UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

ESCOLA DE QUÍMICA

THIAGO ROCHA DOS SANTOS MATHIAS

DESENVOLVIMENTO DE IOGURTE SABOR CAFÉ:

AVALIAÇÃO SENSORIAL E REOLÓGICA

Orientadores:
Profa. Dra. Eliana Flavia Camporese Sérvulo
Dr.-Ing. Itamar Cabral de Carvalho Jr.

RIO DE JANEIRO
2011

THIAGO ROCHA DOS SANTOS MATHIAS

DESENVOLVIMENTO DE IOGURTE SABOR CAFÉ: AVALIAÇÃO SENSORIAL E REOLÓGICA

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, da Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial para a obtenção do titulo de Mestre em Ciências (M. Sc.).

Orientadores:
Profa. Dra. Eliana Flavia Camporese Servulo
Dr.-Ing. Itamar Cabral de Carvalho Jr.

RIO DE JANEIRO
2011

DESENVOLVIMENTO DE IOGURTE SABOR CAFÉ:
AVALIAÇÃO SENSORIAL E REOLÓGICA

Thiago Rocha dos Santos Mathias

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química/UFRJ, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências.

Aprovado por:

Eliana Flávia Camporese Sérvulo, D. Sc. (Orientadora e presidente da banca)
Escola de Química/UFRJ.

Itamar Cabral de Carvalho Jr., Dr.-Ing. (Orientador)
ICJR Consultoria.

Selma Gomes Ferreira Leite, D. Sc.
Escola de Química/UFRJ.

Carlos Wanderlei Piler de Carvalho, Ph.D
EMBRAPA Agroindústria de Alimentos.

Kátia Gomes de Lima Araujo, D. Sc.
Faculdade de Farmácia/UFF.

Sorele Batista Fiaux, D. Sc.
Faculdade de Farmácia/UFF.

Rio de Janeiro, 14 de março de 2011.

FICHA CATALOGRÁFICA

M431d Mathias, Thiago Rocha dos Santos.

Desenvolvimento de iogurte sabor café: Avaliação Sensorial e Reológica / Thiago Rocha dos Santos Mathias. – 2011.

xxiii, 191 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, 2011.

Orientadores: Eliana Flávia Camporese Sérvulo e Itamar Cabral de Carvalho Jr.

1. Iogurte. 2. Análise Sensorial. 3. Iogurte de Café. 4. Caracterização Reológica. – Dissertação de Mestrado. I. Sérvulo, Eliana Flávia Camporese (Orient.). II. de Carvalho Jr., Itamar Cabral (Orient.). III. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Química. IV. Título.

CDD: 664.07

À minha família, pelo
incentivo. Ao meu irmão
Jeremias e minha mãe Lídia.

Dedico

“Bem aventurado o homem cuja força está em Deus, em cujo coração se encontram os caminhos aplanados, o qual passando pelo vale árido, faz dele uma manancial; de bênçãos o cobre a primeira chuva.”

Salmos 84: 5-6 / Bíblia

AGRADECIMENTOS

- Em primeiro lugar agradeço a Deus, porque dele, por ele e para ele são TODAS as coisas.

- Agradeço à minha mãe Lídia e meu irmão Jeremias pelo apoio incondicional e por fazerem imprescindível parte da formação do meu caráter.

- Agradeço à professora Eliana Flávia, por ser quem é e por me ensinar não apenas sobre a profissão, mas, principalmente, sobre a vida. Por todos os anos de trabalho, amor, dedicação, amor à profissão, exemplo de profissionalismo e caráter.

- Agradeço aos orientadores, Profª Eliana Flávia e Dr-ing Itamar, pelo apoio e incentivo ao trabalho.

- Ao Dr. Carlos Wanderlei Piler de Carvalho, por auxiliar e ceder espaço em seu laboratório para execução de experimentos.

- Ao Dr. Edmar Penha por me auxiliar e me emprestar equipamentos para realização de experimentos.

- Agradeço às equipes dos Laboratórios E-107 (Escola de Química/UFRJ) e LabCBrom (Farmácia/UFRJ) que em todo o tempo estiveram dispostos e disponíveis a ceder todo o tipo de ajuda necessária, além de fazerem deste tempo um convívio maravilhoso.

- Agradeço à Kelita, que me ajudou bastante a trabalhar com o Reômetro, além do excelente convívio.

- Aos colegas, funcionários e pesquisadores do Laboratório de Reologia (EMBRAPA) pela ajuda, conselhos e bons momentos de diversão.

- Agradeço a todos da minha família, que de alguma forma contribuíram para que esta meta fosse atingida. Ao meu avô Estevão (*in memorian*), minha avó Ezér e minha tia Cássia, por todo o apoio ao longo de toda minha vida acadêmica. À minha prima Raquel pelo grande carinho e ao meu primo Hugo, pelas boas conversas. E a todos os demais que acompanharam de perto este percurso.

- Aos meus amigos professores do PVS por me ouvirem desabafar, me darem conselhos e pelas ótimas gargalhadas que fizeram o meu ano ser muito mais engraçado.

- Aos meus amigos de Vitória/ES, da família Cardoso, por serem "brothers" do peito e pela força ao longo do trabalho.

- Agradeço a todos os meus amigos e colegas de faculdade, pela amizade que ainda continua, pelas diversões que passamos juntos. Simplesmente por serem as pessoas divertidas e engraçadas que são, tornando minha vida mais feliz. E a TODOS, sem exceção, meus amigos 'JJ', que fazem parte dessa história.

- Aos professores do Curso de Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos (EQ/UFRJ), pela contribuição para minha formação profissional.

- Ao CNPq, pelo apoio financeiro.

DESENVOLVIMENTO DE IOGURTE SABOR CAFÉ:

AVALIAÇÃO SENSORIAL E REOLÓGICA

Resumo da Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos – Escola de Química/UFRJ.

Thiago Rocha dos Santos Mathias

Março, 2011

Orientadores: Eliana Flávia Camporese Sérvulo, D.Sc.

Itamar Cabral de Carvalho Jr., Dr.-Ing.

Iogurte é um alimento funcional que apresenta grande demanda devido à busca por uma vida mais saudável. Este trabalho apresenta a tecnologia de produção de iogurte sabor café, como nova opção, visando a ampliação do mercado consumidor deste produto. Preliminarmente, a viabilidade do estudo foi determinada através de testes sensoriais de laboratório, que indicaram a aceitabilidade inicial do iogurte sabor café. Em seguida, as concentrações ideais de café e espessante (gelatina) foram definidas por planejamento fatorial de dois níveis e dois fatores e Análise Descritiva Quantitativa, com equipe de provadores selecionados e treinados. Os resultados foram analisados estatisticamente através de Análise de Variância ao nível de 5% de significância. Depois de definida a melhor formulação, a fermentação do iogurte foi monitorada e o produto final submetido à avaliação nutricional, microbiológica e reológica, e à análise sensorial de aceitabilidade. O processo fermentativo foi acompanhado pela determinação dos valores de pH e da acidez em ácido láctico. O iogurte de café foi avaliado nutricionalmente pela análise dos teores de gordura, cinzas, proteínas, açúcares redutores e carboidratos totais. As análises microbiológicas quantificaram as células viáveis de *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus* pela técnica do número mais provável. Estas análises foram realizadas ao longo de 30 dias de estocagem sob refrigeração para monitoramento da qualidade do produto e pós-acidificação. A consistência e viscosidade, uns dos principais fatores envolvidos na qualidade do produto e sua aceitação, foram estudadas pela adição de espessante (gelatina) ao iogurte sabor café e sua comparação com

as características reológicas de iogurtes comerciais, em cujas formulações constam diferentes espessantes. Foram obtidas as curvas de fluxo e viscosidade, para taxa de cisalhamento ascendente e descendente, e realizados testes de tixotropia, em reômetro rotacional. No teste de aceitabilidade, 120 consumidores não treinados indicaram sua aceitação e intenção de compra. O produto obteve boa aceitação nos testes de laboratório, totalizando cerca de 90% de respostas positivas. Resultados do teste descritivo indicaram diferença significativa em função das concentrações de café e de espessante ($p<0,05$). Todos os resultados obtidos nas análises de composição centesimal e microbiológicas se enquadraram nos limites da legislação vigente. Durante o tempo de prateleira, foi observado um aumento da acidez em ácido láctico, indicando a atividade continuada das culturas microbianas. Todas as amostras de iogurte apresentaram comportamento não-newtoniano, pseudoplástico e tixotrópico. O uso da gelatina como espessante apresentou caráter protetor, reduzindo a quebra estrutural. A análise estatística do teste afetivo apontou não ser o sexo ou a idade relevantes na aceitação do produto ($p>0,05$). A melhor formulação indicada pelo teste descritivo teve boa aceitação geral, de aproximadamente 70%, no teste afetivo.

Palavras-chave: Iogurte, Análise Sensorial, Caracterização Reológica,

Composição Centesimal, Espessante.

DEVELOPMENT OF COFFEE-FLAVORED YOGURT COFFEE: SENSORY AND RHEOLOGICAL EVALUATION

Abstract of the Master's Dissertation presented to the graduate program on Chemical and Biochemical Process Technology of the School of Chemistry of Federal University of Rio de Janeiro – Brazil.

Thiago Rocha dos Santos Mathias

March, 2011

Advisors: Eliana Flávia Camporese Sérvulo, D.Sc.

Itamar Cabral de Carvalho Jr., Dr.-Ing.

Yogurt is a functional food that has great demand due to the search for a healthier life. This paper presents the technology of production of coffee-flavored yogurt, as a new option, aiming to expand the consumer market of this product. Preliminarily, the feasibility of the study was verified through laboratory sensory test, that was determined the initial acceptability of the coffee-flavored yogurt. Then, the optimal concentrations of coffee and thickener (gelatin) were defined by factorial design of two levels and two factors and Quantitative Descriptive Analysis, with panelists selected and trained. The results were statistically analyzed by Analysis of Variance at 5% level of significance. After defining the best formulation, the fermentation was monitored and the final product was submitted to nutritional, microbiological and rheological evaluation, and to acceptability sensory analysis. The fermentation process was monitored by determining pH and acidity values. The product was nutritionally evaluated by analysis of fat, ash, protein, carbohydrates and reducing sugars. Microbiological analysis quantified the viable cells of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus* by most probable number technique. These tests were conducted over 30 days of storage under refrigeration for monitoring quality and post-acidification of the product. The consistency and viscosity of yogurt, that are some of the major factors involved in product quality and acceptance, was studied by thickener addition (gelatin) to the coffee-flavored yogurt and compared to the rheological characteristics of commercial yogurts whose formulation consisted of different thickeners. It was obtained the flow and viscosity curves, at ascendent and descendent shear rate, and carried out thixotropy tests, by rotational rheometer. In the test of acceptability, 120

untrained consumers indicated their acceptance and purchase intent. The product was well accepted in laboratory test, with about 90% of positive responses. Descriptive test results indicated significant differences in the concentrations of coffee and thickening ($p < 0.05$). All results from chemical and microbiological analysis were fit within the limits of current legislation. During storage, there was an increase in acidity, indicating the continued activity of microbial cultures. All yogurt samples exhibited non-Newtonian, pseudoplastic and thixotropic behavior. The use of gelatin as a thickener showed shield character, reducing the structural break. Statistical analysis of the affective test showed that sex or age weren't relevant in product acceptance ($p > 0.05$). The best formulation indicated by the descriptive test was well accepted, approximately 70% in the affective test.

LISTA DE ABREVIATURAS

$\dot{\gamma}$	Taxa de cisalhamento
τ	Tensão de cisalhamento
τ_0	Tensão limite de escoamento
η	Viscosidade aparente
μ	Viscosidade newtoniana
% (m/m)	Porcentagem massa/massa
% (m/v)	Porcentagem massa/volume
ADQ	Análise Descritiva Quantitativa
ANOVA	Análise de Variância
EPS	Exopolissacarídeos
g	Grama
GL	Grau de liberdade
h	Horas
Kcal	Quilo-caloria
Kg	Quilograma
L	Litro
mg	Miligrama
mL	Mililitro
mm	milímetro
MPa	Mega Pascal
mPa.s	Milipascal.segundo
MQ	Média dos quadrados
NMP	Número mais provável

ºC	Grau Celsius
Pa	Pascal
RPM	Rotações por minuto
s	segundo
SQ	Soma dos quadrados
UFC	Unidade formadora de colônia
UHT	*Ultra high temperature*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Visualização microscópica de células das bactérias lácticas. 36

Figura 2: Curva de desenvolvimento simbiótico das culturas lácticas durante o processo fermentativo de produção de iogurte..... 38

Figura 3: Diagrama de blocos representativo da produção de iogurte. 39

Figura 4: Hidrólise da lactose 49

Figura 5: Via de Leloir..... 49

Figura 6: Via glicolítica de degradação da lactose 50

Figura 7: Representação da coagulação da caseína por ação do ácido lático. 51

Figura 8: Escalas Sensoriais. (a) Não estruturada de linha; (b) Estruturada. ... 71

Figura 9: Esquema gráfico da análise seqüencial. 78

Figura 10: Esquema representativo da deformação de um elemento de fluido sob aplicação de tensões. 88

Figura 11: Fluxo entre duas placas paralelas. 90

Figura 12: Representação esquemática das classificações dos fluidos 99

Figura 13: Curvas de fluxo dos diferentes fluidos. 99

Figura 14: Diagrama de blocos do processo realizado no laboratório para a produção do iogurte. 105

Figura 15: Amostras de iogurte em copos descartáveis para testes sensoriais 108

Figura 16: Iogurte fermentado em frascos de 200 mL. 109

Figura 17: Iogurte fermentado em iogurteira comercial. 110

Figura 18: Ficha de seleção de provadores..... 114

Figura 19: Análise Seqüencial. 115

Figura 20: Ficha do teste de Comparação Pareada. 116

Figura 21: Ficha do Teste Triangular. 117

Figura 22: Ficha do teste duo-trio. 117

Figura 23: Iogurte fermentado em copos plásticos em estufa incubadora..... 119

Figura 24: Ficha da Análise Descritiva Quantitativa. 120

Figura 25: Aparato de fermentação. 121

Figura 26: Frascos de polietileno. 122

Figura 27: Reômetro Thermo Haake MARS 126

Figura 28: Ficha do Teste de Aceitabilidade..... 130

Figura 29: Gráfico aranha 139

Figura 30: Perfil de evolução do pH e acidez do leite durante a fermentação. 140

Figura 31: Concentração celular no iogurte sabor café ao longo do tempo de estocagem. 149

Figura 32: Curvas de fluxo e de viscosidade da amostra ICCE (Iogurte de café com espessante gelatina – 6 g/L). 151

Figura 33: Curvas de fluxo e de viscosidade da amostra ICSE (Iogurte de café sem espessante). 151

Figura 34: Curvas de fluxo e de viscosidade da amostra IC1 (Goma alfarroba como espessante). 152

Figura 35: Curvas de fluxo e de viscosidade da amostra IC2 (Goma xantana e goma guar como espessantes). 152

Figura 36: Curvas de fluxo e de viscosidade da amostra IC3 (Carboximetilcelulose, goma carragena e goma xantana)..... 153

Figura 37: Curva de viscosidade *versus* tempo dos testes de tixotropia das amostras de iogurte. 162

Figura 38: Efeito da temperatura sobre a viscosidade das diferentes amostras de iogurte..... 165

Figura 39: Resultados do Teste de Aceitabilidade com provadores não treinados..... 166

Figura 40: Resultados do teste de intenção de compra..... 168

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores nutricionais do leite e do iogurte 54

Tabela 2: Tipos de Escalas 69

Tabela 3: Modelo de Ostwald-de-Waele 94

Tabela 4: Modelo de Bingham 95

Tabela 5: Modelo de Herschel-Bulkley 96

Tabela 6: Modelo de Casson 100

Tabela 7: Modelo de Arrhenius 101

Tabela 8: Formulação básica empregada para o preparo do iogurte 104

Tabela 9: Formulações de iogurte sabor café para o Teste de Laboratório 109

Tabela 10: Matriz do planejamento experimental 112

Tabela 11: Modelos reológicos 128

Tabela 12: Aceitação das amostras de iogurte sabor café no Teste de Laboratório 131

Tabela 13: Concentrações limites de café e espessante definidas pelo teste de laboratório 132

Tabela 14: Formulações de iogurte sabor café 134

Tabela 15: Tratamento das amostras do ponto central 136

Tabela 16: Resumo estatístico da ADQ® 136

Tabela 17: ANOVA da ADQ® 138

Tabela 18: Composição centesimal do iogurte sabor café 144

Tabela 19: Valores do pH e acidez do iogurte ao longo do tempo de estocagem 147

Tabela 20: Histerese das amostras de iogurte. 155

Tabela 21: Valores de r para os modelos ajustados às curvas de fluxo 156

Tabela 22: valores de r para os modelos ajustados às curvas de viscosidade 157

Tabela 23: ANOVA dos coeficientes de regressão para as curvas de fluxo. 158

Tabela 24: ANOVA dos coeficientes de regressão para as curvas de viscosidade. 158

Tabela 25: Parâmetros do modelo de Herschel-Bulkley para as amostras de iogurte 159

Tabela 26: Parâmetros do modelo de Weltman para os testes de tixotropia 163

Tabela 27: Parâmetros da equação de Arrhenius calculados para as diferentes amostras de iogurte 165

Tabela 28: Resumo estatístico da análise por sexo e idade 167

Tabela 29: Análise de resultados do teste de aceitabilidade por sexo e idade 168

Tabela 30: ANOVA do teste de aceitabilidade analisado por sexo e idade 168

Tabela 31: Resumo estatístico da análise por sexo e idade 169

Tabela 32: Resultados das medias da intenção de compra por sexo e idade 170

Tabela 33: ANOVA do teste de intenção de compra quando analisado por sexo e idade 170

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Curva superior do gráfico de análise sequencial 78

Equação 2: Curva inferior do gráfico de análise sequencial 78

Equação 3: Tensão 87

Equação 4 Equação 5: Deformação 88

Equação 5: Deformação de cisalhamento 89

Equação 6: Taxa de cisalhamento 89

Equação 7: Modelo de Newton 92

Equação 8: Viscosidade aparente 92

Equação 9: Modelo de Ostwald-de-Waele para a viscosidade 94

Equação 10: Modelo de Ostwald-de-Waele para a tensão 94

Equação 11: Modelo de Bingham para a viscosidade 95

Equação 12: Modelo de Bingham para a tensão 95

Equação 13: Modelo de Herschel-Bulkley para a viscosidade 96

Equação 14: Modelo de Herschel-Bulkley para a tensão 96

Equação 15: Modelo de Weltman 97

Equação 16: Modelo de Casson para a viscosidade 100

Equação 17: Modelo de Casson para a tensão 100

Equação 18: Modelo de Arrhenius 101

Equação 19: Modelo linearizado de Arrhenius 101

Equação 20: Equação de Qui-quadrado 111

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO 24

2. JUSTIFICATIVA E OBJETIVO 25

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 28

3.1 Iogurte 28
3.1.1 Breve Histórico 28
3.1.2 Definição 30
3.1.3 Tipos de Iogurte 31
3.1.4 Culturas Lácticas (Cultura *starter*) 33
3.1.5 Fabricação do Iogurte 38
3.1.5.1 Matéria-prima 40
3.1.5.2 Padronização do teor de gordura e fortificação 41
3.1.5.3 Homogeneização 44
3.1.5.4 Tratamento térmico do leite 45
3.1.5.5 Preparo do inóculo e Fermentação 48
3.1.5.6 Resfriamento 51
3.1.5.7 Adição de frutas ou aromatizantes 52
3.1.5.8 Embalagem, Armazenamento, Transporte e Pós-acidificação 52
3.1.6 Composição do iogurte e benefícios para saúde 53
3.1.7 Mercado 56

3.2 Café 58
3.2.1 Características sensoriais do café 59
3.2.2 Tipos de café (CAFÉ DAMASCO, 2009). 59
3.2.3 Café solúvel 60
3.2.4 Composição do café e benefícios para a saúde 61

3.3 Análise Sensorial 63
3.3.1 Aplicações 65
3.3.2 Atributos Sensoriais 67
3.3.3 Fatores que influenciam a análise sensorial 67
3.3.4 Escalas 68
3.3.5 Métodos de análise 71
3.3.6 Análise estatística dos resultados 79
3.3.6.1 Planejamento Experimental 80

3.4 Reologia 85
3.4.1 Definições e propriedades reológicas 86
3.4.2 Escoamento de fluidos 89

3.4.3 Classificação reológica dos fluidos e modelos reológicos 90
3.4.3.1 Fluidos Newtonianos: 91
3.4.3.2 Fluidos Não-newtonianos: 92
3.4.4 Efeito da temperatura 100
3.4.5 Reologia do iogurte 101

4. MATERIAIS E MÉTODOS 103

4.1 Matérias-primas 103

4.2 Culturas lácticas 103

4.3 Preparo do iogurte 104
4.3.1 Formulação Básica 104
4.3.2 Processo 105

4.4 Análise Sensorial 107
4.4.1 Teste Sensorial de Laboratório 108
4.4.2 Análise sensorial descritiva 110
4.4.2.1 Planejamento Experimental 112
4.4.2.2 Seleção e treinamento de provadores 113
4.4.2.3 Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) 118

4.5 Produção do iogurte sabor café 121

4.6 Caracterização e pós-acidificação do iogurte produzido 122
4.6.1 Caracterização físico-química, composição centesimal e pós-acidificação 123
4.6.2 Caracterização microbiológica 124

4.7 Caracterização reológica 125

4.8 Análise sensorial de aceitabilidade 129

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 131

5.1 Análise Sensorial 131
5.1.1 Teste sensorial de laboratório 131
5.1.2 Análise sensorial descritiva 133
5.1.2.1 Planejamento experimental 134
5.1.2.2 Seleção e treinamento de provadores 134
5.1.2.3 Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) 135

5.2 Monitoramento da fermentação 140

5.3 Caracterização do produto obtido e pós-acidificação 143

5.3.2 Caracterização microbiológica 149

5.4 Caracterização reológica 150

5.5 Análise sensorial de aceitabilidade 166

6. CONCLUSÕES 171

7. SUGESTÕES 1732

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....173

ANEXO I 190

ANEXO II 191

1. INTRODUÇÃO

A busca por uma alimentação mais saudável vem se tornando cada vez mais freqüente em todo o mundo por pessoas preocupadas com a saúde e bem-estar pessoal. Neste contexto, despontam os alimentos denominados funcionais, dentre os quais se pode destacar o iogurte.

Os alimentos funcionais, além de suas funções nutricionais básicas, demonstram diversos benefícios fisiológicos e/ou reduzem o risco de doenças crônicas (SMIT, 2003). Seu consumo regular pode potencialmente reduzir as chances de ocorrência de certos cânceres, doenças do coração, osteoporose, disfunções intestinais e muitos outros problemas de saúde (BRANDÃO, 2002).

Há uma grande variedade de produtos que atendem a esta proposta, sendo a indústria de laticínios de papel fundamental neste mercado (GONÇALVES & EBERLE, 2008), produzindo a maior parte dos alimentos funcionais existentes no mercado (SMIT, 2003). O iogurte, obtido a partir da fermentação do leite por ação simbiótica dos micro-organismos lácticos tradicionais, *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus* (BRASIL, 2000), é um alimento rico em cálcio, proteínas, ácido fólico, vitaminas A e do complexo B, e sais minerais, cujo consumo traz diversos benefícios para a saúde, como: maior digestibilidade de proteínas e açúcar em relação ao leite; estímulo dos movimentos peristálticos devido à presença de ácido láctico, facilitando a digestão; colonização do trato gastrointestinal por micro-organismos benéficos; desenvolvimento e manutenção do sistema de sustentação; estímulo do sistema imunológico e da produção de hormônios e enzimas; etc. (CHANDAN et al., 2006).

O café é um produto consumido diariamente no mundo por todas as classes sociais; desde o século XIX a importância da cafeicultura para o desenvolvimento econômico do Brasil é indiscutível (MONTEIRO et. al, 2005). Atualmente o Brasil é o maior produtor mundial de café e o segundo mercado consumidor, atrás somente dos Estados Unidos (ABIC, 2009). Entre as bebidas com funções farmacológicas mais consumidas no mundo, o café possui diversos benefícios à saúde humana, como intensificação da captação de glicose (efeito hipoglicemiante); ação antagonista opióide (efeito anti-alcoolismo); benefícios para o coração; efeito antidepressivo; estimulo do aprendizado; auxilio a dietas de emagrecimento; redução do colesterol; diminuição do risco do Mal de Parkinson; ação antioxidante; e prevenção de alguns tipos de câncer (MURIEL e ARAUZ, 2010; LEPELLEY et al., 2007; CHOU e BENOWITZ, 2003; SAKAMOTO et al., 2001).

2. JUSTIFICATIVA E OBJETIVO

O iogurte sabor café é uma opção para as pessoas que gostam de iogurte e também de café; esse produto objetiva aumentar o consumo de iogurte, especialmente entre o público adulto e também aumentar o consumo de café entre o público mais jovem, ou seja, a combinação entre o iogurte e café visa ampliar a faixa etária de consumo de ambos os produtos. O produto tem potencial de aliar os benefícios destas duas bebidas à saúde humana.

O Brasil é o maior produtor mundial de café e o segundo maior mercado, sendo, portanto, um local ideal para o presente estudo.

Este trabalho apresenta a produção de iogurte sabor café como nova opção para o mercado consumidor e sua avaliação microbiológica, nutricional, reológica e sensorial.

Objetivo Geral:

Elaborar iogurte tradicional sabor café como nova opção de sabor com potencial de ampliar o mercado consumidor e estimular o consumo regular do produto por consumidores de diferentes faixas etárias.

Objetivos Específicos:

O trabalho foi dividido em duas etapas experimentais. Na primeira, foi dada ênfase à aceitação inicial do produto, viabilidade do estudo e formulação do iogurte. Na etapa seguinte, a melhor formulação foi fermentada em maior escala para obtenção do iogurte, que foi submetido à testes de controle de qualidade. Os objetivos específicos para cada uma das etapas experimentais foram:

1ª Etapa

- Avaliar, por teste sensorial de laboratório, a viabilidade inicial do estudo.
- Selecionar e treinar provadores para testes sensoriais descritivos.

- Avaliar o produto e definir as concentrações de café e espessante através de planejamento experimental e Análise Descritiva Quantitativa (ADQ).

2ª Etapa

- Monitorar a fermentação do iogurte de melhor formulação, delineando os perfis de evolução da acidez e do pH.
- Determinar a composição centesimal e características físico-químicas do iogurte produzido através das análises de teor de umidade, proteínas, gordura, cinzas, açúcares redutores, carboidratos totais, acidez (expressa em ácido láctico) e valores de pH.
- Monitorar a qualidade do produto através de análises físico-químicas, de composição centesimal e microbiológicas ao longo de 28 dias de estocagem sob refrigeração.
- Caracterizar o comportamento reológico do iogurte sabor café com e sem a adição de espessante e compará-los à três marcas de iogurte comerciais.
- Avaliar a aceitação e intenção de compra do produto por teste sensorial de Aceitabilidade.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Iogurte

3.1.1 Breve Histórico

Acredita-se que o iogurte seja o mais antigo produto obtido a partir da fermentação do leite, já que existem registros desde 10.000 A.C. Com origem em regiões de clima quente do continente asiático, o iogurte foi descoberto acidentalmente pela fermentação espontânea do leite pela atividade de micro-organismos, principalmente bactérias lácticas, nele naturalmente presentes (TAMIME, 2006).

Na antiguidade, o povo atravessava o deserto em animais, como cavalos ou camelos, carregando alimentos, como por exemplo, o leite, em recipientes ou bolsas de pele sem as devidas condições de higiene. As temperaturas elevadas favoreciam a atividade de micro-organismos, dentre os quais as bactérias lácticas, cujo metabolismo promove a coagulação do leite (WALSTRA, WOUTERS e GEURTS, 2006; SILVA, 1985).

