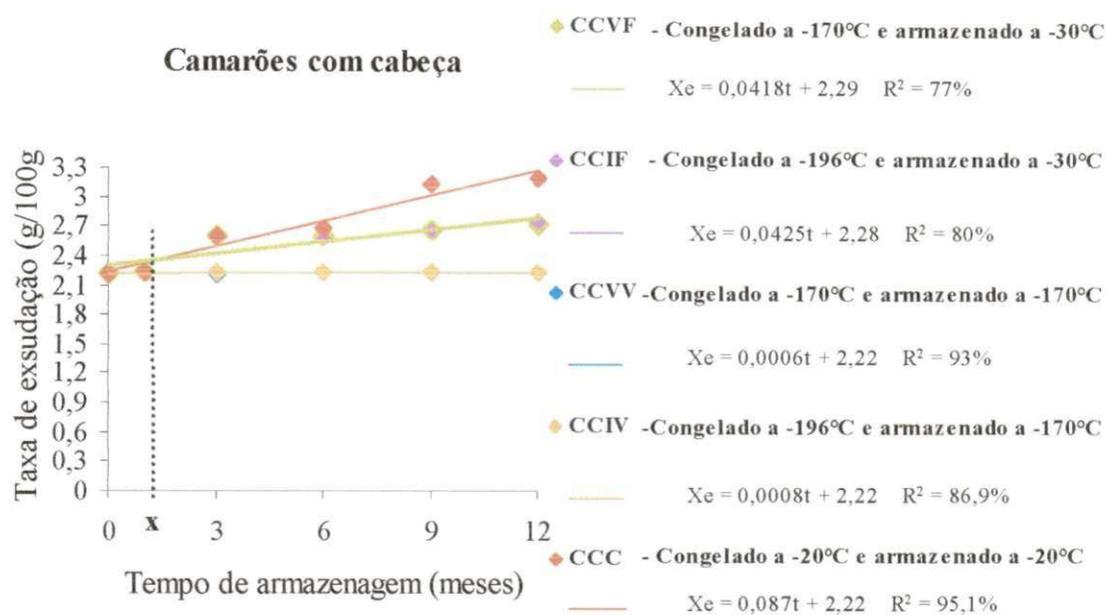


Figura 38 - Exsudado durante o descongelamento das amostras de camarões com cabeça e armazenados as temperaturas de -20 °C, -30 °C e -170 °C.

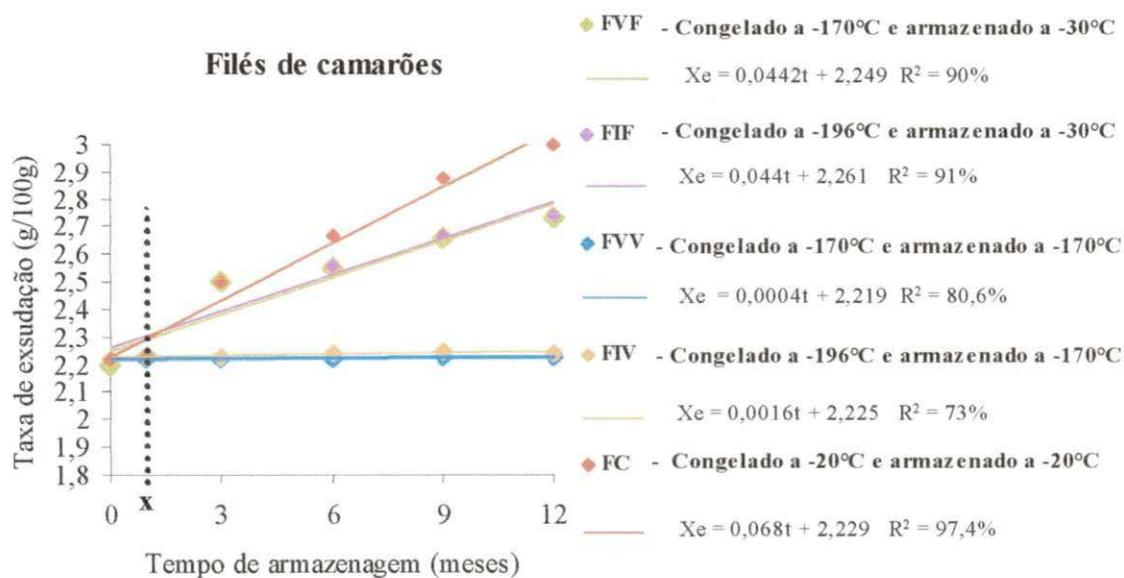


Figura 39 - Exsudado durante o descongelamento das amostras de filés de camarões e armazenados as temperaturas de -20 °C, -30 °C e -170 °C.

4.4.2.7 – Exsudado durante o cozimento

Verificou-se por meio da análise de variância (Anexo F: Tabela F1 e F2) que existe diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade no exsudado durante o descongelamento, entre o tempo de armazenamento, os tratamentos, e na interação, entre estes dois fatores.

Pelos resultados da interação entre tempo x tratamento para os valores de exsudado durante o cozimento (Tabela 26) verifica-se que estes valores variaram de 1,67g/100g de exsudado para o camarão fresco até 1,8g/100g observado para o camarão com exoesqueleto e com cabeça congelado e armazenado a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ao final dos 12 meses de armazenagem.

Analisando os tratamentos com relação ao tempo de armazenamento, percebe-se que as amostras de camarões, tanto o filé quanto o camarão com cabeça congelado por imersão em N_2L ($-196\text{ }^{\circ}\text{C}$), no vapor de N_2 ($-170\text{ }^{\circ}\text{C}$) e armazenados no vapor de N_2 (FVV, FIV, CCVV e CCIV) mantiveram os valores inalterado durante todo o período de estocagem, nos demais tratamentos ocorreram um aumento gradativo nestes valores, ou seja, ocorreram perdas de exsudado. Observando ainda a Tabela 26, com relação aos tratamentos em cada período, percebe-se que não houve perda significativa de exsudado, no período $t=0$, ou seja, logo após o congelamento, no entanto ao final do período apresentou uma perda média de exsudado de 6,6% quando comparado aos valores iniciais nas amostras congeladas e armazenadas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Nas Figuras 40 e 41, encontram-se as curvas da taxa de exsudação das amostras de camarões em função do tempo de armazenagem congelados em diferentes temperaturas, esta variação da taxa de exsudação (X_e) é expressa por equações lineares.

Observa-se que os coeficientes de determinação estão entre 76% e 96,2%, verifica-se por estas curvas que apenas as amostras armazenadas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ sofreram uma perda de exsudado com o tempo de armazenamento.

Tabela 26 – Valores do exsudado durante o cozimento para a interação tempo de armazenamento X tratamento e resultados do teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

Tratamentos	Tempo de armazenagem (meses)				
	0	3	6	9	12
camarão fresco	1.67 aA	1.67 aC	1.67 aD	1.67 aC	1.67 aC
FVF	1.67 dA	1.72 cB	1.75 bC	1.78 aB	1.78 aB
CCVF	1.67 dA	1.75 cA	1.76 bAB	1.78 aB	1.78 aB
FIF	1.67 dA	1.72 cB	1.75 bC	1.78 aB	1.78 aB
CCIF	1.67 dA	1.75 cA	1.76 bAB	1.78 aB	1.78 aB
FVV	1.67 aA	1.67 aC	1.67 aD	1.67 aC	1.67 aC
CCVV	1.67 aA	1.67 aC	1.67 aD	1.67 aC	1.67 aC
FIV	1.67 aA	1.67 aC	1.67 aD	1.67 aC	1.67 aC
CCIV	1.67 aA	1.67 aC	1.67 aD	1.67 aC	1.67 aC
CCC	1.67 eA	1.75 dA	1.76 cA	1.79 bA	1.80 aA
FC	1.67 dA	1.72 cB	1.75 bBC	1.78 aB	1.78 aB

Observações: As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si.
 DMS/Coluna = 0.0069 e DMS/Linhas = 0.0081
 MG = 1.71164 CV% = 0.17678

FVF – Filé: congelado a -170°C e armazenado a -30°C

CCVF – Camarões com cabeça: congelado a -170°C e armazenado a -30°C

FIF – Filé: congelado a -196°C e armazenado a -30°C

CCIF – Camarões com cabeça: congelado a -196°C e armazenado a -30°C

FC – Filé: congelado a -20°C e armazenado a -20°C

FVV – Filé: congelado a -170°C e armazenado a -170°C

CCVV – Camarões com cabeça: congelado a -170°C e armazenado a -170°C

FIV – Filé: congelado a -196°C e armazenado a -170°C

CCIV – Camarões com cabeça: congelado a -196°C e armazenado a -170°C

CCC – Camarões com cabeça: Congelado a -20°C e armazenados a -20°C

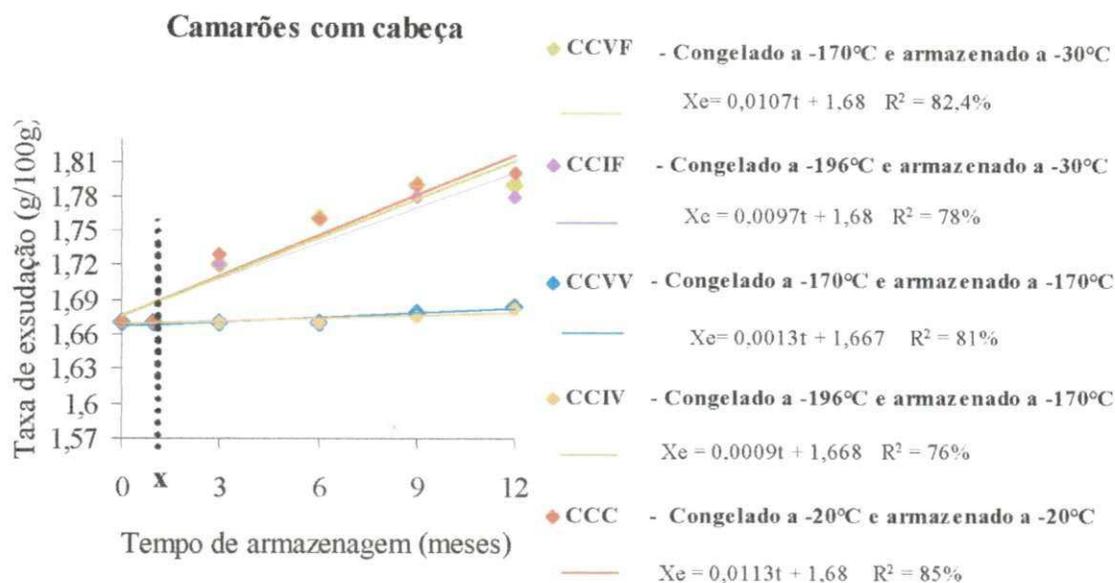


Figura 40 - Exsudado durante o cozimento das amostras de camarões com cabeça e armazenados as temperaturas de -20 °C, -30 °C e -170 °C

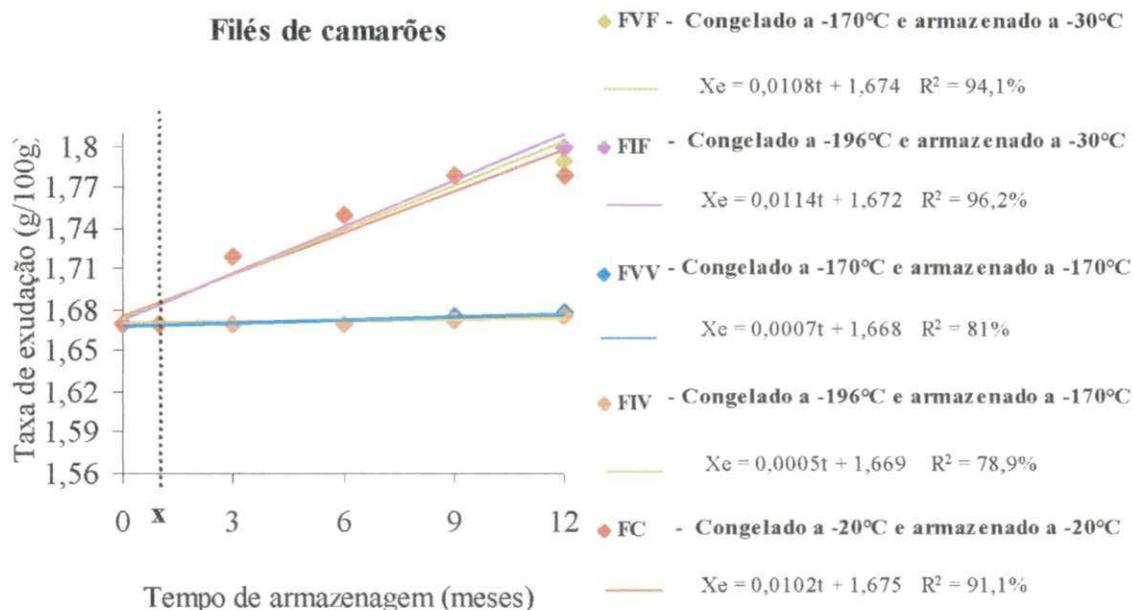


Figura 41 - Exsudado durante o cozimento das amostras de filés de camarões e armazenados as temperaturas de -20 °C, -30 °C e -170 °C.

4.4.2.8 – Atributo de textura (dureza)

Verificou-se por meio da análise de variância (Anexo G; Tabela G1 e G2) que existe diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade no tempo de mordida, das amostras de camarões entre o período de armazenamento, os tratamentos e na interação entre estes dois fatores.

Pelos resultados da interação entre tempo x tratamento para o atributo textura (Tabela 27) verifica-se que os valores do tempo de mordida variaram de 23s para o camarão fresco até 15,5s observado para a amostra de filé de camarão congelado por imersão em N₂ líquido e armazenado a -30 °C (t=0).

Observando os diversos tratamentos com relação ao tempo de armazenamento, percebe-se que as amostras de camarão, tanto o filé quanto o camarão com o exoesqueleto e com cabeça congelado e armazenado no vapor de N₂ (-170 °C) mantiveram o tempo de resistência a mordida inalterado do início até o 9^o mês, sofrendo uma pequena alteração no 12^o mês de armazenamento.

Com relação ao tempo x tratamentos, as amostras que mais sofreram alteração foram às congeladas por imersão em N₂L e armazenadas a -30 °C e -170 °C, ou seja, teve um tempo médio de resistência à mordida ao final do período de 11,5s. Já as amostras de camarões com exoesqueleto e com cabeça e filé de camarão armazenado a -20 °C e -30 °C tiveram um tempo de resistência à mordida maior, ou seja, 28s.

Nas Figuras 42 e 43, encontram-se as curvas do tempo de resistência a mordida das amostras de camarões em função do tempo de armazenagem nas diferentes temperaturas, onde a variação é expressa por equações lineares. Observa-se que o coeficiente de determinação (R²) estão entre 75% e 94%.

Analisando as curvas, verificou-se que as amostras armazenadas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, teve um aumento no tempo de mordida, já as amostras congeladas por imersão em N_2L este tempo foi reduzido em 50% quando comparado ao valor do camarão fresco. Esta diferença se deve ao método de congelamento, quando estas amostras foram congeladas tiveram um contato direto com o N_2L , sofrendo assim um choque brusco de temperatura, ocasionando uma ruptura na estrutura das amostras, resultando a não resistência a mordida.

Tabela 27 – Valores do atributo de textura (dureza) para a interação, tempo de armazenamento X tratamentos e resultados do teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

Tratamentos	Tempo de armazenagem (meses)									
	0		3		6		9		12	
camarão fresco	23.00	aA	23.00	aB	23.00	aC	23.00	aB	23.00	aB
FVF	23.00	dA	21.43	eC	24.66	cAB	26.33	bA	28.00	aA
CCVF	23.00	dA	21.33	eC	25.00	cA	27.00	bA	28.00	aA
FIF	15.52	aC	15.30	aEF	13.84	bE	10.94	cE	9.52	dE
CCIF	17.05	aB	16.05	bDE	14.89	cD	10.94	dE	9.63	eE
FVV	23.00	aA	23.00	aB	23.00	aC	23.00	aB	22.66	aB
CCVV	23.00	aA	23.00	aB	23.00	aC	23.00	aB	22.66	aB
FIV	15.52	aC	15.00	aF	14.73	aDE	13.52	bD	12.42	cD
CCIV	17.05	aB	17.00	aD	15.10	bD	15.00	bC	14.52	bC
CCC	22.33	dA	24.33	cA	24.66	cAB	26.66	bA	28.66	aA
FC	22.66	dA	24.33	cA	24.00	cB	26.66	bA	28.66	aA

Observações: As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si.

DMS/Coluna = 0.8030 e DMS/Linhas = 0.9509
MG = 20.52072 CV% = 1.72666

FVF – Filé: congelado a -170°C e armazenado a -30°C

CCVF – Camarões com cabeça: congelado a -170°C e armazenado a -30°C

FIF – Filé: congelado a -196°C e armazenado a -30°C

CCIF – Camarões com cabeça: congelado a -196°C e armazenado a -30°C

FC – Filé: congelado a -20°C e armazenado a -20°C

FVV – Filé: congelado a -170°C e armazenado a -170°C

CCVV – Camarões com cabeça: congelado a -170°C e armazenado a -170°C

FIV – Filé: congelado a -196°C e armazenado a -170°C

CCIV – Camarões com cabeça: congelado a -196°C e armazenado a -170°C

CCC – Camarões com cabeça: Congelado a -20°C e armazenados a -20°C

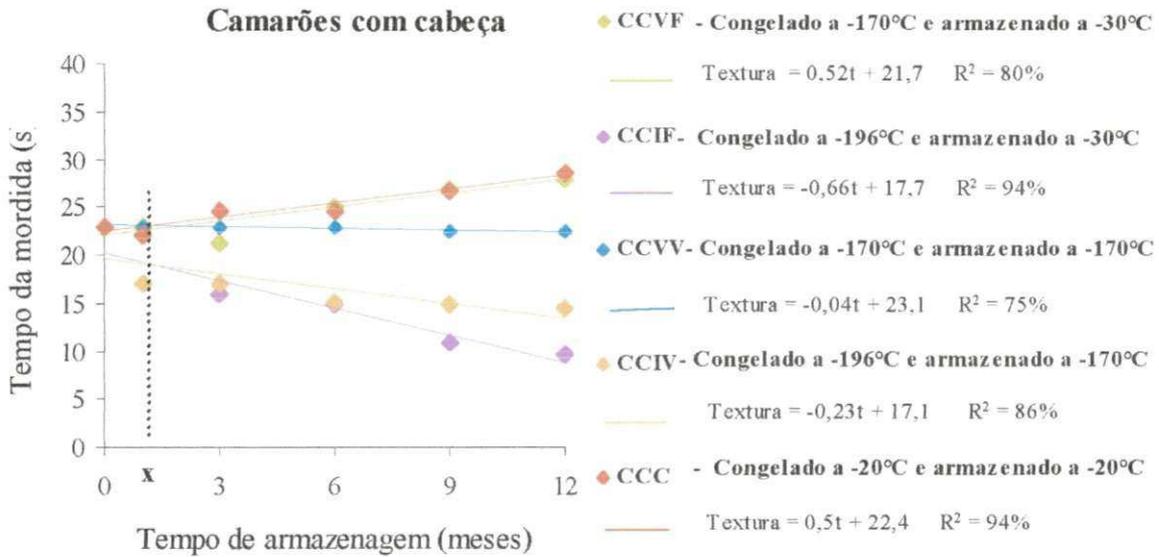


Figura 42 – Comportamento do atributo textura (dureza) das amostras de camarões com cabeça durante 12 meses de armazenagem as temperaturas de -20 °C, -30 °C e -170 °C.

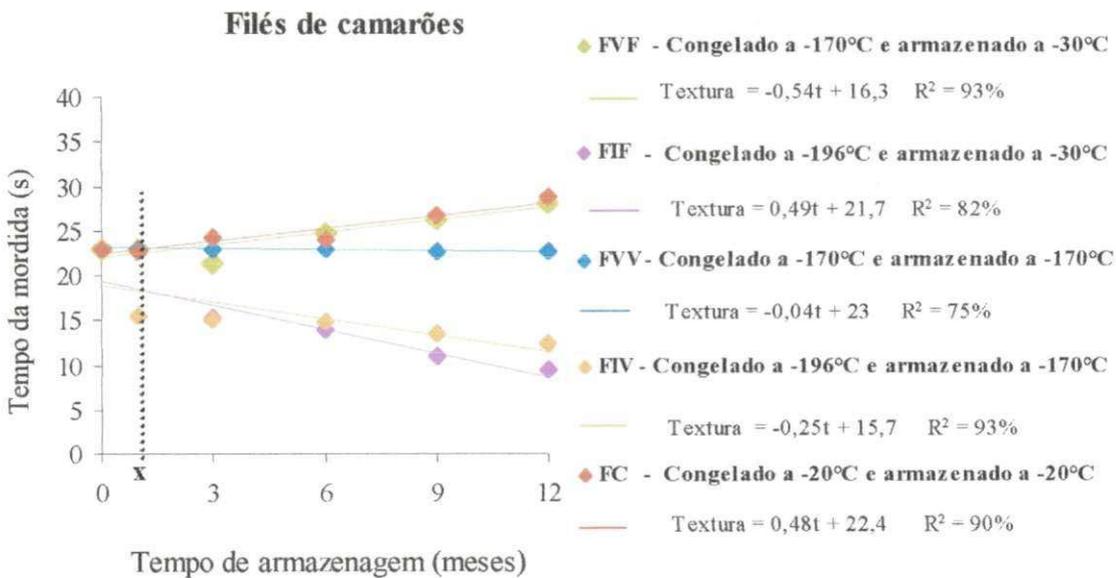


Figura 43 – Comportamento do atributo textura (dureza) das amostras de filés de camarões durante 12 meses de armazenagem as temperaturas de -20 °C, -30 °C e -170 °C.

Caracterização microbiológica

4.5 – Caracterização microbiológica

As Normas adotadas pelo Ministério da Saúde para crustáceos “*in natura*” e congelado estabelecem os seguintes valores microbiológicos: *salmonela*: ausência em 25g; *Coliformes fecais*: no máximo de 100/g e *Vibrio parahaemolyticus*: no máximo de 1000/g.

Os resultados das análises microbiológicas das amostras de camarões “*in natura*” e após serem congeladas, apresentaram ausência de *salmonela*; ausência de *coliformes fecais* e ausência de *vibrio parahaemolyticus* durante os 12 meses de armazenagem.

A microbiota dos pescados e crustáceos depende, em grande parte, do grau de contaminação da água que habita. O grupo coliforme é bastante usado para identificar a quantidade bacteriológica da água.

O fato de que todas as amostras de camarões apresentaram ausência destas bactérias, se deve ao fato de que os viveiros da Fazenda Aquamaris, onde as amostras desta pesquisa foram coletadas, tem um controle da água destas piscinas, onde habita os camarões.

PASSY *et al.*, (1983), SILVA & WHITE (1994) e RANDELL *et al.*, (1999) também não detectaram a presença de salmonela em camarões de água doce (*Macrobrachium rosenbergii*) e salmão do Atlântico (*Salmo salar*), durante duas semanas de armazenagem em EAM.

Resultados da Análise Sensorial

4.6 - Análise Sensorial

A avaliação sensorial realizada para os atributos sabor, odor, textura e aparência nas diferentes técnicas de congelamento, armazenamento e descongelamento, são descritas a seguir:

4.6.1 - Avaliação do sabor

Os resultados das médias obtidas com a avaliação do sabor para as amostras de camarões com exoesqueleto e com cabeça e filé de camarão, congelado as temperaturas de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (vapor de nitrogênio) e a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ (imersão em nitrogênio líquido), armazenadas à $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ e descongeladas a temperatura ambiente (aproximadamente $25\text{ }^{\circ}\text{C}$) e em banho termostaticado ($35\text{ }^{\circ}\text{C}$), encontra-se nas Figuras 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50 e 51 e no Anexo H: Tabela H1 e Anexo I: Tabela I1.

4.6.1.1 – Descongelamento a temperatura ambiente (aproximadamente $25\text{ }^{\circ}\text{C}$)

a) Filés de camarões

O valor médio avaliado pelos degustadores para o sabor do filé de camarão *fresco* e logo após as técnicas de congelamento foi de 8,7 que na escala hedônica corresponde a “**gostei muito**”, verificou-se que as técnicas de congelamento não influenciaram no sabor das amostras.

Nas Figuras 44 e 45, encontra-se o resultado da avaliação do sabor dos filés de camarões em função das temperaturas de congelamento e armazenamento, como as equações que representam essas dependências. Constata-se nessas figuras que houve um decréscimo do sabor durante o período de armazenamento, fato este também constatado por McCoid *et al.*, (1984), quando estudou camarões congelados por três meses de armazenagem.

Na Figura 44 e no Anexo H: Tabela H1, observa-se que o filé congelado à $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenado à $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (SFVFTA) foi o tratamento que menos perdeu o sabor com a avaliação dos degustadores, ao final de 12 meses de armazenagem teve nota 6,5 que na escala hedônica situa-se entre o intervalo “gostei ligeiramente” a “gostei”. Nota-se ainda que a amostra congelada e armazenada à $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (SFCTA) ao final de 12 meses, teve o seu sabor avaliado com uma nota de 5,2 que na escala hedônica corresponde a “indiferente”. Após 3 meses de armazenagem estas amostras, ou seja, o filé congelado a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenado a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, o filé congelado a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenado a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ e o filé congelado e armazenado a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, apresentaram uma perda no sabor de 9,6%, 13,4% e 16,8%, respectivamente.