O leite já fermentado era apreciado pelo sabor ácido e aroma diferenciado, porém agradáveis. Diversos benefícios foram sendo atribuídos à acidificação do leite, como maior tempo de conservação e fácil digestibilidade (TAMIME, 2006; TEIXEIRA et al., 2000; TAMIME e ROBINSON, 2000) e, posteriormente, foram sendo conhecidos seus valores nutricionais e terapêuticos para a saúde humana (FARNWORTH, 2008). Com maior controle do processo, como tratamento do leite, uso de recipientes higienizados e

mistura de leite fermentado com leite *in natura*, deu-se o primeiro passo para os processos fermentativos lácticos (WALSTRA, WOUTERS e GEURTS, 2006), que se espalharam pelo mundo em diferentes épocas (TAMIME e ROBINSON, 2000).

Os primeiros iogurtes para comercialização foram produzidos entre 1920 e 1940, na França e Estados Unidos. Após a II Guerra Mundial, os leites fermentados passaram a ser produzidos em escala industrial, conquistando grande parte da população ao redor do mundo (LERAYER e SALVA, 1997), principalmente a partir da inserção de variados sabores aos produtos (TAMIME, 2006). Desde então, a maioria dos iogurtes tem sido produzida em condições controladas e com culturas microbianas específicas em vários países. Com o avanço técnico-científico, a produção industrial se intensificou e melhorias de processo, como a seleção de culturas puras de bactérias láticas e a construção de reatores especificamente para a fermentação e tratamento térmico do leite, foram responsáveis por aumentar a qualidade do produto (TAMIME, 2006).

A fermentação pode ser realizada por diferentes métodos, resultando em diferentes produtos, dentre os quais o iogurte é o mais conhecido e consumido. O iogurte pode apresentar variação de composição, sabor, aroma e textura em função da natureza dos micro-organismos, do tipo de leite e do processo de fermentação empregado para a sua fabricação (DEETH E TAMIME, 1981).

Segundo Tamime (2006), um amplo espectro de micro-organismos tem sido utilizado pela indústria de alimentos, tendo como principais objetivos aumentar o tempo de vida de produtos através da fermentação, melhorar as

percepções sensoriais e propriedades reológicas dos produtos, e contribuir para as propriedades dietéticas, nutraceuticas e funcionais.

3.1.2 Definição

Por definição, leite fermentado é o produto obtido a partir da atividade fermentativa de bactérias lácticas sobre, principalmente, a lactose e as proteínas do leite *in natura*, que pode ser adicionado ou não de frutas, açúcar ou outros ingredientes (BRANDÃO, 1995). Segundo FARNWORTH (2008), a fermentação é a transformação de matérias-primas em diferentes produtos, com valor agregado, através do metabolismo de micro-organismos sobre os diferentes substratos.

Em geral, os leites fermentados podem ser classificados em diferentes tipos, a depender da faixa de temperatura de fermentação, mesofilia (20 a 30ºC) ou termofilia (37 a 45ºC), sendo esta última a faixa na qual se dá a produção de iogurte (WALSTRA, WOUTERS e GEURTS, 2006).

Em termos legais, conforme os Padrões de Identidade e Qualidade definidos pela resolução nº5 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, entende-se por Iogurte o produto resultante da fermentação do leite pasteurizado ou esterilizado, cuja fermentação se realiza com cultivos protosimbióticos de *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus e Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* (BRASIL, 2000).

3.1.3 Tipos de Iogurte

Atualmente, existem iogurtes dos mais variados tipos no mercado, que se diferenciam quanto ao sabor, aroma, consistência, ingredientes, valor calórico, teor de gordura, processo de fabricação e de pós-incubação (RASIC E KURMANN, 1978).

Com base na textura, os iogurtes podem ser classificados como (BRANDÃO, 1995; TAMIME e DEETH, 1980):

- **Iogurte sólido tradicional** *(set yogurt)*: Quando o processo de fermentação ocorre dentro da própria embalagem de venda (potes), sem sofrer homogeneização. Este tipo de iogurte consiste de uma massa contínua semi-sólida, firme e de razoável consistência.
- **Iogurte batido** *(stirred yogurt)*: Quando o processo de fermentação ocorre em biorreatores e, antes do envase, o produto é agitado para promover a quebra do coágulo.

Tamime (2006) propõe uma classificação mais moderna, de forma que os iogurtes sólido e batido são chamados de viscosos e líquidos, respectivamente; e propõe o termo sólido para iogurte tipo *frozen* (iogurte gelado) e o termo *powder* para iogurte em pó (desidratado).

Ainda no quesito textura, o iogurte pode ser classificado com base na sua viscosidade (BONATO, HOSHINO e HELENO, 2006), como de:

- **Baixa viscosidade**: escorre facilmente do copo;
- **Alta viscosidade**: escoa com dificuldade do copo;
- **Gelificado**: não escorre do copo.

As propriedades físicas, como consistência e viscosidade do coágulo, são de grande importância, na aceitação e qualidade do produto final. Quanto maior o conteúdo em sólidos ne mistura de leite e ingredientes, maior será a consistência do iogurte. Essas propriedades serão vistas com mais detalhes na revisão sobre reologia (Item 3.4).

Quanto ao aroma e sabor, o iogurte pode ser classificado como (SALADO e ANDRADE, 1989):

- **Natural***:* de sabor ácido acentuado, é elaborado apenas com leite, leite em pó e micro-organismos.
- **Aromatizado**: adicionado de essências, corantes, açúcar e/ou agentes adoçantes.
- **De frutas**: adicionado de polpa ou frutas em pedaços, ou geléias de frutas.

O iogurte pode ser ainda classificado quanto ao teor de gordura, segundo a legislação vigente no Brasil (BRASIL, 2000), da seguinte maneira:

Integral: > 3,0% gordura

Médio teor: 2,0% < gordura < 3,5%

Baixo teor*:* 0,5% < gordura < 2,0%

Desnatado: < 0,5% gordura

Apesar dos inúmeros tipos de iogurte e leites fermentados existentes, Tamime e Robinson (2000) afirmam que a essência do processo é a mesma, com maiores variações quanto ao tipo de leite utilizado e a espécie microbiana predominante na fermentação.

3.1.4 Culturas Lácticas (Cultura *starter*)

A escolha da cultura *starter* é um fator de grande importância para a fabricação de iogurte (CHANDAN et al., 2006). Sendo responsável pela fermentação, a cultura *starter* deve apresentar características, como pureza; crescimento vigoroso; produção de coágulo consistente; facilidade de conservação; ser resistente a bacteriófagos, a penicilina e a outros antibióticos; e produzir iogurte com aroma e sabor agradáveis (BONATO, HOSHINO e HELENO, 2006).

O desempenho da cultura *starter* pode ser afetado por diversos fatores, que podem ser intrínsecos ou extrínsecos. Dentre os fatores intrínsecos estão as características genéticas, que se relacionam com reações enzimáticas

essenciais ao metabolismo celular e à produção de exopolissacarídeos (EPS). Como fatores extrínsecos, podem ser citadas as condições ambientais que influenciam o estado fisiológico da cultura (CHANDAN et al, 2006).

As bactérias ácido-lácticas têm sido o principal grupo de micro-organismos empregados na indústria de leites fermentados. Este grupo compreende micro-organismos que podem apresentar diferentes características. Quanto à fisiologia, podem ser mesofílicos (com atividade metabólica ótima entre 20 e 30ºC) ou termofílicos (com atividade metabólica ótima entre 37 e 45ºC); quanto à morfologia, podem possuir a forma de cocos ou bastonetes (TAMIME, 2006); quanto aos produtos de fermentação, podem ser homofermentativos (um porduto principal e demais subprodutos) ou heterofermentativos (produtos variados) (WALSTRA, WOUTERS e GEURTS, 2006). Em geral, estes micro-organismos toleram ambientes ácidos com valores de pH entre 4,0 e 4,5 (BEHMER, 1999).

Iogurtes comerciais são amplamente produzidos pela utilização de uma cultura láctica mista de *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* (TAMIME e ROBINSON, 2000) que, por conveniência, em geral, são referendados por S*treptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus*, respectivamente (CHANDAN et al., 2006).

Desde 1980 a classificação taxonômica dos *Streptococcus thermophilus e Streptococcus salivarius* vem sofrendo modificações em virtude das espécies apresentarem características morfológicas e fisiológicas muito semelhantes. A classificação mais atualizada definiu que os *Streptococcus thermophilus* são subespécies de *Streptococcus salivarius, s*endo denotados por *Streptococcus*

salivarius ssp. *thermophilus*, apesar de ainda ser considerada a denominação S*treptococcus thermophilus* (TAMIME e ROBINSON, 2000).

Caso semelhante ocorreu na classificação dos lactobacilos, uma vez que as espécies *Lactobacillus delbrueckii, Lactobacillus lactis* e *Lactobacillus bulgaricus* apresentam grande semelhança fenotípica e genotípica. Pela nova classificação, foram definidas duas subespécies para a espécie *Lactobacillus delbrueckii*: *L. delbrueckii* ssp. *lactis* e *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* (TAMIME e ROBINSON, 2000).

Além destas bactérias lácticas denominadas tradicionais, eventualmente, outros micro-organismos podem ser empregados para a produção de leites fermentados e iogurtes, dentre os quais os *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *lactis* e os probióticos *Lactobacillus acidophilus, Lactobacillus casei* e *Bifidobacterium* (TAMIME, 2006).

As principais características das culturas lácticas mais freqüentemente utilizadas são (CHANDAN et al, 2006; SALMINEN, WRIGHT e OUWEHAND, 2004; TAMIME e ROBINSON, 2000; BEHMER, 1999; BOUDIER, 1985):

Streptococcus thermophilus: É a única espécie do gênero utilizada como inóculo para a produção de iogurte. São bactérias na forma de cocos em cadeia, Gram positivas, anaeróbias facultativas, homofermentativas, produzindo principalmente ácido láctico e, em menor quantidade, diacetil, acetaldeído, ácido fórmico e acido pirúvico, a partir da lactose. Algumas cepas são capazes de produzir EPS. São micro-organismos termofílicos e crescem com maior rapidez em temperaturas entre 37 e 45ºC, com ótimo em 38ºC. A maior velocidade de crescimento se dá em

pH 6,8, produzindo ácido láctico em pequenas quantidades (acidez 0,7 – 0,8%), gerando um coágulo fraco durante a fermentação. Esta cultura é exigente em vitaminas do complexo B e aminoácidos livres para crescimento em elevadas taxas. A morfologia da espécie pode ser vista na Figura 1.

Lactobacillus bulgaricus: São bactérias na forma de bastão, Gram positivas, homofermentativas, tendo como produto principal da fermentação o ácido láctico, e, como produto secundário, o acetaldeído. Algumas cepas são produtoras de EPS. São bactérias termofílicas e crescem bem entre 40 e 50ºC, com ótimo em 43ºC. Resistem a elevadas concentrações de ácido láctico, podendo produzi-lo em quantidades de até 4,0%, suportando valores de pH mais baixos. Algumas são capazes de produzir antibióticos naturais, impedindo a proliferação de outras bactérias nocivas. A morfologia da espécie pode ser vista na Figura 1.

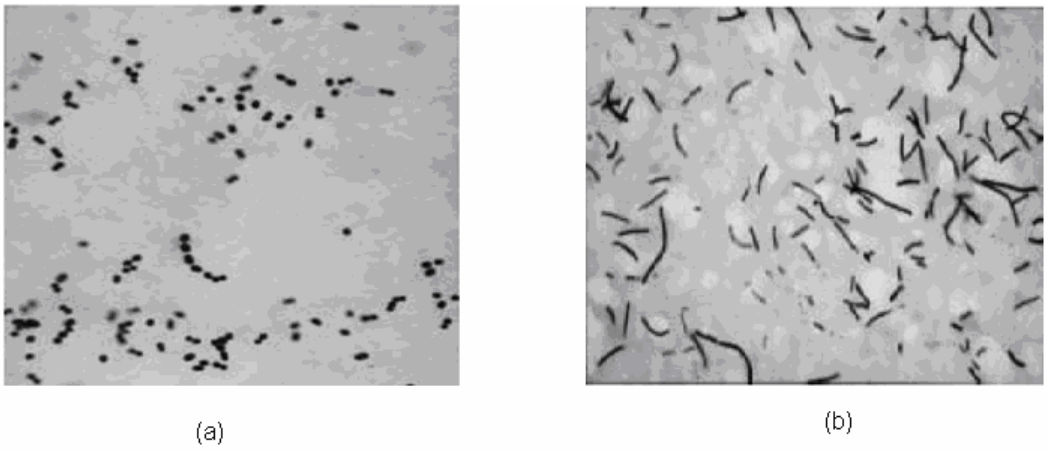


Figura 1: Visualização microscópica de células de (a) Streptococcus thermophilus e (b) Lactobacillus bulgaricus.

Fonte: (CHANDAN et al, 2006).

O emprego de culturas mistas tem como justificativa a relação proto-simbiótica existente, o que permite um crescimento celular e produção de ácido láctico em maiores velocidades (WALSTRA, WOUTERS e GEURTS, 2006). Segundo Tamime e Robinson (2000), com a cultura mista são alcançadas as características desejadas para o iogurte, como sabor, acidez, teor de compostos aromáticos e produção de exopolissacarídeos (EPS).

A cultura láctica deve conter a relação quantitativa inicial entre *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus* de 1:1 até 2:3, aproximadamente, do contrário não se obterá a consistência e as características organolépticas desejáveis do produto industrializado (BEHMER, 1999).

Porém, esta razão quantitativa se altera a cada instante da fermentação. A espécie *S. thermophillus* é a primeira a se desenvolver devido à ação proteolítica dos *L. bulgaricus*, que libera fatores de crescimento (aminoácidos e pequenos peptídeos) no meio. Com seu crescimento, os lactococos contribuem para que sejam estabelecidas as condições propícias ao desenvolvimento dos lactobacilos, através da produção de ácido fórmico e acido pirúvico, aumento da acidez e liberação de CO_2 no meio. Neste ponto, a espécie *L. bulgaricus* dá prosseguimento à fermentação láctica, levando à hidrólise de proteínas, disponibilizando para a cultura iniciadora os peptídeos e os aminoácidos essenciais para a continuação do seu desenvolvimento, que agora é mais lento, devido à acidez mais elevada. Ao final, a razão dos diferentes micro-organismos basicamente retorna ao valor inicial (WALSTRA, WOUTERS e GEURTS, 2006; TAMIME e ROBINSON, 2000; BEHMER, 1999).

A predominância de algumas das espécies ao final da fermentação pode acarretar defeitos para o iogurte. Os principais fatores que afetam a relação quantitativa entre os dois micro-organismos são o tempo e a temperatura de incubação, e a porcentagem de cada um presente no inóculo (WALSTRA, WOUTERS e GEURTS, 2006). Uma curva típica do crescimento microbiano pode ser observada na Figura 2.

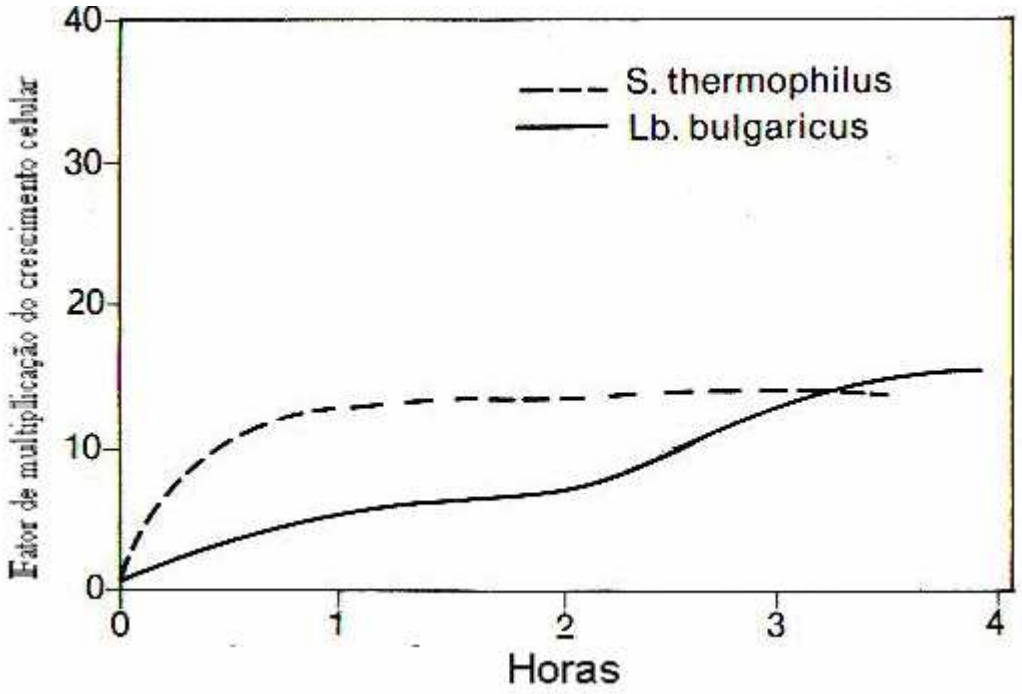


Figura 2: Curva de desenvolvimento simbiótico das culturas lácticas durante o processo fermentativo de produção de iogurte.

Fonte: BONATO, HOSHINO e HELENO, 2006.

3.1.5 Fabricação do Iogurte

O processo tradicional empregado na produção de iogurte compreende basicamente as seguintes etapas: tratamento da matéria-prima, homogeneização, tratamento térmico, preparo do inóculo, fermentação,

resfriamento, adição de base de frutas, embalagem e conservação (MEDEIROS, 2008; TAMIME, 2006; TAMIME e ROBINSON, 2000). A Figura 3 apresenta o diagrama de blocos da produção de iogurte pelo processo tradicional.

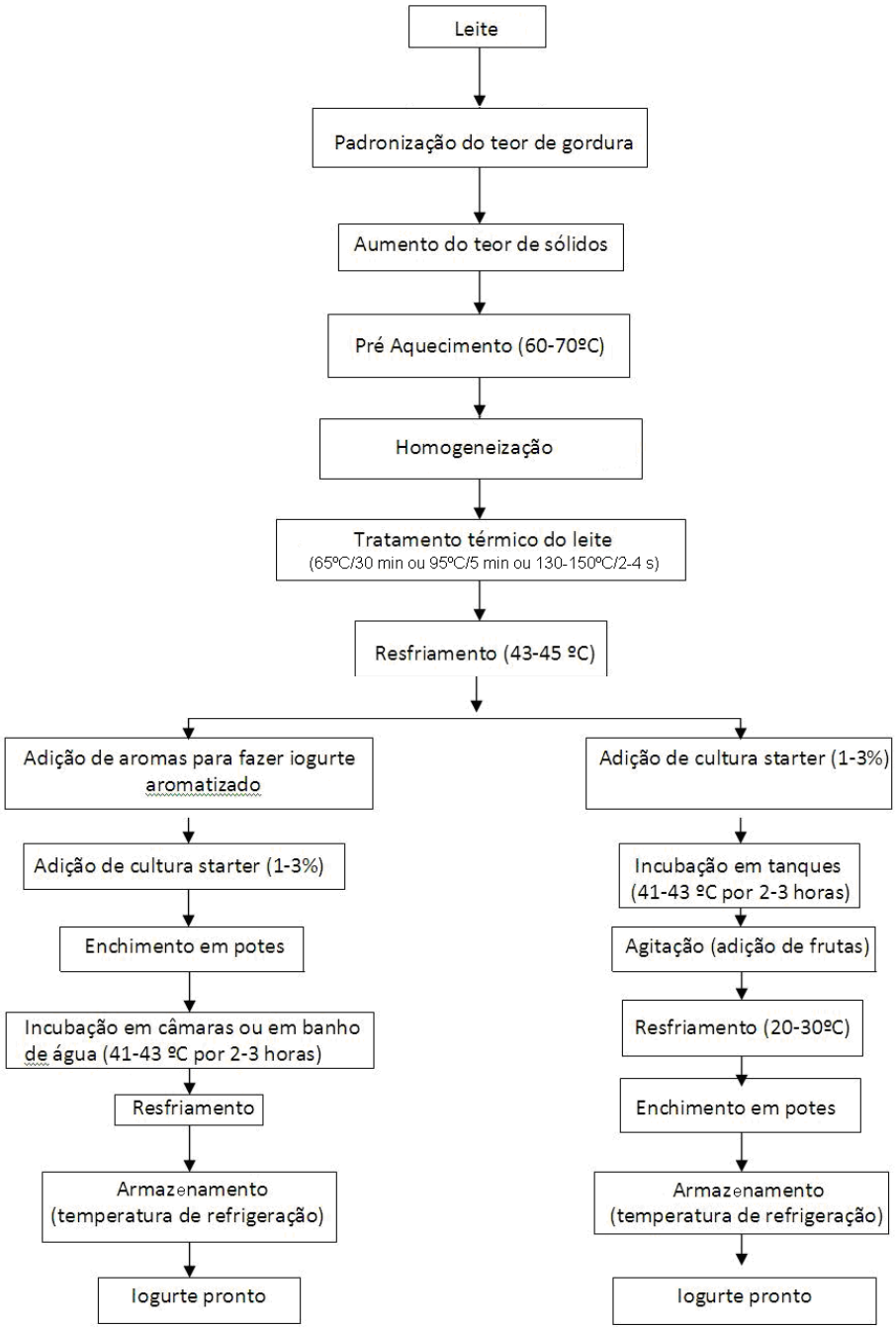


Figura 3: Diagrama de blocos representativo da produção de iogurte.

Fonte: RASIC e KURMANN, 1978.

3.1.5.1 Matéria-prima

A matéria-prima de maior importância para fabricação do iogurte é o leite, geralmente de origem bovina. Porém, leites de uma grande variedade de espécies de mamíferos podem ser utilizados, como por exemplo, os leites de cabra, ovelha e búfala (TAMIME, 2006; TAMIME e ROBINSON, 2000).

É fundamental que o leite seja de alta qualidade para que o iogurte apresente as características desejáveis e maior vida útil, sem causar danos à saúde do homem. Portanto, é necessário que o leite seja manipulado de forma higiênica e contenha uma baixa carga microbiana. Além disto, não pode haver alteração de sua composição físico-química, e deve ser isento de antibióticos e conservantes, inibidores do desenvolvimento das culturas lácticas inoculadas. É importante também que o leite não seja congelado, de modo a evitar defeitos na textura do produto (RODAS et al., 2001; NEIROTTI E OLIVEIRA, 1988).

O leite *in natura* é o produto proveniente da ordenha completa e ininterrupta de vacas sadias, devendo ser resfriado imediatamente após sua obtenção (RIISPOA, 1997). Sob o ponto de vista químico, o leite é uma mistura complexa, constituída de substâncias orgânicas e inorgânicas (TAMIME e ROBINSON, 2000). Os principais componentes presentes no leite são (CHANDAN et al., 2006; WALSTRA, WOUTERS e GEURTS, 2006; TAMIME, 2006; SMIT, 2003; TAMIME e ROBINSON, 2000):

- **Água**: Principal constituinte do leite, presente em concentrações entre 80 e 90% (m/m).

- **Lactose**: Principal carboidrato presente no leite, em concentrações na faixa de 3,8 a 5,3% (m/m). Trata-se de um dissacarídeo com poder redutor, composto por glicose e galactose ligadas por ligações β1,4. É utilizado pelas bactérias lácticas como fonte de carbono e energia.
- **Gordura**: Principalmente composta por triglicerídeos, possui importante papel na textura do iogurte a ser produzido. Presente em quantidades entre 2,5 e 5,5% (m/m).
- **Proteínas**: A composição protéica é principalmente constituída pela caseína, responsável pela formação do gel do iogurte devido a sua coagulação em decorrência da atividade das bactérias lácticas. O teor de caseína no leite varia entre 1,7 e 3,5% (m/m). Além da caseína, outras proteínas estão presentes no leite, como a lactoglobulina e a lactoalbumina, encontradas na fração do soro. O teor protéico total varia entre 2,3 e 4,4%.
- **Minerais** (cinzas): Principalmente Ca, K, Na e fosfatos, variando o teor entre 0,5 e 0,9% (m/m).

Além destas substâncias, também são encontradas no leite, em menores quantidades, outras substâncias, como enzimas, vitaminas (A, D, E, K, C e do complexo B) e gases (LONGO, 2006; TAMIME e ROBINSON, 2000).

3.1.5.2 Padronização do teor de gordura e fortificação

O teor de gordura do iogurte pode variar entre 0,1 e 5% (m/m). Em função do tipo de iogurte a ser produzido, pode ser necessária uma etapa de

padronização do teor de gordura do leite, que pode ser realizada de diferentes formas: pela remoção de parte da gordura ou pela mistura de leite integral com leite desnatado (TAMIME, 2006; TAMIME e ROBINSON, 2000).

Além da padronização do teor de gordura, também pode ser necessária uma etapa de ajuste do teor de sólidos não gordurosos no meio (principalmente lactose, proteínas e minerais), cujo percentual, regulamentado por legislação, deve ser de aproximadamente 15% (m/m) (BRASIL, 2000).

Industrialmente, a padronização do teor de sólidos não gordurosos pode ser feita através de diferentes técnicas: por concentração ou por fortificação do leite (WALSTRA, WOUTERS e GEURTS, 2006). Os processos baseados na concentração consistem na eliminação de água, sendo o processo de evaporação (EV) o mais utilizado tradicionalmente. Este processo consiste no aquecimento do leite até sua ebulição para que seja perdido cerca de um terço de seu volume em água, concentrando os sólidos totais em até 7% a mais que o valor inicial. Porém, este aquecimento pode causar alterações físico-químicas no leite, conforme será visto adiante, no item sobre tratamento térmico (Item 3.1.5.4) (TAMIME e ROBINSON, 2000).

Um processo alternativo é a ultra filtração (UF), através do qual se remove quantidades de água por filtração em membranas, de forma a causar menos danos aos componentes do leite. Entretanto, pode haver perda de lactose e de minerais (TAMIME, 2006).

Outra possibilidade de ajuste do teor de sólidos não gordurosos é a realização de uma etapa de fortificação, que consiste na adição de componentes sólidos ao leite, como: leite em pó (3 a 4%), proteínas do soro em pó (1 a 2%), açúcar (8 a 12%), caseinatos (cerca de 1%) e outras proteínas

não lácticas. Este processo tem como vantagens o menor custo de instalação da planta industrial, aumento da firmeza do gel e redução da sinerese (separação do soro) do iogurte (TAMIME e ROBINSON, 2000). No entanto, após a adição, pode ser necessária a desaeração do meio, pois a homogeneização destes componentes pode injetar ar na mistura, prejudicando, principalmente, o crescimento das células de *Lactobacillus* (TAMIME, 2006).

O teor de sólidos totais (gordurosos e não gordurosos) afeta diretamente as propriedades físicas do iogurte, tal como a consistência do coágulo. Em geral, quanto maior o teor de sólidos, mais consistente e viscoso o produto final. Segundo Tamime e Robinson (2000), para a produção de iogurte é conveniente utilizar leites com teor de sólidos totais entre 15 e 16%.

Geralmente para iogurtes naturais do tipo sólido, nenhum outro ingrediente é adicionado. Porém, para iogurtes batidos/líquidos, pode ser permitida a adição de ingredientes opcionais, como estabilizantes/espessantes, aromatizantes, polpas ou pedaços de frutas, agentes adoçantes e conservantes e corante, segundo a legislação em vigor no país onde será realizada a produção (TAMIME e ROBINSON, 2000).

O Quadro 1 apresenta os principais aditivos adicionados ao iogurte, de uma maneira geral.

Quadro 1: Aditivos utilizados na produção de iogurte

Estabilizantes/ espessantes	Agentes adoçantes	Conservantes	Corantes
Agar-agar Amido Amido modificado Carboximetilcelulose Gomas (carragenana, alfarroba, guar, xantana) Gelatina Pectina	Açúcar invertido Aspartame Frutose Glicose (dextrose) Sorbitol Sacarose	Ácido benzóico Ácido sórbico	Curcumina Riboflavina Amarelo ocaso Amarelo Sunset Vermelho Ponceau 4R Caramelo I Carotenóides Urucum

No Brasil, não se admite o uso de aditivos na elaboração de iogurte, excetuando-se desta proibição a classe "Desnatados" (< 0,2% gordura) onde se admite o uso dos aditivos espessantes/estabilizantes (amido ou amido modificado) em concentração máxima de 1% (m/m). Os demais tipos de iogurte, que contenham até 30% de ingredientes não lácticos adicionados (açúcares, amido, amido modificado, saborizantes, corantes), devem ser identificados por "Iogurte com", completando-se a frase com as devidas substâncias adicionadas ao produto (BRASIL, 2000).

3.1.5.3 Homogeneização

O processo de homogeneização tem o objetivo de misturar o leite e os demais ingredientes adicionados (extratos sólidos e aditivos), e de reduzir o tamanho dos glóbulos de gordura presentes. O leite é uma típica emulsão do tipo óleo em água que tende a separar-se em fases distintas, seja durante a fermentação ou durante o armazenamento do produto fermentado. Uma

homogeneização eficiente resulta em um aumento da consistência e estabilidade do iogurte, evitando a sinerese (dessora) durante o período de estocagem. Além destes efeitos, o menor tamanho dos glóbulos de gordura favorece a digestibilidade do iogurte (CHANDAN et al., 2006; LERAYER e SALVA, 1997).

Para facilitar a homogeneização, pode ser feito um prévio aquecimento do leite a temperaturas entre 60 e 70ºC. O processo, que pode ocorrer em um ou dois estágios, geralmente, consiste na aplicação de pressão sobre o meio reacional, forçando-o contra uma espécie de placa com orifícios. Para iogurtes com elevados teores de gordura, recomenda-se o processo em duas etapas, porém, geralmente se emprega a homogeneização em uma única etapa, pela aplicação de pressões entre 10 e 20 MPa (TAMIME, 2006).

3.1.5.4 Tratamento térmico do leite

O processamento de iogurte requer intenso tratamento térmico para destruição da microbiota natural do leite, de modo a se obter um produto sadio para consumo humano (SMIT, 2003). Como benefício paralelo, o tratamento térmico promove: o desenvolvimento das culturas lácticas selecionadas devido a eliminação de micro-organismos competidores por substrato; a expulsão de oxigênio do leite, intensificando a atividade das bactérias lácticas; a desnaturação das proteínas do soro que interagem com a caseína, deixando-a livre para a coagulação, o que possui grande efeito sobre a viscosidade do iogurte e sobre sua digestibilidade no trato gastrointestinal; a extensão do tempo de prateleira do produto final (BRITZ e ROBINSON, 2008; TAMIME,

2006; CHANDAN et al., 2006; LERAYER e SALVA, 1997; VARNAN e SUTHERLAND, 1994; STORGARDS,1964).

Foi observado que tratamentos térmicos mais rigorosos ocasionam a destruição das lactaninas (um tipo de antibiótico) que se presente pode inibir a atividade das culturas lácticas inoculadas. Em contra partida, estes tratamentos podem promover a formação de substâncias que provocam um estímulo no crescimento dos micro-organismos fermentadores, tais como peptídeos, aminoácidos e ácido fórmico (HUMPHREYS e PLUNKETT, 1969; STORGARDS, 1964).

Na indústria, o tratamento térmico pode ser conduzido de diferentes formas, utilizando biorreatores encamisados ou trocadores de calor de tubo ou de placa, sendo estes últimos os mais utilizados (BRITZ e ROBINSON, 2008; CHANDAN et al., 2006). Os métodos de tratamento térmico podem ser a Pasteurização, a Alta Pasteurização (*High Pasteurization*) e o UHT (*Ultra High Temperature*).

A pasteurização é feita elevando-se a temperatura do leite a 65ºC por 30 minutos, o que promove a destruição dos micro-organismos patogênicos, mas não de todas as células vegetativas. Nestas condições, não há alteração do sabor do leite e nem das proteínas do soro (TAMIME e ROBINSON, 2000). Quando procedida a pasteurização e o envase em condições apropriadas de higiene, o produto pode ficar apto para consumo por aproximadamente 10 dias. Para promover a extensão deste tempo de prateleira, tratamentos mais rigorosos são exigidos (SMIT, 2003).

Na alta pasteurização, o leite é aquecido a 85ºC por 30 minutos ou a 95ºC por 5 minutos. Neste tratamento, ocorre destruição de todas as células vegetativas, mas não de esporos bacterianos. Algumas enzimas e as proteínas do soro são desnaturadas (TAMIME e ROBINSON, 2000).

O tratamento UHT ocorre em temperaturas entre 130 e 150ºC, por 2 a 4 segundos, em fluxo contínuo, sendo em seguida feito um rápido resfriamento em trocadores de calor (ORDÓÑEZ et al, 2005). Este processo tem o potencial de destruir todos os micro-organismos e esporos (TAMIME e ROBINSON, 2000).

Praticamente nenhuma alteração ocorre durante o processamento UHT com relação aos lipídios e às vitaminas lipossolúveis do leite. Porém, pequenas mudanças podem ocorrer com a lactose, além de haver a desnaturação parcial das proteínas do soro, precipitação de alguns sais minerais e perdas de vitaminas hidrossolúveis. A seguir são listadas algumas outras alterações observadas durante o processamento UHT do leite (ORDÓÑEZ et al, 2005):

- Aumento na refletância do leite, gerando um produto mais branco, ocasionado pela desnaturação das proteínas do soro e sua agregação com as caseínas, bem como pela melhor homogeneização da gordura;
- Sabor sulfuroso em função da liberação de grupos –SH, devido a desnaturação da β-lactoglobulina;
- Perdas nutricionais entre 0,6 e 4,3% (desnaturação de proteínas e perdas de vitaminas).

Após o tratamento térmico, o leite deve ser rapidamente resfriado até a temperatura ideal para atividade do fermento láctico, em torno de 42ºC.

3.1.5.5 Preparo do inóculo e Fermentação

Após o tratamento térmico e resfriamento, o leite é transferido para biorreatores providos de agitador, e adicionado de 2 a 3% (m/v) da cultura láctica selecionada, tendo início a etapa da fermentação (TAMIME e ROBINSON, 2000).

A depender do tipo de iogurte a ser produzido, a fermentação ocorre em diferentes locais. No caso do iogurte batido o processo se dá em um tanque apropriado, provido de agitadores, que promovem a quebra do coágulo após a fermentação e, em seguida, o produto é bombeado a um trocador de calor de placas, onde é resfriado. Já para a produção de iogurtes sólidos, a fermentação ocorre diretamente nos recipientes de comercialização (KARDEL e ANTUNES, 1997).

A cultura mãe é previamente preparada em outro tanque a fim de estar ativa no momento da inoculação, e bombeada para o fermentador. Após a adição, a mistura deve ser levemente uniformizada, promovendo a distribuição equivalente de micro-organismos em todo o meio reacional (SILVA, 2007). Como anteriormente mencionado, tradicionalmente o inóculo é constituído por cultura mista de *S. termophilus* e *L. bulgaricus,* em proporção numérica eqüitativa.

Os micro-organismos, agentes da fermentação, atuam sobre o substrato, lactose, que, inicialmente sofre uma hidrólise por ação de enzimas microbianas, β-galactosidases (ou simplesmente lactases), havendo liberação de seus respectivos sacarídeos, glicose e galactose (Figura 4). A fermentação

homoláctica por *S. termophilus* e *L. bulgaricus* se dá principalmente pela utilização da glicose. Entretanto, o consumo de galactose também é possível, pela sua transformação em glicose-6-fosfato, através da via de Leloir (Figura 5). A glicose participa da via glicolítica, transformando-se em glicose-6-fosfato e, em seguida, toda a glicose-6-fosfato presente é convertida em um composto intermediário, o piruvato (Figura 6) (TAMIME e ROBINSON, 2000). Devido ao metabolismo fermentativo, o piruvato é utilizado como aceptor final de elétrons no processo de respiração microbiana, transformando-se, principalmente, em ácido láctico, presente na forma de um complexo de lactato de cálcio (Figura 6). Este processo promove a geração de energia para manutenção e crescimento celular (CHANDAN et al., 2006). O ácido láctico, por sua vez, promove a acidificação do meio e a conseqüente coagulação da caseína.

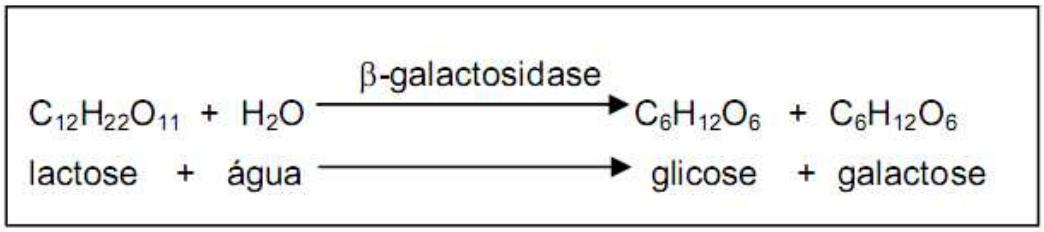


Figura 4: Hidrólise da lactose

Fonte: LONGO, 2006.

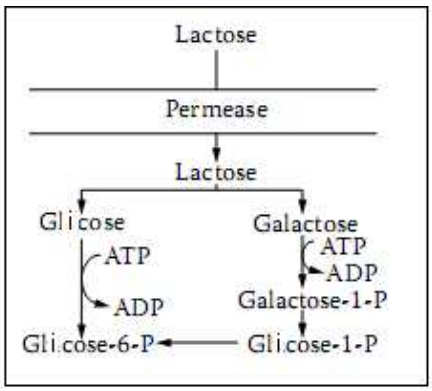


Figura 5: Via de Leloir

Fonte: Adaptado de WALSTRA, WOUTERS e GEURTS, 2006.

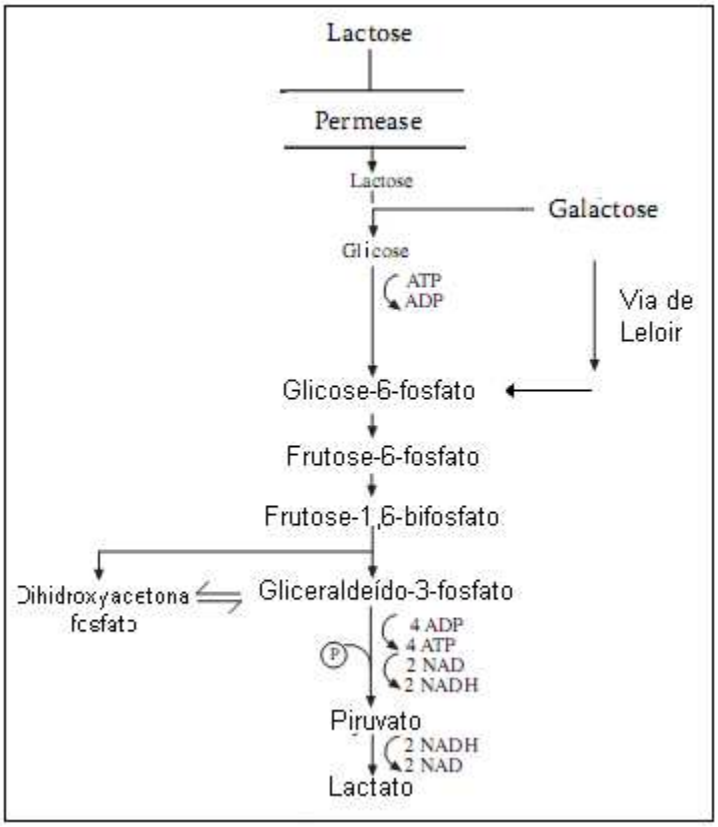


Figura 6: Via glicolítica de degradação da lactose

Fonte: Adaptado de TAMIME e ROBINSON, 2000.

A atividade microbiana promove alterações químicas, físicas, sensoriais e nutricionais no produto. O ácido láctico, principal produto da fermentação, se dissocia, liberando prótons H^{+}. A caseína, que é uma fosfoproteína presente em grande quantidade no leite, forma complexos com o cálcio, formando estruturas chamadas micelas, com cargas negativas devidas ao grupo fosfato presente. Dessa forma, a acidificação do meio promove a neutralização das cargas e a precipitação da caseína ao ser atingido seu ponto isoelétrico, correspondente ao pH de 4,6 (Figura 7) (TAMIME, 2006; SMIT, 2003; TAMIME e ROBINSON, 2000). Outros vários metabólitos são liberados no meio, em menor quantidade,

mas também essenciais às características do iogurte, como: ácido fórmico, CO_2, acetaldeído, diacetil e polissacarídeos (WALSTRA, WOUTERS e GEURTS, 2006; CHANDAN et al., 2006; BOUDIER, 1985; RASIC e KURMAN, 1978).

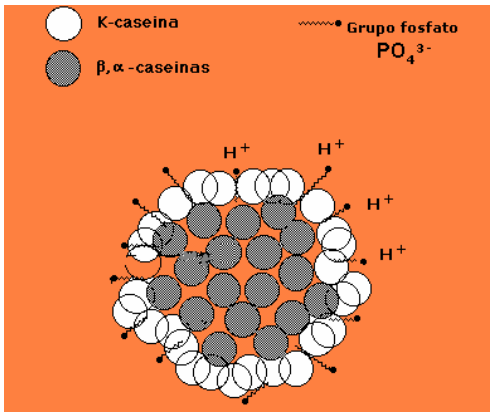


Figura 7: Representação da coagulação da caseína por ação do ácido lático.

Fonte: BONATO, HOSHINO e HELENO, 2006.

Neste ponto, o processo fermentativo é interrompido pelo resfriamento do meio reacional. O tempo de fermentação depende da quantidade e atividade do inóculo utilizado.

3.1.5.6 Resfriamento

O resfriamento é o processo mais utilizado para diminuição da atividade metabólica da cultura *starter* e de suas enzimas. É uma etapa crítica do processo e deve ser realizada tão logo sejam atingidas as características desejadas de textura, de pH (4,6) e de acidez (cerca de 0,9% de ácido láctico) (TAMIME e ROBINSON, 2000; TAMIME e DEETH, 1980). O resfriamento resulta no aumento da firmeza do gel, promovendo maior contato entre

partículas e formação de pontes de hidrogênio ou de sulfeto entre as proteínas do soro desnaturadas e a caseína (TAMIME, 2006).

O resfriamento pode ser feito em uma ou duas etapas. Quando realizado em uma única etapa, o resfriamento rápido pode promover uma contração na matriz protéica e, conseqüentemente, a sinerese (RASIC e KURMANN, 1978). Por este motivo, o processo em duas etapas é usualmente empregado nas indústrias, e consiste, primeiramente, no resfriamento do iogurte à temperaturas inferiores a 20ºC, e, em seguida, a 4ºC (TAMIME e ROBINSON, 2000).

3.1.5.7 Adição de frutas, aromatizantes ou outros ingredientes

Nesta etapa, podem ser adicionados ingredientes ao iogurte, como polpas de frutas, aromatizantes, agentes adoçantes e espessantes, desde que atendidas as normas estabelecidas pela legislação vigente. A adição pode ser feita por processo em batelada ou contínuo, sempre promovendo agitação suficiente para homogeneização de todo o volume fermentado (TAMIME, 2006).

3.1.5.8 Embalagem, Armazenamento, Transporte e Pós-acidificação

O iogurte é embalado em recipientes para comercialização, que podem ser de diferentes materiais, como por exemplo, de polipropileno.

Depois de embalado, o iogurte deve ser armazenado em temperaturas inferiores a 10ºC, a fim de diminuir as reações bioquímicas responsáveis pela

degradação mais acelerada do produto. O transporte também deve ser refrigerado, de forma que o iogurte chegue ao consumidor final com qualidade satisfatória (TAMIME e ROBINSON, 2006).

A refrigeração do iogurte durante o armazenamento diminui a taxa de crescimento das bactérias lácticas, que mantêm, no entanto, certa atividade metabólica, principalmente dos lactobacilos acido-tolerantes. Dessa forma, a acidez do produto tem tendência a aumentar durante o período de estocagem, mesmo sob refrigeração, enquanto a sua viscosidade diminui (TAMIME, 2006). A este fenômeno dá-se o nome de pós-acidificação, e ocorre mais intensamente nos primeiros 7 dias de fabricação, devido à alta taxa metabólica ainda presente (BEAL et al., 1999). Se forem atingidos valores de pH menores que 4, haverá perda da firmeza do gel, devido à excessiva repulsão de cargas.

O iogurte fabricado em boas condições de higiene e mantido no frio pode permanecer apropriado para o consumo por até no mínimo 30 dias (TAMIME, 2006; BEHMER, 1999).

3.1.6 Composição do iogurte e benefícios para saúde

O leite e seus derivados são os maiores constituintes de uma dieta regular, fornecendo cerca de 30% de proteínas e lipídios e 80% do cálcio necessários para o consumo humano (SMIT, 2003). Assim como o leite, o iogurte é um alimento de elevado valor nutritivo e seu consumo regular apresenta inúmeras vantagens para a saúde do homem. Embora a composição seja bastante semelhante à de sua matéria-prima (Tabela 1), diversas

alterações bioquímicas ocorrem durante a fermentação, tornando-o mais nutritivo e com diferentes efeitos benéficos para seus consumidores (WALSTRA, WOUTERS e GEURTS, 2006; SALADO e ANDRADE, 1989). Em geral, o consumo deste produto está relacionado à imagem positiva de um alimento saudável e nutritivo, associado à suas propriedades sensoriais (SILVA, 2007).

Tabela 1: Valores nutricionais do leite e do iogurte

Constituintes	Leite	Iogurte natural
Sólidos não gordurosos (g/100g)	8,7	13,1
Proteínas (g/100g)	3,2	4,8
Riboflavina (mg/100g)	0,15	0,22
Cálcio (mg/100g)	120	180
Fósforo (mg/100g)	95	142
Potássio (mg/100g)	160	240
Calorias/100g	66	84

Fonte: BONATO, HOSHINO e HELENO, 2006.

O iogurte é uma excelente fonte de sais minerais, como potássio, zinco, fósforo e, principalmente, cálcio. O cálcio é essencial para o desenvolvimento dos ossos e dentes, sendo muito importante seu consumo por crianças (beneficiando seu crescimento) e por adultos (reduzindo riscos de osteoporose). Este elemento, presente no iogurte em maiores proporções que no leite *in natura* devido à etapa de fortificação do processo de produção, se complexa com o ácido láctico, resultando na formação de lactato de cálcio, que é mais facilmente absorvido no organismo humano (CHANDAN et al., 2006).

O iogurte também é rico em proteínas (caseína, lactoglobulina e lactoalbumina), indispensáveis para o desenvolvimento humano, em quantidades maiores que no leite, também devido a etapa de fortificação. Adicionalmente, devido ao baixo valor de pH e ação proteolítica das bactérias lácticas, as proteínas do iogurte são hidrolisadas, aumentando a liberação de peptídeos bioativos no trato gastrointestinal (SMIT, 2003). Outros nutrientes presentes no iogurte e de relevância para o bom funcionamento do organismo humano são: ácido fólico, vitamina A e vitaminas do complexo B (TAMIME, 2006; LERAYER e SALVA, 1997).

Tem-se ainda que a fermentação promove uma redução no teor de lactose presente no leite, entre 20 e 30%. Dessa forma, o uso de alimentos lácteos fermentados tem sido empregado como uma estratégia para superar a intolerância à lactose em homens (FARNWORTH, 2008). Provocada pela deficiência de enzima lactase (ou β-galactosidase) no organismo, a intolerância à lactose pode causar alguns sintomas ao homem, como: dor ou distensão abdominal, flatulências, náuseas ou diarréia (HERTZLER e CLANCY, 2003; BRANDÃO, 1995; SALADO e ANDRADE, 1989). Mesmo que presente em pequenas quantidades, a lactose do iogurte é de maior digestibilidade, devido à presença da enzima β-galactosidase, produzida pela cultura *starter* durante a fermentação (HERTZLER & CLANCY, 2003; SMIT, 2003; TAMIME e ROBINSON, 2000).

Em suma, o consumo regular de iogurte traz diversos outros benefícios para o homem, dentre os quais: maior digestibilidade de proteínas e açúcares em relação ao leite; estímulo dos movimentos peristálticos devido à presença de ácido láctico, facilitando a digestão; combate problemas bucais; colonização

do trato gastrointestinal por micro-organismos benéficos; desenvolvimento e manutenção do sistema de sustentação; combate a inflamações e estímulo do sistema imunológico; estímulo da produção de hormônios e enzimas; facilita a absorção de sais minerais; etc. (FARNWORTH, 2008; CHANDAN, 2006; WALSTRA, WOUTERS e GEURTS, 2006; TAMIME, 2006; SALMINEN, WRIGHT e OUWEHAND, 2004; FERREIRA et al., 2001; TAMIME e ROBINSON, 2000; TEIXEIRA et al., 2000).

3.1.7 Mercado

Vários aspectos estão relacionados à decisão de compra do consumidor, que em grande parte é uma resposta a um estímulo inicial. Em geral, as decisões de compra estão diretamente relacionadas às características do comprador, aos estímulos existentes (propagandas, embalagens, sabor) e ao processo de decisão (KOTLER, 2000).

O mercado de iogurte no Brasil apresenta grande potencial, pois o brasileiro consome cerca de 2 kg de produtos refrigerados *per capita* por ano, incluindo iogurtes, sobremesas, bebidas e sobremesas lácticas (MARTIN, 2002). Este valor é baixo quando comparado a outros países como o Chile, onde o consumo é 8 kg por ano. Nos países desenvolvidos, o consumo *per capita* é bem maior, por exemplo: França (25 kg); Irlanda (18 kg); e Bulgária (31 kg) (BRANDÃO, 1995).

O baixo consumo de iogurte pelos brasileiros pode ser devido ao alto custo do produto e aos hábitos regionais. Tem-se também que o brasileiro, em geral, tem habito de fazer compras mensais, onde são comprados

essencialmente produtos não perecíveis, o que não é o caso do iogurte. Além disso, o iogurte no Brasil ainda não é considerado como um alimento básico. O principal produto comercializado é o iogurte de polpa de frutas, que representa 33% das vendas no mercado. As bebidas lácticas, cuja base é uma mistura de leite e soro de leite (BRASIL, 2005) têm um grau de acidez menor e se adaptam melhor ao paladar do consumidor brasileiro. Após alguns anos de seu lançamento já são responsáveis por um crescimento de 17% (PENNA et al*.,* 1994).

O mercado brasileiro de iogurte está em pleno desenvolvimento devido a participação de empresas de alto nível, alta competitividade, surgimento de novos tipos e sabores de iogurte e maior conscientização do consumidor de que o iogurte é um alimento que pode trazer uma série de benefícios à saúde (PENNA et al*.,* 1994). Logo, a disponibilidade de outros sabores traria uma contribuição efetiva para aumento do consumo.

3.2 Café

O café é um produto consumido diariamente no mundo por todas as classes sociais; apreciado por seu aroma e sabor, tem importante papel na sociedade como um todo (MURIEL e ARAUZ, 2010; GRAMBECKA, MALINOWSKA e SZEFER, 2007). Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria de Café (ABIC, 2009), o Brasil é o maior produtor mundial de café, sendo responsável por 30% do mercado internacional de café, volume equivalente à soma da produção dos outros seis maiores países produtores. É também o segundo mercado consumidor, atrás somente dos Estados Unidos.

As duas espécies de café cultivadas no Brasil são a *Coffea arabica* ou, simplesmente, café Arábica, e a *Coffea canephora*, o café Robusta ou Conillon. O Café Arábica é natural da Etiópia, e produz cafés de melhor qualidade, mais finos e requintados. Sua produção corresponde a cerca de 70% da produção mundial. Possui aroma intenso e os mais variados sabores, com inumeráveis variações de corpo e acidez (CAFÉ DAMASCO, 2009; ALVES et al., 2009). Já o Café Robusta, originário da África Central, tem trato mais rude, é de fácil cultivo e mais resistente à pragas, além de ser cultivável ao nível do mar. Por este motivo, sua produção tem menores custos, correspondendo a cerca de um terço do montante total de café produzido no mundo. Não possui sabores variados nem refinados como o Arábica. Sua acidez é mais baixa e, por ter mais sólidos solúveis, é utilizado intensamente para produção de cafés solúveis. Seu teor de cafeína é o dobro do Arábica, por isso possibilita cafés com predominância de mais amargor e maior tintura (ABIC, 2009; GRAMBECKA, MALINOWSKA e SZEFER, 2007).

O *blend*, isto é, a mistura de diferentes cafés, é que caracteriza a qualidade da bebida (EMBRAPA, 2008). Isto porque, cada tipo de café tem atributos especiais, cuja combinação resulta numa composição balanceada das melhores qualidades. Fazer um *blend* é a arte de combinar cafés com características complementares – acidez com doçura, muito encorpado com pouco corpo, torra clara com torra escura, etc. Estas combinações visam equilibrar e valorizar as melhores qualidades de sabor, aroma, corpo e aparência, produzindo uma bebida deliciosa e com características exclusivas. Indústrias de café possuem seus próprios *blends,* sendo o grande desafio mantê-los sempre com a mesma qualidade. O *blend* é o grande segredo industrial até porque, em geral, os consumidores são fiéis ao sabor de determinada marca.

3.2.1 Características sensoriais do café

O sabor é o critério mais importante para avaliação da qualidade do café e está fortemente relacionado à preferência do consumidor. Para o degustador e preparador de café é importantíssimo conhecer e saber sentir as principais características da bebida, que são: doçura, acidez, amargor, corpo e aroma (FARAH et al.,2006).

3.2.2 Tipos de café (CAFÉ DAMASCO, 2009)

O café pode ser apresentado ao consumidor de diferentes formas:

- **Pó de Café** (torrado e moído) – dependendo do grau de moagem, esse tipo pode ser utilizado para preparar o café de coador ou o expresso.

- **Grãos de café torrado** – os grãos de café são torrados, mas não moídos. Este tipo é o mais comumente usado no preparo do café expresso, e o da preferência de consumidores de café coado que não dispensam pó fresco.
- **Café solúvel** – os grãos são torrados e moídos, depois seus sólidos solúveis são extraídos e solubilizados, resultando o produto na forma de grânulos ou pó.
- **Café aromatizado** – café com adição de aroma.
- **Café gourmet** – trata-se de uma indicação comercial de que o produto é o melhor dentro de uma determinada marca ou categoria.
- **Café orgânico** – produzido em lavouras sem o uso de agrotóxicos ou fertilizantes químicos.
- **Café descafeinado** – a cafeína é extraída dos grãos verdes de café, antes de eles serem torrados. Para ser chamado de descafeinado, um café tem que ter mais de 97% de sua cafeína retirada.

3.2.3 Café solúvel

O café solúvel foi desenvolvido em 1901, nos Estados Unidos, por um químico japonês chamado Satori Kato. Entretanto, só foi introduzido no mercado comercialmente pela Nestlé que lançou o Nescafé em 1938 (LAROUSSE, 1995).

A indústria brasileira de café solúvel produz diferentes tipos de café que são classificados de acordo com o processo de desidratação (ABICS, 2007):

- **Atomizado** *(Spray-dried)*: Utiliza altas temperaturas sob alta pressão para atomizar o extrato aquoso. A atomização do extrato em gotículas

minúsculas em contato com o ar muito quente perde a umidade transformando-se em pó.