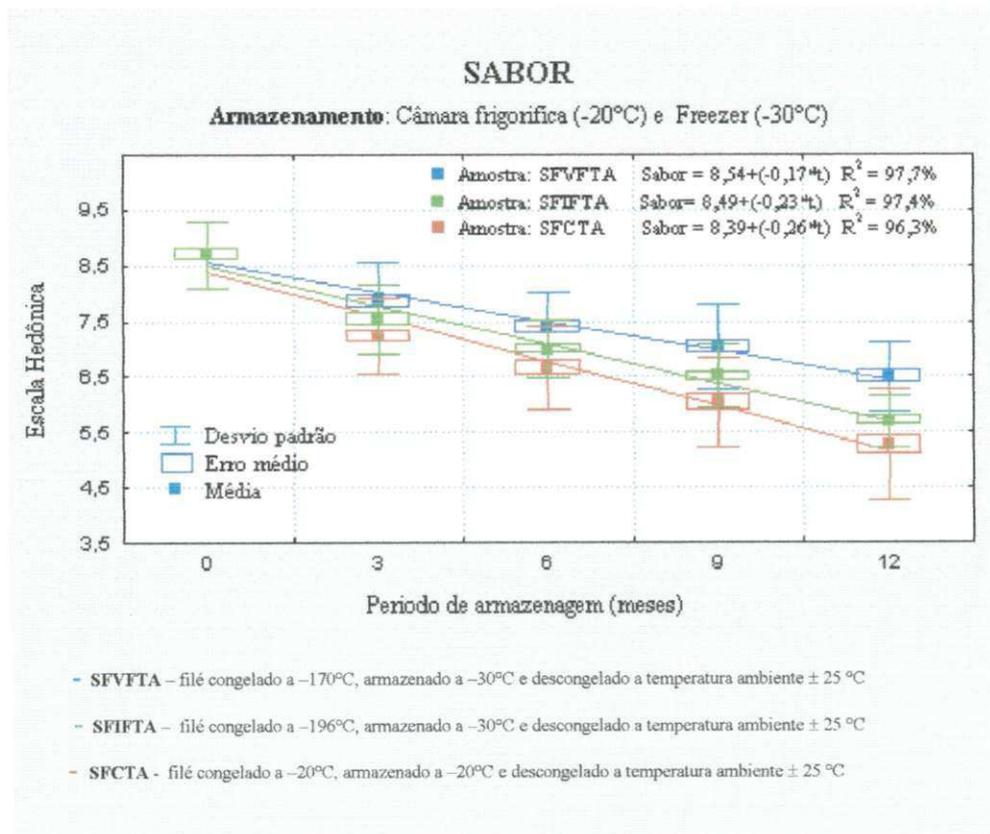


Figura 44 – Equações que expressam a variação do sabor do filé de camarão armazenado por 12 meses às temperaturas de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Na Figura 45 e no Anexo H: Tabela H1, percebe-se que o filé congelado e armazenado a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (SFVVTA) o sabor foi praticamente mantido até o final dos 12 meses de armazenagem com nota 8,23 que na escala hedônica corresponde a “gostei muito”. Constatou-se também que a temperatura de congelamento e armazenamento ideal para os filés de camarões foi de $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (vapor de nitrogênio). A perda do sabor desta amostra, em relação ao produto fresco durante os 12 meses de armazenagem foi de 5,4%.

A amostra congelada a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenada a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (SFIVTA) sofreu pequenas alterações ao final dos 12 meses de armazenagem, com perda de 13,8% do sabor, quando comparado ao camarão fresco. Pode-se atribuir esta perda ao tipo de congelamento, pois esta amostra teve um contato direto com o nitrogênio líquido no momento do congelamento, danificando visivelmente a estrutura das amostras, o mesmo fato ocorreu com os filés de camarões e camarões com cabeça congelada a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ (imersão em N_2 líquido) e armazenada a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (SFIF e SCCIF) respectivamente.

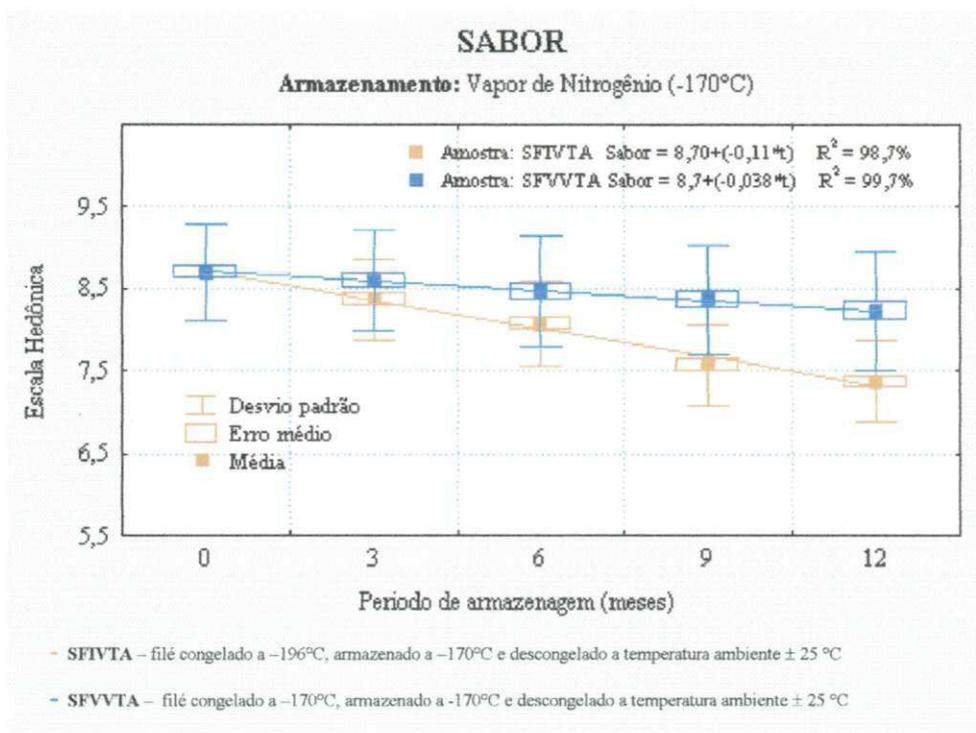


Figura 45 – Equações que expressam a variação do sabor do filé de camarão armazenado por 12 meses às temperaturas de $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (vapor de N_2).

b) Camarões com exoesqueleto e cabeça

Os camarões com exoesqueleto e cabeça congelado e armazenado à $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (SCCCTA) teve uma perda de 15,4% do sabor após 3 meses de armazenagem. Já as amostras de camarões com cabeça e com exoesqueleto congelado a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenado a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (SCCIFTA) e de camarões com cabeça e com exoesqueleto, congelado a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenado a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (SCCVFTA) apresentaram perdas de 9,6% e 4,2% no mesmo período de armazenamento, respectivamente. Entretanto estas perdas foram menores quando comparadas às amostras de filés de camarões nas mesmas condições de congelamento, armazenamento e descongelamento. Fato este que pode ser atribuído ao exoesqueleto, que pode ter servido como um crioprotetor durante o congelamento e armazenamento, Figura 46.

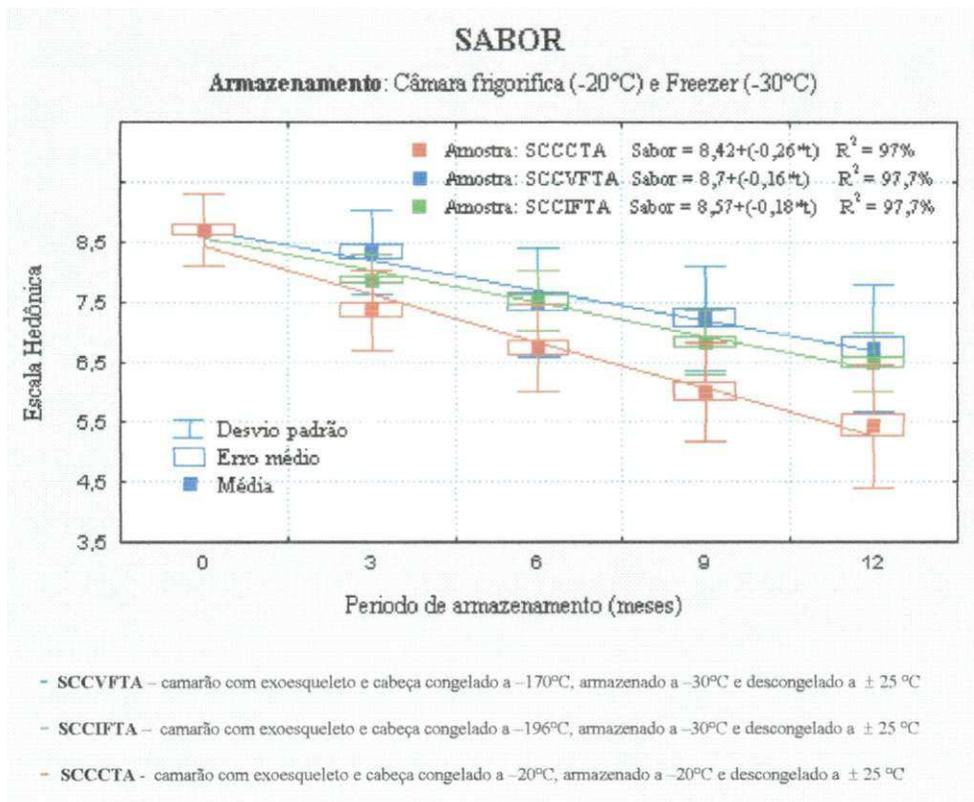


Figura 46 – Equações que expressam a variação do sabor do camarão com exoesqueleto e cabeça armazenado por 12 meses as temperaturas de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Observa-se na Figura 47 que as amostras de camarão com exoesqueleto e cabeça congelado e armazenado $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (SCCVVTA) e a congelada a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenado a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (SCCIVTA) mantiveram-se praticamente inalterado o sabor após 12 meses de armazenagem com a avaliação dos degustadores, apresentando uma nota final 8,5 para SCCVTA e 8,0 para SCCIVTA que na escala hedônica situa-se entre os intervalos de “gostei muito” a “gostei muitíssimo”. A perda do sabor destas amostras em relação ao produto fresco após os 12 meses de armazenagem foi de 2,2% e 8%, respectivamente.

Analisando as Figuras 46 e 47, constata-se que não só o congelamento merece atenção, mas também a temperatura de armazenamento.

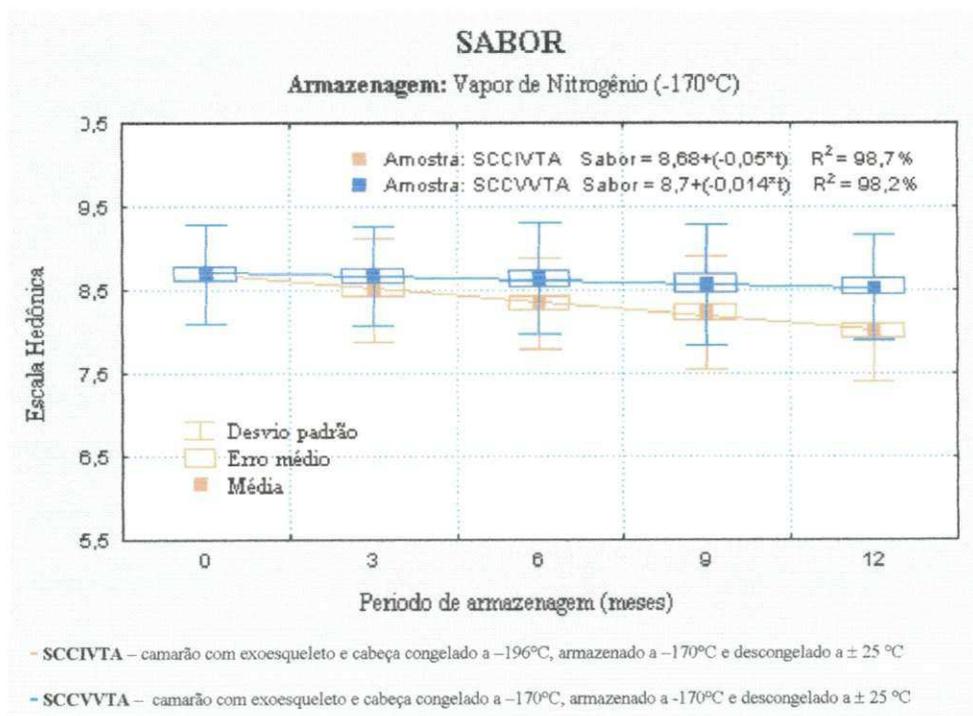


Figura 47 – Equações que expressam a variação do sabor do camarão com exoesqueleto e cabeça armazenado por 12 meses as temperaturas de $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (vapor de N_2).

4.6.1.2 – Descongelamento em banho termostático a 35 °C

a) Filés de camarões

Observando a Figura 48 e no Anexo I: Tabela II, percebe-se que houve um decréscimo do sabor durante os 12 meses de armazenamento nestas amostras. Os filés congelado e armazenado à -20 °C (SFCBT) obteve um decréscimo maior, com nota inicial de 8,7 (gostei muitíssimo) resultando em uma nota final de 5 que na escala hedônica corresponde a “indiferente”. As amostras de filés congelados à -196 °C e armazenados à -30 °C (SFIFBT) e filés congelados à -170 °C e armazenados à -30 °C (SFVFBT) tiveram notas finais de 5,5 e 6,4 que na escala situa-se entre os intervalos de “indiferente” a “gostei ligeiramente”. Este fato é devido às amostras terem sido submetidas ao pré-aquecimento, ou seja, ao descongelamento em banho termostático a uma temperatura de 35 °C. Segundo MATSUMOTO (1980) algumas propriedades funcionais são afetadas durante a cocção, como a diminuição da suculência e mudanças na qualidade sensorial alterando o sabor.

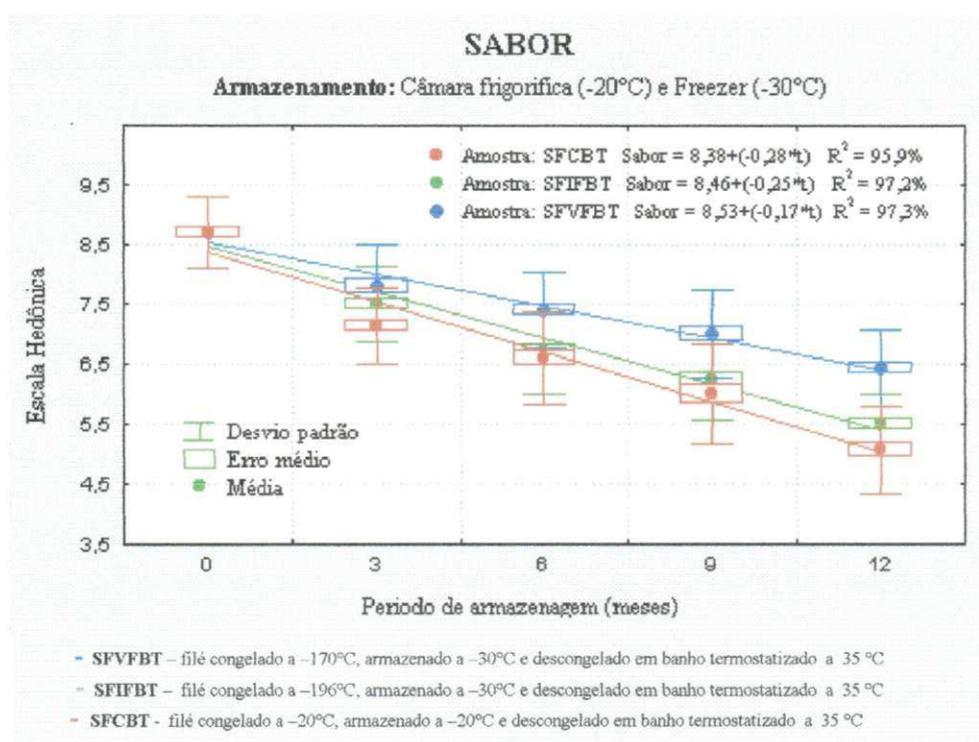


Figura 48 – Equações que expressam a variação do sabor do filé de camarão armazenado por 12 meses as temperaturas de -20 °C e -30 °C.

Na Figura 49 e no Anexo I: Tabela II, verifica-se que as médias das notas das amostras dos filés congelados a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenados a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (SFIVBT) e dos filés congelados e armazenados a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (SFVVBT), mantiveram-se dentro do índice de aceitabilidade dos degustadores, com notas 7,0 (**gostei**) e 8,0 (**gostei muito**) ao final do período de armazenagem. A amostra congelada e armazenada a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (SFVVBT) de acordo com o modelo linear foi a que melhor se ajustou, apresentando $R^2 = 99,8\%$.

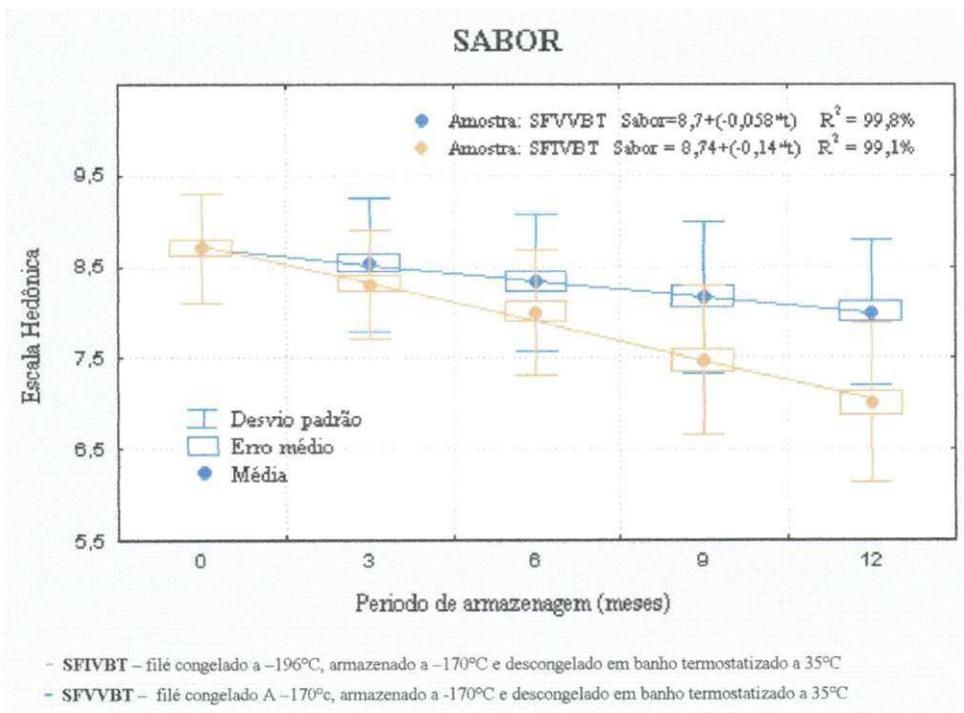


Figura 49 – Equações que expressam a variação do sabor do filé de camarão armazenado por 12 meses à temperatura de $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (vapor de N_2).

Verificou-se pela Figura 50 e Anexo I: Tabela II, que os camarões com exoesqueleto e cabeça congelado e armazenado à $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (SCCCBT), tiveram uma perda ao final dos 12 meses de armazenagem de 39%, já as amostras congeladas a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenadas a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (SCCIFBT e SCCVFBT) apresentaram perdas de 26,4%. Também foi verificado que as notas durante todo o período de armazenagem foram menores quando comparada às amostras de camarões com cabeça descongelada a temperatura ambiente (Anexo I: Tabela II).

Na Figura 51, verifica-se que os dados experimentais se ajustaram bem aos dados calculados pela equação linear, apresentando $R^2 = 98,8\%$ para a amostra congelada a $-196\text{ }^\circ\text{C}$ e armazenada a $-170\text{ }^\circ\text{C}$ (SCCIVBT) e $R^2 = 99,5\%$ para a amostra congelada e armazenada a $-170\text{ }^\circ\text{C}$ (SCCVVBT) as médias (Anexo I: Tabela II) mantiveram-se dentro do índice de aceitabilidade dos degustadores, a perda do sabor durante os 12 meses de armazenagem foi de 13,7% e 4%, respectivamente.

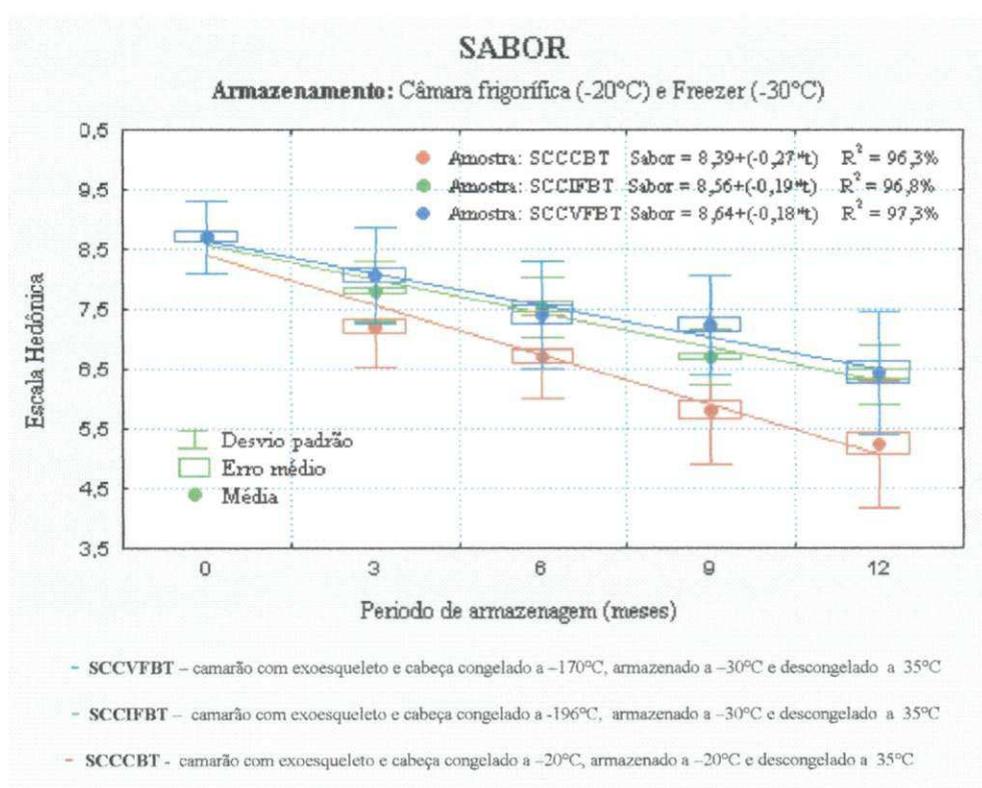


Figura 50 – Equações que expressam a variação do sabor do camarão com exoesqueleto e cabeça armazenada às temperaturas de $-20\text{ }^\circ\text{C}$ e $-30\text{ }^\circ\text{C}$.

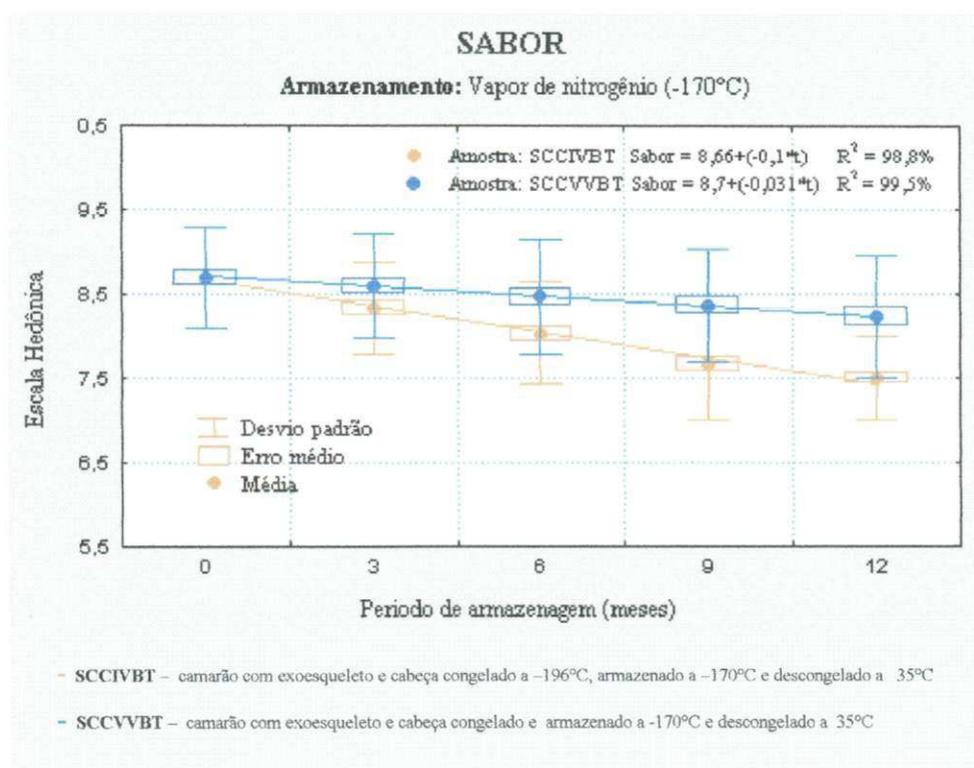


Figura 51 – Equações que expressam a variação do sabor do camarão com exoesqueleto e cabeça armazenado a temperatura de -170 °C (vapor de N₂).