- **Granulado ou aglomerado**: O produto é obtido através da pulverização do extrato de café, no estado líquido, em atmosfera aquecida. A evaporação da água resulta na formação de partículas secas, que se fundem formando os grânulos.

- **Liofilizado** *(Freeze-dried)*: Neste processo, o café, no estado líquido, é congelado e desidratado por aplicação de vácuo e conseqüente sublimação, formando partículas secas de formas irregulares. A passagem direta do café em estado de gelo para a forma gasosa garante a qualidade do produto.

3.2.4 Composição do café e benefícios para a saúde

O café está entre as bebidas com funções farmacológicas mais consumidas no mundo. Em sua composição está a cafeína, uma substância psicoativa de grande utilização (BONITA et al., 2007; SAKAMOTO et al., 2001) e com efeitos benéficos para a saúde humana (SILVEIRA, TAVARES e GLORIA, 2007; ARAUJO, 2007). Porém, o café possui apenas 1 a 2,5 % de cafeína, contendo diversas outras substâncias em maiores quantidades.

O grão de café verde possui uma grande variedade de minerais, tais como: potássio (K), magnésio (Mg), cálcio (Ca), sódio (Na), ferro (Fe), manganês (Mn), rubídio (Rb), zinco (Zn), cobre (Cu), estrôncio (Sr), cromo (Cr), vanádio (V), bário (Ba), níquel (Ni), cobalto (Co), chumbo (Pb), molibdênio (Mo), titânio (Ti) e cádmio (Cd). Ademais, possui também: aminoácidos, como

alanina, arginina, asparagina, cisteína, ácido glutâmico, glicina, histidina, isoleucina, lisina, metionina, fenilalanina, prolina, serina, treonina, tirosina e valina; lipídeos, como triglicerídeos e ácidos graxos livres; e açúcares, como sacarose, glicose, frutose, arabinose, galactose, maltose e polissacarídeos (MALTA, NOGUEIRA e GUIMARÃES, 2003; BRAHAM e BRESSANI, 1979).

Adicionalmente, o café possui niacina, uma vitamina do complexo B (vitamina B_3 ou vitamina PP), e ácidos clorogênicos, em maior quantidade que todos os demais componentes, na proporção de 7 a 12 %, isto é, 3 a 5 vezes mais que a cafeína. Após a torra, os ácidos clorogênicos formam diversos quinídeos que possuem vários efeitos farmacológicos, como aumento da captação de glicose (efeito hipoglicemiante), ação antagonista opióide (efeito anti-alcoolismo) e inibidora da recaptação da adenosina (efeito benéfico na microcirculação) (DUARTE, PEREIRA e FARAH, 2010; LEPELLEY et al., 2007).

Estudos relativos às influências do café no organismo humano comprovaram, por exemplo, que o café faz bem ao coração, evita a depressão, estimula o aprendizado, auxilia dietas de emagrecimento, reduz o colesterol, diminui o risco do Mal de Parkinson, protege contra diabetes do tipo 2, tem ação antioxidante, atua na prevenção de alguns tipos de câncer, regula o sistema enzimático do fígado (MURIEL e ARAUZ, 2010; CHOU e BENOWITZ, 2003; SAKAMOTO et al., 2001).

3.3 Análise Sensorial

A avaliação sensorial é feita naturalmente pelo homem desde a infância até a fase adulta quando este rejeita, aceita ou expressa, de alguma forma, sua opinião em relação a um determinado alimento ou qualquer outro produto de uso pessoal (IFT 1981 *apud* AZEVEDO, 2007). A avaliação pode ser subjetiva, quando se expõe a opinião a respeito de um produto, ou objetiva, quando o interesse é, por exemplo, descrevê-lo. Este fato em muito interfere no mercado e na indústria de alimentos, sendo de importância fundamental no desenvolvimento e manutenção do empreendimento, afinal, um consumidor não continuará comprando um produto que não alcança suas expectativas (DRAKE, 2004). Desta forma o mercado é aquecido, aumentando a concorrência entre produtores, havendo constantes melhorias em produtos já existentes e até mesmo o surgimento de novos produtos. Por isto, no início do século XX, empresas de alimentos, bebidas e cosméticos começaram a contratar provadores e consultores profissionais, com o objetivo de manter a qualidade e aceitação de seus produtos no mercado consumidor (MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999).

A percepção sensorial é, na realidade, um processo e cada uma de suas etapas deve ser considerada (PIGGOTT, 2000). Está intimamente relacionada aos sentidos humanos (paladar, visão, tato, etc.). Pelo menos três etapas compõem este processo. O estímulo atinge o órgão dos sentidos e é convertido em um sinal nervoso que chega até o cérebro. Com experiências anteriores na memória, o cérebro interpreta, organiza, e integra as sensações recebidas em percepções. Por último, uma resposta é formulada com base em percepções

do sujeito (MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999; NICOD, 2000; ESTEVES, 2006).

Por se tratar de uma habilidade própria do homem comparar, diferenciar e qualificar, é natural que cada indivíduo tenha sua forma particular de fazer uma avaliação sensorial. Tais avaliações são influenciadas por fatores fisiológicos, psicológicos e sociológicos e, por este motivo, surge a necessidade de se estabelecerem padrões de análises e respostas, sendo este o campo de atuação da Análise ou Ciência Sensorial. A Análise Sensorial é usada para provocar, medir, analisar e interpretar reações produzidas pelas características dos alimentos e materiais, como elas são percebidas pelos órgãos da visão, olfato, gosto, tato, e audição (IFT, 1981 *apud* STONE e SIDEL, 1993).

A utilização de seres humanos nos testes sensoriais acarreta diversas conseqüências devido a sua alta subjetividade, como dificuldade na reprodutibilidade dos resultados, diferenças entre as respostas dos provadores ou a falta de imparcialidade. Proceder equivocadamente a análise sensorial também trará problemas. Como para qualquer outro teste científico, a escolha de um teste sensorial inadequado ou a condução de forma inadequada comprometerá os resultados, conduzindo a conclusões erradas a respeito do produto (DRAKE, 2007). Portanto, para garantir a confiabilidade dos resultados, é necessário seguir os padrões da análise sensorial. A regulamentação da análise sensorial tem contribuído significativamente para uma normalização de processos e ensaios. As primeiras normalizações tinham como objeto apenas um produto ou família de produtos. Durante os anos 80 apareceram as primeiras normas para técnicas comparativas e para os principais fundamentos

na aplicação desta ciência. Elevando-se claramente o nível e o rigor exigidos, várias revisões têm sido efetuadas e algumas estão em preparação, garantido a atualidade técnica dos processos analíticos (SOCIEDADE DE ESTUDOS DE ANÁLISE SENSORIAL E PRODUTOS ALIMENTARES, 2009).

3.3.1 Aplicações

O desenvolvimento de novos produtos é um ponto crítico para o crescimento e manutenção das empresas. Segundo Boor (2001), na perspectiva do consumidor, características sensoriais são as que mais influenciam a aceitabilidade de um produto. Desta forma, é ressaltada a importância de se investir em pesquisas junto ao consumidor, podendo este ser o fator decisório do sucesso ou insucesso (POPPER et al, 2005). A análise sensorial estuda a integração entre o consumidor e o produto e, por este motivo, na grande maioria das vezes é a etapa final de um experimento ou pesquisa, verificando a eficiência dos resultados obtidos frente ao mercado (DRAKE, 2007; MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999).

Porém, a aplicação desta ciência é bastante ampla na indústria, indo além do lançamento de novos produtos. Pode-se monitorar o perfil de aceitação de produtos já existentes e com espaço definido no mercado, a fim de manter sua qualidade sensorial. Por exemplo, pode ser usada no controle de qualidade do processo de produção (verificando diferenças decorrentes de alterações de matérias-primas ou no processamento), na avaliação da qualidade do produto acabado (em função do tempo e ambiente de estocagem, embalagens, etc.), na reformulação de produtos já existentes (a fim de verificar

a manutenção da qualidade sensorial) e no mercado consumidor (estudos comparativos entre os produtos concorrentes ou estudos de aceitação) (CAÑELLAS, 2006; NORONHA, 2003; MASON e NOTTINGHAM, 2002; MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999).

A análise sensorial pode ser aplicada de forma superficial, ou utilizar diversas ferramentas complexas capazes de estudar com afinco as características sensoriais de um produto e desenvolver detalhadas pesquisas de mercado. Porém, o objetivo principal é sempre o mesmo, direcionar as empresas a um aumento da atração do consumidor pelo produto. (POPPER et al, 2005). É possível, através do homem, qualificar ou diferenciar os alimentos segundo algum aspecto específico a ser estudado, e em seguida, através de métodos estatísticos, verificar a verdadeira tendência dos resultados. Cabe à análise sensorial identificar as características de interesse nos alimentos, qualificar equipes de provadores, estabelecer os testes e as condições em que ocorrerão e analisar e interpretar os resultados estatisticamente (DRAKE, 2007; CAÑELLAS, 2006; MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999).

Por muitos anos, a indústria de laticínios tem reconhecido que a qualidade sensorial tem um significativo impacto na venda de produtos e é a pioneira no desenvolvimento e aplicação da avaliação sensorial de alimentos (DAIRY MANAGEMENT INC, 2003). MORAES (2004), indica que a análise sensorial incrementaria a produção de iogurte, fomentando o comércio e aumentando lucros das empresas.

3.3.2 Atributos Sensoriais

Os alimentos em geral possuem propriedades, particulares a cada um destes, definidas como atributos sensoriais. Para se avaliar um determinado produto, devem-se especificar quais atributos sensoriais são relevantes em seu estudo. Os aspectos qualitativos de um produto, incluem aparência, aroma, textura, sabor e pós-sabor (MURRAY et al, 2001) que são, em geral, percebidos nesta ordem. A falta de treinamento e esclarecimento pode dificultar a obtenção de respostas independentes, gerando impressões sensoriais simultâneas, como se fosse a impressão global a respeito do alimento (MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999).

3.3.3 Fatores que influenciam a análise sensorial

Diversos fatores podem influenciar as respostas de testes sensoriais. Por isso, é importante um rigoroso controle de métodos e condições de testes, minimizando numerosos erros que podem ocorrer (MASON e NOTTINGHAM, 2002). Tais fatores podem se dividir em dois grupos distintos, os dependentes do provador e os dependentes das condições do ambiente em que o teste ocorre (ESTEVES, 2006). Dentre os fatores que dependem do indivíduo provador, estão: adaptação, interação entre estímulos, erros psicológicos, estado de saúde dos provadores, concentração, experiências anteriores, etc. Já dos que dependem do ambiente, podem-se citar: organização, temperatura do ambiente, umidade relativa do ar, iluminação, etc. (ESTEVES, 2006; NORONHA, 2003; MASON e NOTTINGHAM, 2002).

3.3.4 Medição de respostas sensoriais: Escalas

O objetivo da grande maioria de estudos de análise sensorial para acompanhar o desenvolvimento ou reformulação de um produto é verificar sua relação afetiva junto ao consumidor. Freqüentemente, o nível da aceitabilidade é avaliado perguntando-se ao consumidor o quanto ele gostou do produto de uma forma geral. Porém, saber somente os níveis de aceitação de um produto como um todo pode ser insuficiente, sendo muitas vezes necessário saber em que aspectos sensoriais uma pessoa gosta ou desgosta de um produto e como estes aspectos podem ser alterados de forma a aumentar a aceitabilidade. Por esta razão, estudos incluem a adição de perguntas sobre os atributos sensoriais relevantes e como estes influenciam na aceitação do produto como um todo (POPPER et al., 2004).

Seja em testes de aceitação global ou testes que incluam análise de atributos sensoriais, várias são as formas de medição das respostas. Se o homem é realmente um instrumento da análise sensorial, ele é capaz, através da utilização de escalas, de informar o nível de sua aceitação do produto ou o quanto gostou de determinada característica. Deve ser capaz também de especificar a intensidade dos atributos sensoriais em estudo, diferenciar produtos entre si, ordenando-os segundo algum critério pedido ou classificando-os segundo seu próprio gosto (POPPER et al., 2004; MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999).

De uma forma geral, ao se fazer uma analise sensorial, podem ser seguidos quatro caminhos diferentes. As classificações podem ser nominais,

ordinais, por intervalos ou por proporcionalidades (POPPER et al., 2004; MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999).

A Tabela 2 apresenta os tipos de escalas utilizados nos testes sensoriais.

Uma das maneiras mais simples de verificar a resposta de consumidores é utilizando a 'escala do ideal' (*just right scale*). Levando-se em consideração uma característica sensorial específica, o consumidor informa se o produto é ideal, muito mais que o ideal ou muito menos que o ideal (POPPER et al., 2005). Variações desta escala podem ocorrer possuindo de 5 a 9 pontos. Segundo Popper et al. (2005), apesar de toda simplicidade, estas escalas podem apresentar algumas armadilhas e devem ser cuidadosamente analisadas.

Tabela 2: Tipos de Escalas

Classificação	Características
Nominal	Os itens são diferenciados por nomes que não possuem nenhuma representação por ordenação ou quantidades. Nada se pode concluir sobre ordem ou níveis de preferência, e nem sobre diferença entre produtos.
Ordinal	Os itens seguem uma série ordenada em relação a algum atributo sensorial específico. Permite-se concluir a respeito da preferência de produtos e das diferenças qualitativamente, porém, não quantitativamente.
Por intervalos	Os itens são separados em grupos que diferem por intervalos constantes de um determinado atributo. Permite concluir sobre a diferença entre produtos, mas nada que relacione estas diferenças.
Por proporcionalidade	Indica o quanto um atributo é mais forte ou mais fraco que o apresentado na amostra anterior. Permite concluir não somente sobre a magnitude da diferença, mas também nas proporções relativas entre as amostras.

Fontes: CAÑELLAS, 2006; MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999.

Os variados tipos de escalas sensoriais podem ser subdivididos em outros dois grupos, as escalas estruturadas e as escalas não estruturadas, conforme visto abaixo (CAÑELLAS, 2006; MASON e NOTTINGHAM, 2002; MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999):

Escala não estruturada (de linha) (Figura 8a): Consiste em uma linha horizontal de comprimento entre 10 e 15 cm, em cujas extremidades estão ancorados termos que indicam intensidade. Esta escala é contínua possuindo limitações somente nas extremidades, o que proporciona uma maior liberdade para o julgador. As marcas sobre a linha são convertidas em números através da medição manual, com régua, por exemplo, e estes valores utilizados nas análises estatísticas.

Escala estruturada (Categórica) (Figura 8b): escalas hedônicas que possuem uma lista ordenada das respostas possíveis. Cada item corresponde a um nível de satisfação e há um equilíbrio em torno de um ponto central (neutro). Em geral, o número de categorias varia entre 7 e 13. A utilização de poucas categorias diminui a capacidade de descrição, porem, o elevado número aumenta a variabilidade dos resultados. Estas escalas são mais complexas e podem exigir treinamento para sua utilização. Quanto ao tipo, a escala estruturada pode ser nominal (representada por palavras), numérica (representada por números), mista (representada por números e palavras) ou facial (representada por expressões faciais). Quanto ao formato, podem ser verticais ou

horizontais. Os números das categorias são utilizados nas análises estatísticas.

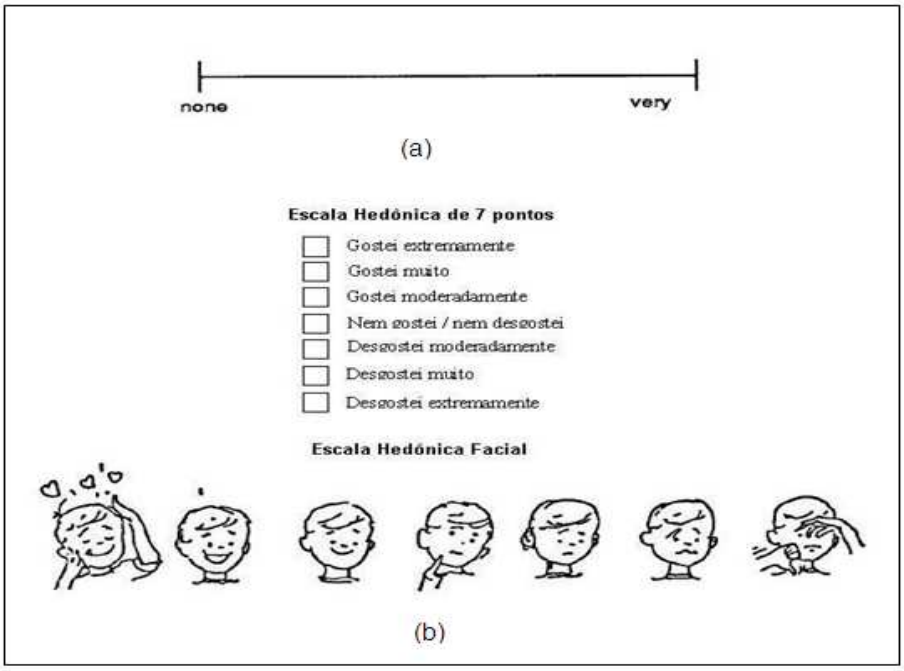


Figura 8: Escalas Sensoriais. (a) Não estruturada de linha; (b) Estruturada.

3.3.5 Métodos de análise

Os métodos de análise sensorial podem ser divididos em dois grandes grupos, que se diferem basicamente pelo objetivo do estudo em questão, mas que mantêm em comum a utilização do homem como instrumento de medida (MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999). O primeiro grupo são os métodos analíticos, que por sua vez pode ser subdividido em métodos discriminativos (ou de diferença) e métodos descritivos. Nestes testes ocorre a comparação e a medição de atributos sensoriais específicos ou do produto como um todo. O segundo grupo envolve diretamente a relação afetiva entre o consumidor e o produto. É formado por técnicas de análise afetiva, que avaliam a preferência ou a aceitação de produtos (DRAKE, 2007; CAÑELLAS, 2006).

Testes de Diferença

Testes de diferença podem ser aplicados de diversas maneiras. A determinação da forma de condução ou qual teste de diferença aplicar depende do objetivo do pesquisador. Existem dois grupos de testes de diferença: Testes de diferença global e Testes de diferença Direcionais.

Testes de diferença não direcionais ou de diferença global constituem a forma mais simples e muito aplicada dos testes de diferença. São utilizados para determinar a existência de diferença entre amostras de produtos que possam ter sofrido algum tipo de tratamento diferenciado, como por exemplo, mudanças em suas formulações, alterações no processamento, na embalagem ou estocagem. (MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999). Porém, uma deficiência deste teste é que não se pode saber a natureza da diferença, ou seja, não se pode saber quais atributos sensoriais diferem entre os produtos. (DAIRY MANAGEMENT INC, 2005). Entre os principais testes de diferença estão os testes Triangular e *Duo-Trio* (DRAKE, 2007). Estes testes serão descritos no Item 4.4.2.2.

Os testes de diferença direcional, ou de atributos, têm os mesmo princípios de aplicação que os testes de diferença global, porém, neste caso, a natureza da diferença já está especificada (DRAKE, 2007). Dessa forma, ao se determinar a existência de diferença entre amostras de produtos, sabe-se especificamente em qual característica sensorial está. Testes direcionais também podem ser utilizados para determinar se algum teste mais sofisticado deve ser aplicado (MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999). Neste caso, o mais

sensível teste de diferença é o Teste de Comparação Pareada (Item 4.4.2.2) (DRAKE, 2007).

Testes Descritivos

Métodos descritivos envolvem a discriminação e a descrição de um produto em aspectos qualitativos e quantitativos (MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999). Estes métodos são comumente chamados de Perfil Sensorial e são capazes de descrever qualidades sensoriais complexas (NORONHA, 2003). Um grande benefício da análise descritiva é sua capacidade de relacionar as descrições sensorial e instrumental com a medida da aceitação do consumidor, pois sendo conhecida a composição desejada de um produto, é possível realizar estudos de otimização para que esta seja alcançada (MURRAY et al., 2001).

Esta ferramenta de análise sensorial é um poderoso instrumento de medição (DAIRY MANAGEMENT INC, 2005), e, diferentemente das outras existentes, necessita de um grupo de provadores treinados que sejam capazes de identificar, descrever e quantificar atributos sensoriais específicos ou todos os atributos sensoriais de um produto (DRAKE, 2007). O tempo de treinamento e o número de provadores dependem da complexidade dos atributos sensoriais (DRAKE, 2007) e do tamanho do mercado consumidor do produto em questão (MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999). Maiores detalhes da formação e treinamento de painel de provadores serão vistos mais adiante, ainda neste Item.

A utilização dos métodos descritivos é feita sempre que se deseja

estudar uma característica sensorial complexa como aroma, sabor e textura (NORONHA, 2003) ou a aparência (MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999). Algumas de suas aplicações são: controle de qualidade de alimentos, monitoramento das características sensoriais de um produto ao longo do tempo de estocagem, análise das características de produtos existentes para desenvolvimento de novos produtos, análise dos efeitos de mudanças em ingredientes, no processo ou na embalagem (MURRAY et al., 2001).

Testes Afetivos

Os testes afetivos, também chamados de testes de consumidores ou hedônicos, têm como principal objetivo a opinião subjetiva do provador, que indica a sua aceitabilidade por um produto ou se o prefere em relação a outro (NORONHA, 2003). Este tipo de prova geralmente vem em seqüência aos testes de diferença e descritivos e é utilizado normalmente em casos como manutenção das características de um dado produto, melhoria ou otimização de um produto, desenvolvimento de novos produtos ou avaliação do potencial de mercado (MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999). Consumidores são muito inconstantes, mudam suas opiniões conforme envelhecem, passam por novas experiências, conhecem novos produtos, etc. Por esta razão, grandes empresas têm um grande departamento de pesquisa de mercado ou sensorial, que conduz testes afetivos regularmente com grande número de consumidores (DRAKE, 2007).

Testes afetivos são simples de serem aplicados e não exigem treinamento para os provadores, afinal, um típico consumidor não é treinado

para especificar ou quantificar atributos sensoriais específicos em seus alimentos (DRAKE, 2007). Freqüentemente questionários de intenção de compra são incluídos nos testes afetivos (MASON e NOTTINGHAM, 2002), pois esta questão é um ponto crítico para a aceitação de novos produtos (MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999).

Os testes afetivos podem ser realizados em diferentes locais, o que gera muitos efeitos nos resultados. Não somente pelo local geográfico, mas, em geral, o local de realização dos testes define diversos aspectos de como o produto é amostrado aos consumidores e percebido por estes (MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999). Os testes podem ser: Testes de Laboratório, que ocorrem em um laboratório de análise sensorial ou no próprio laboratório das companhias, permitindo um elevado controle das condições ambientais; Testes de Localização Central, que se realizam em local público com grande número de potenciais compradores do produto; e Testes de Uso-doméstico, que ocorrem no ambiente da casa do consumidor, ou seja, o verdadeiro local de consumo do produto (MASON e NOTTINGHAM, 2002). Outro fator importante no delineamento de estudos afetivos de aceitabilidade é o número de consumidores necessário para a realização do teste (HOUGH et al, 2006). Segundo Meilgaard, Civille e Carr (1999), para testes de localização central, são necessários de 50 a 300 provadores.

Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)

O princípio da Análise Descritiva Quantitativa se baseia na habilidade que um grupo selecionado e treinado de provadores possui de discriminar e

descrever atributos sensoriais de um produto de forma reprodutível para se obterem dados adequados para uma posterior análise estatística (CHAPMAN et al., 2001; MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999). A primeira etapa consiste na escolha da terminologia utilizada para descrever os atributos sensoriais, ou seja, na escolha dos descritores do produto, e, em seguida são determinadas as escalas que serão utilizadas nas medições. Após os testes, os resultados são analisados estatisticamente e comumente dispostos em um gráfico aranha (*spider web*) (MASON e NOTTINGHAM, 2002).

Seleção e treinamento de provadores

O poder da análise descritiva está no painel de provadores treinados que opera como um instrumento de medição (MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999). Com o treinamento, é possível se obter uma equipe consistente, com sensibilidade e habilidade de discriminação, que apresentem resultados reprodutíveis e coerentes (PEYVIEUX e DIJKSTERHUIS, 2000). Praticamente todos os métodos de testes descritivos necessitam de um painel de provadores com algum grau de treino ou orientação (MURRAY et al., 2001). A extensão da equipe de provadores depende da complexidade dos atributos sensoriais que serão descritos (DRAKE, 2007).

Na pré-seleção ou recrutamento é feito o primeiro contato com os provadores. Em uma espécie de entrevista, e com a utilização de um questionário, são verificados: os perfis dos provadores quanto ao consumo e apreciação do produto a ser analisado; hábitos alimentares; interesse e disponibilidade de tempo para participar dos testes; se possuem algum

problema de saúde que o impossibilite de participar; a habilidade de quantificar intensidades utilizando escalas. Também nesta etapa os possíveis participantes são informados sobre os testes, com informações como os objetivos gerais dos testes e a importância da seleção e treinamento de uma equipe (ESTEVES, 2006; MASON e NOTTINGHAM, 2002; MURRAY et al., 2001; MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999).

Ainda nesta primeira etapa, os provadores são esclarecidos sobre quais os testes e como estes serão realizados. Com o auxílio de um líder e a equipe pré-selecionada, pode-se elaborar uma lista de atributos sensoriais e termos descritores para o produto em questão, ou pode-se utilizar uma lista pré-existente na literatura, o que diminui o tempo dispensado com treinamento. São também discutidas as escalas utilizadas nos treinamentos e nos testes descritivos.

Na segunda etapa, são realizados testes específicos capazes de medir a habilidade do provador em distinguir e detectar atributos sensoriais e perceber diferenças na intensidade destes, sendo selecionados para participarem da equipe treinada os provadores com bons resultados e reprodutibilidade. Em geral, testes de diferença são utilizados na seleção e treinamento dos provadores.

Para se determinar quais provadores estão aptos para participar efetivamente da etapa de testes descritivos, os resultados podem ser submetidos a uma análise seqüencial, que consiste na elaboração de um gráfico que possui em sua ordenada o número de acertos do indivíduo e em sua abscissa o número de testes dos quais o indivíduo participou. Retas traçadas a partir de modelos matemáticos definem as regiões de aceitação,

indecisão e rejeição de provadores. Cada provador possui um ponto neste gráfico, que pode estar alocado em uma destas regiões, a depender de seu desempenho nos testes realizados. A Figura 9 mostra um exemplo de gráfico de análise seqüencial (MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999).

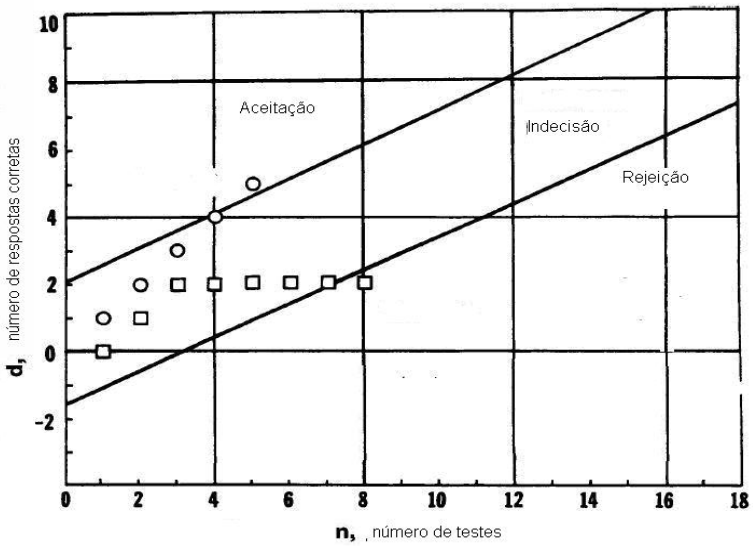


Figura 9: Esquema gráfico da análise seqüencial.