4.6.2 - Avaliação do odor

Os resultados das médias obtidas com a avaliação do odor para as amostras de camarões com exoesqueleto e cabeça e filé de camarão, congelados as temperaturas de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (vapor de N_2) e $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ (imersão em N_2 líquido), armazenadas à $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ e descongeladas a temperatura ambiente (aproximadamente $25\text{ }^{\circ}\text{C}$) e em banho termostático ($35\text{ }^{\circ}\text{C}$), encontra-se nas Figuras 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58 e 59 e no Anexo J: Tabela J1 e Anexo L: Tabela L1.

4.6.2.1 – Descongelamento a temperatura ambiente (aproximadamente $25\text{ }^{\circ}\text{C}$)

a) Filés de camarões

Após os três primeiros meses de armazenamento, observa-se na Figura 52 e no Anexo J: Tabela J1, que houve uma redução de valores para o parâmetro odor nas amostras de filés de camarões em todas as técnicas de congelamento, sendo estas de 16,7% para a amostra congelada e armazenada a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (OFCTA), 8,3% para os filés congelados a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenados a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (OFIFTA) e 8,2% para os filés congelados a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenados a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (OFVFTA). Ao final dos 12 meses de armazenamento estas perdas aumentam significativamente, 35,5%, 24,5% e 23,7%, respectivamente. De acordo com ROJAS (2000), no processo de congelamento o odor dos alimentos não se altera, salvo se o armazenamento for muito prolongado, ocorrendo assim, modificações no odor característico do alimento, podendo ocorrer aromas desagradáveis.

A avaliação do atributo odor não apresentou perdas significativas durante os 12 meses de armazenamento na amostra congelada e armazenada a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 53 e Anexo J: Tabela J1) observa-se também que esta amostra apresentou um bom índice de aceitabilidade com a avaliação dos degustadores com nota final 8, correspondendo a “gostei muito” na escala hedônica. O filé congelado a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenado a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ apresentou perdas gradativas durante todo o período de armazenamento, nos 3^o mês, teve uma perda de 2,3% e ao final de 12^o esta perda foi para 12% com relação ao produto *fresco*.

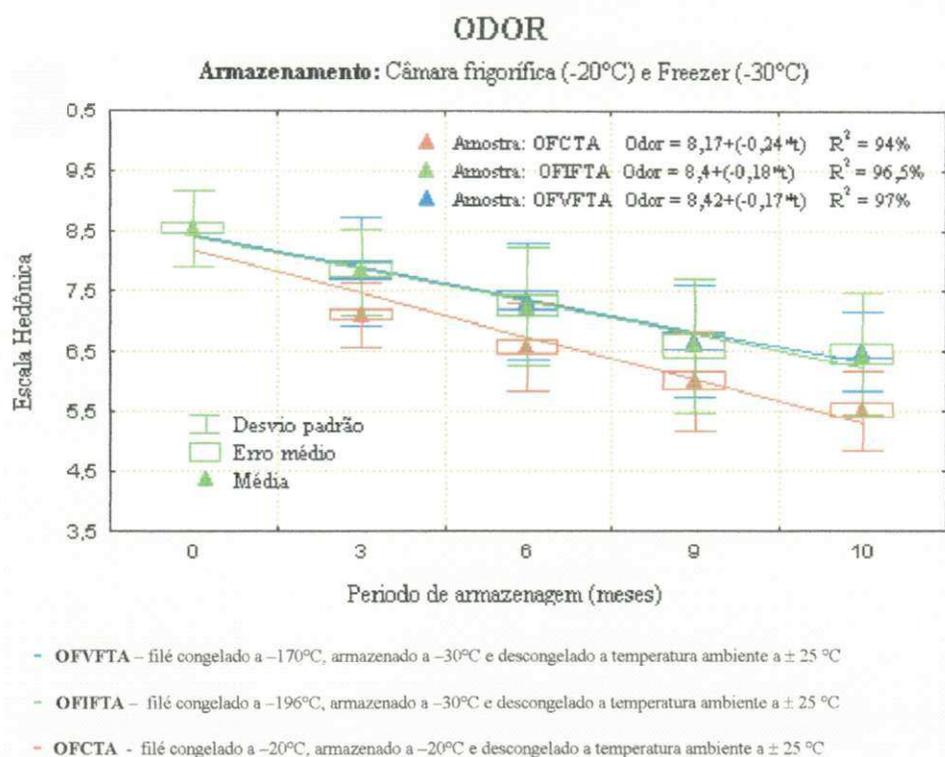


Figura 52 – Equações que expressam a variação do odor dos filés de camarões armazenados à temperatura de -20 °C e -30 °C

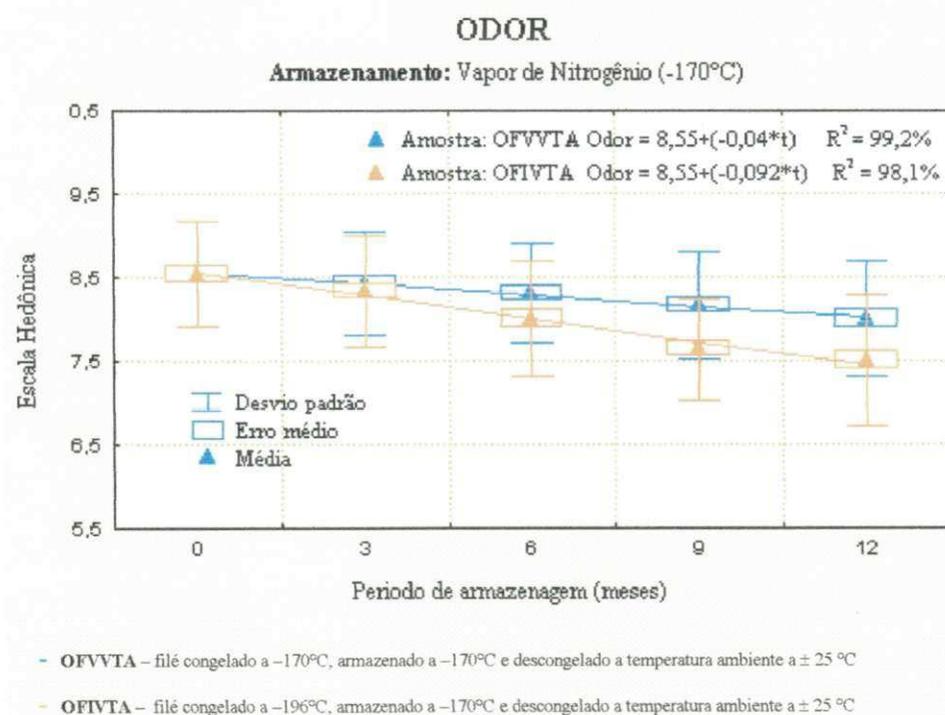


Figura 53 – Equações que expressam a variação do odor dos filés de camarões armazenados à temperatura de -170 °C (vapor de N₂).

b) Camarões com exoesqueleto e cabeça

Com relação à avaliação do odor das amostras de camarões com exoesqueleto e cabeça quando armazenadas as temperaturas de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, estas tiveram uma melhor aceitabilidade quando comparada as amostras de filés de camarões nas mesmas condições de congelamento, armazenamento e descongelamento. Os comentários dos degustadores com relação às amostras de camarões com exoesqueleto e com cabeça foram que as mesmas apresentaram um odor mais característico, já nas amostras dos filés de camarões estes aromas apresentaram-se mais suave.

Na Figura 54 e no Anexo J: Tabela J1, encontram-se as alterações do odor das amostras de camarões, com exoesqueleto e cabeça congelada e armazenada a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (OCCCTA), as congeladas a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenadas a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (OCCVFTA) e as congeladas a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenadas a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (OCCIFTA). Constata-se pela figura e pelo anexo que o odor decresceu com o período de armazenamento, percebe-se que esta redução é maior nas amostras congeladas e armazenadas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (OCCCTA).

Verifica-se pela Figura 55 e Anexo J: Tabela J1, que a amostra congelada e armazenada a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ foi a que apresentou melhores notas com a avaliação do degustadores em todos o períodos de armazenagem. No 3^o mês de armazenagem apresentou uma perda de 0,8% e ao final do período de armazenagem apresentou uma perda de 3,5%, já na amostra congelada a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ (por imersão em N_2 líquido) e armazenado a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (vapor de N_2) apresentou perdas de 10% ao final do período de armazenamento, este fato é atribuído ao choque térmico no momento do congelamento, pois esta amostra teve um contato direto com o nitrogênio líquido, sofrendo assim um grande dano na sua estrutura física, causando perdas no odor.

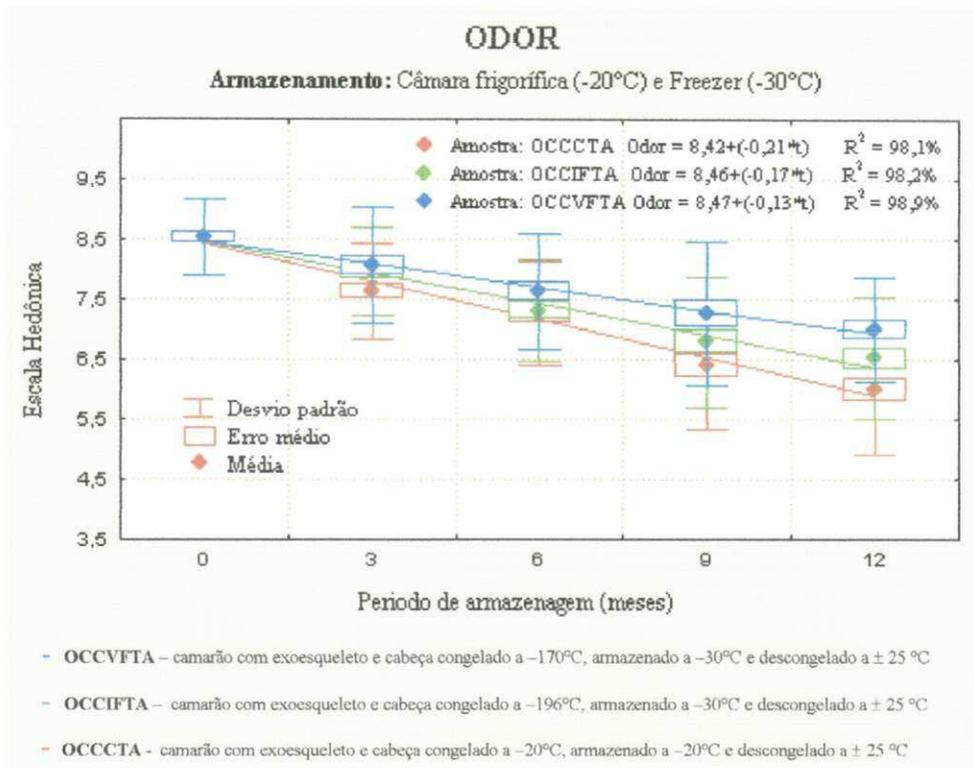


Figura 54 - Equações que expressam a variação do odor dos camarões com exoesqueleto e cabeça armazenados à temperatura de -20 °C e -30 °C.

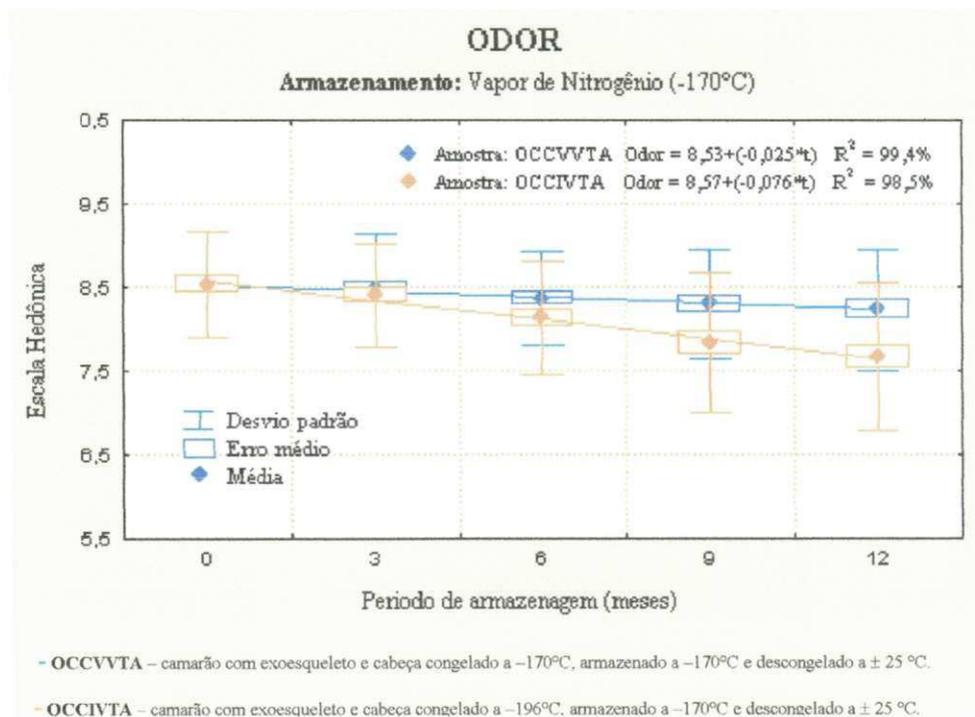


Figura 55 - Equações que expressam a variação do odor dos camarões com exoesqueleto e cabeça armazenados à temperatura de -170 °C (vapor de N₂).

4.6.2.2 – Descongelamento em banho termostático 35 °C

a) Filés de camarões

As médias das notas avaliadas pelos degustadores para o atributo odor podem ser observadas nas Figuras 56, 57, 58 e 59 e no Anexo L: Tabela L1.

Verificando a Figura 56, percebe-se que houve um decréscimo de forma gradativa do odor durante os 12 meses de armazenamento em todos os tratamentos. Os filés congelados e armazenados à -20 °C (OFCBT) foi o que apresentou maior perda, ou seja, no 3º mês apresentou uma perda de 17,2% com relação ao filé de camarão fresco, ao final do período de armazenamento aumentando para 36,3%. Nas amostras de filés congelados à -196 °C e armazenados à -30 °C (OFIFBT) e filés congelados à -170 °C e armazenados à -30 °C (OFVFBT) estas perdas foram de 9,5% e 9% no 3º mês e ao final dos 12º meses foram de 25,6% e 23,7%, respectivamente.

Na Figura 57, verifica-se que as médias das notas das amostras dos filés congelados a -196°C e armazenado a -170 °C (OFIVBT) e dos filés congelados e armazenados a -170 °C (OFVVBT), mantiveram-se dentro do índice de aceitabilidade dos degustadores, com notas 7,3 (**gostei**) e 8,0 (**gostei muito**) ao final do período de armazenagem. Com relação às perdas ao final de 12 meses de armazenagem as amostras dos filés congelados a -196 °C e armazenado a -170 °C (OFIVBT) e congelada e armazenada a -170 °C (OFVVBT) apresentaram perdas de 13,7% e 5% ao final do 12º de armazenagem, respectivamente.

Os dados experimentais de todas as amostras se ajustaram bem aos dados calculados de acordo com o modelo linear apresentando $R^2 > 94\%$.

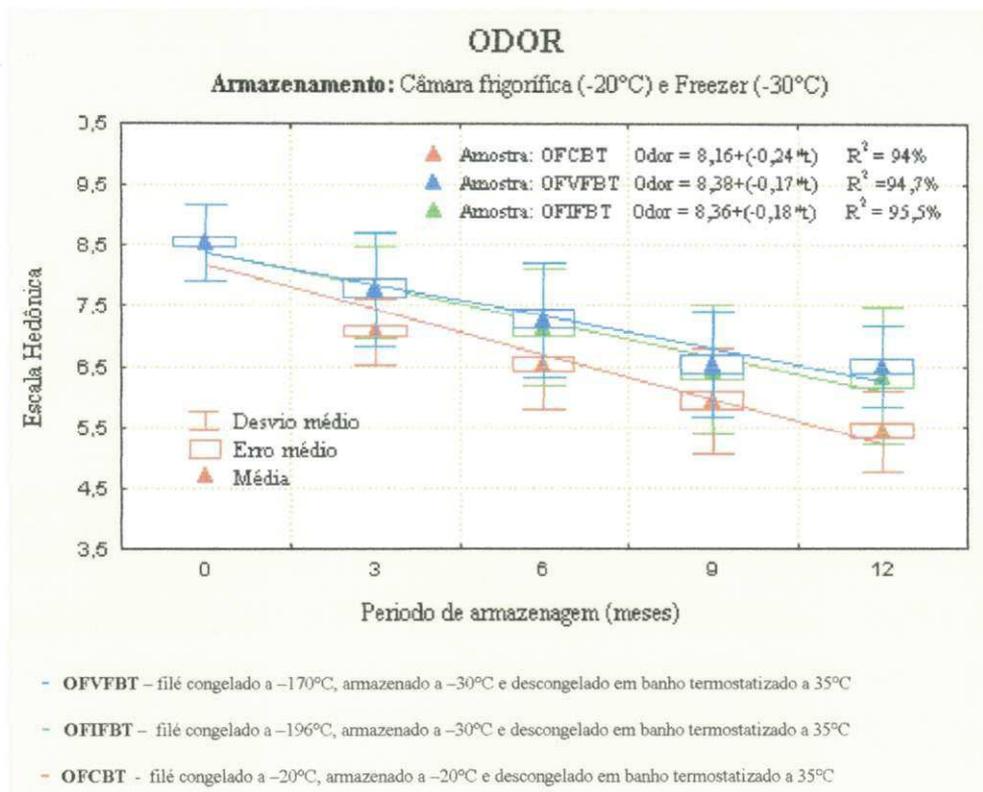


Figura 56 - Equações que expressam a variação do odor dos filés de camarões armazenados à temperatura de -20 °C e -30 °C.

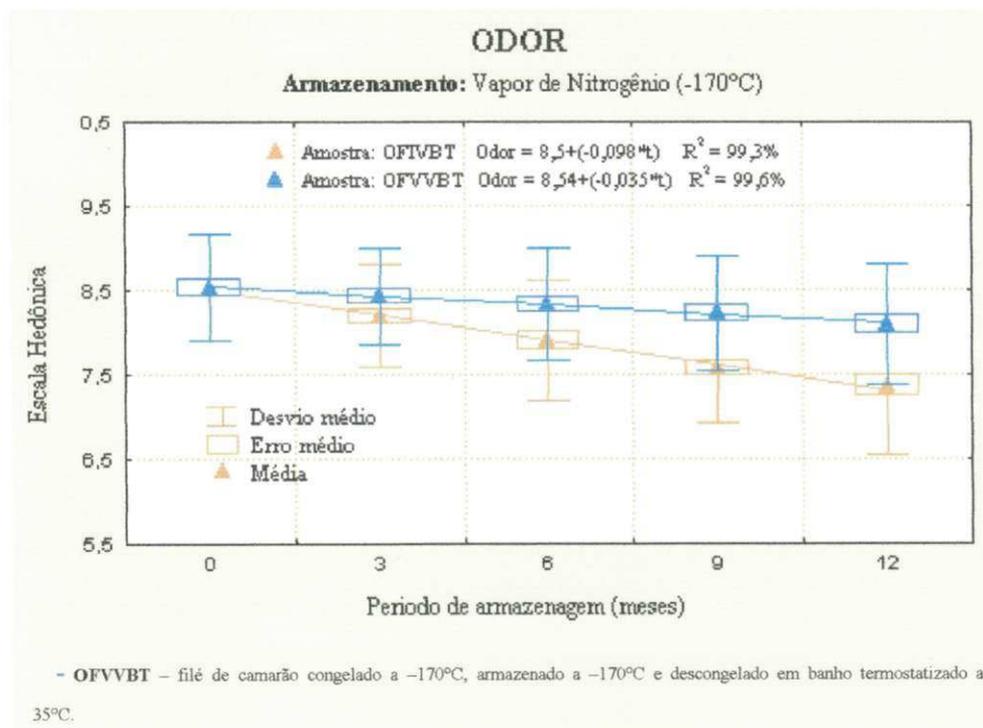


Figura 57 - Equações que expressam a variação do odor dos filés de camarões armazenados à temperatura de -170 °C (vapor de N₂).

b) Camarões com exoesqueleto e cabeça

Na Figura 58 e no Anexo L: Tabela L1, verifica-se que as amostras de camarão com exoesqueleto e cabeça congelada a temperatura de $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenadas a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (OCCVFBT) e as congeladas e armazenadas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (OCCCBT) apresentaram menores perdas quando comparadas as amostras de filés de camarões ao longo dos 12 meses de armazenagem, estas perdas foram de 33,6% para a amostra OCCCBT e 20,2% para OCCVFBT. A amostra congelada a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenada a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (OCCIFBT) apresentou uma perda de 29,6% sendo 4% superior as amostras de filés congeladas, armazenadas e descongeladas nas mesmas condições.

As amostras que apresentaram um maior índice de aceitabilidade com relação à avaliação dos degustadores foram às congeladas e armazenadas a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (OCCVVBT), as mesmas tiveram uma média das notas praticamente inalteradas em todos os períodos que foram avaliadas, chegando ao final do período de armazenamento com uma nota média de 8,2 que na escala hedônica corresponde a “**gostei muito**”, a amostra congelada a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenada a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (OCCIVBT) apresentou perdas gradativas em todos os períodos analisados, todavia apresentou uma nota ao final do período de armazenamento 7,5 correspondendo na escala hedônica a “**gostei**”. As perdas destas amostras quando comparadas ao camarão fresco ao final dos 12 meses de armazenamentos foram de 12% para a amostra OCCIVBT e 3,8% para a amostra OCCVVBT.

Os dados experimentais de todas as amostras se ajustaram bem aos dados calculados de acordo com o modelo linear apresentando $R^2 > 98\%$.

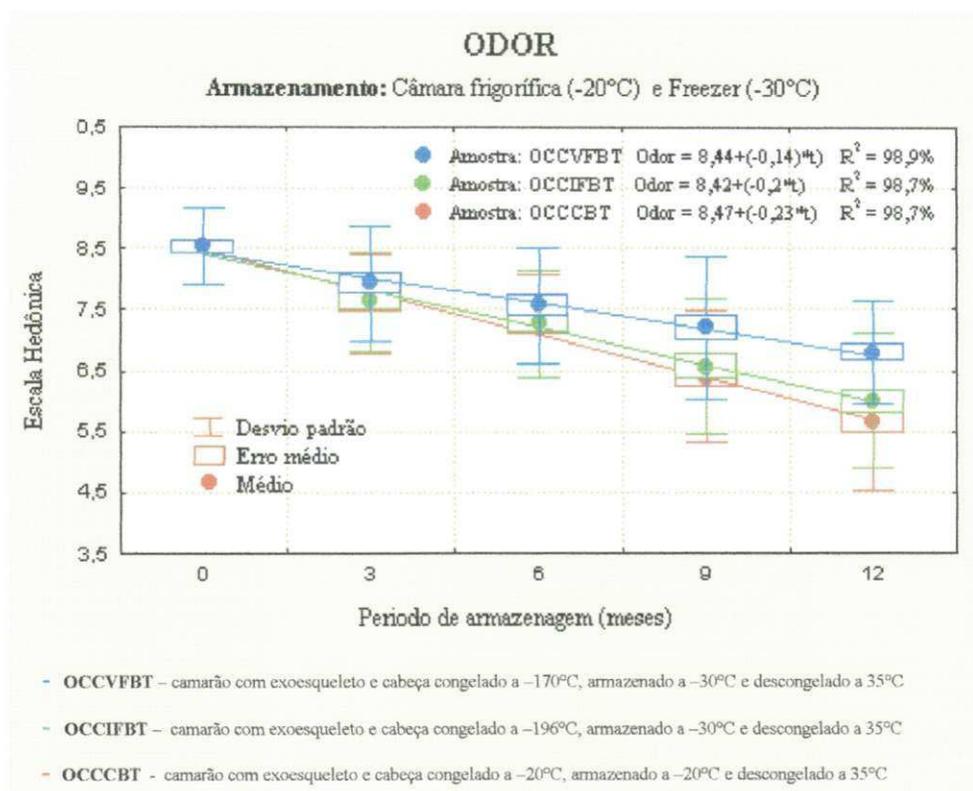


Figura 58 - Equações que expressam a variação do odor dos camarões com exoesqueleto e cabeça armazenados às temperaturas de -20 °C e -30 °C.