Fonte: Adaptado de MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999

As retas que definem as regiões do gráfico são obtidas pelas seguintes equações matemáticas:

Linha superior: $d_1 = \dfrac{\log(1-\beta) - \log\alpha - n \cdot \log(1-p_1) + n \cdot \log(1-p_0)}{\log p_1 - \log p_0 - \log(1-p_1) + \log(1-p_0)}$ (Equação 1)

Linha inferior: $d_0 = \dfrac{\log\beta - \log(1-\alpha) - n \cdot \log(1-p_1) + n \cdot \log(1-p_0)}{\log p_1 - \log p_0 - \log(1-p_1) + \log(1-p_0)}$ (Equação 2)

Cujos parâmetros utilizados nas expressões matemáticas que regem a análise seqüencial de resultados são:

α = probabilidade de determinar diferença quando esta na realidade não existe;

β = probabilidade de não detectar diferença quando esta na realidade existe;

P0 = proporção de respostas corretas que se espera obter ao acaso quando as amostras são na verdade idênticas;

P1 = proporção de respostas corretas que se espera obter;

Após a análise dos resultados, são selecionados os membros da equipe treinada para realização dos testes descritivos, sendo rejeitados os provadores que não corresponderam às expectativas das etapas de treinamento.

3.3.6 Análise estatística dos resultados

O objetivo final da análise sensorial é estudar o comportamento de uma população frente à um produto específico. Porém, raramente é possível conduzir uma pesquisa com toda uma população, dificultando a obtenção dos resultados desejados. Em geral, o que ocorre é a obtenção de dados de uma amostra desta população e a aproximação, por modelos matemáticos, destes resultados para a população total. Analisando de forma simples, estes valores, chamados variáveis aleatórias, são valores estimados e seguem a uma chamada distribuição de probabilidade de ocorrência que pode ser discreta ou contínua. Variáveis aleatórias são discretas se o número de resultados possíveis é finito. A preferência de um consumidor por um determinado produto é uma variável discreta. Porém, se as variáveis podem assumir qualquer valor dentro de determinado intervalo, estas são chamadas variáveis continuas, e

são determinadas por uma medição. A determinação da intensidade de um atributo sensorial é uma variável contínua. (MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999; TRIOLA, 1999).

Ao resumir os dados sensoriais de um estudo, utilizando-se gráficos, tabelas ou histogramas, pode-se observar a ocorrência de desvios ou erros, que podem apresentar risco na tomada de decisão decorrente do estudo em questão. Tais erros, em geral, estão associados à utilização do homem como instrumento de medida, pois os homens são diferentes entre si, e cada um deles pode se apresentar diferente de um momento para outro. Além destes, podem também ocorrer erros de interpretação de escalas. Desta forma, a fim de estimar e minimizar estes riscos é válido que, juntamente com a distribuição de probabilidade, sejam calculados os parâmetros estatísticos, como a média, a mediana, a moda, o desvio padrão, variância e intervalos de confiança. Em alguns casos é utilizada a inferência estatística, que, a partir de testes de hipóteses, determina os limites das probabilidades de tomar alguma decisão incorreta, oferecendo ao pesquisador maior segurança na tomada de decisão. (MASON e NOTTINGHAM, 2002; MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999).

3.3.6.1 Planejamento Experimental

A intenção fundamental da análise estatística de um experimento é gerar uma estimativa exata e precisa do erro experimental. Todos os testes de hipóteses e intervalos de confiança baseiam-se nesta premissa. Erro experimental é o inexplicável, é a variabilidade natural da população a ser estudada, e é expresso quantitativamente pela variância ou o desvio padrão da

população. Uma medida tomada em uma unidade a partir de uma população não fornece meios para estimar o erro experimental. As diferenças entre as múltiplas observações tomadas em uma única unidade resultam de erros de medição. Freqüentemente, erros experimentais são substituídos por erros de medição na análise estatística, o que pode levar a uma falsa conclusão de que existem diferenças significativas entre os produtos, quando, na realidade, não existem. Portanto, várias unidades de uma mesma população precisam ser colhidas a fim de desenvolver uma estimativa válida do erro experimental. As medições efetuadas em diversas unidades são chamadas repetições. Além de permitir a determinação do erro experimental, a replicação permite a obtenção de estimativas mais precisas (MASON e NOTTINGHAM, 2002; MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999).

O planejamento consciente dos experimentos que devem ser realizados para determinar a influência das variáveis sobre as respostas desejadas, é indispensável para que resultados confiáveis sejam obtidos e para que análises estatísticas consistentes possam ser realizadas (RODRIGUES e IEMMA, 2005). Todos esses fatores levam os pesquisadores a trabalharem com planejamentos experimentais. Em qualquer área de pesquisa, sempre se está interessado em saber quais variáveis são importantes em algum estudo que se esteja realizando, assim como os limites inferior e superior destas variáveis. Através do planejamento experimental e análises estatísticas, como por exemplo a Análise de Variância (ANOVA), pesquisadores podem determinar as variáveis que exercem maior influência no desempenho de um determinado processo ou na qualidade de um produto final (PROJETO PROEXCEL, 2008; DEMING et al., 1973). É na escolha desta propriedade a ser otimizada e das

condições de controle que se encontra grande parte das discussões sobre qual a melhor indicação para um desempenho ideal do sistema (EIRAS et al., 1999). Algumas aplicações típicas do planejamento de experimentos são: avaliação e comparação de configurações básicas de projeto; avaliação de diferentes materiais ou matérias-primas de processo; seleção de parâmetros de projeto; determinação de parâmetros de projeto que melhorem o desempenho de produtos; e desenvolvimento de novos produtos. A otimização pode ser dividida nos seguintes estágios: definição da função ou funções objetivo (resposta); determinação dos fatores (variáveis) que apresentam influências significativas sobre a resposta que deseja-se otimizar; definir os níveis máximos e mínimos destas variáveis; e a otimização propriamente dita, isto é, procurar a combinação dos valores dos fatores selecionados que resultem na melhor resposta (maximização ou minimização) (PROJETO PROEXCEL, 2008; DEMING et al., 1973).

Um tipo de planejamento experimental muito comum é o método univariável. Este método de otimização é classificado como um método seqüencial, e é também conhecido como método do fator único ou estratégia um-fator-de-cada-vez. Neste método, fixam-se todos os fatores que estão sendo pesquisados em um certo nível, menos um deles. Este último é então variado até que se encontre a melhor resposta, passando então esta condição a ser fixada e um novo fator sofre variação. O processo se repete até que todos os fatores tenham sido adequados para fornecer a melhor resposta. Este tipo de procedimento é provavelmente o método de otimização mais comum em química, porém este método não garante que a região ótima seja localizada, por não levar em consideração a interação entre os fatores avaliados (EIRAS et

al., 1994; ROUTH et al., 1977).

Embora o método univariável ainda seja bastante aplicado, este vem sendo substituído por métodos classificados como simultâneos, nos quais as variáveis de interesse que podem apresentar influências significativas na resposta são avaliadas ao mesmo tempo (EIRAS et al., 1994; MORGAN et al., 1974). Um exemplo é o planejamento fatorial, que, embora tenha sido proposto na década de 50, somente nos últimos anos tem sido mais utilizada em pesquisas tecnológicas (RODRIGUES e IEMMA, 2005). Para realizar um planejamento fatorial, escolhem-se as variáveis a serem estudadas e efetuam-se experimentos em diferentes valores destes fatores. A seguir são realizados experimentos para todas as combinações possíveis dos níveis selecionados. De um modo geral, o planejamento fatorial pode ser representado por b^{α}, onde "α" é o número de fatores "b" é o número de níveis escolhidos. Um dos aspectos favoráveis deste tipo de planejamento é a realização de poucos experimentos. Torna-se óbvio que com um número reduzido de níveis não é possível explorar de maneira completa uma grande região no espaço das variáveis, entretanto podemos observar tendências importantes para a realização de investigações posteriores (EIRAS et al., 1999; ROUTH et al., 1977).

Após a realização dos experimentos, os resultados são analisados estatisticamente por ANOVA e testes de comparação de médias, para verificação de diferenças estatisticamente significativas entre as amostras de produtos em estudo (MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999).

A ANOVA tem como objetivo averiguar se há diferenças estatísticas entre as variâncias obtidas para diferentes populações/tratamentos e verificar

se certos fatores são influentes nos resultados. Como ferramenta para realizar a Análise de Variância, pode ser utilizado o teste F, teste de hipóteses que verifica a variabilidade entre as variâncias de populações/tratamentos diferentes. O teste é realizado da maneira a seguir (CURI, 2008):

São propostas as duas seguintes hipóteses:

Hipótese nula: Ho: s1 = s2 (as variâncias para cada tratamento são iguais).

Hipótese não nula: H1: s1 ≠ s2 (as variâncias para cada tratamento são diferentes).

Calcula-se F, da seguinte maneira: $F_{calc} = s^2_1 / s^2_2$, com s_1 maior que s_2.

Há também um valor tabelado de F ou $F_{crítico}$. A decisão da hipótese a ser aceita é feita comparando-se o F_{calc} com o $F_{critico}$. Se $F_{calc} > F_{critico}$ a hipótese nula deverá ser rejeitada.

3.4 Reologia

A reologia é definida como a ciência que estuda as propriedades mecânicas da matéria, como a deformação e o escoamento (ou fluxo), quando esta é submetida à forças externas, denominadas tensão ou deformação (SCHRAMM, 2006; TONELI, MURR e PARK, 2005). O termo foi usado pela primeira vez por E. Bingham e tem origem grega, cujo prefixo *Rheo* significa fluxo e o sufixo *logos* significa estudo (STEFFE, 1996).

Todos os materiais, independente de seu estado físico, se enquadram neste contexto e possuem propriedades reológicas (SCHRAMM, 2006). A caracterização reológica de um material é uma das mais importantes propriedades dinâmicas, pois permite a obtenção de importantes informações sobre seu escoamento e deformação em distintas condições e nas diversas etapas do processo, como produção, transporte, armazenamento e utilização (FISCHER e WINDHAB, 2011; GARRIGA, 2002). Na presente revisão serão relevantes apenas referências para reologia de líquidos.

Desta forma, a reologia consiste basicamente no estudo das forças e as deformações ou escoamento causados por estas, sendo necessário também incluir o fator tempo e, em alguns casos, o fator temperatura (TABILO-MUNIZAGA e BARBOSA-CÁNOVAS, 2005; BLAIR, 1958).

Diversos campos de estudo e industriais utilizam a reologia como ferramenta para monitorar a qualidade de seus processos e produtos, dentre os quais, a Ciência dos Alimentos, que foi alvo de grande interesse na década de 1990 (GALLEGOS e FRANCO, 1999).

Segundo Zhong e Daubert (2007) e Steffe (1996), conhecimentos da reologia dos materiais são necessários na engenharia de alimentos, nas etapas de projetos e cálculos de processos (como cálculos de bombas, agitadores, trocadores de calor, etc.). Porém, além dos processos, a reologia pode ser utilizada como ferramenta de controle de qualidade, controle de tempo de prateleira e controle de temperatura de armazenamento (STEFFE, 1996; BLAIR 1958).

A textura dos alimentos é resultado de estruturas químicas e/ou físicas formadas, com influências biológicas ou não, pelos seus componentes individuais durante o processamento ou armazenamento (ZHONG e DAUBERT, 2007). Tais estruturas são percebidas pelos consumidores durante o consumo e até mesmo em seu metabolismo (FISCHER e WINDHAB, 2011), o que estreita a relação entre a reologia e a análise sensorial de alimentos (STEFFE, 1996, BLAIR, 1958).

Segundo Fischer e Windhab (2011), a reologia de alimentos pode ser dividida em categorias. A primeira delas é a tecnologia de alimentos, intimamente ligada ao desenvolvimento de novos produtos, que envolve propriedades sensoriais, de estabilidade, visuais e nutricionais. A outra categoria, em concordância com Steffe (1996), envolve os processos de engenharia de alimentos.

3.4.1 Definições e propriedades reológicas

Os estudos reológicos correlacionam a tensão e a deformação, e são capazes de descrever propriedades do material em questão baseados em

parâmetros derivados destas relações (ZHONG e DAUBERT, 2007). Seguem abaixo algumas das importantes definições da reologia.

Tensão (τ): Força que atua perpendicularmente (tensão normal) ou tangencialmente (tensão cisalhante ou de cisalhamento) em uma determinada área de um elemento de fluido. Possui unidade de pressão (N/m² = Pa).

A tensão é representada matematicamente pela Equação 3:

$$\tau = \frac{Força}{Área} = \frac{Newton}{m^2} = Pascal \quad \text{(Equação 3)}$$

Deformação (γ): Alteração da estrutura do material devido a aplicação de uma tensão externa. Caso seja aplicada uma tensão de cisalhamento, a deformação é chamada igualmente de cisalhamento. A deformação é uma grandeza adimensional.

A Figura 10 apresenta um esquema para a representação da deformação de elemento de fluido.

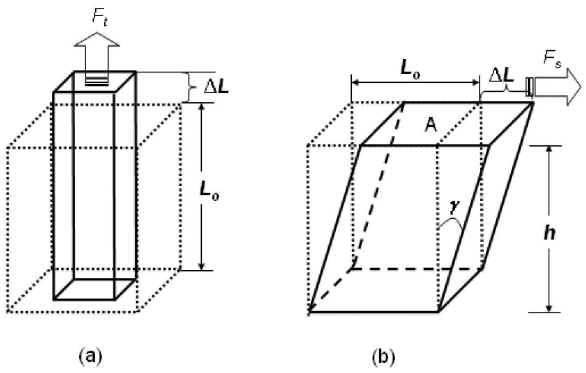


Figura 10: Esquema representativo da deformação de um elemento de fluido sob aplicação de (a) tensão normal e (b) tensão de cisalhamento. F_t (Força normal à área), F_s (Força tangencial à área), L_0 (comprimento original), ΔL (deformação), h (altura).

Fonte: ZHONG e DAUBERT, 2007.

Definem-se então a deformação e a deformação de cisalhamento como (Equações 4 e 5, respectivamente):

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \text{ (Equação 4)}; \gamma = \frac{\Delta L}{h} \text{ (Equação 5)}$$

Viscosidade: Dentre os parâmetros reológicos utilizados para fluidos, a viscosidade é um dos mais importantes. É a propriedade do fluido de resistir ao escoamento (SHARMA et al., 2000). Além de ser um controle de qualidade para o fluido, pode fornecer importantes informações sobre possíveis variações estruturais durante a aplicação de uma tensão.

Modelos matemáticos que incluem a viscosidade serão vistos adiante.

3.4.2 Escoamento de fluidos

Fluidos são materiais que, quando submetidos a uma tensão continua, deformam-se continuamente. Dessa forma, a deformação é vista como uma taxa, que leva em consideração o tempo de deformação. A taxa de cisalhamento pode ser representada pela Equação 6:

$$\dot{\gamma} = \frac{d\gamma}{dt} = \frac{d\frac{\Delta L}{h}}{dt} = \frac{\frac{d\Delta L}{dt}}{dh} = \frac{dV}{dh} \quad \text{(Equação 6)}$$

Onde V é a velocidade do escoamento do fluido e $\dot{\gamma}$ é a taxa de cisalhamento em s^{-1}.

Para estudar o comportamento reológico de fluidos, as determinações se dão com base em aplicação de tensão de cisalhamento. É feita uma simulação de escoamento horizontal, em regime laminar, de um fluido entre placas paralelas, separadas por uma distância h, cuja placa superior é móvel e sobre ela é aplicada uma força F tangencial em sua área A. A placa se movimenta com velocidade v, constante em relação à placa inferior, que está fixa, e mantém o escoamento do fluido. Dessa forma é gerado um gradiente de velocidade de escoamento no fluido, na direção y (vertical). Pela chamada condição de aderência, a velocidade da camada de fluido é igual a v na placa superior e igual a zero na placa inferior.

A Figura 11 representa o escoamento de fluido entre placas paralelas.

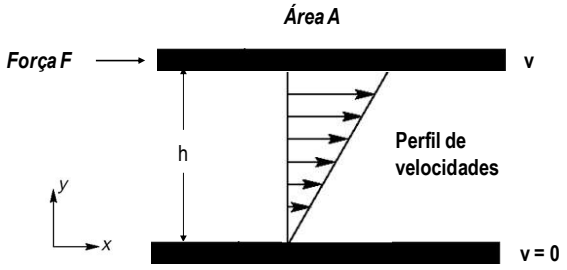


Figura 11: Fluxo entre duas placas paralelas.

Fonte: Adaptado de STEFFE, 1996.

O gradiente de velocidade do fluido entre as placas pode ser representado por $\frac{dv}{dh}$, que por sua vez é semelhante à taxa de cisalhamento vista acima (Equação 6).

$$\dot{\gamma} = \frac{d\gamma}{dt} = \frac{dV}{dh}$$

Portanto, a taxa de cisalhamento é igual ao gradiente de velocidade ao qual o fluido está sujeito durante seu escoamento.

3.4.3 Classificação reológica dos fluidos e modelos reológicos

Os fluidos são classificados em grupos e subgrupos segundo as características de seu escoamento. Em geral, cada tipo de classificação possui uma modelagem matemática específica para representação do fenômeno em ocorrência.

Diversos modelos reológicos são propostos para descrever o comportamento de materiais durante seu escoamento frente à perturbação por

uma tensão. Além disso, são muito úteis por unir propriedades reológicas dos fluidos e suas variações em função de algum parâmetro em uma única equação matemática. Isso é muito importante no momento de projetar unidades de produção de alimentos, a fim de garantir a qualidade do processo e produto final. Esses modelos podem ser ou não função da temperatura e do tempo.

As correlações entre a tensão e a taxa de cisalhamento e entre a viscosidade e a taxa de cisalhamento são representadas por gráficos cartesianos denominados, Curvas de Fluxo (ou Reogramas) e Curvas de Viscosidade, respectivamente (SCHRAMM, 2006).

3.4.3.1 Fluidos Newtonianos:

Newton foi o primeiro a descrever o comportamento de um fluido durante o escoamento, utilizando o modelo de escoamento entre placas paralelas. O fluido newtoniano é chamado de fluido ideal e sua taxa de deformação (taxa de cisalhamento) é proporcional à tensão de cisalhamento de maneira estritamente linear, cuja constante de proporcionalidade é chamada de viscosidade newtoniana (μ) e independe da taxa de cisalhamento à qual o material é submetido (SCHRAMM, 2006), e com interseção passando pela origem dos eixos cartesianos (STEFFE, 1996).

Dessa forma, para uma mesma pressão e temperatura a viscosidade do fluido permanecerá constante, independente da tensão e tempo de cisalhamento.

A Equação 7 representa o modelo de Newton para o escoamento de fluidos ideais.

$$\tau = \mu \cdot \dot{\gamma} \text{ (Equação 7)}$$

A viscosidade newtoniana também é chamada de viscosidade dinâmica e tem unidade Pa.s. τ é a tensão de cisalhamento e $\dot{\gamma}$ a taxa de cisalhamento, como já visto acima.

Fluidos ideais são chamados de viscosos e escoam irreversivelmente, ou seja, a energia de deformação é dissipada na forma de calor, não podendo ser recuperada após o alívio da tensão (ZHONG e DAUBERT, 2007; TONELI, MURR e PARK, 2005).

3.4.3.2 Fluidos Não-newtonianos:

Segundo Toneli, Murr e Park (2005), não existem fluidos perfeitamente ideais, há apenas aqueles que se aproximam do comportamento newtoniano. Todos os demais fluidos com comportamento distinto ao modelo proposto por Newton são chamados de fluidos não-newtonianos. Ou seja, não possuem relação linear entre tensão e taxa de cisalhamento.

Para distinguir os fluidos não-newtonianos dos newtonianos, utiliza-se o termo viscosidade aparente (η) para expressar a relação:

$$\tau = \eta \cdot \dot{\gamma} \text{ (Equação 8)}$$

Onde η=f($\dot{\gamma}$)

Outra característica que pode estar presente em fluidos não-newtonianos é a chamada tensão limite de escoamento ou tensão residual

(τ_0), que é a medida da menor tensão que deve ser aplicada ao fluido para que este comece a escoar (PATIL, 2006; STEFFE, 1996). Para valores de tensão menores que este limite, o fluido se comporta como um sólido. Este é um parâmetro de importância para alimentos líquidos (como o iogurte, por exemplo) e diversos modelos reológicos que serão vistos adiante o levam em consideração.

Os fluidos não-newtonianos podem ser classificados em três grupos distintos com seus respectivos subgrupos. Abaixo seguem as classificações e os principais modelos matemáticos que descrevem seu comportamento reológico (DAVIES, 2010; OLIVEIRA, SOUZA e MONTEIRO, 2008; ZHONG e DAUBERT, 2007; SCHRAMM, 2006; MULLINEUX e SIMMONS, 2006; PATIL, 2006; TONELI, MURR e PARK, 2005; HAMINIUK, 2005; LEAL, 2005; PINHO, 2003; GARRIGA, 2002; STEFFE, 1996):

a. Fluidos com propriedades independentes do tempo (puramente viscosos): pertencem a este grupo, os fluidos que apresentam viscosidade dependente apenas da tensão de cisalhamento aplicada, sob condições de temperatura e composição constantes. Estes fluidos podem ser:

a.1. Pseudoplásticos: São fluidos que apresentam uma diminuição na viscosidade aparente em função da tensão de cisalhamento. Quando em repouso, suas moléculas estão em estado desordenado, porém, ao iniciar o fluxo, estas sofrem orientação na

direção da força aplicada, diminuindo a resistência ao escoamento.

Estes fluidos não necessitam de tensão mínima para escoar e também apresentam relação não linear entre a tensão e a taxa de cisalhamento. Neste grupo encontra-se a maioria dos fluidos de comportamento não-newtoniano, dentre eles: sucos de frutas concentrados, pasta de amido, melaço e proteínas.

O escoamento deste tipo de fluido pode ser descrito pelo Modelo de Ostwald-de-Waele ou Lei da Potência (Equações 9 e 10), como visto na Tabela 3.

Tabela 3: Modelo de Ostwald-de-Waele

Equações	Parâmetros
$\eta = K\dot{\gamma}^{n-1}$ (Equação 9)	$\eta = viscosidade(Pa.s)$ $K = índice\ de\ consistência(Pa.s^n)$ $n < 1 = índice\ de\ comportamento(a\ \dim ensional)$
$\tau = K\dot{\gamma}^{n}$ (Equação 10)	$\tau = tensão\ de\ cisalhamento(Pa)$ $\dot{\gamma} = taxa\ de\ formação(s^{-1})$

a.2. de Bingham ou Viscoplásticos: Se caracterizam por apresentar uma relação linear entre tensão e taxa de cisalhamento, assim como os fluidos newtonianos. Porém, apresenta também uma tensão limite de escoamento (τ_0) necessária para iniciar o fluxo. A linearidade do modelo é descrita pela viscosidade plástica (η_p).

Os modelos de Bingham para a viscosidade e para a tensão em função da taxa de cisalhamento são dados pelas Equações 11 e 12, conforme observado na Tabela 4.

Tabela 4: Modelo de Bingham

Equações	Parâmetros
$\eta = \eta_p + \tau_0 / \dot{\gamma}$ (Equação 11)	$\eta = viscosidade\ aparente (Pa.s)$ $\tau = tensão\ de\ cisalhamento (Pa)$ $\dot{\gamma} = taxa\ de\ formação (s^{-1})$ $\eta_p = viscosidade\ plástica$ $\tau_0 = limite\ de\ escoamento$
$\tau = \tau_0 + \eta_p \dot{\gamma}$ (Equação 12)	

Se $\tau < \tau_0$, considera-se não haver escoamento e $\dot{\gamma} = \frac{dv}{dy} = 0$

a.3. de Herschel-Bulkley: Esta classificação é similar à de Bingham. O fluido também necessita de uma tensão limite para começar a escoar, entretanto, a relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação não é linear, e sim, exponencial. O objetivo é explicar o comportamento de suspensões com alta concentração de particulados.

O modelo de Herschel-Bulkley é uma forma modificada do modelo de Ostwald-de-Waele, que leva em consideração a tensão limite de escoamento (τ_0) e é dado pelas Equações 13 e 14, apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5: Modelo de Herschel-Bulkley

Equações	Parâmetros
$\eta = \tau_0 / \dot{\gamma} + K \dot{\gamma}^{n-1}$ (Equação 13)	$\eta = viscosidade(Pa.s)$ $K = índice\ de\ consistência(Pa.s^n)$ $n = índice\ de\ comportamento(adimensional)$ $\tau = tensão\ de\ cisalhamento(Pa)$ $\dot{\gamma} = taxa\ de\ formação(s^{-1})$ $\tau_0 = limite\ de\ escoamento$
$\tau = \tau_0 + K \dot{\gamma}^{n}$ (Equação 14)	

a.4. Dilatantes: Caracterizam-se pelo aumento da viscosidade aparente em função do aumento da tensão de cisalhamento. Esse tipo de fluxo é observado em líquidos que contém alta proporção de partículas em suspensão, pois na medida em que se aumenta a tensão de cisalhamento, ocorre o contato direto de partículas sólidas, promovendo maior resistência ao escoamento.

Assim como os pseudoplásticos, não necessitam de tensão mínima para escoar e apresentam relação não-linear entre a tensão e a taxa de cisalhamento. Alguns tipos de mel e suspensões de amido se enquadram nessa classificação.

Este fenômeno pode ser descrito pelo modelo de Ostwald-de-Waele ou Lei da Potência (Equações 9 e 10), com o valores do índice de comportamento (n) > 1 (Tabela 3).

b. Fluidos com propriedades dependentes do tempo: são aqueles que apresentam viscosidade aparente como função do tempo de aplicação da taxa de cisalhamento.

Para fluidos com comportamento reológico dependente do tempo é possível a observação do chamado fenômeno da histerese. Este implica que a viscosidade dos sistemas sujeitos a uma força por um tempo t não é a mesma quando medida no mesmo tempo t depois de interrompida a perturbação. Dessa forma, ao elevar a tensão de cisalhamento, obtém-se uma curva de viscosidade e, em seguida, ao reduzir a tensão, obtém-se outra curva distinta, pois a viscosidade aparente depende do tempo de cisalhamento. Esta diferença recebe o nome de histerese e pode ser observada na Figura 13 (b).

Para representação do escoamento de fluidos dependentes do tempo, pode-se utilizar o modelo de Weltman, dado pela Equação 15.

$$\tau = A - B.\log(t) \quad \text{(Equação 15)}$$

Onde:

$\tau = tensão\ de\ cisalhamento (Pa)$
$A = parâmetro\ reológico\ semelhante\ a\ \tau_0$
$B = parâmetro\ reológico\ que\ mede\ a\ taxa\ de\ quebra\ da\ estrutura$
$t = tempo$

Estes fluidos podem ser:

b.1. Tixotrópicos: São fluidos cuja viscosidade aparente diminui em função do tempo de aplicação de uma tensão de cisalhamento constante, podendo recuperar sua estrutura inicial após a remoção da força aplicada. Geralmente estes fluidos contêm pequenas partículas, como cristais, micelas ou polímeros que se separam devido ao cisalhamento imposto, tornando-se mais susceptíveis ao escoamento.

Vale observar que todo fluido tixotrópico é pseudoplástico, porém, a recíproca não é verdadeira. Exemplos de fluidos com comportamento tixotrópico são catchup, soluções protéicas, iogurte, etc.

b.2. Reopéticos: Diferentemente dos fluidos tixotrópicos, apresentam aumento da viscosidade aparente em função do tempo de aplicação de uma taxa de cisalhamento constante. Após cessar a perturbação, sua viscosidade aparente retorna ao valor inicial. Uma das explicações é que o cisalhamento aumenta o número de colisões entre partículas dos fluidos, que pode levar ao aumento de agregados e conseqüentemente ao aumento da viscosidade aparente.

Este tipo de comportamento não é comum em alimentos, mas pode ocorrer em soluções de amido altamente concentradas. Todo fluido reopético é dilatante, porém nem todo fluido dilatante é reopético.

c. Fluidos com propriedades viscoelasticas: são fluidos que apresentam propriedades intermediárias entre um fluido viscoso ideal e um sólido elástico ideal. Esta característica pode gerar problemas no processamento de alimentos, no entanto, em geral, o comportamento elástico pode ser desprezado nos alimentos fluidos (TONELI, MURR e PARK, 2005).

Estas classificações e subclassificações podem ser vistas resumidamente na Figura 12 e as características reológicas de cada classificação são observadas na Figura 13.

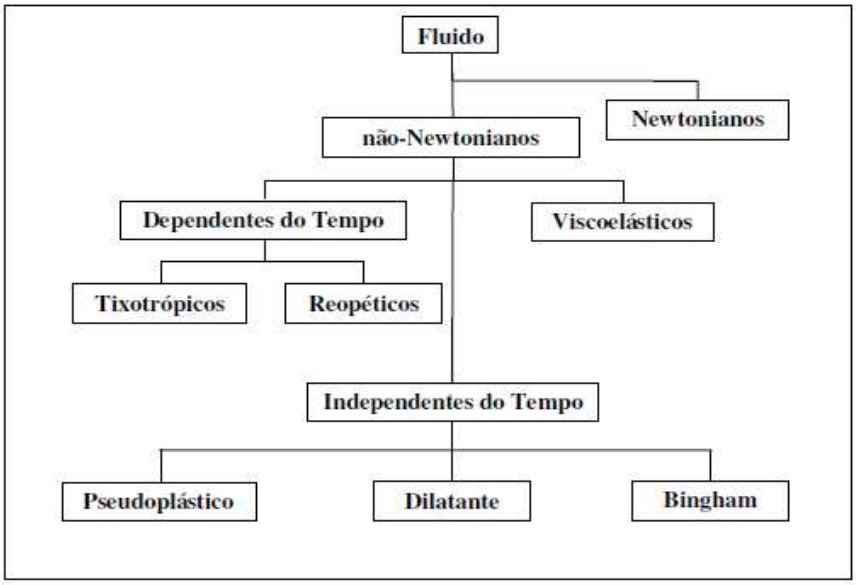


Figura 12: Representação esquemática das classificações dos fluidos

Fonte: LEAL, 2005.

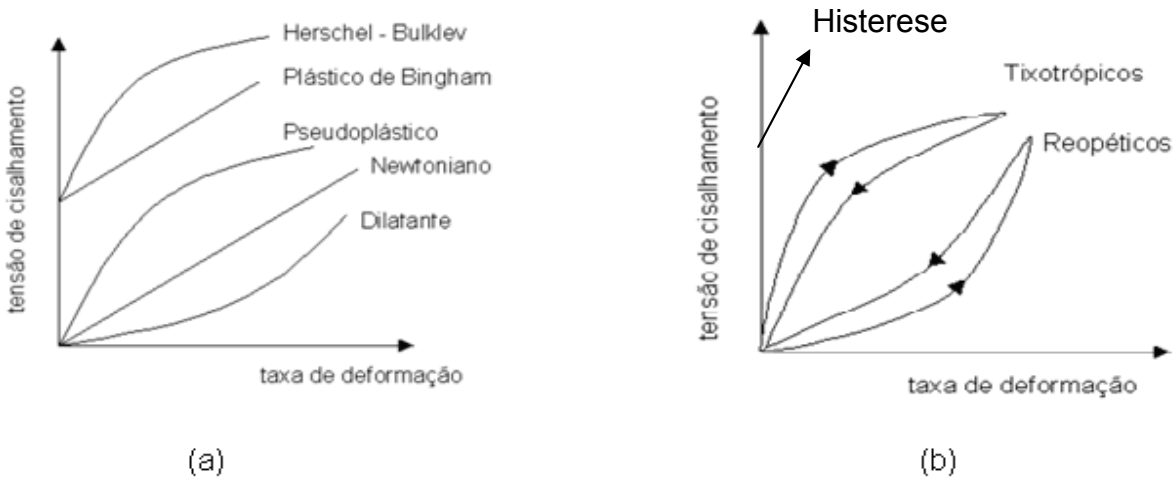


Figura 13: Curvas de fluxo dos diferentes fluidos (a) independentes do tempo e (b) dependentes do tempo.

Fontes: Adaptado de TONELI, MURR e PARK, 2005; SHARMA et al., 2000.

Além dos modelos acima vistos, há também o modelo de Casson, baseado nas equações empíricas abaixo (Equações 16 e 17), dispostas na Tabela 6, que também pode ser utilizado para descrever fluidos pseudoplásticos.

Tabela 6: Modelo de Casson

Equações	Parâmetros
$\eta = \sqrt[n]{(\tau_0 / \dot{\gamma})^n + (\eta_p)^n}$ (Equação 16)	$\eta = viscosidade(Pa.s)$ $K = índice\ de\ consistência(Pa.s^n)$ $n = índice\ de\ comportamento(adimensional)$ $\tau = tensão\ de\ cisalhamento(Pa)$ $\dot{\gamma} = taxa\ de\ formação(s^{-1})$ $\tau_0 = limite\ de\ escoamento$
$\tau^{0,5} = \tau_0^{0,5} + K(\dot{\gamma})^{0,5}$ (Equação 17)	

Modelos como o de Ostwald de Waele, Hershel-Bulkley e Casson, apesar de não levar em consideração a dependência com o tempo, têm sido amplamente utilizados para solucionar problemas de engenharia na indústria de alimentos, sendo bem aplicados para descrever o comportamento reológico destes fluidos, como o iogurte (OLIVEIRA, SOUZA e MONTEIRO, 2008; MULLINEUX e SIMMONS, 2007; TONELI, MURR e PARK, 2005; STEFFE, 1996).

3.4.4 Efeito da temperatura

O efeito da temperatura sobre a viscosidade aparente de fluidos submetidos a uma taxa de cisalhamento constante pode ser descrito por uma equação do tipo Arrhenius, na qual a viscosidade aparente diminui

exponencialmente com o aumento da temperatura (STEFFE, 1996). As Equações 18 e 19, apresentadas na Tabela 7, indicam os modelos matemáticos da equação de Arrhenius para a viscosidade aparente e sua forma linearizada, respectivamente.

Tabela 7: Modelo de Arrhenius

Equações	Parâmetros
$\eta = \eta_0 \cdot \exp(\frac{E}{RT})$ (Equação 18)	$\eta = viscosidade (Pa.s)$ $\eta_0 = parâmetro\ de\ ajuste$ $E = energia\ de\ ativação\ para$ $viscosidade\ (cal/g.mol.K)$ $R = constante\ universal\ dos\ gases$ $(1{,}987 cal/g.mol.K)$ $T = temperatura\ absoluta (K)$
$\ln(\eta) = \ln(\eta_0) + E \cdot \frac{1}{RT}$ (Equação 19)	

3.4.5 Reologia do iogurte

O consumo de iogurte tem tido aumento considerável e existem variadas formulações para satisfazer o extenso mercado consumidor. Segundo Rasic e Kurmann (1978), estes produtos podem variar de acordo com os ingredientes, composição, sabor, consistência, textura, valor calórico, processo de elaboração e natureza do processo de pós-incubação. A aceitação deste produto é fortemente influenciada por sua consistência e por sua viscosidade.

A textura do produto e propensão à sinerese (separação do soro) são as principais características que irão definir a qualidade do iogurte (LEE e LUCEY, 2010). Geralmente, para se aumentar a viscosidade, a prática utilizada nas indústrias é o aumento do teor de sólidos pela adição de leite, ou soro de leite,

em pó (TAMIME e ROBINSON, 1991). No entanto, também podem ser adicionados espessantes com este fim, deixando uma textura mais firme, diminuindo a sinérese e aumentando a aceitabilidade do iogurte.

Diversos materiais poliméricos podem ser utilizados como espessantes e suas origens podem ser vegetal ou microbiana. Entre os polissacarídeos, destacam-se o amido, a pectina, a carragenana, os alginatos, a goma xantana, a goma gelana e a goma arábica. Entre os materiais protéicos, estão os caseinatos e a gelatina (TONELI, MURR e PARK, 2005). Segundo Walstra, Wouters e Geurts (2006), e Tamime e Robinson (1991), três dos espessantes mais utilizados são o amido, a pectina e a gelatina.

Muitos fatores podem afetar a reologia do iogurte, como teor de sólidos, proteínas e gordura, pressão de homogeneização, intensidade do tratamento térmico do leite, temperatura da fermentação, culturas microbianas utilizadas (produtoras ou não de EPS), teor de acidez atingido na fermentação (PASEEPHOL, SMALL e SHERKAT, 2008; COLLET e TADINI, 2004; SMIT, 2003; GALLEGOS e FRANCO, 1999).

O objetivo dos estudos reológicos é verificar o comportamento estrutural dos alimentos frente aos possíveis processamentos, permitindo o dimensionamento correto de bombas, tubulações, trocadores de calor, operações de agitação e envase, sem prejudicar a qualidade do produto final (OLIVEIRA, SOUZA e MONTEIRO, 2008). Além destas, outras aplicações do estudo reológico estão no controle de qualidade, na análise sensorial e em testes de tempo de prateleira (DRAKE, 2007).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Matérias-primas

Foram utilizadas as matérias-primas abaixo relacionadas para a elaboração das amostras de iogurte em todas as fermentações:

- Leite UHT integral de origem bovina da marca Elegê® (BRF Brasil Foods S.A, Chapecó, SC).
- Leite em pó integral da marca Ninho/Nestlé® (São Paulo, SP).
- Açúcar refinado da marca União® (Copersucar, São Paulo, SP).
- Café solúvel da marca Nescafé/Nestlé® (São Paulo, SP).
- Gelatina sem sabor incolor da marca Dr. Oetker® (São Paulo, SP).

O leite em pó foi adicionado com a finalidade de aumento do teor de sólidos da mistura de fermentação. Ainda com a finalidade de melhoria da textura do produto, a gelatina foi utilizada como espessante. O açúcar refinado foi empregado como agente adoçante para o iogurte.

No Anexo I são apresentados os valores das informações nutricionais, segundo cada fabricante.

4.2 Culturas lácticas

Foi utilizado o fermento láctico tradicional, na forma liofilizada, da marca RICH (Chr Hansen, Valinhos, SP), contendo as linhagens de bactérias lácticas *Lactobacillus bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*. De acordo com o

fabricante, os fermentos lácteos da Linha RICH® são isentos de calorias, carboidratos, proteínas, gorduras totais e sódio.

Destaca-se que neste trabalho foi empregado como inóculo sempre a mesma cultura láctea, na concentração de 1 g/L de leite UHT, de acordo com instruções do fabricante, visando a padronização do inóculo e uniformização do processo fermentativo, e, por conseguinte, não interferir na composição do produto formado.

4.3 Preparo do iogurte

4.3.1 Formulação Básica

A formulação de base usada no preparo do iogurte foi fixada conforme indicado na Tabela 8, baseado em dados da literatura (TAMIME e ROBINSON, 2000; KARDEL e ANTUNES, 1997).

Tabela 8: Formulação básica empregada para o preparo do iogurte

Ingrediente	Concentração (g/L leite UHT)
Leite em pó	60
Açúcar	100

A fim de elaborar formulações com variações nos atributos sabor e textura, a formulação básica foi acrescida de diferentes concentrações de café e gelatina (utilizada como espessante), variando de 1 a 6 g/L e 0 a 12 g/L, respectivamente.

4.3.2 Processo

Os iogurtes foram produzidos conforme o diagrama de blocos apresentado na Figura 14 (adaptado de CHANDAN et al., 2006; WALSTRA, WOUTERS e GEURTS, 2006; TAMIME, 2006; RASIC E KURMANN, 1978).

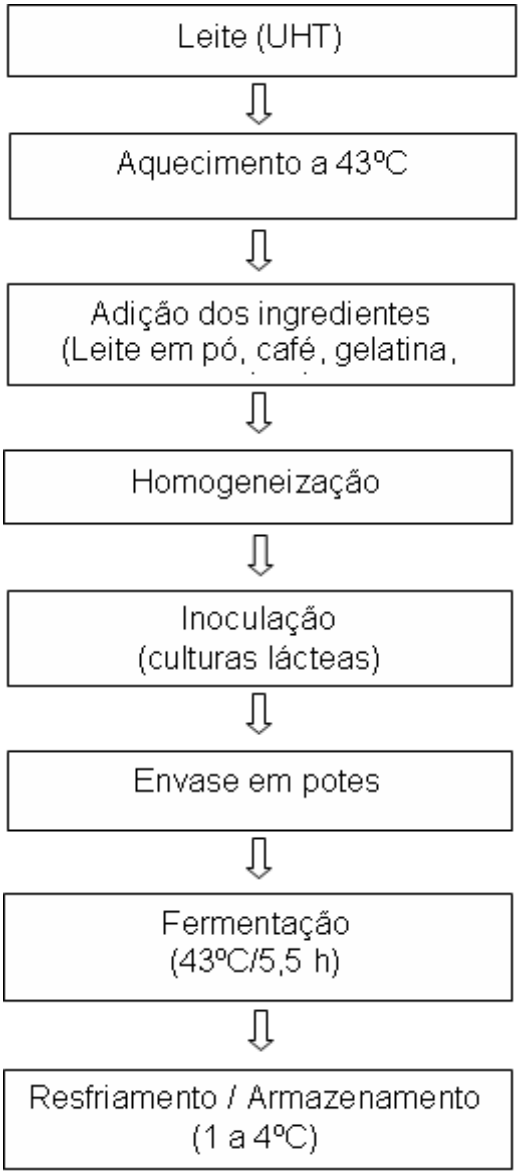


Figura 14: Diagrama de blocos do processo realizado no laboratório para a produção do iogurte.

Inicialmente o leite UHT foi aquecido em forno de micro-ondas à temperatura em torno de 43ºC, controlada por termômetro. Em seguida, foram adicionados, aos poucos, os demais ingredientes (leite em pó, açúcar, café e gelatina), nas quantidades descritas no Item 4.3.1. Durante a adição, o leite foi mantido sob agitação magnética constante (100 RPM) a fim de favorecer a solubilização dos ingredientes, obtendo-se uma mistura homogênea e sem a formação de grumos.

Assim, à mistura homogênea, na temperatura de 43ºC, foi adicionado o fermento láctico na forma liofilizada e, logo em seguida, promovida nova uniformização, a fim de distribuir as culturas microbianas de forma regular em todo o volume do meio. Após devidamente homogeneizado, o mosto inoculado foi distribuído em potes de vidro (200 mL), de plástico (30 mL) ou em reator (1L) para fermentação, e incubados sob controle de temperatura à 43±1ºC em iogurteira comercial, em estufa incubadora ou em fermentador, a depender da etapa em andamento (conforme detalhado nos Itens 4.4.1; 4.4.2 e 4.5).

O processo fermentativo foi acompanhado pela medição direta dos valores de pH com pHmetro PHTEK, modelo PHS-3B, em intervalos de tempo de 30 minutos, até que fosse atingido o pH de 4,6, correspondente ao ponto isoelétrico da caseína, no qual ocorre sua precipitação (CHANDAN et al., 2006). Ao ser atingido este valor, o iogurte foi imediatamente resfriado para interrupção da atividade microbiana e armazenado em geladeira à temperatura de 4ºC, nos próprios recipientes onde se deu a fermentação ou em frascos de polietileno (Item 4.5), a depender da etapa experimental em andamento.

4.4 Análise Sensorial

Diversos testes sensoriais foram realizados com o objetivo de estabelecer a formulação ideal para a produção de iogurte sabor café. Os testes ocorreram na seguinte seqüência: Teste de laboratório; testes de diferença (para seleção e treinamento de provadores); e Análise Descritiva Quantitativa (ADQ). Todos estes ocorreram sob luz direta e à temperatura controlada (25ºC) (MASON e NOTTINGHAM, 2002), em diferentes unidades da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), envolvendo principalmente alunos de graduação e pós-graduação, funcionários e professores, entre outros.

Em todos os testes realizados nas etapas de análise sensorial foram utilizadas amostras de iogurte sabor café produzidas com 24 horas de antecedência e armazenadas à 4ºC, até o momento de consumo. O produto foi apresentado aos provadores em copos plásticos descartáveis de 30 mL de capacidade (Figura 15) (NORONHA, 2003).

Para a degustação do produto, foram disponibilizados aos provadores talheres plásticos descartáveis, bem como água mineral à temperatura ambiente (25ºC) e biscoito do tipo água e sal, para ingestão durante a prova das amostras e limpeza do palato, a fim de assegurar a percepção adequada dos aspectos sensoriais (FERREIRA, 2000).

Figura 15: Amostras de iogurte em copos descartáveis fornecidas aos provadores para testes sensoriais (a) vista frontal; (b) vista superior.

4.4.1 Teste Sensorial de Laboratório

Este teste preliminar de análise sensorial foi realizado com o intuito de verificar a aceitação inicial do produto e a viabilidade do estudo, e, em caso positivo, limitar as concentrações de café e gelatina (espessante) para os testes sensoriais subseqüentes (Item 4.4.2).

O iogurte foi produzido em pequena escala no Laboratório de Microbiologia Industrial do Departamento de Engenharia Bioquímica da Escola de Química/UFRJ, mesmo local onde foi realizado o teste sensorial, conforme preconizado por Meilgaard, Civille e Carr (1999).

Nesta etapa, as amostras de iogurte foram obtidas a partir de formulações contendo diferentes concentrações de café e gelatina (Tabela 9). A fermentação (Item 4.3.2) ocorreu em frascos de aproximadamente 200 mL de capacidade (Figura 16), que foram acondicionados em fermentadora comercial do tipo iogurteira (Figura 17), para controle da temperatura (43±2ºC).

Tabela 9: Formulações de iogurte sabor café para o Teste de Laboratório

Amostra		Concentração de Café (g/L)	Concentração de gelatina (g/L)
a	a1	1	0
	a2		6
	a3		12
b	b1	2	0
	b2		6
	b3		12
c	c1	4	0
	c2		6
	c3		12
d	d1	6	0
	d2		6
	d3		12

Figura 16: Iogurte fermentado em frascos de cerca de 200 mL.

Figura 17: Iogurte fermentado em iogurteira comercial.

Participaram do teste ao todo 20 provadores não treinados (HOUGH et al., 2006), dos quais 7 homens e 13 mulheres, com idades entre 15 e 45 anos. Nesta etapa, foi usado como critério apenas a aceitação ou rejeição do produto, não sendo mantida a impessoalidade e individualidade durante a realização do teste.

4.4.2 Análise sensorial descritiva

Nessa etapa foram definidas as melhores concentrações de café e espessante por Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) (Item 4.4.2.3). Para tanto, foi elaborado um planejamento experimental (Item 4.4.2.1) e realizada a seleção e treinamento de provadores para formação de uma equipe avaliadora treinada (Item 4.4.2.2).

As concentrações limites de café e gelatina, definidas no teste de laboratório (Item 4.4.1), foram utilizadas como faixas de estudo das variáveis analisadas para a elaboração do planejamento experimental. Para se justificar

estas faixas de concentração utilizadas, foram verificadas diferenças significativas entre as amostras com maior e menor nível de uma das variáveis analisadas (neste caso, o teor de café). Portanto, previamente, as amostras de iogurte obtidas foram submetidas ao teste sensorial de comparação pareada (Item 4.4.2.2), cujos resultados foram analisados estatisticamente pelo teste de Quí-quadrado (χ^2).

O teste de Qui-quadrado é um teste de hipóteses que tem por objetivo encontrar o valor da dispersão entre duas variáveis qualitativas nominais, verificando possíveis divergências entre as freqüências observadas para um certo evento (TRIOLA, 1999). É um teste não paramétrico, portanto não depende de parâmetros populacionais, como médias e variâncias.

O teste de Qui-quadrado se baseia no seguinte procedimento (TRIOLA, 1999):

São definidas as seguintes hipóteses:

Ho = hipótese nula (amostras iguais).

Ha = hipótese alternativa (amostras diferentes).

A seguinte fórmula é proposta para análise estatística pelo teste de Qui-quadrado (Equação 20):

$$\chi_C^2 = \sum \frac{(|o-e|-1)^2}{total} \quad \text{(Equação 20)}$$

Onde:

χ_C^2 = valor de Qui-quadrado calculado;

o = número de acertos;

e = número de erros;

total = total de respostas.

Dessa forma, χ_C^2 é calculado a partir de dados experimentais e deve ser comparado ao valor tabelado para Qui-quadrado (χ_T^2), que depende do número de graus de liberdade (GL) e do nível de significância (α) adotado (Tabela de Qui-quadrado, Anexo I). O nível de significância (α) representa a máxima probabilidade de erro que se tem ao rejeitar uma hipótese, e o número de GL é calculado da seguinte maneira: nº classes - 1.

A tomada de decisão é feita comparando-se os dois valores de χ_C^2 e χ_T^2:

Se $\chi_C^2 \geq \chi_T^2$, rejeita-se a hipótese Ho, ou seja, as amostras são diferentes.

Se $\chi_C^2 < \chi_T^2$, rejeita-se a hipótese Ha, ou seja, as amostras são iguais.

4.4.2.1 Planejamento Experimental

Foi utilizado um planejamento fatorial completo dois níveis (máximo e mínimo) e dois fatores (café e espessante), [2²], com três réplicas no ponto central, totalizando 7 formulações. A Tabela 10 apresenta a matriz do planejamento empregado (RODRIGUES e IEMMA, 2005).

Tabela 10: Matriz do planejamento experimental

Formulação	Café	Gelatina
F1	X1	X3
F2	X1	X4
F3	X2	X3
F4	X2	X4
F5	X´	X´´
F6	X´	X´´
F7	X´	X´´

Onde:

X´ = (X1 + X2) / 2;

X´´ = (X3 + X4)/2;

X1 e x2 – maior e menor concentração de café;

X3 e x4 – maior e menor concentração de gelatina.

4.4.2.2 Seleção e treinamento de provadores

O treinamento dos provadores teve como propósito formar um grupo apto a descrever e avaliar (LESSCHAEVE e ISSANCHOU, 1996) as formulações de iogurte definidas pelo planejamento experimental.

Nesta etapa, foram explicados aos provadores os interesses e objetivos dos testes e como estes seriam realizados. Também foram discutidos os atributos sensoriais relevantes e estabelecidas as terminologias e escalas do teste descritivo, para medir intensidade, nível de aceitação e intenção de compra do produto (MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999).

Preliminarmente foram recrutados 30 provadores (NORONHA, 2003), 15 do sexo masculino e 15 do sexo feminino, com faixa etária entre 18 e 55 anos. O recrutamento foi feito a partir de seus perfis, determinados pela análise das respostas para uma ficha específica (Figura 18) elaborada a partir da literatura (MASON e NOTTINGHAM, 2002), bem como pelo interesse e disponibilidade de tempo dos provadores para participar do estudo.

Pedimos que somente continue após informar-nos sobre as seguintes perguntas abaixo, marcando um X nos quadrinhos em que a resposta for positiva. Caso a resposta seja negativa, não marque nada:

☐ Intolerância à lactose
☐ Alergia a leite e seus derivados
☐ Problemas de saúde relacionados à ingestão de café
☐ Diabetes

Agora, preencha, por favor, alguns dados pessoais, e aos seguintes questionários:

1) Nome: _____

2) Faixa etária: ☐ menos de 15 ☐ 15-30 ☐ 30-45 ☐ mais de 45

3) Indique o quanto você aprecia cada um dos seguintes produtos:

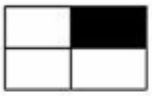
	Gosto	Nem gosto/Nem desgosto	Desgosto
a) Café:	☐	☐	☐
b) Iogurte:	☐	☐	☐
c) Café com leite:	☐	☐	☐

4) Mantendo coerência com o item anterior, identifique a freqüência de consumo dos seguintes produtos:

	Sempre	freqüente	às vezes	Nunca
a) Café:	☐	☐	☐	☐
b) Iogurte:	☐	☐	☐	☐
c) Café com leite:	☐	☐	☐	☐

7) Para cada uma das figuras, marque na linha correspondente a proporção coberta de **preto**:

nenhuma _____ toda


nenhuma _____ toda

nenhuma _____ toda

nenhuma _____ toda

nenhuma _____ toda

Figura 18: Ficha de seleção de provadores (Elaboração própria).

Para seleção, os provadores participaram de três testes de diferença (Teste de Comparação Pareada, Teste Triangular e Teste *Duo-Trio)*, descritos a seguir, cujos resultados foram submetidos a análise seqüencial (NORONHA, 2003).

O gráfico de análise seqüencial e suas regiões definidas (Figura 19) foram obtidos pela utilização dos seguintes parâmetros: α – 0,1; β – 0,1; p0 – 0,3 e p1 – 0,8; substituídos nas Equações 1 e 2, também utilizados por Meilgaard, Civille e Carr (1999).

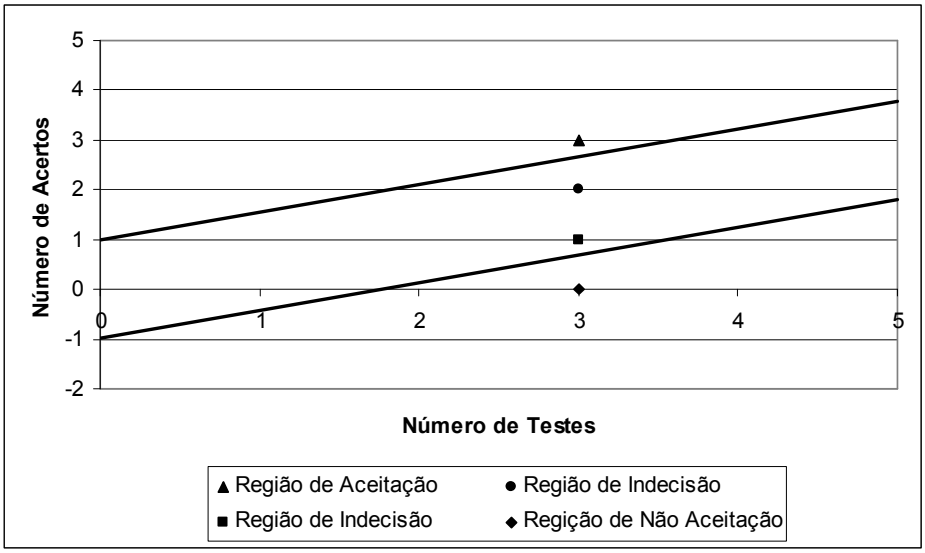


Figura 19: Análise Seqüencial.

Teste de comparação pareada

Este é um teste de diferença direcional, cujo objetivo é verificar se uma determinada amostra difere de outra em níveis de intensidade de um determinado atributo sensorial. Cada provador recebe duas amostras codificadas e é orientado a identificar qual delas apresenta a característica

sensorial requerida, neste caso, a maior concentração de café (MASON e NOTTINGHAM, 2002).

Os provadores receberam duas amostras contendo diferentes concentrações de café (2 e 4 g/L), codificadas pelas letras A e B, e foi pedido que se identificasse a amostra com maior concentração de café. A Figura 20 apresenta a ficha utilizada no teste.

Nome: _____ Idade: _____ Data: _____

Prove as amostras codificadas da esquerda para a direita e circule abaixo o código da amostra com maior teor de café:

A B

Figura 20: Ficha do teste de Comparação Pareada.

Fonte: Adaptada de MASON e NOTTINGHAM, 2002.

Teste Triangular:

É um teste de diferença simples em que cada provador recebe três amostras, codificadas pelas letras A, B e C, e é informado que duas entre elas são iguais. É pedido que as amostras sejam provadas da esquerda para a direita e que seja identificada, em ficha apropriada (Figura 21), a amostra diferente. Este teste não requer que seja apontado em que atributo as amostras diferem, apenas se identifica a diferença (MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999).

Neste estudo, foram apresentadas aos provadores três amostras, duas delas contendo 2 e uma 4 g/L de café.