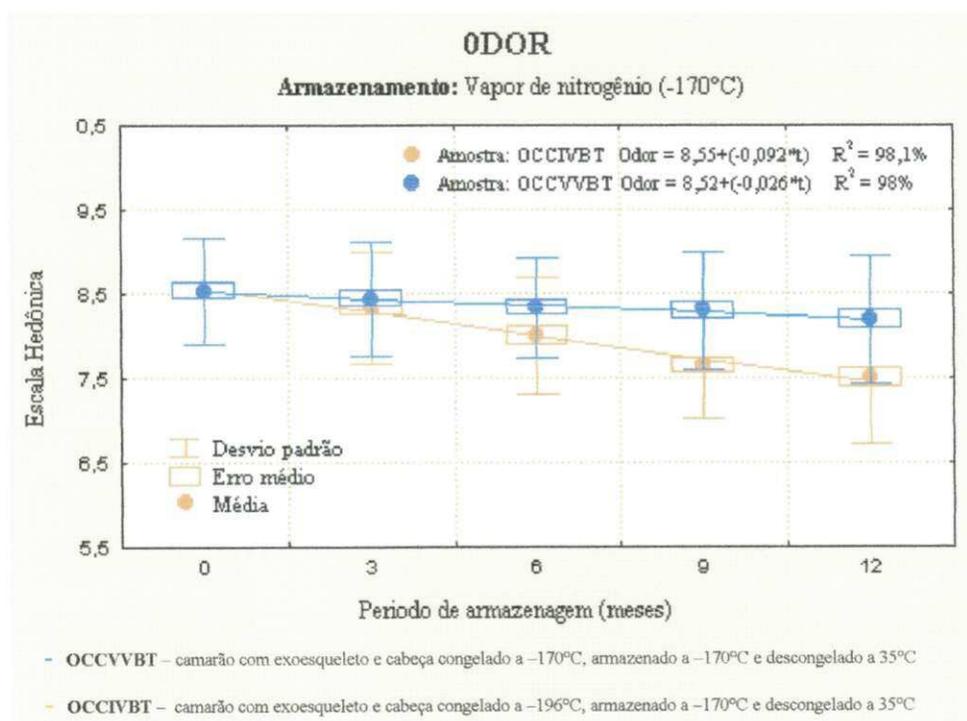


Figura 59 - Equações que expressam a variação do odor dos camarões com exoesqueleto e cabeça armazenados às temperaturas de -170 °C (vapor de N₂).

4.6.3 - Avaliação da textura

Os resultados das médias obtidas com a avaliação da textura para as amostras de camarões com exoesqueleto e cabeça e filé de camarão, congelados as temperaturas de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (vapor de N_2) e $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ (imersão em N_2 líquido), armazenadas à $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ e descongeladas a temperatura ambiente (aproximadamente $25\text{ }^{\circ}\text{C}$) e em banho termostatizado ($35\text{ }^{\circ}\text{C}$), encontra-se nas Figuras 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66 e 67 e no Anexo M: Tabela M1 e Anexo N: Tabela N1.

4.6.3.1 – Descongelamento a temperatura ambiente (aproximadamente $25\text{ }^{\circ}\text{C}$)

a) Filés de camarões

Verifica-se pela Figura 60 e Anexo M: Tabela M1, que as amostras de filés de camarões congelados e armazenados a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (TFCTA) e a congelada a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenadas a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (TFIFTA) nos três primeiros meses tiveram as mesmas notas na avaliação dos degustadores para o atributo textura, ou seja, nota 7,0 que na escala hedônica corresponde a “gostei” e uma perda de 17,6% com relação ao camarão fresco. A amostra congelada a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenadas a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (TFVFTA) apresentou uma perda menor no 3º de 12,9%. Estas perdas aumentaram significativamente ao final do período de armazenamento, ou seja, de 52,9% para TFCTA, 41,2% para TFIFTA e 28,2% para TFVFTA.

O comentário dos degustadores em relação às amostras de menor aceitabilidade foi que a textura da amostras congelada e armazenada a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ com nota ao final dos 12 meses de armazenagem 4,0 (desgostei ligeiramente) apresentou uma textura elástica (borrachuda) e a congelada a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenada a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ com nota final 5,0 (indiferente) esta amostra de acordo com os degustadores não ofereceu resistência à mordida, este mesmo comentário ocorreu com a amostra congelada a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenada a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 61).

A amostra congelada e armazenada a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ em todo o período de armazenagem praticamente não se alterou, teve uma nota inicial de 8,5 (gostei muitíssimo) e nota final 8,0 (gostei muito) a mesma apresentou uma perda de 5,8% em relação ao produto fresco após os 12 meses de armazenamento.

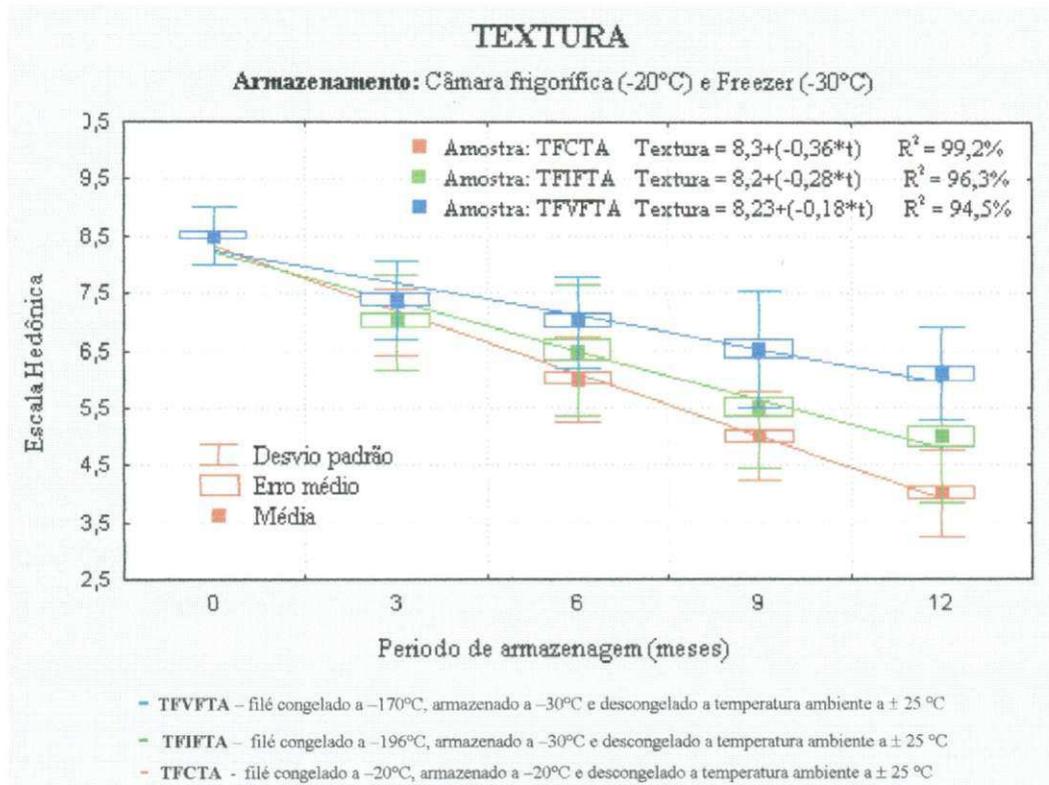


Figura 60 - Equações que expressam a variação da textura do filé de camarão armazenados às temperaturas de -20 °C e -30 °C.

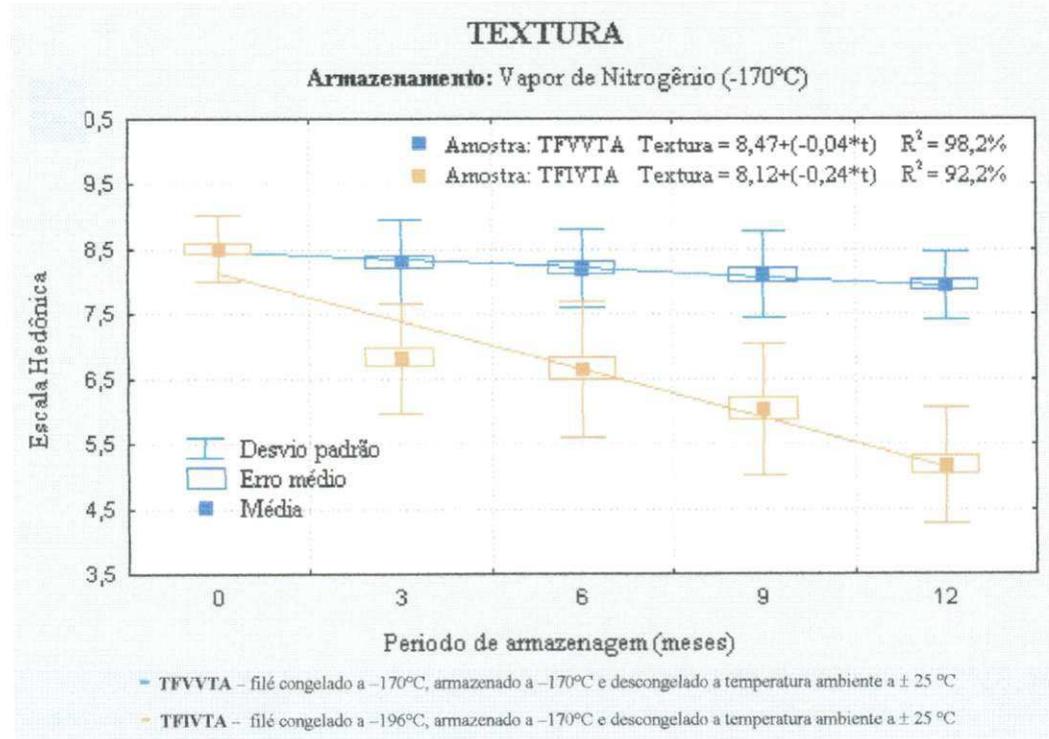


Figura 61 - Equações que expressam a variação da textura do filé de camarão armazenado à temperatura de -170 °C (vapor de N₂)

b) Camarões com exoesqueleto e cabeça

Na Figura 62 e no Anexo M: Tabela M1, após 12 meses de armazenamento verifica-se que as amostras de camarão com exoesqueleto e cabeça congelada a temperatura de $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenadas a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (TCCVFTA) e congelada a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenada a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (TCCIFTA) e as congeladas e armazenadas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (TCCCTA) apresentaram menores perdas quando comparadas as amostras de filés de camarões, estas perdas foram de 51,4% para a amostra TCCCTA, 40% para TCCIFTA e 23,4% para TCCVFTA nas mesmas condições de congelamento, armazenamento e descongelamento. Estas amostras até o 6º mês de armazenamento com a avaliação dos degustadores ainda estão dentro do índice de aceitabilidade.

Verifica-se pela Figura 63 que a amostra que apresentou o maior índice de aceitabilidade com relação à avaliação dos degustadores foi a congelada e armazenada a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (TCCVVTA), a mesma apresentou uma média das notas praticamente inalterada em todos os períodos que foi avaliada, chegando ao final do período de armazenamento com uma nota média de 8,3 que na escala hedônica corresponde a “**gostei muito**”, já amostra congelada a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenada a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (TCCIVTA) apresentou perdas gradativas em todos os períodos analisados, ao final do período de armazenamento apresentou uma nota média 5,5 correspondendo na escala hedônica a “**indiferente**”. As perdas destas amostras quando comparadas ao camarão fresco ao final dos 12 meses de armazenamentos foram de 2,3% para a amostra TCCVVTA e 35,2% para a amostra TCCIVTA.

Os dados experimentais de todas as amostras se ajustaram bem aos dados calculados de acordo com o modelo linear apresentando $R^2 > 91,5\%$.

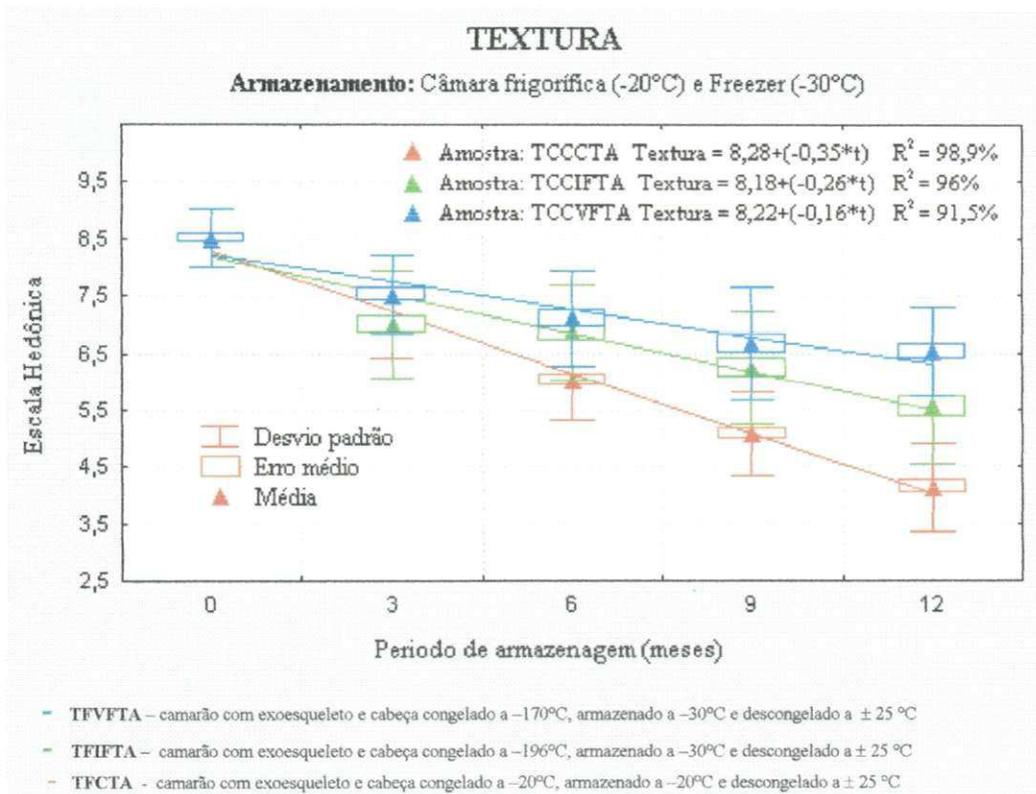


Figura 62 - Equações que expressam a variação da textura do camarão com exoesqueleto e cabeça armazenados às temperaturas de -20 °C e -30 °C.

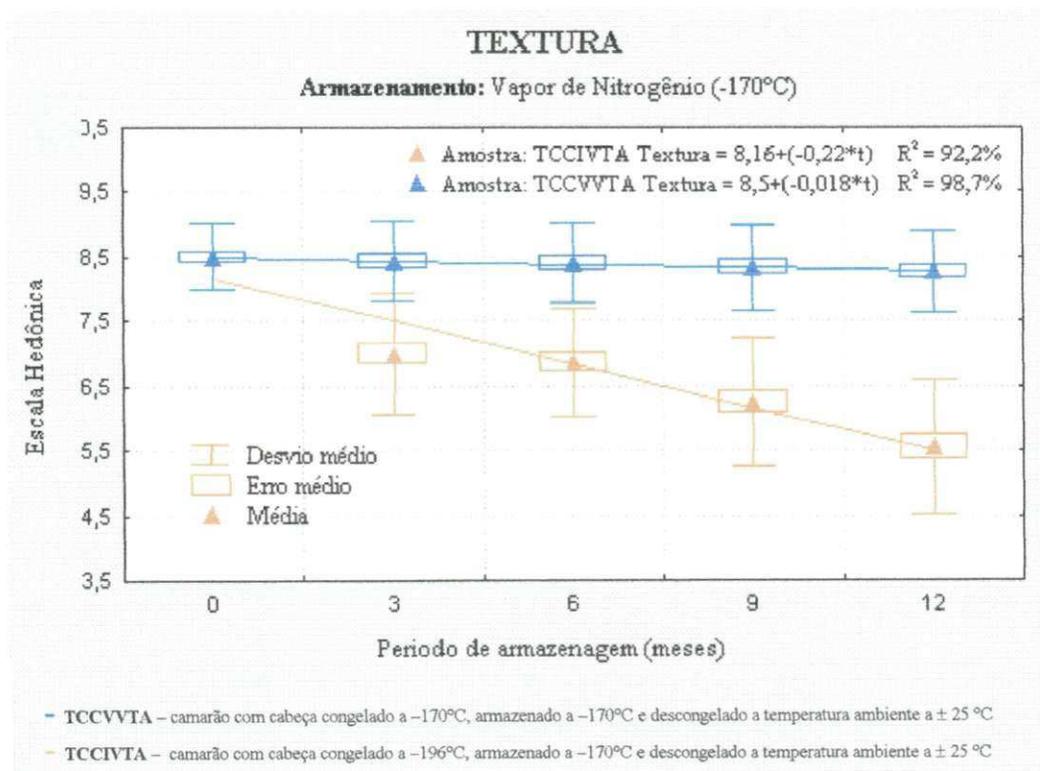


Figura 63 - Equações que expressam a variação da textura do camarão com exoesqueleto e cabeça armazenado à temperatura de -170 °C.

4.6.3.2 – Descongelamento em banho termostático 35 °C

a) Filés de camarões

As médias das notas avaliadas pelos degustadores para o atributo textura podem ser observadas nas Figuras 64, 65, 66 e 67 e no Anexo N: Tabela N1.

Nas Figuras 64 e 65 encontram-se as curvas da textura das amostras de filés de camarões em função do tempo de armazenagem nas diferentes temperaturas, onde a variação é expressa por equações lineares, os coeficiente de determinação (R^2) variaram entre 92,2% e 98,9%.

Constatou-se que todos os tratamentos apresentaram perdas gradativas na textura dos filés de camarões com o período de armazenamento (Figuras 64 e 65 e Anexo N: Tabela N1).

As amostras de filés congeladas e armazenadas a temperatura de -20°C (TFCBT), as congeladas a -196°C e armazenadas a -30°C (TFIFBT) e as congeladas a -196°C e armazenadas a -170°C (TFIVBT) apresentaram uma perda de 20% da textura com relação ao filé fresco no 3^o mês de armazenamento. De acordo com a avaliação dos degustadores estas amostras mantiveram-se dentro do índice de aceitabilidade até o 6^o mês de armazenagem, ou seja, a amostra congelada e armazenada a -20°C teve uma nota ao 6^o mês 6,0 que na escala hedônica corresponde a “**gostei ligeiramente**” e as amostras congeladas a -196°C e armazenadas a -30°C e -170°C (vapor de N_2) neste mesmo período apresentou uma nota igual a 6,5.

Houve uma ótima aceitabilidade na textura dos filés congelados e armazenados a -170°C (vapor de N_2) a mesma em todos os períodos que foi avaliada manteve-se com as médias das notas praticamente inalterada, ou seja, teve uma nota inicial igual a 8,5 (gostei muitíssimo) no 3^o e 6^o mês de armazenamento teve nota 8,3 e ao final dos 12 meses de armazenamento apresentou uma nota 8,0 (gostei muito) e uma perda de 5,8% quando comparado ao produto “*fresco*”.

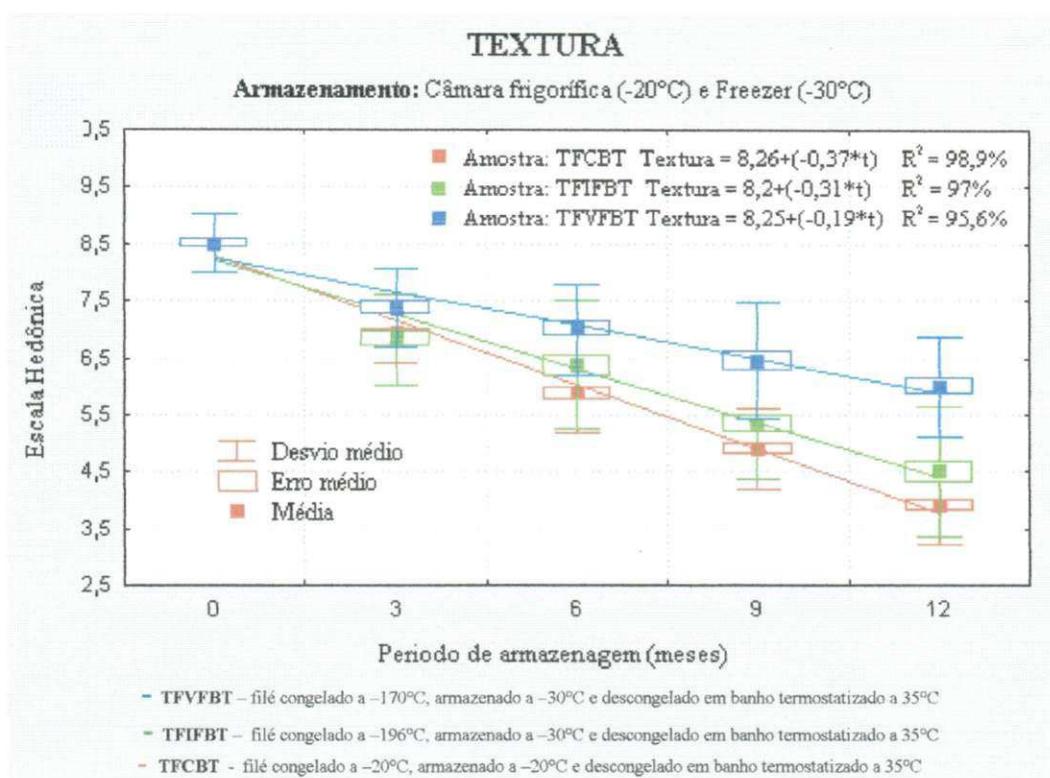


Figura 64 - Equações que expressam a variação da textura do filé de camarão armazenados às temperaturas de -20°C e -30°C .

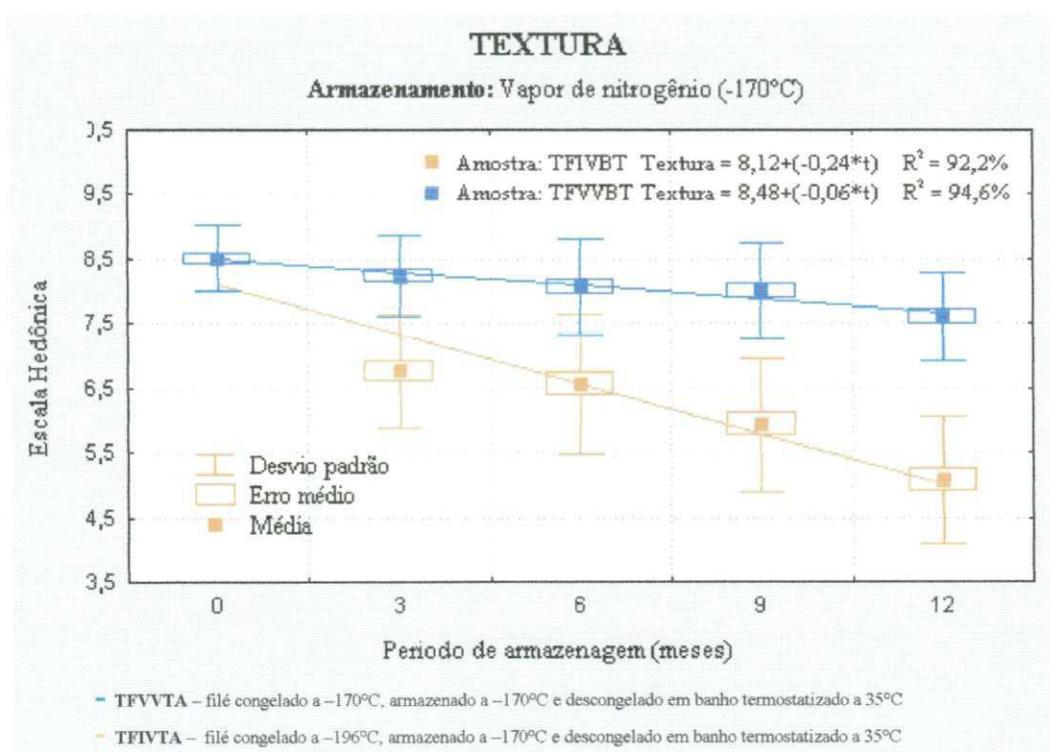


Figura 65 - Equações que expressam a variação da textura do filé de camarão armazenado à temperatura de -170°C (vapor de N_2).

b) Camarões com exoesqueleto e cabeça

Nas Figuras 66 e 67 encontram-se as curvas da textura das amostras dos camarões com exoesqueleto e cabeça em função do tempo de armazenagem nas diferentes temperaturas, onde a variação é expressa por equações lineares. Observa-se que o coeficiente de determinação (R^2) estão entre 91,9% e 99,1%.

Constatou-se que todos os tratamentos apresentaram perdas gradativas na textura das amostras de camarões com exoesqueleto e cabeça com o período de armazenamento, entretanto estas perdas foram menores quando comparada com a amostra de filé de camarão nas mesmas condições, ou seja, congelamento, armazenamento e descongelamento, este fato pode ser atribuído ao exoesqueleto que pode ter servido como protetor (Figuras 66 e 67 e Anexo N: Tabela N1).

Analisando ainda as figuras verifica-se que as amostras de camarões com exoesqueleto e cabeça armazenada a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, até o 6^o mês de armazenagem manteve-se dentro do índice de aceitabilidade com a avaliação dos degustadores, com nota 6,0 (gostei ligeiramente) para a amostra congelada e armazenada a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (TCCCBT), nota 6,5 (gostei ligeiramente) para a amostra congelada a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenada a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (TCCIFBT) e nota 7,0 (gostei) para a congelada a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenada a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (TCCVFBT).

O comentário dos degustadores com relação às amostras de menor aceitabilidade foi que a textura da amostras congelada e armazenada a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ com nota ao final dos 12 meses de armazenagem 4,0 (desgostei ligeiramente) apresentou uma textura elástica (borrachuda) e a congelada a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenada a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ com nota final 5,0 (indiferente) e a amostra congelada a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenada a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (TCCIVBT) estas amostras de acordo com os degustadores não ofereceram resistência à mordida.

A amostra que teve as melhores notas foi à congelada e armazenada a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (TCCVVBT), pois a mesma em todo o período de armazenagem praticamente não se alterou, teve uma nota inicial de 8,5 (gostei muitíssimo) e nota final 8,0 (gostei muito) apresentando uma perda de 5,8% em relação ao produto fresco após os 12 meses de armazenamento.