Nome: _____ Idade: _____ Data: _____

Prove as amostras codificadas da esquerda para a direita e circule abaixo o código da amostra que difere das demais:

A B C

Figura 21: Ficha do Teste Triangular.

Fonte: Adaptado de MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999.

Teste DUO-TRIO:

Trata-se de um teste de diferença simples no qual à cada provador é apresentada uma amostra definida como padrão e, em seguida, outras duas amostras, sendo uma semelhante à padrão. Pede-se ao provador que identifique na ficha do teste (Figura 22) qual amostra se assemelha à padrão. Também neste teste não se identifica em que atributo as amostras se assemelham, apenas se identifica a semelhança (NORONHA, 2003).

Neste caso, a única diferença das amostras fornecidas aos provadores foi a concentração de café, cujos valores foram 2 g/L para duas amostra e 4 g/L para outra.

Nome: _____ Idade: _____ Data: _____

Prove a amostra padrão C e em seguida identifique qual das seguintes amostras são semelhantes à padrão:

A B

Figura 22: Ficha do teste duo-trio.

Fonte: Adaptado de MASON e NOTTINGHAM, 2002

4.4.2.3 Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)

Para esta etapa, foram selecionados os provadores que obtiveram sucesso nos testes de diferença (teste de comparação pareada, teste triangular e teste *duo-trio*), em função do elevado poder discriminativo, que foi definido pela alocação de seus resultados na região de aceitação do gráfico gerado para análise seqüencial (Figura 19). Desta forma se garantiu a capacidade dos provadores em diferenciar as amostras, a reprodutibilidade dos resultados, e a coerência entre os membros da equipe sensorial (MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999).

Para este teste, as formulações de iogurte foram fermentadas diretamente em copos descartáveis de 30 mL de capacidade, de modo a dispor quantidades individualizadas para a degustação pelos provadores. Os copos foram incubados em estufa incubadora da marca Quimis (modelo Q316M4), à 43±1ºC, por aproximadamente 5 horas (Figura 23). Em seguida, as amostras foram refrigeradas à 4ºC por 24 horas, quando foram apresentadas aos provadores.

Figura 23: Iogurte fermentado em copos plásticos em estufa incubadora.

As sete amostras, cujas formulações foram definidas pelo planejamento experimental (Tabela 10), foram avaliadas quanto aos seguintes atributos: Aparência, Aroma, Sabor, Textura e Impressão Global, através de escala hedônica mista de 7 pontos, conforme a Figura 24, elaborada com o apoio de Adriano Gomes, M.Sc. (UNICAMP). Paralelamente, foi avaliada a intenção de compra do provador por escala numérica de 5 pontos.

Nome: _____ Idade: _____ Data: _____

1. Por favor, avalie cada uma das amostras codificadas e use a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou de cada uma nos atributos: Aparência, Aroma, Sabor, Textura e Impressão Global

7- gostei muito
6 – gostei
5 – gostei moderadamente
4 – nem gostei / nem desgostei
3 – desgostei moderadamente
2 – desgostei
1 – desgostei muito

APARÊNCIA		AROMA		SABOR	
Amostra	Valor	Amostra	Valor	Amostra	Valor
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____

TEXTURA		IMPRESSÃO GLOBAL	
Amostra	Valor	Amostra	Valor
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

2. Por favor, utilizando a escala abaixo, com relação a cada amostra, indique qual seria sua intenção de compra

	Amostra	Valor
1 – certamente compraria	_____	_____
2 – provavelmente compraria	_____	_____
3 – talvez comprasse / talvez não comprasse	_____	_____
4 – provavelmente NÃO compraria	_____	_____
5 – certamente NÃO compraria	_____	_____
	_____	_____

Figura 24: Ficha da Análise Descritiva Quantitativa.

Os resultados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) ao nível de 5% de significância e dispostos em um gráfico aranha (*spider-web*), utilizando o *software* Microsoft Excel®, versão 2003 (MASON e NOTTINGHAM, 2002; MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999).

4.5 Produção do iogurte sabor café

Uma vez definidas as quantidades de café e gelatina através dos testes sensoriais, amostras de iogurte foram produzidas a fim de serem utilizadas em etapas de caracterização do produto. O processo fermentativo foi conduzido em reator de 1L de capacidade, Fermentador Multigen 1 New Brunswick Scientific CO. INC, modelo TM (Figura 25), com controle de temperatura, no Laboratório de Fermentação da EMBRAPA Agroindústria de Alimentos, sob supervisão do Prof. Dr. Edmar Penha.

Após a fermentação, o iogurte foi acondicionado em frascos de polietileno (Figura 26), devidamente higienizados (lavados e desinfetados com álcool 70%), sendo armazenado em geladeira, à 4ºC, até o momento das análises.

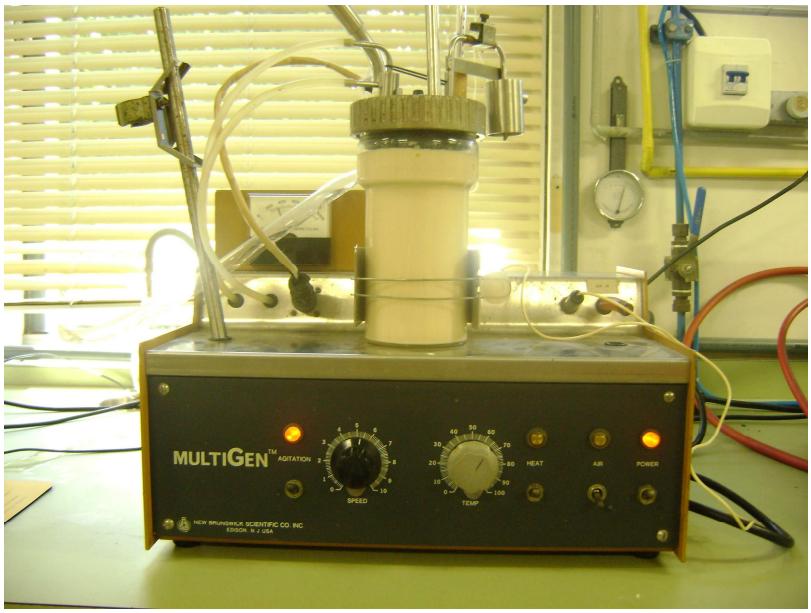


Figura 25: Aparato de fermentação.

Figura 26: Frascos de polietileno (600 mL de capacidade), onde o iogurte foi armazenado sob refrigeração (4ºC).

O acompanhamento do processo fermentativo foi feito pelo monitoramento, a cada 30 minutos, do pH, por medição direta com pHmetro PHTEK (modelo PHS-3B), e da acidez (expressa em ácido láctico), por titulação com NaOH (0,1 M). Dessa forma foi possível obter o perfil de acidificação do leite ao longo do tempo. Ao ser atingido o pH 4,6, o processo foi interrompido, resfriando e armazenando o iogurte à 4ºC.

O produto obtido nesta etapa foi submetido a análises físico-químicas, microbiológicas e de composição centesimal (Item 4.6), à caracterização reológica (Item 4.7) e à análise sensorial de aceitabilidade (Item 4.8).

4.6 Caracterização e pós-acidificação do iogurte produzido

A qualidade do produto final foi verificada no iogurte recém-produzido (1º dia), bem como ao longo de 30 dias de estocagem sob refrigeração à 4ºC, com

a finalidade de verificar a degradação e pós-acidificação durante o período de armazenamento. Foram realizadas análises físico-químicas, de composição centesimal e microbiológicas.

4.6.1 Caracterização físico-química, composição centesimal e pós-acidificação

As análises da composição centesimal do iogurte produzido foram realizadas no Departamento de Produtos Naturais e Alimentos, na Faculdade de Farmácia/UFRJ, no Laboratório de Controle Bromatológico, sob supervisão da Profª Drª Mirian Ribeiro de Leite Moura.

As análises, realizadas nos dias 1º, 15º e 30º de armazenamento, foram baseadas nos métodos físico-químicos para Análise de Alimentos, conforme descrito na publicação do Instituto Adolfo Lutz (2005). As amostras de iogurte foram analisadas, em triplicata, quanto aos seguintes parâmetros e respectivos métodos:

- pH - determinação direta em pHmetro marca PHTEK (modelo PHS – 3B).
- Acidez (expressa em ácido láctico) - por titulação direta com NaOH 0,1M.
- Umidade - por secagem em estufa à 105ºC, até massa constante.
- Gordura – pelo método de Gerber.
- Cinzas – por método gravimétrico (resíduos de incineração à 550ºC).
- Carboidratos totais: por diferença.

- Lactose - pelo método de Fehling (fator 0,068).**
- Proteínas - pelo método de Kjeldahl (fator 6,38).*

4.6.2 Análises microbiológicas

Foi realizada no Departamento de Engenharia Bioquímica da Escola de Química/UFRJ, no Laboratório de Microbiologia Industrial. A quantificação das culturas lácticas foi realizada pela técnica do número mais provável (NMP) e considerou o número total de micro-organismos lácticos, sem distinção entre *Streptococcus thermophillus* e *Lactobacillus bulgaricus*.

Esta técnica microbiológica foi escolhida devido sua praticidade, já que em trabalho prévio foi realizada uma análise comparativa entre a técnica usualmente empregada (plaqueamento *pour plate*) e NMP, sendo obtidos resultados semelhantes para a quantificação das bactérias lácticas.

Foi empregado o meio MRS-ágar (Man, Rogosa e Sharpe), conforme formulação descrita no Manual MERCK de Microbiologia, exceto pela adição de agar-agar, que neste caso foi de 5 g/L. O meio foi distribuído em tubos de ensaio, na quantidade de 7 mL por tubo, de modo a estabelecer um gradiente de concentração de oxigênio que permitisse a atividade microbiana em condição de microaerofilia, necessária para o cultivo dessas bactérias. Em seguida, os tubos foram esterilizados a 121ºC por 10 min.

* O método de Kjeldahl determina nitrogênio total, porém, para os cálculos foi utilizado o fator 6,38 para conversão em teor de proteínas.

** O método de Fehling determina o teor de açúcares redutores totais, mas, para os cálculos, foi utilizado o fator 0,068 para conversão em teor de lactose.

Para a quantificação microbiana, as amostras de iogurte foram diluídas sucessivamente de 10^{-1} a 10^{-8} a partir de uma massa conhecida de iogurte, em solução de água peptonada (0,1%) estéril, como agente diluidor.

Os cultivos foram incubados em jarras de anaerobiose purgadas com nitrogênio para a diminuição da atmosfera oxidante, conforme indicado por Marshall (2006). A incubação se deu em estufa QUIMIS (modelo Q316M4), à 37ºC, por 3 dias, para a posterior determinação do número mais provável.

As quantificações microbianas foram realizadas nos dias 1º, 15º e 30º, durante o armazenamento sob refrigeração à 4ºC.

4.7 Caracterização reológica

As análises reológicas foram realizadas no Laboratório de Reologia da EMBRAPA Agroindústria de Alimentos (Rio de Janeiro), sob supervisão do Pesquisador Dr. Carlos Wanderlei Piler de Carvalho.

Foram utilizadas para os testes reológicos duas amostras de iogurte sabor café, codificadas como: ICCE (iogurte sabor café com espessante na concentração 6 g/L) e ICSE (iogurte sabor café sem espessante), a fim de comparar a influência da adição de espessante (gelatina) nas características reológicas do produto.

Para fins comparativos, também foram avaliados três iogurtes comerciais, adquiridos no mercado local (Rio de Janeiro), formulados com diferentes espessantes: IC1 (Goma alfarroba), IC2 (Goma xantana e goma guar), IC3 (Carboximetilcelulose, goma carragena e goma xantana).

Antes da realização das análises, todas as amostras de iogurte foram igualmente submetidas à agitação em *mixer* por 1 minuto, na velocidade de rotação de 150 RPM e, em seguida, permaneceram em repouso sob refrigeração (10ºC) por 10 minutos (PASEEPHOL, SMALL e SHERKAT, 2008; SODINI, JOHN e TONG, 2005).

As análises reológicas foram realizadas, em triplicata, em reômetro rotacional Thermo Haake MARS (Karlsruhe, Alemanha) (Figura 27), equipado com geometria placa/placa, com 35 mm de diâmetro. Foi utilizado um *gap* de 1 mm e um volume de amostra de 1 mL, conforme indicado pelo *software* do equipamento. O reômetro possui controlador de temperatura Haake Mars Controller do tipo Peltier, cujo valor foi ajustado a 8ºC (GONÇALVEZ et al., 2005; SODINI, JOHN e TONG, 2005), exceto quando as análises foram realizadas em função da temperatura, cuja faixa variou entre 4 e 24ºC.

Figura 27: Reômetro Thermo Haake MARS

As curvas de fluxo e de viscosidade foram obtidas pela variação da tensão e da viscosidade em função da taxa de cisalhamento, respectivamente. A taxa variou entre 0,02 e 100 s^{-1} (curva ascendente) e entre 100 e 0,02 s^{-1} (curva descendente), a fim de determinar a histerese como a área entre as curvas. O tempo total de análise (curvas ascendente e descendente) foi de 20 min., sendo coletados 80 pontos neste intervalo. Os resultados foram ajustados aos modelos de Bingham, Casson, Herschel-Bulkley e Ostwald de Waele (STEFFE, 2006; SMIT, 2003), tanto para as curvas de fluxo como para as curvas de viscosidade. Os valores de viscosidade média foram calculados pelo *software* utilizado como a média das viscosidades determinadas em toda a faixa de variação da taxa de cisalhamento (curvas ascendente e descendente).

Os testes de tixotropia foram realizados pela aplicação de uma taxa de cisalhamento constante de 100 s^{-1} e a determinação da viscosidade em função de um tempo de 10 min., com coleta de 40 pontos. O modelo de Weltman, dependente do tempo, foi utilizado para ajuste destes resultados (STEFFE, 1996; GONÇALVEZ et al., 2005; SMIT, 2003).

O efeito da temperatura sobre o comportamento reológico dos iogurtes foi avaliado pela medição da viscosidade à uma taxa de cisalhamento constante de 100 s^{-1} e temperatura variando de 4 a 24ºC, em um intervalo de tempo de 25 minutos (ΔT =0,8ºC/min.), coletando 100 pontos no total. As curvas de viscosidade em função da temperatura foram ajustadas ao modelo de Arrhenius (STEFFE, 1996).

. Para todas as análises o reômetro foi acoplado ao *software* Haake RheoWin 3 para obtenção das curvas, ajuste dos modelos e cálculo da histerese.

A Tabela 11 apresenta os modelos reológicos ajustados.

Tabela 11: Modelos reológicos

Modelo	Viscosidade	Tensão
Bingham	$\eta = \eta_p + \tau_0 / \dot{\gamma}$	$\tau = \tau_0 + \eta_p \dot{\gamma}$
Casson	$\eta = \sqrt[n]{(\tau_0 / \dot{\gamma})^n + (\eta_p)^n}$	$\tau^{0,5} = \tau_0^{0,5} + K(\dot{\gamma})^{0,5}$
Ostwald de Weale	$\eta = K \dot{\gamma}^{n-1}$	$\tau = K \dot{\gamma}^{n}$
Herschel-Bulkley	$\eta = \tau_0 / \dot{\gamma} + K \dot{\gamma}^{n-1}$	$\tau = \tau_0 + K \dot{\gamma}^{n}$
Weltman	-	$\tau = A - B.\log(t)$
Arrhenius	$\eta = k \cdot e^{-\frac{E}{R \cdot T}}$	-

Onde:

$\eta = viscosidade (Pa.s)$

$K = índice\ de\ consistência (Pa.s^n)$

$n = índice\ de\ comportamento (adimensional)$

$\tau = tensão\ de\ cisalhamento (Pa)$

$\dot{\gamma} = taxa\ de\ formação (s^{-1})$

$\eta_p = viscosidade\ plástica$

$\tau_0 = limite\ de\ escoamento$

$A = parâmetro\ reológico\ semelhante\ a\ \tau_0$

$B = parâmetro\ reológico\ que\ mede\ a\ taxa\ de\ quebra\ da\ estrutura$

$t = tempo$

$k = parâmetro\ de\ ajuste$

$E = energia\ de\ ativação\ para\ viscosidade\ (J / kg.mol.K)$

$R = constante\ universal\ dos\ gases\ (1{,}987 cal / g.mol.K)$

$T = temperatura\ absoluta (K)$

$e = constante\ matemática\ neperiana$

4.8 Análise sensorial de aceitabilidade

Amostras de iogurte de café produzido nas concentrações de café e espessante definidas pela Análise Descritiva Quantitativa foram analisadas quanto à aceitabilidade. Para tanto, fez-se necessário medir o grau em que os consumidores gostaram ou desgostaram do produto como um todo. Foi realizado o Teste de Localização Central (TLC), no *campus* da cidade universitária da UFRJ, com 120 indivíduos não treinados e sem prévia seleção (HOUGH et al., 2006). O teste envolveu 73 pessoas do sexo feminino e 47 do sexo masculino, de faixa etária entre 18 e 60 anos, da cidade do Rio de Janeiro, de diferentes classes sócio-econômicas.

Aos provadores foi apresentada a amostra acondicionada em copos plásticos descartáveis de 30 mL de capacidade e foi pedido que se identificasse na ficha de análise o nível de aceitabilidade do iogurte através de escala hedônica facial de 5 pontos. Foi pedido também que se indicasse a intenção de compra do produto através de uma escala hedônica numérica de 5 pontos. A Figura 28 apresenta a ficha utilizada no teste de aceitabilidade.

Idade:_____ Sexo: M - F Data: _____

Por favor, prove a amostra que lhe foi dada, e circule a figura abaixo que melhor representa sua opinião quanto ao produto provado:

1 2 3 4 5

De acordo com a opinião expressa, informe, abaixo, sua intenção de compra para este produto:

- ☐ Certamente compraria
- ☐ Provavelmente compraria
- ☐ Talvez comprasse / talvez não comprasse
- ☐ Provavelmente não compraria
- ☐ Certamente não compraria

Figura 28: Ficha do Teste de Aceitabilidade.

Fonte: Adaptado de MASON e NOTTINGHAM, 2002

Os resultados foram analisados estatisticamente de maneira global, por idade e por sexo, verificando as possíveis influências destes fatores na aceitabilidade do produto, através de análises de variância (ANOVA) ao nível de 5% de significância (α). Foi utilizado o *software* Microsoft Excel®, versão 2003, para análise dos resultados.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise Sensorial

5.1.1 Teste sensorial de laboratório

A Tabela 12 apresenta a aceitação dos provadores não treinados para as diferentes formulações de iogurte contendo concentrações variadas de café e espessante. De uma maneira geral, os provadores demonstraram interesse pelo produto, com 90% de aprovação (respostas positivas) para as amostras a e b, indicando a viabilidade do estudo.

Tabela 12: Aceitação das amostras de iogurte sabor café no Teste de Laboratório

Amostra		Concentração de Café (g/L)	Concentração de gelatina (g/L)	Aceitação
a	a1	1	0	-
	a2		6	-
	a3		12	-
b	b1	2	0	+
	b2		6	+
	b3		12	+
c	c1	4	0	+
	c2		6	+
	c3		12	+
d	d1	6	0	-
	d2		6	-
	d3		12	-

+ aceitação; - rejeição.

Segundo a opinião da maioria dos consumidores, independente de sexo e idade, na maior concentração de café (6 g/L), para todas as concentrações de espessante, o iogurte apresentou um sabor muito forte e um pouco amargo, o que levou à pequena aceitabilidade desta formulação. Em contrapartida, na menor quantidade de café (1 g/L), este ingrediente basicamente não foi percebido, não caracterizando, portanto, um produto denominado 'sabor café'.

Não houve diferenciação expressiva de aceitação em relação à textura dos produtos apresentados (Tabela 12), não havendo justificativa para alterar a faixa de concentração de gelatina estudada. A concentração de espessante é um fator importante, porém, bastante subjetivo, pois influencia diretamente na consistência do iogurte, que é exclusivamente dependente do gosto do consumidor. Enquanto alguns consumidores preferem um iogurte menos consistente (mais líquido) que seja possível de se 'beber', outros preferem um iogurte mais consistente, a ser ingerido com a utilização de talheres e 'apreciado' por mais tempo.

De acordo com os resultados obtidos nesta etapa, foram determinadas as concentrações limites de café e espessante, dispostas na Tabela 13, para prosseguimento da avaliação sensorial.

Tabela 13: Concentrações limites de café e espessante definidas pelo teste de laboratório

Ingredientes	Concentração (g/L)	
	Mínima	Máxima
Café	2	4
Gelatina	0	12

5.1.2 Análise sensorial descritiva

Inicialmente, foi realizado o teste de comparação pareada a fim de verificar se a variação na concentração de café, cujos valores limites foram definidos no Teste de Laboratório (Item 5.1.1), era significativa estatisticamente.

Dos 30 provadores, 28 (aproximadamente 90%) responderam corretamente ao questionário. Analisando os resultados pelo teste de Qui-quadrado, temos:

Ho = hipótese nula (amostras iguais).

Ha = hipótese alternativa (amostras diferentes).

Calculando o valor de χ_C^2 através da Equação 20, obtém-se:

$$\chi_C^2 = \frac{(|28-3|-1)^2}{31} = 18{,}58$$

Verificando na tabela para o teste de Qui-quadrado (χ^2) (Anexo I), para um nível de significância α = 5% e grau de liberdade GL = 1 (2-1 = 1), encontra-se o valor de $\chi_T^2 = 3{,}8$.

Como $\chi_C^2 > \chi_T^2$, pode-se descartar a hipótese nula (Ho), ou seja, as amostras apresentam diferença significativa ao nível de 5% (α). Logo, este resultado indica a viabilidade de elaborar um planejamento experimental para a definição do perfil sensorial das amostras.

5.1.2.1 Planejamento experimental

Com base nos valores limites para as concentrações de café e espessante determinados no teste de laboratório, foi gerado um planejamento experimental, de dois níveis e dois fatores (2^2), com três repetições no ponto central, para a formulação das amostras utilizadas no teste descritivo (Tabela 14).

Tabela 14: Formulações de iogurte sabor café

Formulação	Café (g/L)	Gelatina (g/L)
F1	2	0
F2	2	12
F3	4	0
F4	4	12
F5	3	6
F6	3	6
F7	3	6

F5, F6 e F7 – réplicas do ponto central

As amostras preparadas a partir deste planejamento foram submetidas à avaliação por equipe de provadores treinados.

5.1.2.2 Seleção e treinamento de provadores

Os provadores submetidos aos testes seqüenciais foram avaliados quanto à capacidade de diferenciar amostras de iogurte com distintas concentrações de café. No teste de comparação pareada, cerca de 93% dos provadores marcou a opção correta. Já nos testes *Duo-trio* e triangular, aproximadamente 86 e 85%, respectivamente, das respostas totais estavam

certas. Segundo Meilgaard, Civille e Carr (1999), um número de acertos de 50 e 70% para os testes triangular e *Duo trio*, são o ponto crítico para que os resultados indiquem diferenças significativas entre as amostras, ao nível de 5%. Para Mason e Nottingham (2002), no teste de comparação pareada este valor deve ser em torno de 65%.

De um total de 30 provadores constituintes da equipe de treinamento, 25 apresentaram respostas coerentes, situando-se na região de aceitação do gráfico de análise seqüencial (Figura 19).

5.1.2.3 Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)

Os 25 provadores qualificados como aptos na etapa de treinamento participaram deste teste descritivo. Após a avaliação das amostras e o preenchimento da ficha (Figura 24), os resultados foram submetidos a análises estatísticas, quando foram calculadas as médias para cada um dos atributos definidos para avaliação das amostras de iogurte. A Tabela 16 mostra o resumo estatístico da análise de resultados.

As amostras do ponto central (F5, F6 e F7) foram submetidas à tratamento estatístico. Foram calculados valores médios das notas e as variâncias para cada atributo das amostras do ponto central, cujos resultados estão dispostos na Tabela 15.

Tabela 15: Tratamento das amostras do ponto central

Atributo	Formulações			Média	Variância
	F5	F6	F7		
Aparência	5,48	5,76	6,00	5,75	0,067
Aroma	5,84	5,8	5,76	5,80	0,002
Sabor	5,56	5,88	6,12	5,85	0,079
Textura	5,44	5,28	5,72	5,48	0,049
Impressão Global	5,40	5,68	5,88	5,65	0,058

Os baixos valores de variância obtida paras as 3 amostras do ponto central evidenciam a eficácia das etapas de seleção e treinamento dos provadores para os testes descritivos. Dessa forma, o objetivo foi alcançado, tendo-se formado uma equipe capaz de descrever e avaliar as amostras com coerência entre si.

Tabela 16: Resumo estatístico da ADQ®

Atributo	Notas para as formulações de logurte*					Média	Variância
	F1	F2	F3	F4	Ponto Central		
Aparência	5,6	5,4	4,4	5,2	5,8	5,3	0,29
Aroma	5,2	5,4	5,2	5,6	5,8	5,4	0,07
Sabor	5,3	5,2	4,5	5,1	5,9	5,2	0,25
Textura	5,1	4,9	3,2	5,6	5,5	4,9	0,94
Impressão Global	5,4	5,1	3,9	5,4	5,7	5,1	0,49
Média	5,3	5,2	4,2	5,3	5,7		

*As notas variam em uma escala de 1 a 7

Os resultados permitem inferir que, dentre as formulações analisadas, as amostras do ponto central obtiveram os maiores valores de médias para os atributos, indicando a ligeira preferência em relação a este produto. A média total para as formulações do ponto central (Tabela 16) foi de 5,7, que em uma escala de 7 pontos corresponde a aproximadamente 80% do valor máximo,

enquanto que a amostra 3, que recebeu as piores avaliações, obteve uma nota média em torno de 60% do valor máximo.

A menor pontuação obtida para a amostra do ponto central foi no atributo textura, enquanto que a amostra 4, com a maior quantidade de espessante, obteve a melhor avaliação neste quesito. Isto pode indicar haver certa preferência por um produto com maior consistência. Porém, considerando que a amostra 1 não foi adicionada de espessante e obteve nota total média bastante semelhante à da amostra 4, e que o atributo textura apresentou as maiores variações de respostas (variância 0,94), fica claro que este fator é altamente subjetivo e pessoal.

O atributo aroma foi o que apresentou menor variação entre as amostras provadas (variância 0,07), indicando que independente da concentração de café e espessante o aroma foi considerado agradável. Já o atributo aparência se destacou em relação aos demais (excetuando-se o aroma), inclusive quanto ao sabor, com maior valor de média total (5,3). Isto indica que a aparência de um produto é fundamental para a aceitação global do mesmo pelo consumidor. Mundim (2008), trabalhando com iogurte de leite de cabra com diferentes sabores (frutos do cerrado), também obteve maiores valores de notas para o atributo aparência que para o sabor. É por esse motivo que a apresentação visual de um alimento tem grande apelo comercial.

As amostras 3 e 4, que receberam as maiores concentrações de café, obtiveram as menores qualificações para o sabor, mostrando que o excesso deste ingrediente pode prejudicar a aceitação do produto. De fato, foi unânime entre os provadores a opinião de que elevados teores de café interferem nas características organolépticas do iogurte, principalmente na sua acidez

característica. Esses resultados corroboram os obtidos no Teste de Laboratório (Item 5.1.1) com provadores não treinados.

Os elevados valores de variância para os atributos entre as amostras (exceto para o aroma) indicam diferenças entre as amostras. Para confirmar tais diferenças e verificar se foram significativas estatisticamente, foi realizada a Análise de Variância ao nível de 5% de significância, cujos resultados estão dispostos na Tabela 17.