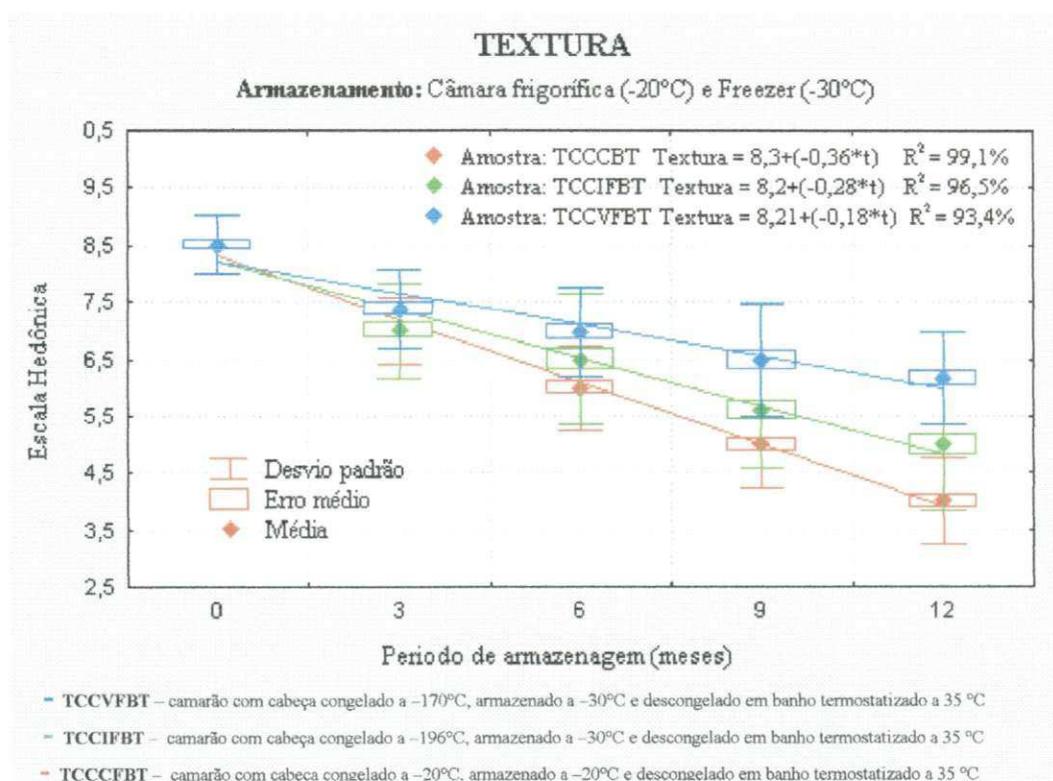


Figura 66 - Equações que expressam a variação da textura do camarão com exoesqueleto e cabeça armazenado às temperaturas de -20 °C e -30 °C.

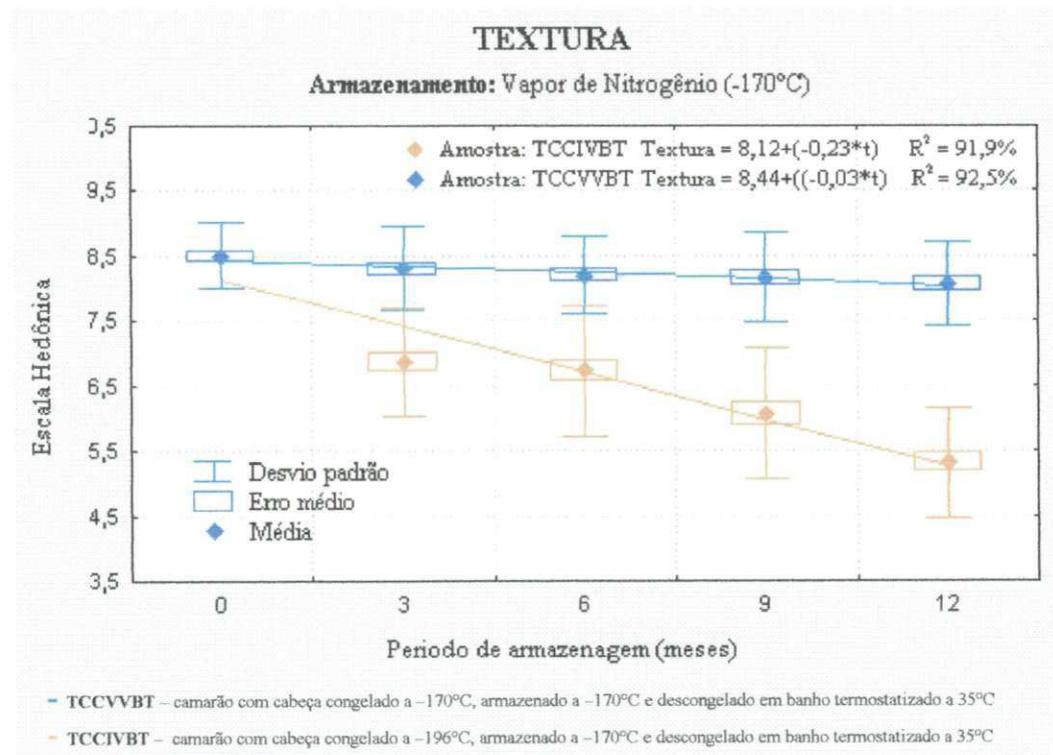


Figura 67 - Equações que expressam a variação da textura do camarão com exoesqueleto e cabeça armazenado à temperaturas de -170 °C.

4.6.4 - Avaliação da aparência

Diversos estudos têm demonstrado que a aceitação de um produto por parte do consumidor depende muito de sua aparência e, por tanto, também de sua cor. O efeito da aparência é a primeira sensação que se percebe e é a que determina o primeiro julgamento sobre a qualidade do produto. É também um fator importante dentro do conjunto de sensações que aporta ao alimento e tende às vezes a modificar subjetivamente outras sensações como o sabor e odor.

Os resultados das médias obtidas com a avaliação da aparência para as amostras de camarões com exoesqueleto e cabeça e filé de camarão, congelado as temperaturas de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (vapor de nitrogênio) e a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ (imersão em nitrogênio líquido), armazenadas à $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ e descongeladas a temperatura ambiente (aproximadamente $25\text{ }^{\circ}\text{C}$) e em banho termostatizado ($35\text{ }^{\circ}\text{C}$), encontra-se nas Figuras 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74 e 75 e no Anexo P: Tabela P1 e Anexo Q: Tabela IQ.

4.6.4.1 – Descongeladas a temperatura ambiente (aproximadamente $25\text{ }^{\circ}\text{C}$)

a) Filés de camarões

O valor médio avaliado pelos degustadores para a aparência do filé de camarão *fresco* e logo após as técnicas de congelamento foi de 8,5 que na escala hedônica corresponde a “**gostei muito**”. Todavia alguns degustadores relataram que as amostras congeladas a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ (imersão em nitrogênio líquido) apresentaram fissuras superficiais na sua estrutura, logo após serem congeladas e imediatamente descongeladas.

Nas Figuras 68 e 69 encontra-se o resultado da avaliação da aparência dos filés de camarões em função das temperaturas de congelamento e armazenamento, como as equações que representam essas dependências. Constata-se nessas figuras que houve um decréscimo da aparência durante o período de armazenamento. Este decréscimo é mais visível nas amostras congeladas e armazenadas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (AFCTA) e nas congeladas a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ (por imersão em nitrogênio líquido) e armazenadas a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (AFIFTA e AFIVTA), respectivamente.

Com relação às médias das notas em cada período avaliado pelos degustadores foram as seguintes: a amostra congelada e armazenada a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e as congeladas a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenadas a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (AFIFTA e AFIVTA) mantiveram-se dentro do índice de aceitabilidade até o 6^o mês de armazenagem com uma nota média 6,0 (gostei ligeiramente) estas médias diminuíram ao final dos 12 meses de armazenamento, passando para uma nota 4,0 (desgostei ligeiramente) na amostra congelada e armazenada a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, nota 4,5 (desgostei ligeiramente) na amostras congelada a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenada a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ e nota 5,0 (indiferente) nas amostras congeladas a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenadas a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$. A amostra congelada a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenada a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ manteve-se dentro do índice de aceitabilidade em todo o período avaliado, com uma nota final de 6,0 que na escala hedônica corresponde a “**gostei ligeiramente**”.

De acordo com a avaliação dos degustadores a amostra que teve um maior índice de aceitabilidade foi à congelada e armazenada a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (vapor de N_2). Em todo período de armazenamento manteve-se com notas praticamente inalteradas, ou seja, no período 0, 3, 6, 9, 12 meses, teve notas médias de 8,5, 8,5, 8,4, 8,4 e 8,4 que corresponde a “**gostei muito**”. A mesma apresentou uma perda de 1,1% nos 12 meses de armazenagem quando comparadas ao produto fresco.

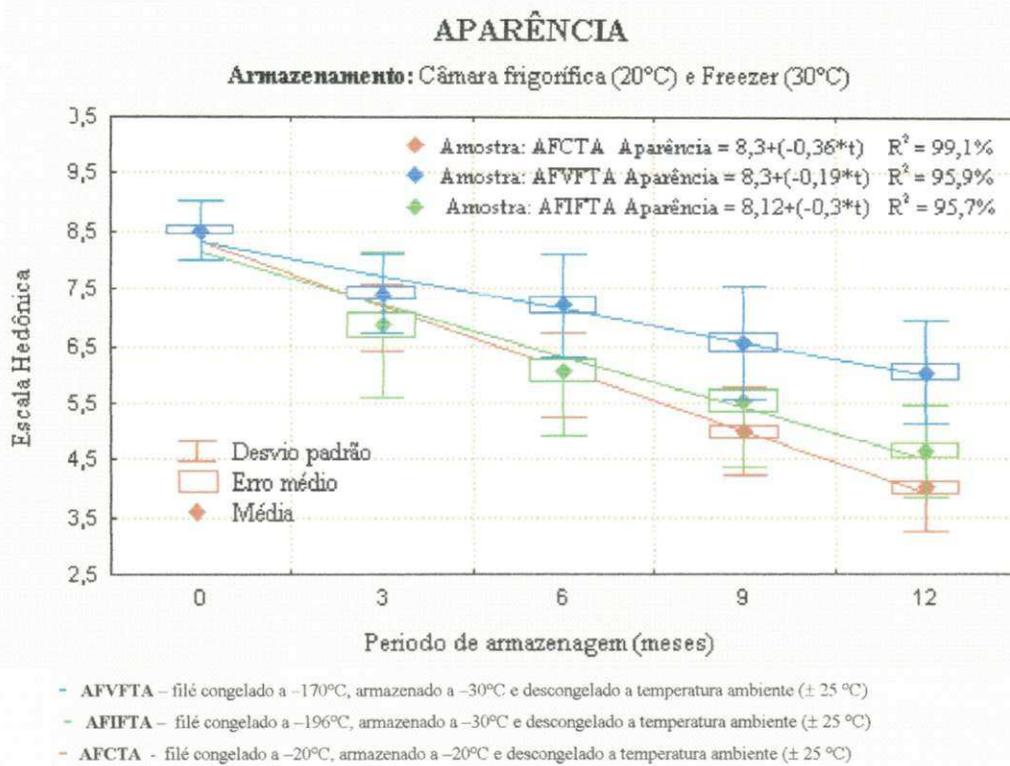


Figura 68 - Equações que expressam a variação da aparência dos filés de camarões armazenados à temperatura de -20°C e -30°C .

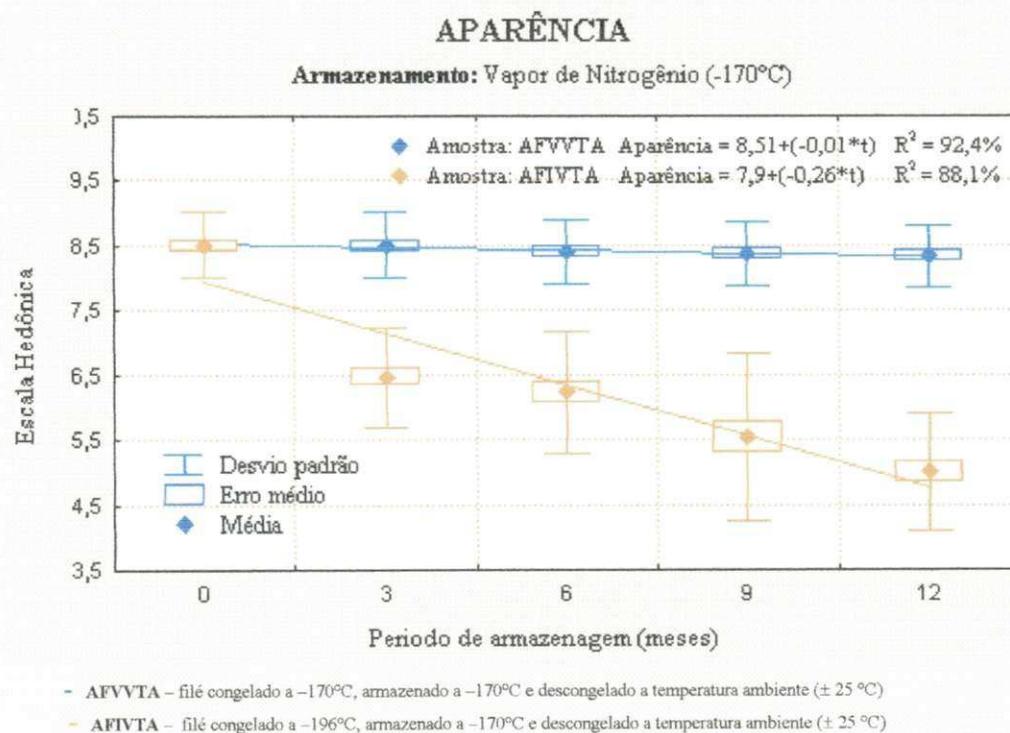


Figura 69 - Equações que expressam a variação da aparência dos filés de camarões armazenados à temperatura de -170°C (vapor de N_2).

b) Camarões com exoesqueleto e cabeça

Com relação à avaliação da aparência das amostras de camarões com exoesqueleto e cabeça armazenada as temperaturas de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ não apresentaram diferenças significativas quando comparada às amostras de filés de camarões nas mesmas condições de congelamento, armazenamento e descongelamento.

Na Figura 70 e no Anexo P: Tabela P1, encontram-se as alterações da aparência das amostras de camarões com exoesqueleto e cabeça congelada e armazenada a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ACCCTA), as congeladas a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenadas a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ACCVFTA) e as congeladas a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenadas a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ACCIFTA). Constata-se pela figura e pelo anexo que a aparência decresceu com o período de armazenamento, percebe-se que esta redução é maior nas amostras congeladas e armazenadas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ACCCTA), até o 3^o mês de armazenamento estas amostras mantiveram-se dentro do índice de aceitabilidade as quais obtiveram notas entre 6,0 e 7,0 situando-se na escala hedônica nos intervalos de “**gostei ligeiramente**” e “**gostei**”.

Analisando a Figura 71 e Anexo P: Tabela P1, a amostra congelada e armazenada a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ foi a que apresentou melhores notas com a avaliação do degustadores em todos o períodos de armazenagem. No 3^o mês de armazenagem apresentou uma nota de 5,4 situando-se no intervalo de “gostei muito” a “gostei muitíssimo” e uma perda de 1,1% permanecendo com está perda até o final do período de armazenagem, já na amostra congelada a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ (por imersão em N_2 líquido) e armazenado a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (vapor de N_2) apresentou perdas de 41,2% ao final do período de armazenamento e nota 5,0 que corresponde a “**indiferente**”.

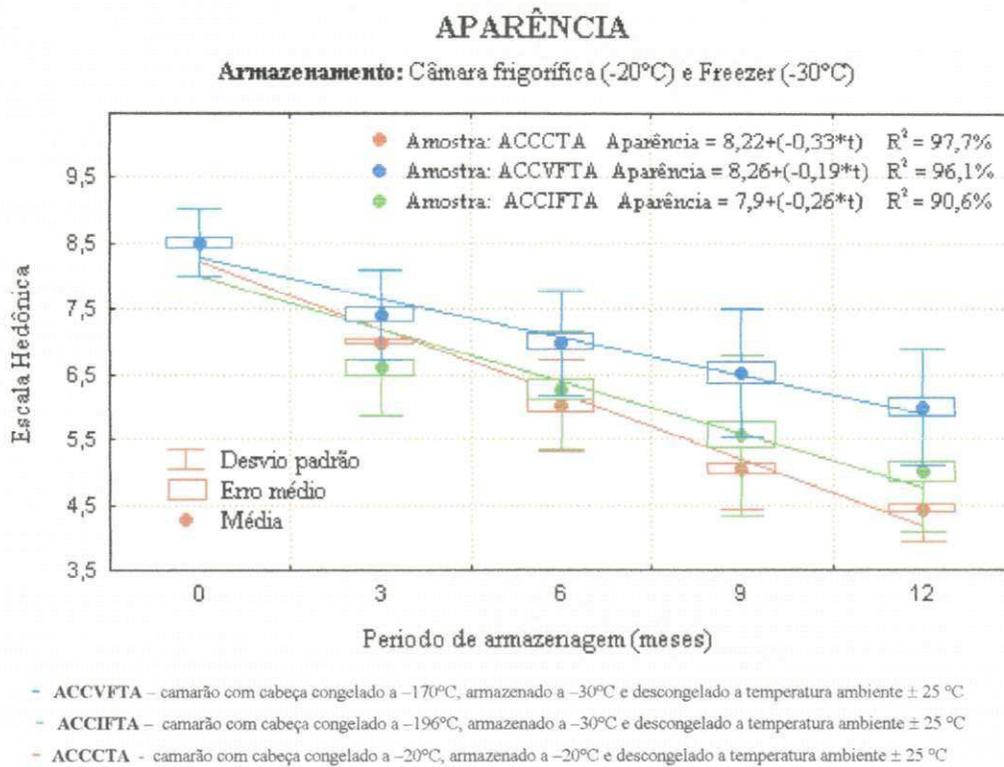


Figura 70 - Equações que expressam a variação da aparência dos camarões com exoesqueleto e cabeça armazenados às temperaturas de -20 °C e -30 °C.

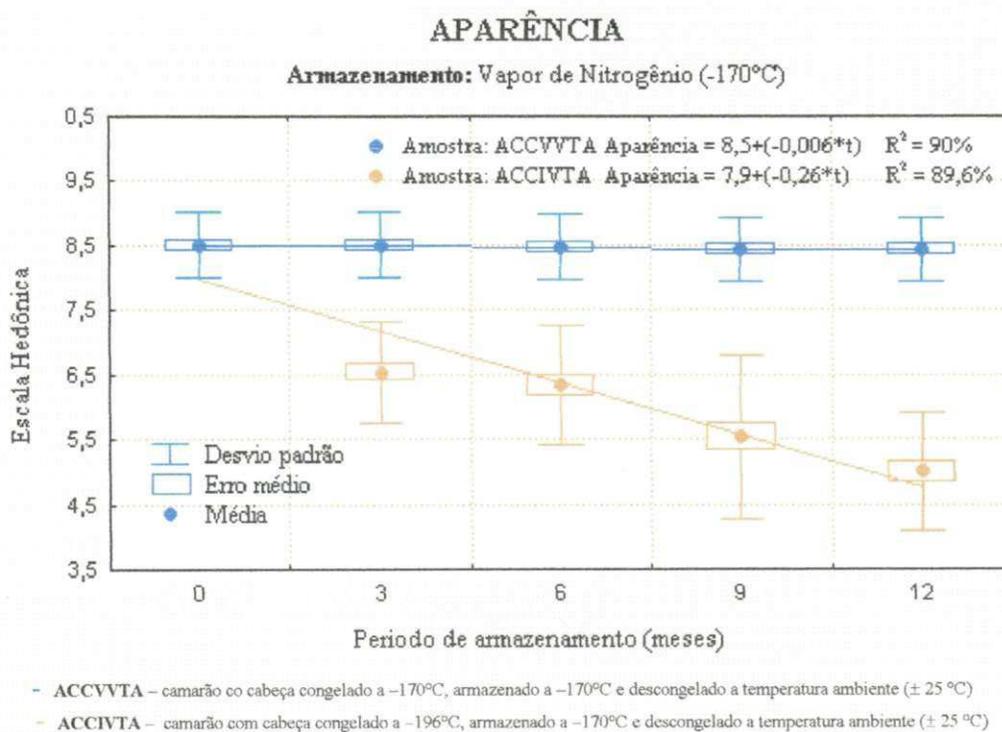


Figura 71 - Equações que expressam a variação da aparência dos camarões com exoesqueleto e cabeça armazenados à temperatura de -170 °C.

4.6.4.2 – Descongelamento em banho termostatizado 35 °C

a) Filés de camarões

As médias das notas avaliadas pelos degustadores para o atributo aparência dos filés de camarões e dos camarões com exoesqueleto e cabeça podem ser observadas nas Figuras 72, 73, 74 e 75 e no Anexo Q: Tabela Q1.

Verificando a Figura 72, percebe-se que houve um decréscimo de forma gradativa da aparência durante os 12 meses de armazenamento em todos os tratamentos. Os filés congelados e armazenados à -20 °C (AFCBT) foi o que apresentou maior perda, ou seja, no 3º mês apresentou uma perda de 17,6% com relação ao filé de camarão fresco, ao final do período de armazenamento aumentando para 53%. Nas amostras de filés congelados à -196 °C e armazenados à -30 °C (AFIFBT) e filés congelados à -170 °C e armazenados à -30 °C (AFVFBT) ao final do 12º mês apresentou perdas de 47% e 23,5%, respectivamente.

Na Figura 73, verifica-se que as médias das notas da amostra dos filés congelados e armazenados a -170 °C (AFVVBT), mantiveram-se dentro do índice de aceitabilidade dos degustadores, com notas iniciais 8,5 (**gostei muitíssimo**) e ao final do período de armazenagem com nota 8,4 situando-se na escala hedônica entre “**gostei muito**” e “**gostei muitíssimo**”. Com relação às perdas esta amostra manteve-se com nota inalterada até o 9º mês, e ao final de 12 meses de armazenagem a mesma teve uma perda de 1,1% quando comparada ao produto fresco. Já as amostras de filés congelados a -196 °C e armazenado a -170 °C (AFIVBT) apresentou perdas de 47% ao final do 12º de armazenagem.

Os dados experimentais de todas as amostras se ajustaram bem aos dados calculados de acordo com o modelo linear apresentando $R^2 > 89,2\%$.

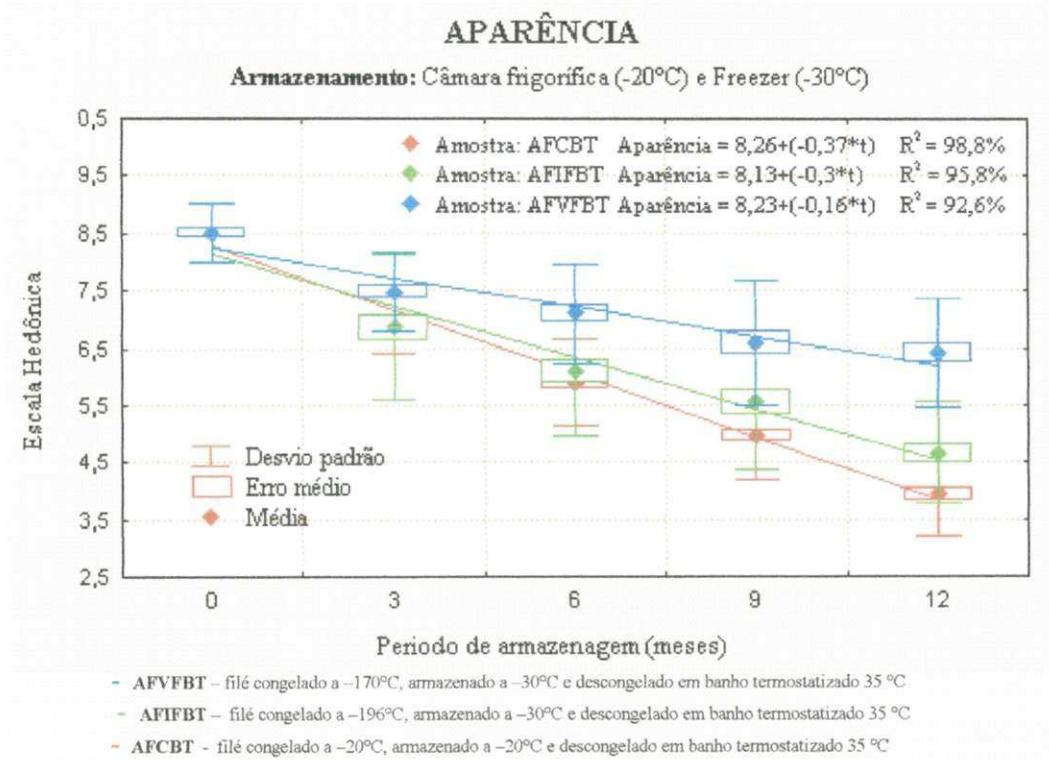


Figura 72- Equações que expressam a variação da aparência dos filés de camarões armazenados às temperaturas de -20 °C e -30 °C

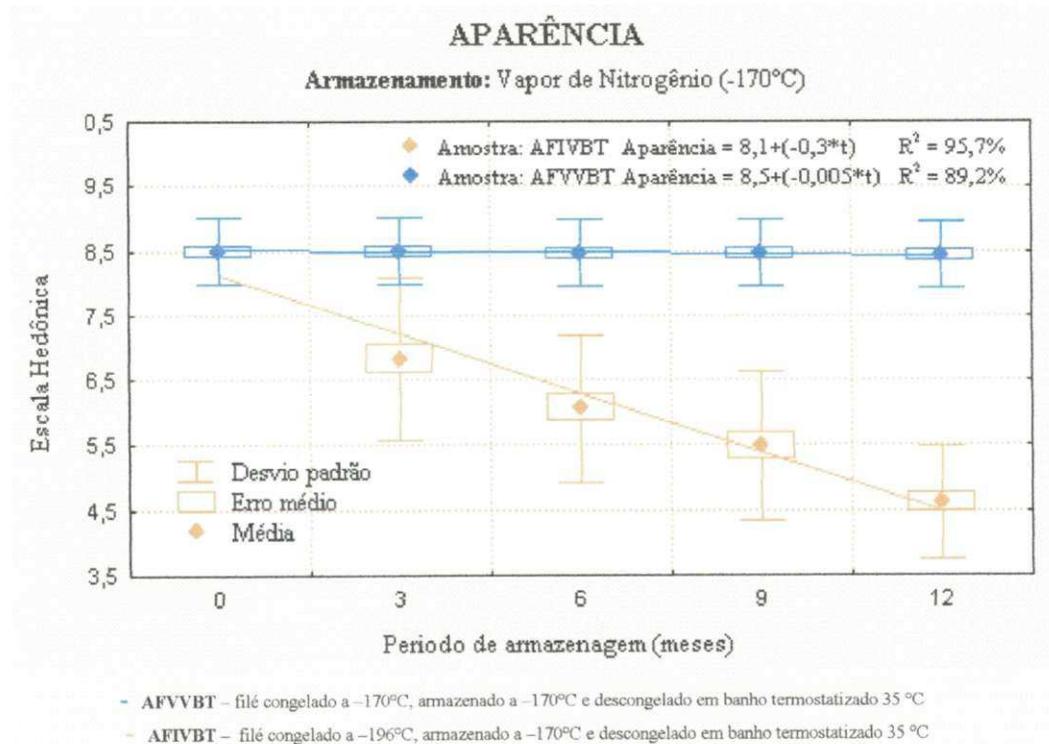


Figura 73 - Equações que expressam a variação da aparência dos filés de camarões armazenados à temperatura de -170 °C

b) Camarões com exoesqueleto e cabeça

Na Figura 74 e no Anexo Q: Tabela Q1, verifica-se que as amostras de camarão com exoesqueleto e cabeça congelada a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenada a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ACCIFBT), a congelada a temperatura de $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenadas a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ACCVFBT) e a congelada e armazenada a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ACCCBT) não apresentaram diferenças significativas quando comparadas às amostras de filés de camarões ao longo dos 12 meses de armazenagem nas mesmas condições. Com relação às perdas estas foram de 53% para a amostra ACCCBT, 47% para ACCIFBT e 23,5% para ACCVFBT. As médias das notas destas amostras mantiveram-se dentro do índice de aceitabilidade até o 6º mês de armazenamento com nota entre 6,0 e 7,0 e 6,0 que na escala hedônica corresponde a “gostei ligeiramente” e “gostei”, respectivamente. A amostra congelada a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e armazenada a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ACCIVBT) apresentou perdas gradativas em todos os períodos analisados. As perdas desta amostra quando comparada ao camarão fresco ao final dos 12 meses de armazenamentos foi de 47%.

A amostra que apresentou um maior índice de aceitabilidade com relação à avaliação dos degustadores foi a congelada e armazenada a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ACCVVBT) a mesma teve uma média das notas praticamente inalterada em todos os períodos que foi avaliada, chegando ao final do período de armazenamento com uma nota média de 8,4 que na escala hedônica fica entre os intervalos de “gostei muito” a “gostei muitíssimo”, e ao final do armazenamento apresentou uma perda de 1,1%. O comentário dos degustadores em relação a esta amostra é que a mesma apresentou-se como: “brilhante”, “uma aparência agradável”, cor alaranjada intensa e atrativa. Este fato é atribuído ao pigmento chamado astaxantina existente no camarão, principalmente no exoesqueleto, este pigmento está preso a uma proteína que quando aquecida é destruída mostrando a intensidade da cor alaranjada (Figura 75).

Os dados experimentais de todas as amostras se ajustaram bem aos dados calculados de acordo com o modelo linear apresentando $R^2 > 88,4\%$.

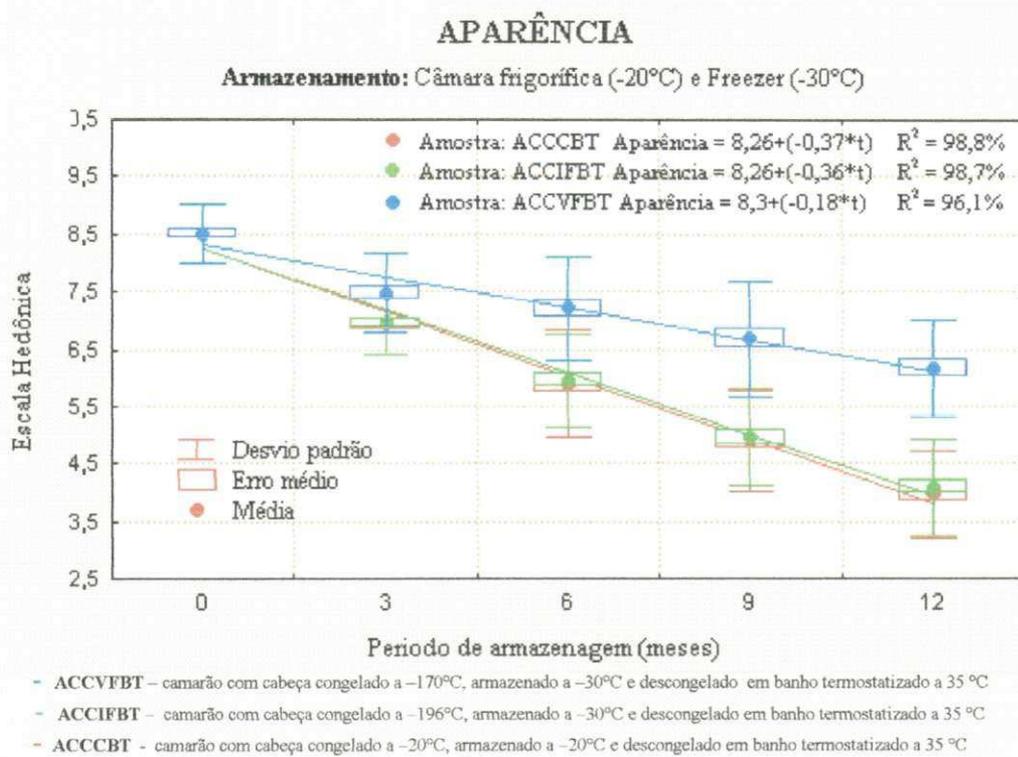


Figura 74 - Equações que expressam a variação da aparência dos camarões com exoesqueleto e cabeça armazenados à temperatura de -20 °C e -30 °C.

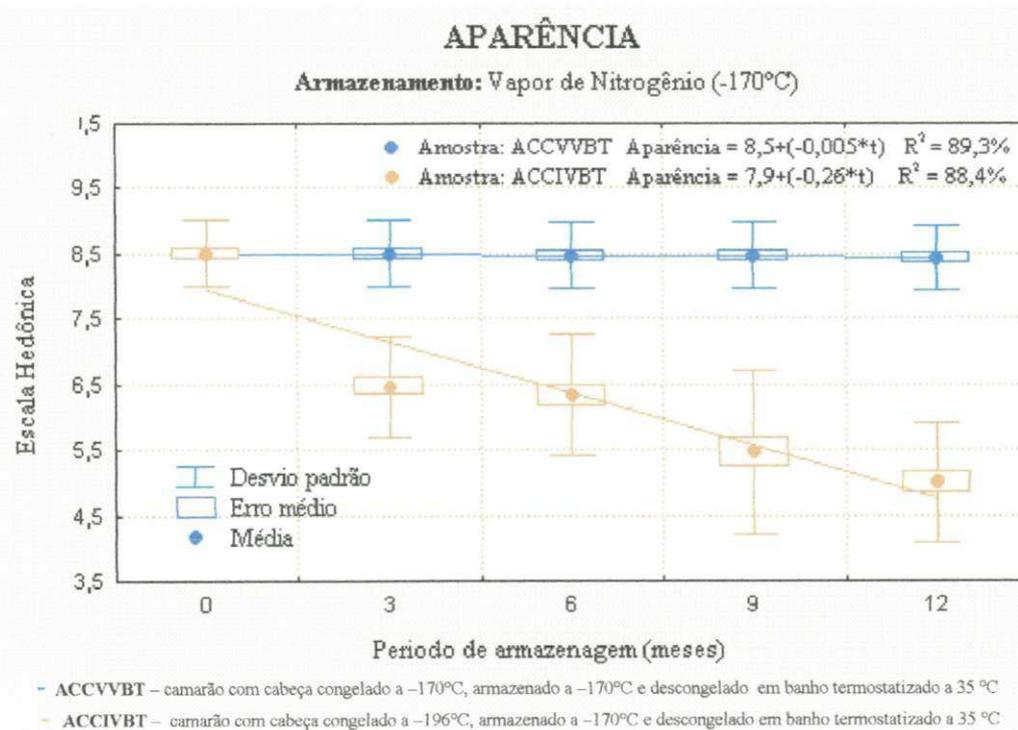


Figura 75 - Equações que expressam a variação da aparência dos camarões com exoesqueleto e cabeça armazenados à temperatura de -170 °C.

Na análise sensorial foram avaliadas 10 amostras para cada tributo, ou seja, sabor, odor, textura e aparência, com o propósito de saber se os degustadores ficavam cansados ao final da degustação e conseqüentemente para verificar a eficácia desta avaliação foi colocada amostra de camarão *fresco* no início e no final da avaliação em cada período. Constatou-se que as amostras de camarão *fresco* obtiveram as melhores notas em todos os períodos analisados (Anexo R: Tabela R1, R2, R3 e R4).

4.7 - Descongelamento

4.7.1 – Descongelamento a temperatura ambiente (aproximadamente 25 °C)

As amostras de camarão com exoesqueleto e cabeça e as de filé de camarão congeladas a -196 °C e -170 °C quando foram descongeladas a temperatura ambiente, passaram duas horas e meia para atingir aproximadamente 25 °C , as congeladas -196 °C e -170 °C e armazenadas a -30 °C e as congeladas e armazenadas a -20 °C este tempo foi de duas horas.

4.7.2 – Descongelamento em banho termostático 35 °C

As amostras de camarão com exoesqueleto e cabeça e as de filé de camarão congeladas em todos os tratamentos, ou seja, as amostras congeladas a -196 °C e -170 °C e armazenadas a -30 °C , as congeladas e armazenadas a -20 °C e as congeladas a -196 °C e -170 °C e armazenadas a -170 °C passaram 40 minutos para atingir em seu interior aproximadamente 25 °C quando descongelada em banho termostático a 35 °C .

Verifica-se pelos Anexos H, I, J, L, M, N, P e Q que na avaliação sensorial tanto no sabor, odor e textura em todos os tratamentos as médias das notas dos camarões descongelados em banho termostático a temperatura de 35 °C foram menores que as descongeladas a temperatura ambiente (aproximadamente 25 °C), todavia na avaliação da aparência das amostras de camarão com exoesqueleto e cabeça quando descongeladas em banho termostático a 35 °C apresentou notas mais elevadas que as amostras descongeladas a temperatura ambiente (aproximadamente 25 °C), este fato é atribuído a astaxantina existente no camarão, este pigmento intensifica uma cor alaranjada quando aquecido.

5.0 – Conclusões

Com base nos resultados obtidos, concluiu-se que:

1 – Em relação às características físicas

- Os valores médios da massa, comprimento, espessura e volume para os camarões com exoesqueleto e cabeça foram de aproximadamente 12,9g, 108,7mm, 10,7mm e 12,2cm³, respectivamente.
- Os valores médios da massa, comprimento, espessura e volume para os filés de camarões foram de aproximadamente 5,81g, 58,1mm, 9,1mm e 5,7cm³, respectivamente.

2 – Quanto à cinética de congelamento

- Nas curvas de congelamento a -20 °C as amostras de camarões com exoesqueleto e cabeça e filé de camarões, foram observadas claramente as três fases, ou seja, resfriamento (Fase I), cristalização (Fase II) e pós-congelamento (Fase III). Na fase de resfriamento, o período de tempo foi de aproximadamente 480 segundos para o camarão com cabeça e 300 segundos para o filé de camarão, onde a temperatura baixou de 24,8 °C para -1,4 °C no camarão com cabeça e de 24,6 °C para -1,3 °C no filé de camarão. Para a fase de cristalização, o tempo foi de 960 segundos para o camarão com cabeça e 600 segundos para o filé de camarão e na fase III, observou-se que foram necessários aproximadamente 520 e 280 segundos, respectivamente para as amostras atingirem a temperatura de -20 °C.
- Para as amostras de camarões com cabeça congelada a -170 °C, a fase de resfriamento ocorreu em 20 segundos, a fase de cristalização durou 130 segundos e a fase III foi a mais prolongada durando 550 segundos.

- Para as amostras de filé de camarão congelado a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$, não se distinguiu com clareza a fase I da Fase II, ou seja, a fase de resfriamento e a fase de cristalização, este fato foi devido a maior velocidade de congelamento. A fase I e II (resfriamento/cristalização) durou 150 segundos e a fase III 280 segundos.
- Nas curvas de congelamento das amostras de camarão com cabeça e filé de camarão por imersão em nitrogênio líquido, também não se observou uma distinção entre as fases de resfriamento e cristalização. Observou-se que foi atingido um tempo de 40 segundos para as fases de resfriamento e pós-congelamento. A fase de resfriamento e cristalização durou 15 segundos para as amostras de filé de camarão e de camarão com cabeça. Na fase de pós-congelamento, ambas amostras levaram aproximadamente 25 segundos para atingir a temperatura de $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3 – Em relação às propriedades termofísicas do camarão

Densidade

- A densidade do camarão com exoesqueleto e cabeça foi de $1,066\text{g/cm}^3$ e do filé de camarão foi de $1,02\text{g/cm}^3$

Calor específico

- Os valores médios do calor específico do camarão com exoesqueleto e cabeça e do filé de camarão no estado “fresco” foram de $0,84$ e $0,86\text{ kcal/kg }^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Para as amostras de camarões com cabeça e filé de camarão a temperatura de $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, foram de $0,28\text{ kcal/kg }^{\circ}\text{C}$, $0,31\text{ kcal/kg }^{\circ}\text{C}$, $0,25\text{ kcal/kg }^{\circ}\text{C}$ e $0,28\text{ kcal/kg }^{\circ}\text{C}$, respectivamente.

Difusividade térmica

- No congelamento convencional a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a difusividade térmica efetiva média do filé de camarão foi de $9,9 \times 10^{-3}\text{ mm}^2/\text{s}$.

- Para o congelamento a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (vapor de nitrogênio) a difusividade térmica efetiva média do filé de camarão foi de $28,15 \times 10^{-3}\text{ mm}^2/\text{s}$.
- No congelamento por imersão em nitrogênio líquido a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ a difusividade térmica efetiva média do filé de camarão foi de $384,30 \times 10^{-3}\text{ mm}^2/\text{s}$.
- No congelamento convencional a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ considerando-se as fases I e III, a difusividade térmica efetiva média do camarão com exoesqueleto e com cabeça foi de $9,13 \times 10^{-3}\text{ mm}^2/\text{s}$.
- Para o congelamento a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ (vapor de nitrogênio) a difusividade térmica efetiva média do camarão com cabeça foi de $29 \times 10^{-3}\text{ mm}^2/\text{s}$.
- No congelamento por imersão em nitrogênio líquido a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ a difusividade térmica efetiva média do camarão com exoesqueleto e com cabeça foi de $571,8 \times 10^{-3}\text{ mm}^2/\text{s}$.

Condutividade térmica

- Os valores calculados para a condutividade térmica média, para o camarão com exoesqueleto a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, foram $0,03\text{ W/m }^{\circ}\text{C}$ e $0,49\text{ W/m }^{\circ}\text{C}$.
- Os valores calculados para a condutividade térmica média, o filé de camarão a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, foram $0,03\text{ W/m }^{\circ}\text{C}$ e $0,87\text{ W/m }^{\circ}\text{C}$.

4 – Em relação às características físico-químicas do camarão

- Os valores médios encontrados para o camarão “fresco” foram: 77,8% de conteúdo de água, 1,23g/100g de cinzas, 18% de proteína, o pH foi de 7,02, 0,00g/100g de carboidrato, 1,8g/100g de gordura, 88,4 calorias, 2,2g/100g de exsudado durante o descongelamento, 1,67g/100g de exsudado durante o cozimento e o atributo de textura: dureza foi de 23 segundos.

Comportamento físico-químico do camarão durante o armazenamento

Conteúdo de água – as amostras de camarões com cabeça e filé de camarão que foram congeladas e armazenadas no vapor de nitrogênio (-170 °C) manteve o seu conteúdo de água médio durante os 12 meses de armazenamento. As demais amostras apresentaram uma diminuição no conteúdo de água durante a armazenagem, sendo que as amostras congeladas e armazenadas a -20 °C perderam ao final do armazenamento 11% do conteúdo de água com relação ao valor inicial.

Teor de cinzas – não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos e o tempo de armazenamento.

Teor de proteína – as amostras de camarão com cabeça e filé de camarão congelado por imersão em N₂L e em vapor de N₂ mantiveram praticamente inalterado o teor de proteína durante os 12 meses de armazenagem, já as amostras armazenadas a -20 °C e -30 °C perderam 15,33% de proteína com relação ao valor inicial.

pH - não houve alteração do pH, logo após o congelamento (t=0), ou seja, o pH não foi afetado pelos métodos de congelamento. Ao longo do período de armazenagem as amostras armazenadas a -20 °C e -30 °C ocorreu um aumento de pH, enquanto que nas amostras congeladas e armazenadas no vapor de N₂ o pH manteve-se inalterado, já as congeladas por imersão em N₂ e armazenadas no vapor de N₂, ocorreu um aumento de forma gradativa até o final do período de armazenamento.

Teor de gordura - não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos e o tempo de armazenamento.

Exsudado durante o descongelamento – os valores médios variaram de 2,2g/100g de exsudado para o camarão com exoesqueleto e cabeça “fresco” até 3,2g/100g observado para o camarão com exoesqueleto e cabeça congelado e armazenado a -20 °C ao final dos 12 meses de armazenagem. As amostras de camarões, tanto o filé quanto o camarão com cabeça congelado por imersão em N₂L (-196 °C), no vapor de N₂ (-170 °C) e armazenados a -170 °C (FVV, FIV, CCVV e CCIV) mantiveram os valores inalterado durante todo o período de

estocagem, nos demais tratamentos ocorreram um aumento gradativo nestes valores, ou seja, ocorreram perdas de exsudado

Exsudado durante o cozimento - os valores de exsudado durante o cozimento variaram de 1,67g/100g de exsudado para o camarão com cabeça “fresco”, até 1,8g/100g observado para o camarão com exoesqueleto e cabeça congelado e armazenado a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ao final dos 12 meses de armazenagem. As amostras de camarões, tanto o filé quanto o camarão com cabeça congelado por imersão em N_2L ($-196\text{ }^{\circ}\text{C}$), no vapor de N_2 ($-170\text{ }^{\circ}\text{C}$) e armazenados no vapor de N_2 (FVV, FIV, CCVV e CCIV) mantiveram os valores inalterados durante todo o período de estocagem, nos demais tratamentos ocorreram um aumento gradativo nestes valores, ou seja, ocorreram perdas de exsudado. Com relação aos tratamentos em cada período, percebe-se que não houve perda significativa de exsudado, no período $t=0$, ou seja, logo após o congelamento, no entanto ao final do período apresentou uma perda média de exsudado de 6,6% quando comparado aos valores iniciais nas amostras congeladas e armazenadas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Atributo de textura (dureza) – As amostras de camarão, tanto o filé quanto o camarão com o exoesqueleto e com cabeça congelado e armazenado no vapor de N_2 ($-170\text{ }^{\circ}\text{C}$) mantiveram a dureza inalterada do início até o 9^o mês, sofrendo uma pequena alteração no 12^o mês de armazenamento. As amostras que mais sofreram alterações foram as congeladas por imersão em N_2L e armazenadas a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$, ou seja, teve a dureza com uma média ao final do período de 11,5s. Já as amostras de camarões com exoesqueleto e cabeça e filé de camarão armazenado a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ tiveram uma dureza maior, ou seja, 28s.

5 – Em relação às análises microbiológicas do camarão

- Os resultados das análises microbiológicas das amostras de camarões *frescos*, após serem congeladas e durante os 12 meses de armazenagem, as mesmas apresentaram ausência de *salmonella*; ausência de *coliformes fecais* e ausência de *vibrio parahaemolyticus*, esta ausência de microorganismos, significa que as etapas, tanto do processamento e durante o armazenamento foram feitas de forma higiênica.

6 – Em relação à avaliação sensorial

Quando descongeladas a temperatura ambiente (aproximadamente 25°C)

Quanto aos atributos sabor, odor, textura e aparência – as amostras que tiveram as melhores notas com avaliação dos degustadores em todo o período de armazenamento foram às congeladas e armazenadas a -170 °C (vapor de N_2) tanto o filé quanto o camarão com exoesqueleto e cabeça. As que apresentaram um menor índice de aceitabilidade foram às congeladas e armazenadas a -20 °C .

Quando descongeladas em banho termostático a 35°C

Quanto aos atributos sabor, odor, textura e aparência – a preferência também foi pelas amostras congeladas e armazenadas a -170 °C (vapor de N_2) tanto o filé quanto o camarão com exoesqueleto e cabeça. As que apresentaram um menor índice de aceitabilidade foram às congeladas e armazenadas a -20 °C . Concluiu-se que tanto no sabor, odor e textura em todos os tratamentos as médias das notas dos camarões descongeladas em banho termostático a temperatura de 35 °C foram menores que as descongeladas a temperatura ambiente, ou seja, aproximadamente 25 °C , todavia na avaliação da aparência das amostras de camarão com exoesqueleto e cabeça quando descongeladas em banho termostático a 35 °C apresentou notas mais elevadas que as amostras descongeladas a temperatura ambiente, este fato é atribuído a astaxantina existente no camarão, este pigmento intensifica uma cor alaranjada quando aquecido.

6.0 - Bibliografia

ANGELUCCI, E.; CARVALHO, L.R.; CARVALHO, N.R.P.; FIGUEIREDO, B.I.; MANTOVANI, B.M.D.; MORAES, M.R. **Análise química de alimento: Manual Técnico**. Campinas - SP. 1987, 123p.

ANGEL, S.; BASKER, D.; KANNER, J.; JUVEN, B.J. Assessment of shelf life of fresh water prawns stored at 0 °C. **J. Food Technol.**, 16: 357-66. 1981.

ARAUJO, M.O. **Avaliação das características físico-químicas e sensoriais de polpa de acerola (*Malpighi emarginata* D.C) submetidas a diferentes técnicas de congelamentos**. UFPB, Campina Grande-PB, 2000, 108p. (Tese mestrado).

BARTLETT, L. A thermodynamic examination of latent heat of food., **Refrig. Eng.**, 47: 377, 1944.

BERTULLO, V.H. **Tecnología de los productos y subproductos de pescados, moluscos y crustáceo**. Editorial Hemisferio Sur; Buenos Aires – Argentina, 1975, 368p.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Química do processamento de alimentos**. 2.ed., São Paulo: [s.n.], 1992.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução a química de alimentos**. 2.ed. Campinas: Ed. UNICAMP, 1995. 223p.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Manual de laboratório de química de alimentos**. 2.ed. São Paulo: Verela, 1992. 146 p.

BORATTO, F. **Proteínas**. 1997, 3p. (Apostila).

BOWMAN, T.N e ABELE, L.G. Classification of the Recent Crustacea. In: ABELE (Editor). **The Biology Crustacea: Systematics, the fossil record, and Biogeography**. Academic Press, In., New York, v.1, 319p, 1982.

BOURNW, M.A. Texture properties and evaluations of fabricated foods. In: **Fabricated Foods. A short course**. Las Vegas, Nevada. American Chemical Society. Division of Agriculture, 1974, 49p.

BHOWMIK, S.R; HAYAKAWA, K.I A new method for determining the aparent thermal Diffusivity of thermally conductive food. **Journal of Food Science**. v.44, n.2, p.469 – 64. 1979.

BUHRI, A. B.; SINGH, R. P. Measurement of food thermal conductivity using differential scanning calorimetry. **Journal of food Science**, v.58, n.5, 1993.

BURGESS, G.H.O.; CUTTING, C.L.; LOVERN, J.A.; WATERMAN, J.J. **El Pescado y las industrias derivadas de la pesca**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1987.

CALVELO F.A.; Modelos matematicos de la refrigeracion de alimentos. In: KASAHARA G., I. **Tópicos transferencia de calor y propiedades termofísicas en: refrigeracion y congelacion de alimentos**. Santiago do Chile: Maval, 1986. Cap.5, p.111-132.

CAMPOS, S.D.S. **Reologia e textura em alimentos**. ITAL – Instituto de Tecnologia de Alimentos. Campinas – 1989, 84p.

CARNEIRO, M.J.M. **Congelamento de filés de sardinha por imersão e avaliação física e sensorial se sua qualidade durante a estocagem**. 1999. 184p. (Tese de Doutorado) Unicamp, Campinas – São Paulo.

CARVALHO, R. L.; MANTOVANI, D. M. B.; CARVALHO, P. R. N.; MORAIS, R. M. **Análises químicas de alimentos**. Campinas: ITAL, 1990, 121p.

CASTRO, A.A.; CAVALCANTI MATA, M.E.R.M.; BRAGA, M.E.D. **Secagem de uva italia, com pré secagem osmótica as temperaturas de 70, 80 e 90 °C**, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRICOLA, 2000, Fortaleza-CE, Anais... Botucatu – São Paulo: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000. Publicação em CD.

CHAIB, M.A. **Métodos de avaliação de textura da carne**. Campinas, 1973. Faculdade de Tecnologia de Alimentos, UNICAMP. 98p. (Tese de mestrado)

CHAVES, J.B.P. **Análise sensorial: Histórico e desenvolvimento**. Viçosa: Imprensa Universitária – UFV, 1993, 31p.

CHARM, S.E. **The fundamentals of food engineering**. AVI Publishing Company Inc., Westport, 1971.

CHEN, C. **Thermodynamic analysis of freezing and thawing of foods: ice content and Mollier diagram**, J.Food Sci., 50: 1163-1166, 1985.

CHITARRA, M.I.F; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras : ESAL./FAEPE, 1990, 293p.

CHOI, Y.; OKOS, M.R. Effects of temperature and composition on the thermal properties of food. In: Lemauguer. M.; Jelen, M. **Food Engineering and process Applications**. Elsevier Applied Science Publishers, 1986. p.93-1.1.

CHOI, Y.; OKOS, M.R. The thermal properties of tomato juice concentrates. **Transactions of the ASAE**. V.26, p.35-311, 1983.

COBB III, B.F. VANDERZANT, C.; HYDER, K. **Effect of ice storage upon the free amino acid contents of tails of white shrimp (*Penaeus setiferus*)**. J. Agric. Food Chem., 1974, 22 (6): 1052-1055p.

CODEX ALIMENTARIUS STAN 92-1981. **Norma del Codex para los camarones congelados rápidamente**. Exame sensorial e físico, nº 1, Revisión-1995.

COSTÉLL, E.; DURAN, L. **El análisis sensorial en el control de calidad de los alimentos**. Rev. Agroquímica. Tecnología de Alimentos. Valencia, 21 (1): 1-10, 1981.

CONTRERAS-GUSMÁN, E. S. **Bioquímica de Pescados e Derivados**. Jaboticabal: Ed. FUNEP/UNESP, 1994. p. 336-339.

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

DAVIS , G.W.; DUTSON, T.R.; SMITH, G.C.; CARPENTER, Z.L.; Fragmentation procedure for bovine longissimus muscle as a index of cooked steak tenderness. **Journal of Food science**, v.45, p. 880. 1980

DICKERSON, R.W. An apparatus for the measurement of thermal diffusivity of foods. **Food Technology**. v.52, p.880-886, 1965.

DICKERSON, R.W. **Thermal properties of foods: The freezing preservation of foods.** 4^a ed. The AVI Publishing Company, 1968. v.2.

DRANSFIELD, E.; LOCKYER, D.K. Cold-shorting toughness in excised pork. *M. longissimos dorsi*. **Meat Science**, Barking, v.13, p.19-32, 1985.

EIKELENBOOM, G.; NANNI COSTA, L. Fibre optic probe measurements in Landrace pigs of different halothane phenotypes. **Meat Science**, Barking, V. 23, p.9-19, 1988

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos.** Rio de Janeiro: Atheneu, 1987. 652p.

FAÇANHA, S.C; PINHEIRO, S. M. X; ABREU, V. L. B; **Informações Básicas sobre o cultivo de camarão (*Litopenaeus vannamei*);** Fortaleza, 2001.

FAO.1977. **Código de praticas para el pescado congelado.** FAO, Circular de Pesca nº 145, Roma, junio, 1977.

FELDHUSEN, F.; KONIGSMANN, D.; KAUP, F.J.; DROMMER, W.; WENZEL, S. Ultra-structural findings on the skeletal muscles of pigs following ultra-rapid chilling in the initial fase of meat maturation. **Meat Science**, Barking, v.32, p.161-171, 1992.

FIOREZE, R. **Metodologia da pesquisa: como planejar, executar e escrever um trabalho científico.** 2^a ed. João Pessoa:UFPB: Editora Universitária, 2003.

FIOREZE, R. **Introdução à transferência de calor e massa.** João Pessoa:UFPB: Editora Universitária, 2004. 118p

FONTES, T.C.; LOPES, M.N.F. **Congelamento de alimentos: Técnicas e normas,** Viçosa – MG. 1994. 68p.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos.** 9^a ed. Editora Atheneu. São Paulo.1998. 307p.

FURUKAWA, C. **Revista super interessante.** 30p. 2001

GAVA, A.J. **Principios de tecnologia de alimentos.** 2^a.ed. São Paulo: Ed. Nobel, 1979. 24p.

MORETTO, E.; ALVES, R.F. **Óleos e gorduras vegetais, processamento e análises**; Florianópolis. Ed. UFSC, 1986. 179p.

MORI, E.E.M. **Análise sensorial de produtos de pescado no Instituto de Tecnologia de Alimentos**. In. Controle de Qualidade de Pescado. Leopoldianum Editora e Edições Loyola. São Paulo, 1988.

MOSKOVITZ, H. **Applied sensory analysis of foods**. Vol. 1. CRC Press, Flórida, 1988.

NAKAMURA, K.; ISHIKAWA, S. **Changes in freshness of kuruma prawn muscle during chill-storage**. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., 120:69-72. 1986.

NEVES FILHO, L. de C. **Resfriamento, congelamento e estocagem de alimentos**. São Paulo: IBF/ ABRVA/ SINDRATAR, 1991. 176p.

NIP, W.K.; MOY, J.H. **Microstructural changes of ice-chilled and cooked freshwater prawn, Macrobrachium rosenbergii**. J. Food Sci., 53(2) 319-22. 1988.

NORMAS ANALÍTICAS DO INSTITUT ADOLPHO LUTZ. v.1. 533p. São Paulo, 1985

NOVOA, M.A. O. **Manual de técnicas para laboratório de nutrición de peces y crustáceos**. Documento preparado para el proyecto GCP/RLA/102/ITA. Apoyo a las Actividades Regionales de Acuicultura para América Latina y el Caribe (ALQUILA II). 1993.

OETTERER, M. **Tecnologia do pescado (aula)**. Curso de graduação. Universidade de São Paulo. Material: *on line*. 2003. 11p.

ÓLAFSDÓTTIR, G., MARTINSDÓTTIR, E., OEHLENSCHLAGER, J., DALGAARD, P., JENSEN, B., UNDELAND, I., MACKIE, I.M., HENEHAN, G., NIELSEN, J. and NILSEN, H. Methods to evaluate fish freshness in research and industry. **Trends in Food Science and Technology**. Vol 8, 258-265, 1997.

PAPADOPOULOS, L.S.; SMITH, S.B.; WHEELER, T.L.; FINNE, G. Muscle ultrastructural changes in freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* during iced storage. **J. Food Sci.**, 54(5): 1125-8. 1989.

PEARSON, A.M.; WOLZAK, A.M.; GRAY, J.I. **Possible role of muscle protein in flavor and tenderness of meat.** J. Food Biochem., p. 189-210. 1983.

PRINCE, J.F; SCHWEIGERT, B. S. **Ciencia de la carne y de los productos carnicos.** Editorial Acribia – Zaragoza . Espanha. 1971. 668p.

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.

RASEKH, J.; KRAMER, J.; FINCH, R. **Objective evaluation of canned tuna sensory quality.** J. Food Sci., 35: 20-417. 1970.

REDDY, S.K.; NIP, W.K.; TANG, C.S. Changes in fatty acid and sensory quality of fresh water prawn *Macrobrachium rosenbergii* stored under frozen conditions. **J. Food Sci.**, 46: 353-6. 1981.

REIDY, G.A.; RIPPEN, A.L. Methods or determining thermal conductivity in foods. **Transaction of the ASAE**, v.14, n.2, p.248-254, 1971.

ROCHA, I. P.; MAIA, E. P. 1998. **Desenvolvimento tecnológico e perspectivas de crescimento da carcinicultura marinha brasileira.** IN: Aquicultura Brasil 98. Recife, 1998. Anais..., Recife, v.1, p. 213-236.

RODRIGUES, C. **Alimentação natural.** Apostila. 1997, 12p.

ROSEMBERRY, B. **World Shrimp Farming,** Anual report. Aquaculture Digest, San Diego, USA, 1994. 68p.

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.

SAINCLIVIER, M. **L'Industrie Alimentaire Halieutique.** Quatrième volume: La Conservation par des Mohines Physiques. Rennes: Sciences Agronomique, 1993.

SOUDAN, F. **La Conservation par le Froid des Poissons, Crustacés et Mollusques.** Paris: J.B. Baillièere et Fils, Éditeurs, 1965.

SHABAN, O.; OCHIAI, Y.; WATABE, S.; HASHIMOTO, K. **Quality changes in kuruma prawn during frozen and ice storage.** Nippon Suisan Gakkaishi, 53(2): 291-6. 1987.

SHAMSHAD, S.I.; NISA, K.U.; RIAZ, M.; ZUBERI, R.; QADRI, R.B. **Shelf life of shrimp (*Penaeus merguensis*) stored at different temperature.** J. Food Sci., 55(5): 1201-5. 1990.

SILVA, J.S. **Pré-processamento de produtos agrícolas.** Instituto Maria. Juiz de Fora-MG. 1995, 509p.

SILVA, M. **Cinética de resfriamento e congelamento dos frutos de cajá (*Spondia lutea* L.).** 2002. 100p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal da Paraíba –UFPB. Campina Grande, 2002.

SINGH, R. P; HELDMAN, D. R. **Introducción a La Ingeniería de Los Alimentos.** Zaragoza : Acribia, 1997. p.338-339.

SINGH, R. P. Thermal diffusivity in food processing. **Food Technology.** v.36, p.87-91, 1982.

SIMÕES, M. R. **Propriedades termofísicas de polpa de manga.** Campinas : UNICAMP, 1997. 84p. (Tese Mestrado).

SPIEGEL, M. R. **Schaum's outline of theory and problems of fourier analysis.** 1ª ed. New York : McGraw-Hill, Inc., 1976, 249p.

SWEAT, V.E. **Thermal Properties of Foods.** InÇ Engineering Properties of Foods. New York, Marcel Dekker. Inc., 397p, 1986.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E.M.; BARBETTA, P.A. **Análise sensorial de alimentos.** Florianópolis: Ed da UFSC, 1987. 180p. (Serie Didática).

TERRA, N.N. **Carne e seus derivados.** Técnicas de controle de qualidade. Editora Nobel, 121p, 1988.

VALENTI, W. C.; **Carcinicultura de água doce.** Tecnologia para produção de camarão.; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 1998. 386p.

VICENTE, A.M; RUBIO, J.M.G.P.; REGIDOR, F.S.; VICENT, J.M.M. **Refrigeracion, congelacion e envasado de los alimentos.** Madri: Iragra S.A/Bardala, 1994, 277p.

VIEIRA, J. A. G. **Propriedades termofísicas e convecção no escoamento laminar de suco de laranja em tubos.** Campinas : UNICAMP, 1996. (Tese Doutorado).

VOISEY, P. **Modernization of texture instrumentation.** J. Texture Stud, 1971.

VRINAT, G. **Conjugaison froid mécanique – froid cryogénique,** Int. J. Refrig., 9: 150 - 154, 1986.

WATERS, M.E.; HALE, M.B. **Quality changes during iced storage of whole freshwater prawns, *Macrobrachium rosenbergii*.** Proc. 6th Ann. Trop. Subtrop. Fish. Tech. Conf. Americas. Texas, USA. 1981.

ZUROWIETZ, V. **The world of senses.** Fruit processing. Maribor, Slovenia, v.6, n.6, p.227-231, jun., 1996.

ANEXOS

ANEXO A

Tabela A1 - Temperatura a cada momento, razão de temperatura experimental e calculada, obtidas no congelamento a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ do camarão com cabeça.

Tempo (seg.)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	* Razão de Temperatura Valores experimentais	**Razão de Temperatura Valores calculados
0	24,8	1	0,961
60	16,1	0,841241	0,879
120	13,8	0,79927	0,804
180	9,8	0,726277	0,735
240	6,4	0,664234	0,672
300	3,2	0,605839	0,615
360	1,2	0,569343	0,562
420	-0,5	0,538321	0,514
480	-1,4	0,521898	0,529
540	-1,5	0,520073	0,526
600	-1,6	0,518248	0,522
660	-1,7	0,516423	0,518
720	-1,8	0,514599	0,515
780	-1,9	0,512774	0,511
840	-1,9	0,512774	0,507
900	-1,9	0,512774	0,504
960	-2,3	0,505474	0,500
1020	-2,4	0,50365	0,497
1080	-2,6	0,5	0,493
1140	-2,8	0,49635	0,490
1200	-3,2	0,489051	0,486
1260	-3,7	0,479927	0,483
1320	-4,2	0,470803	0,479
1380	-4,7	0,461679	0,476
1440	-5,6	0,445255	0,494
1500	-7,3	0,414234	0,416
1560	-9,6	0,372263	0,350
1620	-12	0,328467	0,294
1680	-15	0,273723	0,248
1740	-16,9	0,239051	0,208
1800	-19,5	0,191606	0,175
1860	-20	0	0,0148

* $RT = (T - T_{\infty}) / (T_1 - T_{\infty})$, onde: RT = Razão de temperatura; T = Temperatura em cada momento; T_{∞} = Temperatura do meio de congelamento; T_1 = Temperatura inicial do produto.

** $RT = a_1 * \exp(a_2 \cdot t)$, onde: RT = Razão de temperatura; a_1 = Fator de atraso; a_2 = inclinação da reta (resistência à transferência de calor); t = tempo.

Tabela A2 - Temperatura a cada momento, razão de temperatura experimental e calculada, obtidas no congelamento a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ do filé de camarão.

Tempo (seg.)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	* Razão de Temperatura Valores experimentais	**Razão de Temperatura Valores calculados
0	24,6	1	0,947
60	12	0,729167	0,794
120	6,3	0,630208	0,666
180	2,2	0,559028	0,558
240	0	0,520833	0,468
300	-1,3	0,498264	0,502
360	-1,3	0,498264	0,500
420	-1,3	0,498264	0,498
480	-1,3	0,498264	0,496
540	-1,4	0,496528	0,495
600	-1,4	0,496528	0,493
660	-1,4	0,496528	0,491
720	-1,6	0,493056	0,489
780	-2,6	0,475694	0,482
840	-3,9	0,453125	0,478
900	-7,4	0,392361	0,376
960	-13	0,295139	0,295
1020	-15,8	0,246528	0,232
1080	-17,7	0,213542	0,182
1140	-20	0	0,0143

* $RT = (T - T_{\infty}) / (T_i - T_{\infty})$, onde: RT = Razão de temperatura; T = Temperatura em cada momento; T_{∞} = Temperatura do meio de congelamento; T_i = Temperatura inicial do produto.

** $RT = a_1 * \exp(a_2.t)$, onde: RT = Razão de temperatura; a_1 = Fator de atraso; a_2 = inclinação da reta (resistência à transferência de calor); t = tempo.



Tabela A3 - Temperatura a cada momento, razão de temperatura experimental e calculada, obtidas no congelamento a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ do camarão com cabeça.

Tempo (seg.)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	* Razão de Temperatura Valores experimentais	**Razão de Temperatura Valores calculados
0	24,6	1	1,005
10	12,6	0,973348	0,962
20	-0,3	0,914712	0,921
30	-0,4	0,913646	0,917
40	-0,5	0,912047	0,913
50	-0,6	0,908316	0,910
60	-0,7	0,906183	0,907
70	-0,8	0,904584	0,904
80	-0,9	0,902452	0,901
90	-1,2	0,900853	0,897
100	-1,4	0,898721	0,894
110	-2	0,895522	0,891
120	-3,1	0,889659	0,888
130	-4,5	0,882196	0,885
140	-6	0,8742	0,882
150	-10,8	0,848614	0,917
160	-15,7	0,822495	0,874
170	-19,5	0,802239	0,833
180	-23,8	0,779318	0,794
190	-28,3	0,75533	0,757
200	-33,2	0,729211	0,722
210	-37,7	0,705224	0,688
220	-42,3	0,680704	0,655
230	-46,8	0,656716	0,625
240	-51,8	0,630064	0,595
250	-55,9	0,608209	0,568
260	-60,9	0,581557	0,541
270	-64,1	0,564499	0,516
280	-68,6	0,540512	0,491
290	-72,8	0,518124	0,468
300	-77,3	0,494136	0,446
310	-80,9	0,474947	0,426
320	-84,3	0,456823	0,406
330	-88,8	0,432836	0,387
340	-93	0,410448	0,368
350	-95,9	0,394989	0,351
360	-100,1	0,372601	0,335
370	-105,8	0,342217	0,319
380	-109,3	0,323561	0,304
390	-112,4	0,307036	0,290

400	-115,9	0,28838	0,276
410	-119,9	0,267058	0,263
420	-121,2	0,260128	0,251
430	-125,9	0,235075	0,239
440	-128,8	0,219616	0,228
450	-131,2	0,206823	0,217
460	-133,7	0,193497	0,207
470	-136	0,181237	0,197
480	-138,5	0,16791	0,188
490	-139,9	0,160448	0,179
500	-141,2	0,153518	0,171
510	-144,1	0,13806	0,163
520	-145,8	0,128998	0,155
530	-147,6	0,119403	0,148
540	-149,5	0,109275	0,141
550	-150	0,10661	0,134
560	-152	0,095949	0,128
570	-154	0,085288	0,122
580	-156	0,074627	0,116
590	-157	0,069296	0,111
600	-158	0,063966	0,106
610	-160	0,053305	0,101
620	-161	0,047974	0,096
630	-162	0,042644	0,092
640	-163	0,037313	0,087
650	-165	0,026652	0,083
660	-166	0,021322	0,079
670	-167	0,015991	0,076
680	-168	0,010661	0,072
690	-169	0,00533	0,069
700	-170	0	0,065

* $RT = (T - T_{\infty}) / (T_1 - T_{\infty})$, onde: RT = Razão de temperatura; T = Temperatura em cada momento; T_{∞} = Temperatura do meio de congelamento; T_1 = Temperatura inicial do produto.

** $RT = a_1 * \exp(a_2 \cdot t)$, onde: RT = Razão de temperatura; a_1 = Fator de atraso; a_2 = inclinação da reta (resistência à transferência de calor); t = tempo.

Tabela A4 - Temperatura a cada momento, razão de temperatura experimental e calculada, obtidas no congelamento a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ do filé de camarão.

Tempo (min)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	* Razão de Temperatura Valores experimentais	**Razão de Temperatura Valores calculados
0	24,8	1	0,970
10	9,5	0,960921	0,962
20	8,1	0,953426	0,954
30	7,7	0,935225	0,946
40	6,6	0,923983	0,938
50	5,1	0,915953	0,930
60	4,2	0,911135	0,922
70	3	0,910064	0,914
80	2,3	0,912741	0,907
90	1,6	0,901499	0,899
100	1,5	0,896681	0,891
110	1,2	0,889722	0,884
120	-1	0,883298	0,876
130	0	0,867238	0,996
140	-0,5	0,851178	0,916
150	-17	0,819058	0,843
160	-22,1	0,791756	0,775
170	-29,9	0,75	0,713
180	-38	0,706638	0,656
190	-45,4	0,667024	0,604
200	-52,8	0,627409	0,555
210	-61,9	0,578694	0,511
220	-70,1	0,534797	0,470
230	-77,7	0,494111	0,432
240	-84,5	0,457709	0,398
250	-93,6	0,408994	0,366
260	-100,9	0,369914	0,337
270	-109	0,326552	0,310
280	-115,6	0,291221	0,285
290	-120,9	0,262848	0,262
300	-125,6	0,237687	0,241
310	-130,1	0,213597	0,222
320	-135,5	0,18469	0,204
330	-140,5	0,157923	0,188
340	-145,1	0,133298	0,173
350	-149,7	0,108672	0,159
360	-155	0,0803	0,146
370	-158	0,06424	0,135
380	-161	0,04818	0,124

390	-165	0,026767	0,114
400	-168	0,010707	0,105
410	-169	0,005353	0,096
420	-170	0	0,089

* $RT = (T - T_{\infty}) / (T_i - T_{\infty})$, onde: RT = Razão de temperatura; T = Temperatura em cada momento; T_{∞} = Temperatura do meio de congelamento; T_i = Temperatura inicial do produto.

** $RT = a_1 * \exp(a_2.t)$, onde: RT = Razão de temperatura; a_1 = Fator de atraso; a_2 = inclinação da reta (resistência à transferência de calor); t = tempo.

Tabela A5 - Temperatura a cada momento, razão de temperatura experimental e calculada, obtidas no congelamento a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ do camarão com cabeça.

Tempo (seg.)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	* Razão de Temperatura Valores experimentais	**Razão de Temperatura Valores calculados
0	24,2	1	1,000
5	0,6	0,930806	0,935
10	0,4	0,883412	0,875
15	-24,2	0,814218	0,819
20	-95,4	0,476777	0,379
25	-178	0,085308	0,171
30	-185	0,052133	0,077
35	-191	0,023697	0,035
40	-193	0,014218	0,016
45	-194	0,009479	0,000
50	-195	0,004739	0,000
55	-195,5	0,00237	0,000
60	-196	0	0,000

* $RT = (T - T_{\infty}) / (T_1 - T_{\infty})$, onde: RT = Razão de temperatura; T = Temperatura em cada momento; T_{∞} = Temperatura do meio de congelamento; T_1 = Temperatura inicial do produto.

** $RT = a_1 \cdot \exp(a_2 \cdot t)$, onde: RT = Razão de temperatura; a_1 = Fator de atraso; a_2 = inclinação da reta (resistência à transferência de calor); t = tempo.

Tabela A6 - Temperatura a cada momento, razão de temperatura experimental e calculada, obtidas no congelamento a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ do filé de camarão.

Tempo (seg.)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	* Razão de Temperatura Valores experimentais	**Razão de Temperatura Valores calculados
0	24,4	1	1,014
5	22,7	0,992287	0,977
10	14,8	0,956443	0,942
15	-0,5	0,891561	0,926
20	-72	0,562613	0,470
25	-140	0,254083	0,238
30	-189	0,03176	0,121
35	-195	0,004537	0,061
40	-196	0	0,031

* $RT = (T - T_{\infty}) / (T_i - T_{\infty})$, onde: RT = Razão de temperatura; T = Temperatura em cada momento; T_{∞} = Temperatura do meio de congelamento; T_i = Temperatura inicial do produto.

** $RT = a_1 * \exp(a_2.t)$, onde: RT = Razão de temperatura; a_1 = Fator de atraso; a_2 = inclinação da reta (resistência à transferência de calor); t = tempo.

ANEXO B

Tabela B1 – Análise de variância para o conteúdo de água dos camarões, sob diferentes tratamentos ao longo de 12 meses de armazenamento

F.V	G.L	S.Q	QM	F
Fator 1 (F1)	10	109.77917	10.97792	14.3830 **
Fator 2 (F2)	4	210.64583	52.66146	68.9957 **
Int. F1 x F2	40	209.30417	5.23260	6.8556 **
Residuo	110	83.95834	0.76326	
Total	164	613.68750		

Fator 1 (F1) = Tratamento

Fator 2 (F2) = Período de armazenagem (meses)

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns = não significativo

Tabela B2 – Comparação entre as médias do conteúdo de água para os diferentes tempo de armazenamento e para as diferentes técnicas de congelamento.

Periodo de armazenagem (meses)	Médias do armazenamento (meses)	Tratamentos	Médias dos tratamentos
0	77.80 a	camarão fresco	77.80 a
3	77.72 a	FVF	77.16 ab
6	77.48 a	CCVF	76.90 ab
9	76.40 b	FIF	76.47 bc
12	74.83 c	CCIF	77.07 ab
		FVV	77.80 a
		CCVV	77.71 a
		FIV	76.98 ab
		CCIV	76.65 b
		CCC	75.46 cd
		FC	75.30 d
DMS1 = 0.59699		DMS2 = 1.04851	

Observação: as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

ANEXO D

Tabela D1 – Análise de variância para o pH dos camarões, sob diferentes tratamentos ao longo de 12 meses de armazenamento

F.V	G.L	S.Q	QM	F
Fator 1 (F1)	4	3.35020	0.83755	965.9560 **
Fator 2 (F2)	10	5.73581	0.57358	661.5170 **
Int. F1 x F2	40	1.54811	0.03870	44.6362 **
Residuo	110	0.09538	0.00087	
Total	164	10.72949		

Fator 1 (F1) = Período de armazenagem (meses)

Fator 2 (F2) = Tratamentos

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns = não significativo

Tabela D2 – Comparação entre as médias do pH para os diferentes período de armazenagem e para as diferentes técnicas de congelamento.

Período de armazenagem (meses)	Médias do armazenagem (meses)	Tratamentos	Médias dos tratamentos
0	7.04 e	camarão fresco	7.02 g
3	7.29 d	FVF	7.44 bc
6	7.36 c	CCVF	7.41 cd
9	7.39 b	FIF	7.38 de
12	7.44 a	CCIF	7.35 c
		FVV	7.01 g
		CCVV	7.02 g
		FIV	7.03 e
		CCIV	7.03 f
		CCC	7.47 a
		FC	7.41 b
DMS1 = 0.02012			DMS2 = 0.03534

Observação: as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si

ANEXO E

Tabela E1 – Análise de variância para o exsudado durante o descongelamento dos camarões, sob diferentes tratamentos ao longo de 12 meses de armazenamento

F.V	G.L	S.Q	QM	F
Fator 1 (F1)	4	2.36023	0.59006	1385.8711 **
Fator 2 (F2)	10	6.56649	0.65665	1542.2771 **
Int. F1 x F2	40	2.52413	0.06310	148.2114 **
Resíduo	110	0.04683	0.00043	
Total	164	11.49768		

Fator 1 (F1) = Período de armazenagem (meses)

Fator 2 (F2) = Tratamentos

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns = não significativo

Tabela E2 – Comparação entre as médias do exsudado durante o descongelamento para os diferentes período de armazenagem e para as diferentes técnicas de congelamento.

Período de armazenagem (meses)	Médias do armazenagem (meses)	Tratamentos	Médias dos tratamentos
0	2.22 e	camarão fresco	2.21 e
3	2.40 d	FVF	2.53 d
6	2.43 c	CCVF	2.56 c
9	2.53 b	FIF	2.53 d
12	2.57 a	CCIF	2.56 c
		FVV	2.22 e
		CCVV	2.22 e
		FIV	2.23 e
		CCIV	2.23 e
		CCC	2.76 a
		FC	2.65 b
DMS1 = 0.01410		DMS2 = 0.02476	

Observação: as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

ANEXO F

Tabela F1 – Análise de variância para o exsudado durante o cozimento dos camarões, sob diferentes tratamentos ao longo de 12 meses de armazenamento

F.V	G.L	S.Q	QM	F
Fator 1 (F1)	4	0.08743	0.02186	2387.3230 **
Fator 2 (F2)	10	0.24165	0.02416	2639.4221 **
Int. F1 x F2	40	0.07626	0.00191	208.2455 **
Resíduo	110	0.00101	0.00001	
Total	164	0.40634		

Fator 1 (F1) = Período de armazenagem (meses)

Fator 2 (F2) = Tratamentos

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns = não significativo

Tabela F2 – Comparação entre as médias do exsudado durante o cozimento para os diferentes período de armazenagem e para as diferentes técnicas de congelamento.

Período de armazenagem (meses)	Médias do armazenagem (meses)	Tratamentos	Médias dos tratamentos
0	1.67 d	camarão fresco	1.67 d
3	1.70 c	FVF	1.74 c
6	1.71 b	CCVF	1.74 b
9	1.73 a	FIF	1.74 c
12	1.73 a	CCIF	1.74 b
		FVV	1.67 d
		CCVV	1.67 d
		FIV	1.67 d
		CCIV	1.67 d
		CCC	1.75 a
		FC	1.74 c
DMS1 = 0.00207			DMS2 = 0.00363

Observação: as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

ANEXO G

Tabela G1 – Análise de variância para o atributo textura (dureza) sob diferentes tratamentos ao longo de 12 meses de armazenamento

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Fator1(F1)	4	2.32576	0.58144	4.6313 **
Fator2(F2)	10	3969.94995	396.99500	3162.1790 **
Int. F1xF2	40	558.12531	13.95313	111.1407 **
Resíduo	110	13.80992	0.12554	
Total	164	4544.21094		

Fator 1 (F1) = Período de armazenagem (meses)

Fator 2 (F2) = Tratamentos

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns = não significativo

Tabela G2 – Comparação entre as médias do atributo textura (dureza) para as diferentes técnicas de congelamento e para os diferentes período de armazenagem.

Período de armazenagem (meses)	Médias do tempo (meses)	Tratamentos	Médias dos tratamentos
0	20.46 ab	camarão fresco	23.00 d
3	20.34 b	FVF	24.68 c
6	20.53 ab	CCVF	24.86 bc
9	20.55 ab	FIF	13.02 h
12	20.70 a	CCIF	13.71 g
		FVV	22.93 d
		CCVV	22.93 d
		FIV	14.23 f
		CCIV	15.73 e
		CCC	25.33 a
		FC	25.26 ab
DMS1 = 0.24212		DMS2 = 0.42524	

Observação: as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

ANEXO H

Tabela H1 – Valores das médias das amostras avaliadas pelos degustadores com relação ao atributo do sabor (descongelamento a temperatura ambiente, aproximadamente 25 °C)

Tratamentos	Tempo de armazenagem (meses)				
	0	3	6	9	12
camarão fresco	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70
FVF	8,70	7,86	7,40	7,00	6,50
FIF	8,70	7,53	7,00	6,50	5,70
FVV	8,70	8,46	8,06	7,73	7,53
FIV	8,70	8,36	8,06	7,56	7,49
FC	8,70	7,23	6,66	6,03	5,26
CCVF	8,70	8,33	7,50	7,23	6,73
CCIF	8,70	7,86	7,53	6,80	6,50
CCVV	8,70	8,70	8,70	8,65	8,50
CCIV	8,70	8,50	8,33	8,23	8,00
CCC	8,70	7,36	6,73	6,00	5,40

FVF – Filé: congelado a -170°C e armazenado a -30°C

CCVF – Camarões com cabeça: congelado a -170°C e armazenado a -30°C

FIF – Filé: congelado a -196°C e armazenado a -30°C

CCIF – Camarões com cabeça: congelado a -196°C e armazenado a -30°C

FC – Filé: congelado a -20°C e armazenado a -20°C

FVV – Filé: congelado a -170°C e armazenado a -170°

CCVV – Camarões com cabeça: congelado e armazenado a -170°C

FIV – Filé: congelado a -196°C e armazenado a -170°C

CCIV – Camarões com cabeça: congelado a -196°C e armazenado a -170°C

CCC – Camarões com cabeça: Congelado a -20°C e armazenados a -20°C

ANEXO I

Tabela II – Valores das médias das amostras avaliadas pelos degustadores com relação ao atributo do sabor (descongelamento em banho termostatizado a 35 °C)

Tratamentos	Tempo de armazenagem (meses)				
	0	3	6	9	12
camarão fresco	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70
FVF	8,70	7,80	7,40	7,00	6,43
FIF	8,70	7,50	6,70	6,23	5,50
FVV	8,70	8,53	8,33	8,16	8,00
FIV	8,70	8,30	8,00	7,46	7,00
FC	8,70	7,13	6,66	6,00	5,00
CCVF	8,70	8,06	7,40	7,23	6,43
CCIF	8,70	7,80	7,53	6,70	6,40
CCVV	8,70	8,60	8,50	8,40	8,33
CCIV	8,70	8,33	8,03	7,66	7,50
CCC	8,70	7,20	6,70	5,80	5,30

FVF – Filé: congelado a -170°C e armazenado a -30°C

CCVF – Camarões com cabeça: congelado a -170°C e armazenado a -30°C

FIF – Filé: congelado a -196°C e armazenado a -30°C

CCIF – Camarões com cabeça: congelado a -196°C e armazenado a -30°C

FC – Filé: congelado a -20°C e armazenado a -20°C

FVV – Filé: congelado a -170°C e armazenado a -170°

CCVV – Camarões com cabeça: congelado e armazenado a -170°C

FIV – Filé: congelado a -196°C e armazenado a -170°C

CCIV – Camarões com cabeça: congelado a -196°C e armazenado a -170°C

CCC – Camarões com cabeça: Congelado a -20°C e armazenados a -20°C

ANEXO J

Tabela J1 – Valores das médias das amostras avaliadas pelos degustadores com relação ao atributo do odor (descongelamento a temperatura ambiente, aproximadamente 25 °C)

Tratamentos	Tempo de armazenagem (meses)				
	0	3	6	9	12
camarão fresco	8,53	8,53	8,53	8,53	8,53
FVF	8,53	7,83	7,33	6,66	6,50
FIF	8,53	7,82	7,24	6,58	6,44
FVV	8,53	8,43	8,30	8,16	8,00
FIV	8,53	8,33	8,00	7,60	7,50
FC	8,53	7,10	6,56	6,00	5,50
CCVF	8,53	8,06	7,63	7,26	7,00
CCIF	8,53	7,96	7,31	6,79	6,50
CCVV	8,53	8,46	8,36	8,30	8,23
CCIV	8,53	8,40	8,13	7,83	7,66
CCC	8,53	7,63	7,26	6,40	6,00

FVF – Filé: congelado a -170°C e armazenado a -30°C

CCVF – Camarões com cabeça: congelado a -170°C e armazenado a -30°C

FIF – Filé: congelado a -196°C e armazenado a -30°C

CCIF – Camarões com cabeça: congelado a -196°C e armazenado a -30°C

FC – Filé: congelado a -20°C e armazenado a -20°C

FVV – Filé: congelado a -170°C e armazenado a -170°

CCVV – Camarões com cabeça: congelado e armazenado a -170°C

FIV – Filé: congelado a -196°C e armazenado a -170°C

CCIV – Camarões com cabeça: congelado a -196°C e armazenado a -170°C

CCC – Camarões com cabeça: Congelado a -20°C e armazenados a -20°C

ANEXO L

Tabela L1 – Valores das médias das amostras avaliadas pelos degustadores com relação ao atributo do odor (descongelamento em banho termostatizado 35°C)

Tratamentos	Tempo de armazenagem (meses)				
	0	3	6	9	12
camarão fresco	8,53	8,53	8,53	8,53	8,53
FVF	8,53	7,76	7,26	6,53	6,50
FIF	8,53	7,72	7,13	6,44	6,34
FVV	8,53	8,43	8,33	8,23	8,10
FIV	8,53	8,20	7,90	7,56	7,36
FC	8,53	7,06	6,53	5,93	5,43
CCVF	8,53	7,93	7,56	7,20	6,80
CCIF	8,53	7,63	7,26	6,56	6,00
CCVV	8,53	8,43	8,33	8,30	8,20
CCIV	8,53	8,33	8,00	7,63	7,50
CCC	8,53	7,60	7,23	6,40	5,66

FVF – Filé: congelado a -170°C e armazenado a -30°C

CCVF – Camarões com cabeça: congelado a -170°C e armazenado a -30°C

FIF – Filé: congelado a -196°C e armazenado a -30°C

CCIF – Camarões com cabeça: congelado a -196°C e armazenado a -30°C

FC – Filé: congelado a -20°C e armazenado a -20°C

FVV – Filé: congelado a -170°C e armazenado a -170°

CCVV – Camarões com cabeça: congelado e armazenado a -170°C

FIV – Filé: congelado a -196°C e armazenado a -170°C

CCIV – Camarões com cabeça: congelado a -196°C e armazenado a -170°C

CCC – Camarões com cabeça: Congelado a -20°C e armazenados a -20°C

ANEXO M

Tabela M1 – Valores das médias das amostras avaliadas pelos degustadores com relação ao atributo textura (descongelamento a temperatura ambiente, aproximadamente 25 °C)

Tratamentos	Tempo de armazenagem (meses)				
	0	3	6	9	12
camarão fresco	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50
FVF	8,50	7,40	7,00	6,50	6,10
FIF	8,50	7,00	6,50	5,50	5,00
FVV	8,50	8,30	8,20	8,10	7,93
FIV	8,50	7,00	6,66	6,60	5,10
FC	8,50	7,00	6,00	5,00	4,00
CCVF	8,50	7,50	7,10	6,65	6,51
CCIF	8,50	7,00	6,53	5,80	5,10
CCVV	8,50	8,43	8,40	8,33	8,27
CCIV	8,50	7,00	6,80	6,20	5,50
CCC	8,50	7,00	6,03	5,00	4,13

FVF – Filé: congelado a -170°C e armazenado a -30°C

CCVF – Camarões com cabeça: congelado a -170°C e armazenado a -30°C

FIF – Filé: congelado a -196°C e armazenado a -30°C

CCIF – Camarões com cabeça: congelado a -196°C e armazenado a -30°C

FC – Filé: congelado a -20°C e armazenado a -20°C

FVV – Filé: congelado a -170°C e armazenado a -170°C

CCVV – Camarões com cabeça: congelado e armazenado a -170°C

FIV – Filé: congelado a -196°C e armazenado a -170°C

CCIV – Camarões com cabeça: congelado a -196°C e armazenado a -170°C

CCC – Camarões com cabeça: Congelado a -20°C e armazenados a -20°C

ANEXO N

Tabela N1 – Valores das médias das amostras avaliadas pelos degustadores com relação ao atributo textura (descongelamento em banho termostatizado 35 °C)

Tratamentos	Tempo de armazenagem (meses)				
	0	3	6	9	12
camarão fresco	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50
FVF	8,50	7,30	7,00	6,40	6,00
FIF	8,50	6,80	6,50	5,30	4,50
FVV	8,50	8,23	8,06	8,00	8,00
FIV	8,50	6,80	6,55	5,90	5,00
FC	8,50	6,80	6,00	4,90	3,50
CCVF	8,50	7,40	6,96	6,48	6,20
CCIF	8,50	7,00	6,50	5,60	5,00
CCVV	8,50	8,30	8,20	8,10	8,00
CCIV	8,50	7,00	6,70	6,00	5,30
CCC	8,50	7,00	6,00	5,00	4,00

FVF – Filé: congelado a -170°C e armazenado a -30°C

CCVF – Camarões com cabeça: congelado a -170°C e armazenado a -30°C

FIF – Filé: congelado a -196°C e armazenado a -30°C

CCIF – Camarões com cabeça: congelado a -196°C e armazenado a -30°C

FC – Filé: congelado a -20°C e armazenado a -20°C

FVV – Filé: congelado a -170°C e armazenado a -170°C

CCVV – Camarões com cabeça: congelado a -170°C e armazenado a -170°C

FIV – Filé: congelado a -196°C e armazenado a -170°C

CCIV – Camarões com cabeça: congelado a -196°C e armazenado a -170°C

CCC – Camarões com cabeça: Congelado a -20°C e armazenados a -20°C

ANEXO P

Tabela P1 – Valores das médias das amostras avaliadas pelos degustadores com relação ao atributo aparência (descongelamento a temperatura ambiente, aproximadamente 25 °C)

Tratamentos	Tempo de armazenagem (meses)				
	0	3	6	9	12
camarão fresco	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50
FVF	8,50	7,40	7,20	6,50	6,00
FIF	8,50	6,86	6,06	5,50	4,65
FVV	8,50	8,50	8,40	8,40	8,40
FIV	8,50	6,46	6,23	5,53	5,00
FC	8,50	7,00	6,00	5,00	4,00
CCVF	8,50	7,40	7,00	6,50	6,00
CCIF	8,50	6,60	6,30	5,60	5,00
CCVV	8,50	8,50	8,46	8,43	8,43
CCIV	8,50	6,53	6,33	5,53	5,00
CCC	8,50	7,00	6,00	5,00	4,50

FVF – Filé: congelado a -170°C e armazenado a -30°C
CCVF – Camarões com cabeça: congelado a -170°C e armazenado a -30°C
FIF – Filé: congelado a -196°C e armazenado a -30°C
CCIF – Camarões com cabeça: congelado a -196°C e armazenado a -30°C
FC – Filé: congelado a -20°C e armazenado a -20°C

FVV – Filé: congelado a -170°C e armazenado a -170°C
CCVV – Camarões com cabeça: congelado a -170°C e armazenado a -170°C
FIV – Filé: congelado a -196°C e armazenado a -170°C
CCIV – Camarões com cabeça: congelado a -196°C e armazenado a -170°C
CCC – Camarões com cabeça: Congelado a -20°C e armazenados a -20°C

ANEXO Q

Tabela Q1 – Valores das médias das amostras avaliadas pelos degustadores com relação ao atributo aparência (descongelamento em banho termostatizado 35°C)

Tratamentos	Tempo de armazenagem (meses)				
	0	3	6	9	12
camarão fresco	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50
FVF	8,50	7,50	7,00	6,58	6,50
FIF	8,50	7,00	6,10	5,50	4,50
FVV	8,50	8,50	8,50	8,50	8,43
FIV	8,50	6,82	6,06	5,48	4,50
FC	8,50	7,00	5,90	4,90	4,00
CCVF	8,50	7,50	7,00	6,69	6,17
CCIF	8,50	7,00	6,00	4,96	4,00
CCVV	8,50	8,50	8,50	8,50	8,43
CCIV	8,50	6,46	6,33	5,46	5,00
CCC	8,50	7,00	6,00	4,90	4,00

FVF – Filé: congelado a -170°C e armazenado a -30°C

CCVF – Camarões com cabeça: congelado a -170°C e armazenado a -30°C

FIF – Filé: congelado a -196°C e armazenado a -30°C

CCIF – Camarões com cabeça: congelado a -196°C e armazenado a -30°C

FC – Filé: congelado a -20°C e armazenado a -20°C

FVV – Filé: congelado a -170°C e armazenado a -170°C

CCVV – Camarões com cabeça: congelado a -170°C e armazenado a -170°C

FIV – Filé: congelado a -196°C e armazenado a -170°C

CCIV – Camarões com cabeça: congelado a -196°C e armazenado a -170°C

CCC – Camarões com cabeça: Congelado a -20°C e armazenados a -20°C

ANEXO R

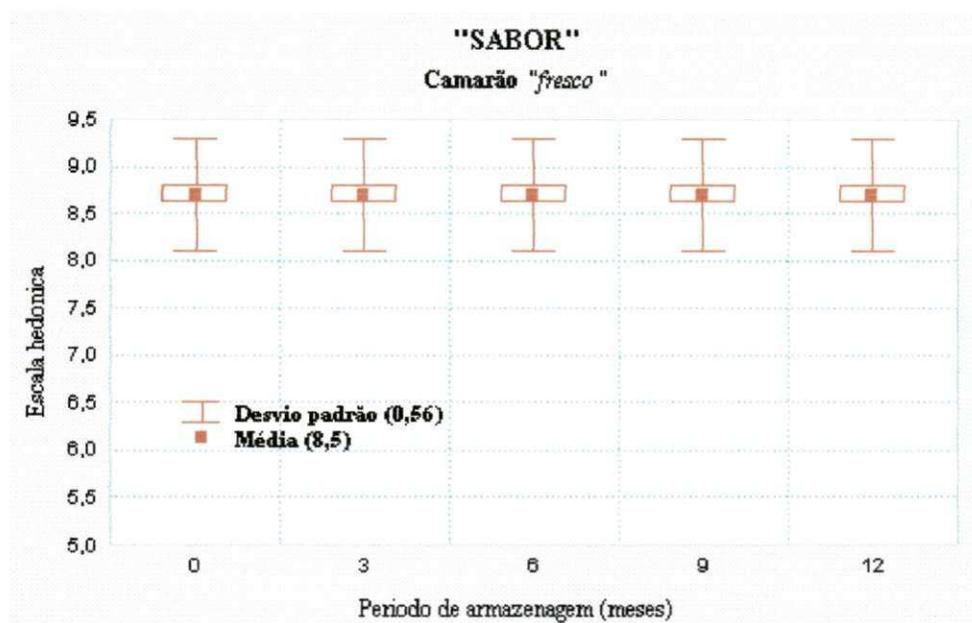


Figura R1 – Médias e desvio padrão do sabor das amostras de camarão fresco avaliadas pelos degustadores durante os 12 meses de armazenagem.

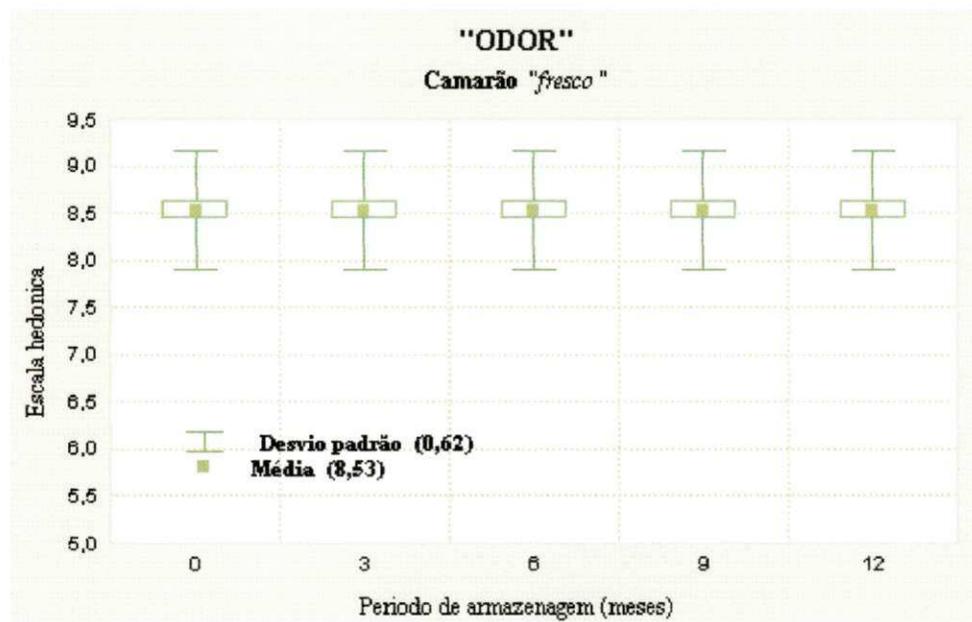


Figura R2 – Médias e desvio padrão do odor das amostras de camarão fresco avaliadas pelos degustadores durante os 12 meses de armazenagem.

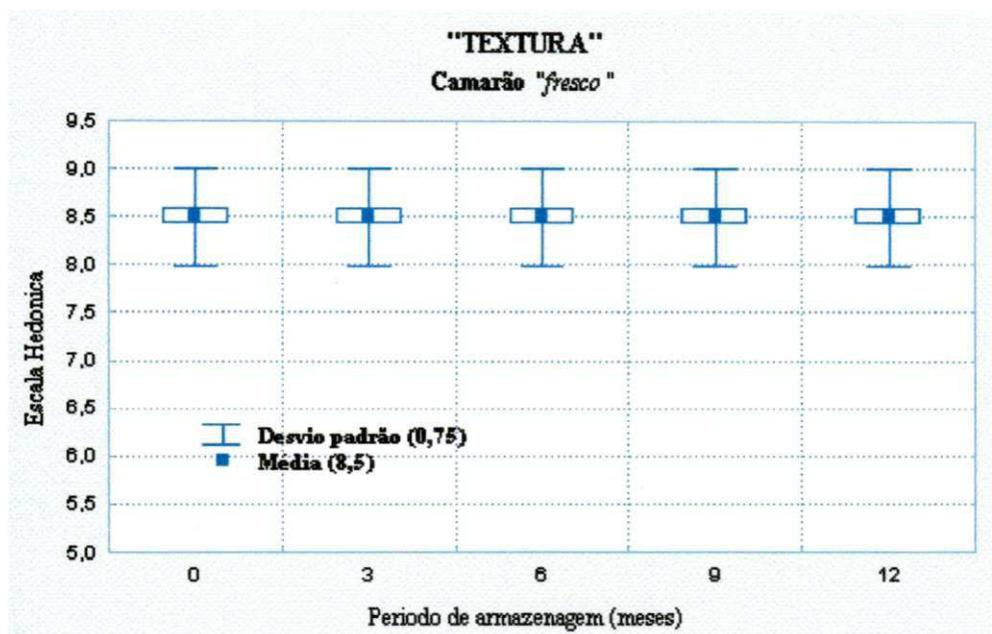


Figura R3 – Médias e desvio padrão da textura das amostras de camarão fresco avaliadas pelos degustadores durante os 12 meses de armazenagem.

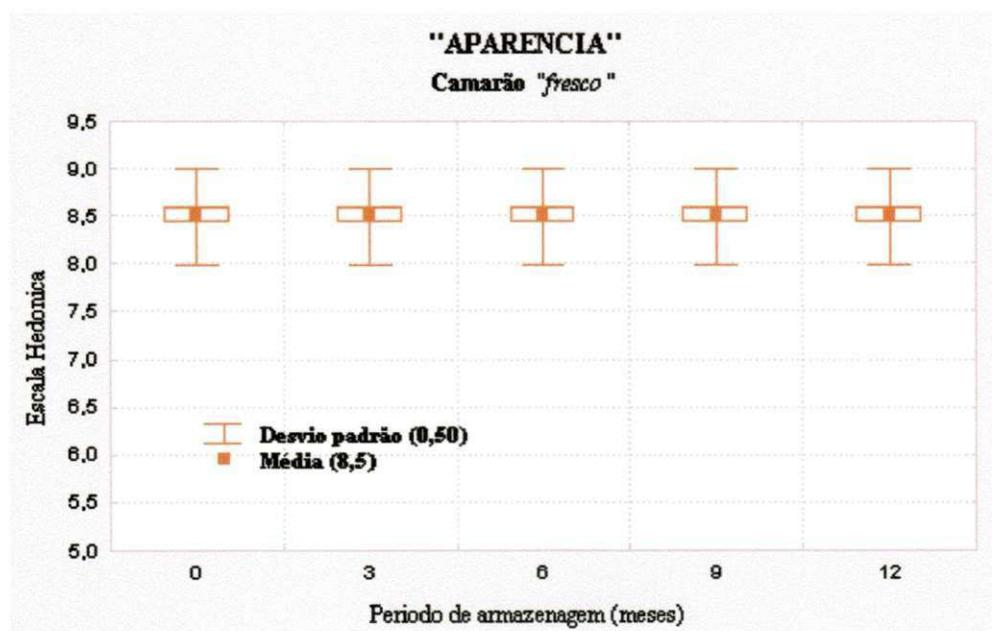


Figura R4 – Médias e desvio padrão da aparência das amostras de camarão fresco avaliadas pelos degustadores durante os 12 meses de armazenagem.