Tabela 17: ANOVA da ADQ®

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Amostras	212,18	6	35,36	22,47	1,24E-24	2,11
Atributos	24,34	4	6,09	3,87	0,004	2,38
Total	1610,52	874				

SQ – soma dos quadrados; gl – grau de liberdade

Analisando os resultados da Análise de Variância, verifica-se que para as amostras, o valor de F é maior que F crítico ($p < 0,05$), indicando uma diferença significativa ao nível de 5% entre as formulações; isto prova que alterações na concentração de café e espessante irão causar diferenças relevantes no produto final. Para os atributos, também se observa que o valor de F é maior que F crítico ($p < 0,05$), o que mostra diferenças significativas entre os atributos de uma mesma amostra; isso confirma a necessidade de testes sensoriais específicos (como a ADQ) para avaliar os atributos separadamente, e não somente o produto como um todo.

Os resultados da análise descritiva foram dispostos em um gráfico aranha (Figura 29), indicando o perfil de cada uma das amostras,

complementando a análise das médias. O centro da figura representa o ponto zero da escala de atributos e a intensidade aumenta do centro para a periferia. Para a elaboração do gráfico, os resultados das réplicas do ponto central também foram unificados em um único valor médio. Como se observa, a maior abrangência da área do gráfico ocorre para a amostra do ponto central, confirmando as maiores médias de avaliação para esta amostra.

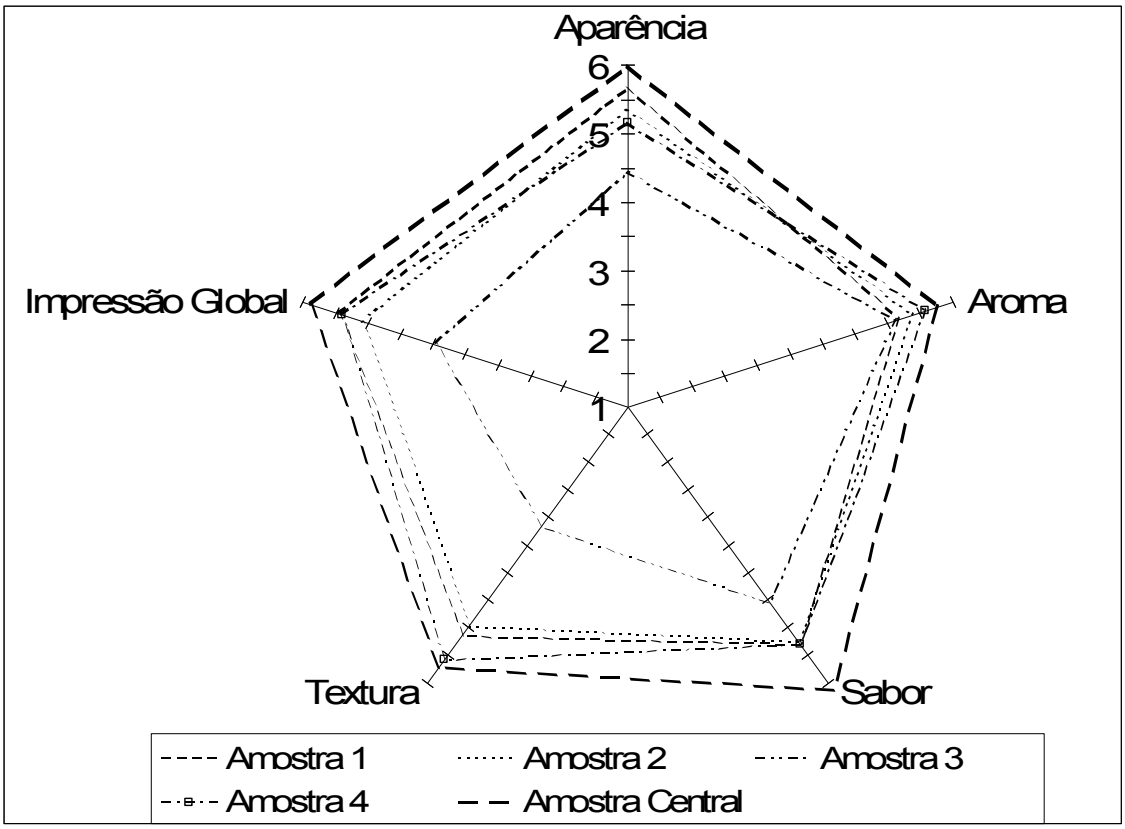


Figura 29: Gráfico aranha

Assim sendo, foram definidas as concentrações ótimas de café e espessante de 3 e 6 g/L, respectivamente, que foram utilizadas para dar prosseguimento ao estudo.

5.2 Monitoramento da fermentação

A Figura 30 apresenta os perfis de evolução do pH e da acidez, em função do tempo, para o iogurte sabor café produzido nas condições ideais de sabor (3 g/L de café) e textura (6 g/L de gelatina), definidas através da Análise Descritiva Quantitativa (Tabela 16 e Figura 26).

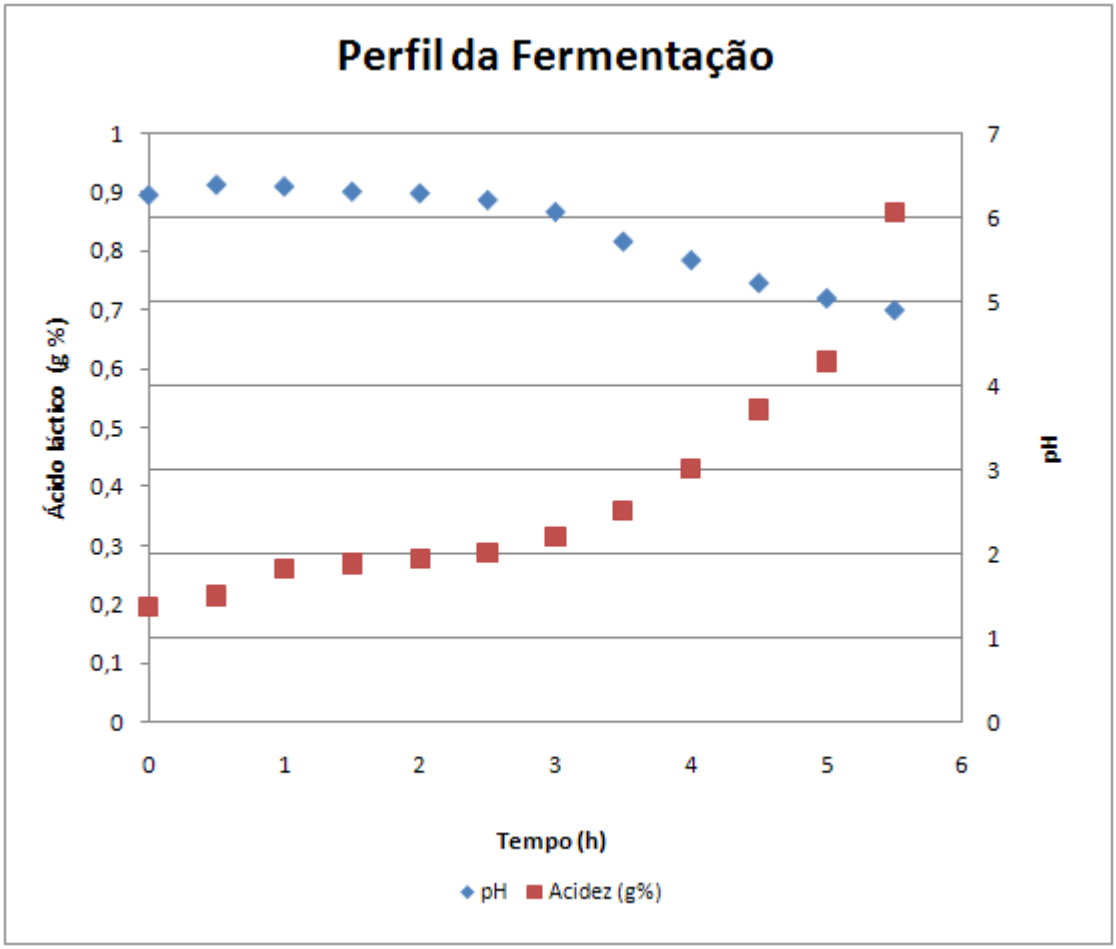


Figura 30: Perfil de evolução do pH e acidez do leite durante a fermentação.

Conforme pode ser observado, os valores iniciais de pH e acidez (6,4 e 0,2%, respectivamente) do meio para fermentação estão coerentes com os dados reportados para leite na literatura (CHANDAN et al., 2006; LONGO,

2006), estando ligeiramente mais ácido possivelmente devido à adição dos demais ingredientes, dentre os quais o café.

A atividade das culturas lácticas inoculadas, responsáveis pela conversão da lactose em ácido láctico, resulta em aumento da acidez e conseqüente redução do pH ao longo do tempo. Com a formação de ácido láctico e a liberação de íons H^+ ocorre a neutralização da carga elétrica superficial das micelas de caseína, que sofrem coagulação total ao ser atingido o pH de 4,6 (ROBINSON, LUCEY e TAMIME, 2006). Por isso, esse valor de pH é dito ponto isoelétrico de precipitação da caseína e define o final do processo fermentativo. Segundo Rasic e Kurmann (1978), iogurtes com valores de pH inferiores a 4,6 podem ser rejeitados por parte dos consumidores e ser mais susceptíveis à contração do coágulo, que pode resultar na dessoragem do produto. Por outro lado, Brandão (1995) afirma que para valores de pH acima de 4,6 a separação do soro é favorecida, devido às fracas interações moleculares.

Destaca-se que o decréscimo no valor de pH só se torna expressivo decorrido um tempo de cultivo de 2,5 horas (Figura 30). Como esperado, o perfil de evolução da acidez ao longo do processo fermentativo se mostrou inversamente relacionado com o do pH, que atingiu o valor ideal em 5 horas e 30 minutos. Neste período, foi atingida a concentração de 0,86% de ácido láctico; valores semelhantes a este foram encontrados por Silva (2007) e Tamime e Robinson (1991) (0,7e 0,9%, respectivamente).

Diversos outros trabalhos da literatura constataram iogurtes com acidez final de 0,6 a 1,5%, expressa em ácido láctico (CUNHA et al., 2008; MEDEIROS JUNIOR et al., 2007; LONGO, 2006; RODAS et al., 2001).

Segundo Tamime e Robinson (1991), o tempo de fermentação é de 2,5 a 5 horas, nas condições ideais de atividade microbiana (temperatura entre 40 e 45ºC), podendo variar em função da concentração e atividade da cultura láctica utilizada como inóculo.

Bortolozo e Quadros (2007) produziram iogurte em cerca de 6 horas, utilizando uma concentração de inóculo de 0,5%, enquanto Silva (2007), utilizando como inóculo culturas lácticas tradicionais e probióticas na concentração de 1%, verificou tempo total de fermentação de 5 horas. Por outro lado, Walstra, Wouters e Geurts (2006), utilizando maior concentração de inóculo, em torno de 2,5%, constataram que o tempo de fermentação foi de aproximadamente 3 horas.

Dessa forma, no presente estudo, o tempo estendido da fermentação pode ser associado à utilização de uma baixa concentração de inóculo (0,1%), recomendada pelo fabricante.

Além disto, o tempo estendido da fermentação pode também ser associado à outro fator, a utilização de cultura microbiana liofilizada. Neste caso, há um período de tempo morto para reativação e adaptação dos micro-organismos (*fase lag*). Varnam e Sutherland (1994) alegam que, geralmente, esta forma de cultivo é utilizada, devido ao fácil manuseio e controle, o que evita contaminações e mantém a qualidade do iogurte em um determinado padrão.

Longo (2006) utilizou concentração da cultura láctica liofilizada igual à utilizada neste estudo (0,1%), porém promoveu a ativação dos micro-organismos em água e leite em pó, com incubação à 37ºC, por 6 a 8 horas, obtendo o produto em um tempo de aproximadamente 3,5 horas. Neto (2003)

também promoveu a etapa de ativação da cultura liofilizada (na concentração de 1%), por inoculação e incubação dos micro-organismos em uma pequena quantidade de leite (1L) por 3 horas, constatando um tempo de fermentação de aproximadamente 3 horas.

Portanto, verifica-se uma redução do tempo de fermentação devido a etapa de ativação dos micro-organismos. Porém, deve-se analisar cuidadosamente se este procedimento é viável, pois o tempo de incubação para a ativação somado ao tempo de fermentação torna-se tão grande quanto o tempo do processo com utilização direta da cultura liofilizada.

Ressalta-se que a concentração celular não interfere na qualidade do produto final, tão somente no tempo de coagulação, que será tanto menor quanto maior o numero de micro-organismos viáveis inoculados. Portanto, o tempo de fermentação pode ser reduzido pelo emprego de culturas superconcentradas, sendo necessária a verificação do custo/benefício relacionado.

Finalizada a fermentação, o iogurte foi resfriado a fim de inibir a atividade das bactérias lácticas, evitando a acidificação excessiva do produto e a conseqüente redução da carga microbiana.

5.3 Caracterização do produto obtido e pós-acidificação

A Tabela 18 apresenta os resultados expressos em valores médios com seus respectivos desvios-padrão para as determinações de umidade e teores de gordura, açúcares redutores, proteínas, carboidratos totais e cinzas para o produto nos diferentes tempos de armazenamento.

Tabela 18: Composição centesimal do iogurte sabor café

Análise	1ºdia	15º dia	30º dia
	%	%	%
Umidade	77,5 ± 1,10	75,6 ± 0,16	75,5 ± 0,18
Gordura	4,0 ± 0,00	5,0 ± 0,00	5,0 ± 0,00
Lactose	5,5 ± 0,22	5,3 ± 0,06	5,3 ± 0,01
Proteínas	4,2 ± 0,22	4,7 ± 0,10	3,9 ± 0,33
Cinzas	1,0 ± 0,02	1,0 ± 0,14	1,0 ± 0,01
Carboidratos totais[1]	13,2	13,8	14,6

[1] Os valores de carboidratos totais não apresentam desvio pois foram calculados por diferença.

Todos os resultados obtidos se enquadram nos requisitos da Resolução nº 5 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2000). Segundo a Resolução, os teores de gordura devem se situar na faixa de 3 a 5,9%, enquanto as proteínas devem estar presentes em quantidade superior a 2,9%.

De acordo com Robinson, Lucey e Tamime (2006), o teor de lactose depende do grau de fortificação do leite, com seus valores variando entre 4,5 e 7%.

Devido o leite ser a matéria-prima de base na produção de iogurte, não há grande variação entre sua composição centesimal e a do iogurte (Tabela 1). Porém, mudanças ocorridas durante a fermentação e, até mesmo pela adição de ingredientes, como leite em pó e espessante, a fim de aumentar o teor de sólidos, podem acarretar algumas alterações (WALSTRA, WOUTERS e GEURTS, 2006).

Segundo Chandan et al. (2006), o leite apresenta cerca de 86% de umidade, 4,1% de gordura, 3,6% de proteína, 0,7% de cinzas e 5% de lactose. Esta composição depende da localidade e da época do ano em que foi feita a

amostragem. Neste estudo, o leite empregado apresentou 3% de gordura, 3% de proteínas e 5% de carboidratos.

Logo, a análise comparativa destes resultados e dos obtidos para o iogurte produzido, permite concluir que a fortificação do leite propiciou a elevação do seu valor nutricional, embora a proporção de gordura tenha se mantido constante, o que é desejável para uma alimentação saudável.

Silva (2007), que realizou etapa de fortificação com caseinato de cálcio (2%), obteve iogurte de composição centesimal semelhante, com 78% de umidade, 3,15% de gordura, 4,84% de proteínas e 0,82% de cinzas. Já Cunha et al. (2008) encontraram valores reduzidos para os teores de proteínas (2,8%), cinzas (0,6%) e gordura (3%), possivelmente porque a etapa de fortificação do leite não foi realizada.

Segundo Rasic e Kurman (1978), os produtos com maior teor de proteínas, devido ao aumento do teor de sólidos, apresentam maior tempo de validade, por haver inibição da degradação da lactose e aumento da capacidade tamponante.

Rodas et al. (2001) e Medeiros Junior et al. (2007) avaliaram iogurtes comerciais da cidade de São Paulo (SP) e Bananeiras (PB), respectivamente. Encontraram teores de proteínas entre 1,58 e 3,40%; de carboidratos totais entre 12,64 e 17,41%; de lipídeos entre 1,60 e 2,99%; e de cinzas, entre 0,60 e 0,77%. Vale notar que o teor de carboidratos totais depende da quantidade de açúcar adicionada para adoçar o produto.

Contudo, a concentração de lactose não teve alteração significativa em relação ao leite *in natura*, apesar de esse substrato ser preferencialmente utilizado pelas bactérias lácticas como fonte de carbono e energia, com

conseqüente produção de ácido láctico. Segundo Farnworth (2008), a fermentação promove redução entre 20 e 30% do teor de lactose do leite. Este resultado indica que se deve analisar melhor a quantidade de adição de leite em pó na etapa de fortificação, optando-se, quando possível, pela utilização de um espessante adequado, pois o aumento do teor de lactose faz com que o iogurte perca uma de suas propriedades de interesse, que é a fácil digestibilidade em relação ao leite (BOBBIO, 1995). Longo (2006) obteve um iogurte com baixo teor de lactose (3,69%) apenas quando não houve etapa de fortificação com leite em pó.

Observa-se que nos primeiros 15 dias de estocagem a frio ocorreu pequena elevação dos teores de gordura, proteínas e carboidratos totais, provavelmente devido à perda de água pela amostra (redução da umidade em 2%). No entanto, no final do período de estocagem (30 dias), os teores de lactose apresentaram ligeira queda, possivelmente associada à atividade microbiana continuada, mesmo sob refrigeração (TAMIME, 2006; LONGO, 2006). Vale notar que o consumo de lactose pelos micro-organismos é reduzido devido a baixa atividade microbiana em baixas temperaturas, e, além disso, se opõe ao aumento da concentração de lactose pela perda de umidade pela amostra. Esse comportamento é corroborado por outros autores, como, por exemplo, Mundin (2008) que verificou reduções relativas no teor de lactose entre 3 e 12% durante o armazenamento refrigerado.

O teor de proteínas não deveria ter apresentado variação ao longo do período de estocagem uma vez que a sua determinação foi feita pelo método de Kjeldahl, que tem como base a quantificação de nitrogênio total (intra e extracelular) presente na amostra, sendo o resultado multiplicado por um fator

de conversão para obtenção da fração protéica (BRASIL, 2003). Desta forma, mesmo que haja consumo de proteínas para crescimento celular, o teor total de nitrogênio não sofrerá alteração. Portanto, o ligeiro aumento percebido no 15º dia pode ser associado à erros experimentais de amostragem, titulação ou perda de umidade da amostra durante a etapa de digestão ácida necessária para a análise.

Pós-acidificação

Os resultados das determinações do pH e da acidez (expressa em ácido láctico) das amostras de iogurte ao longo do tempo de estocagem estão dispostos na Tabela 19.

Tabela 19: Valores do pH e acidez do iogurte ao longo do tempo de estocagem

Determinação	1º dia	15º dia	30º dia
pH	4,60	4,43	4,37
Acidez (%)	1,01	1,12	1,40

Analisando os resultados, observa-se ligeira redução no valor de pH, em torno de 5%, com queda mais expressiva entre o 1º e 15º, e uma elevação da acidez expressa em ácido láctico ao longo do tempo de estocagem, em torno de 30%. A redução de pH e aumento da acidez durante o período sob refrigeração são chamados de pós-acidificação e são provenientes da atividade continuada dos micro-organismos lácticos, mesmo sob refrigeração, principalmente dos *Lactobacillus*, cujas células têm maior capacidade de tolerar ambientes ácidos e produzir ácido láctico até níveis de 1,7% (ROBINSON, LUCEY e TAMIME, 2006). Segundo Beal et al. (1999), a pós-acidificação

ocorre mais intensamente nos primeiros 7 dias, devido à alta taxa metabólica ainda presente.

Estes resultados estão em coerência com a análise de composição centesimal (Tabela 18), onde se verifica ligeira redução do percentual de lactose no iogurte durante o armazenamento. Como já mencionado, estes nutrientes são consumidos pelos micro-organismos para crescimento e manutenção celular, com geração de ácido láctico, que, por sua vez, promove a acidificação do meio e queda do pH.

Diversos trabalhos na literatura demonstram a atividade continuada das bactérias lácticas durante o período de estocagem, promovendo a pós-acidificação do produto com redução dos valores de pH entre 3 e 9%, e elevação da acidez entre 9 e 39% (MUNDIM, 2008; BRANDÃO, 2007; SILVA, 2007; LONGO, 2006; NETO, 2003).

Martin (2002) avaliou iogurtes comerciais durante o período de 30 dias, encontrando variações do pH em torno de 5%, atingindo valor mínimo de 4,2 ao último dia, e de acidez expressa em ácido láctico em torno de 50%, atingindo valor máximo de 1,20%.

Apesar da pós-acidificação observada, os percentuais de ácido láctico presente no iogurte após o período total de armazenamento estão de acordo com a legislação vigente, que estabelece concentrações entre 0,6 a 2% (BRASIL, 2000). Os valores de pH também estão de acordo com Robinson, Lucey e Tamime (2006), que afirmam que o valor do pH do iogurte no tempo de prateleira deve ser no mínimo 4, para evitar o enfraquecimento do gel e o sabor desagradável.

5.3.2 Análises microbiológicas

A Figura 31 apresenta os valores médios para os resultados da quantificação de micro-organismos viáveis pela técnica do Número Mais Provável (NMP) para o iogurte durante o período de estocagem a 4ºC.

Observa-se que, durante todo o período de armazenamento, o número de micro-organismos viáveis se manteve na mesma ordem de grandeza (10^8), estando em conformidade com a legislação vigente que estabelece o mínimo de 10^7 UFC/g (BRASIL, 2000).

Os resultados obtidos também foram superiores aos determinados por Robinson, Lucey e Tamime (2006) e Frye (2006), na faixa de 10^6 a 10^7 UFC/g. Isto indica que os constituintes do café não interferem na atividade metabólica das bactérias lácticas, mesmo no período de estocagem.

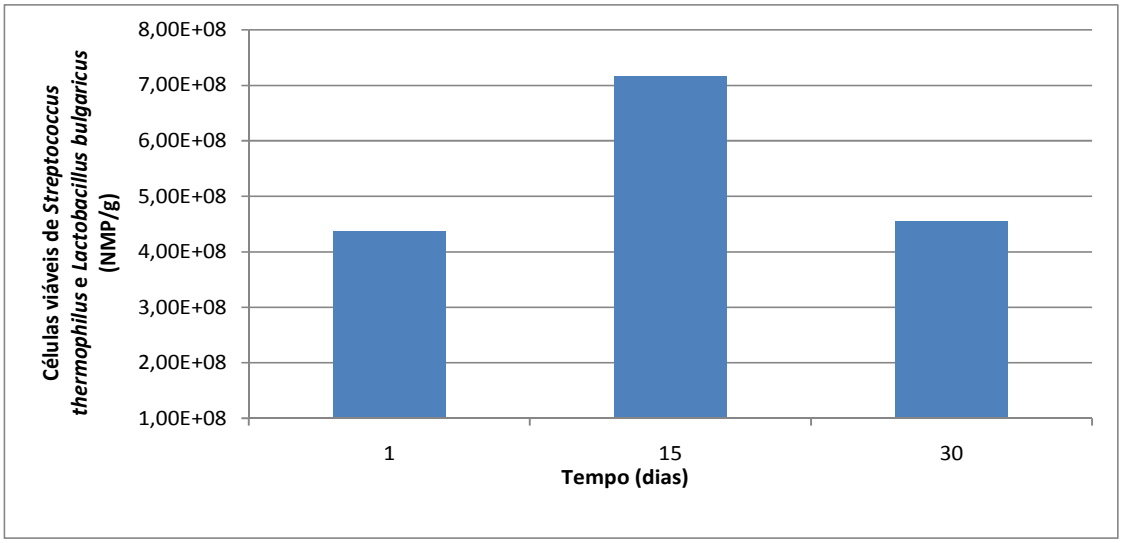


Figura 31: Concentração celular no iogurte sabor café ao longo do tempo de estocagem.

Do 1º ao 15º dia ocorreu um ligeiro aumento da população microbiana, em termos globais, mantendo-se, porém, na mesma ordem de grandeza. Isto indica a atividade continuada de manutenção celular, confirmando a ligeira queda observada nos teores lactose, e também o aumento da acidez e redução do pH, caracterizando a pós-acidificação do iogurte. Nos 15 dias finais é observada uma sutil diminuição do número total de micro-organismos viáveis, que pode ser relacionada à morte de células de *Streptococcus thermophilus*, que são menos tolerantes à acidez que os *Lactobacillus bulgaricus* (ROBINSON, LUCEY e TAMIME, 2006; TAMIME e ROBINSON, 2000).

5.4 Caracterização reológica

As Figuras 32, 33, 34, 35 e 36 mostram as curvas de fluxo e de viscosidade para as amostras de iogurte sabor café, com e sem espessante, bem como para os diferentes iogurtes comerciais analisados. As setas voltadas para a direita indicam as curvas de taxa ascendente e as voltadas para a esquerda, as curvas de taxa descendente.

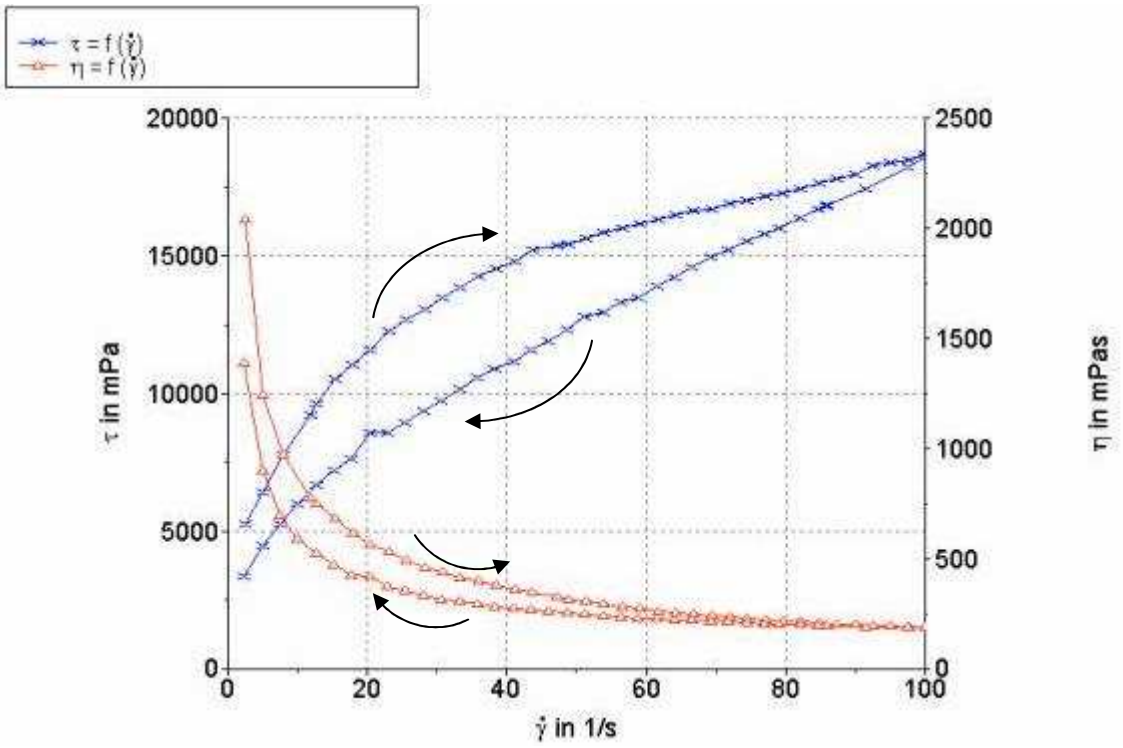


Figura 32: Curvas de fluxo e de viscosidade da amostra ICCE (Iogurte de café com espessante gelatina – 6 g/L).

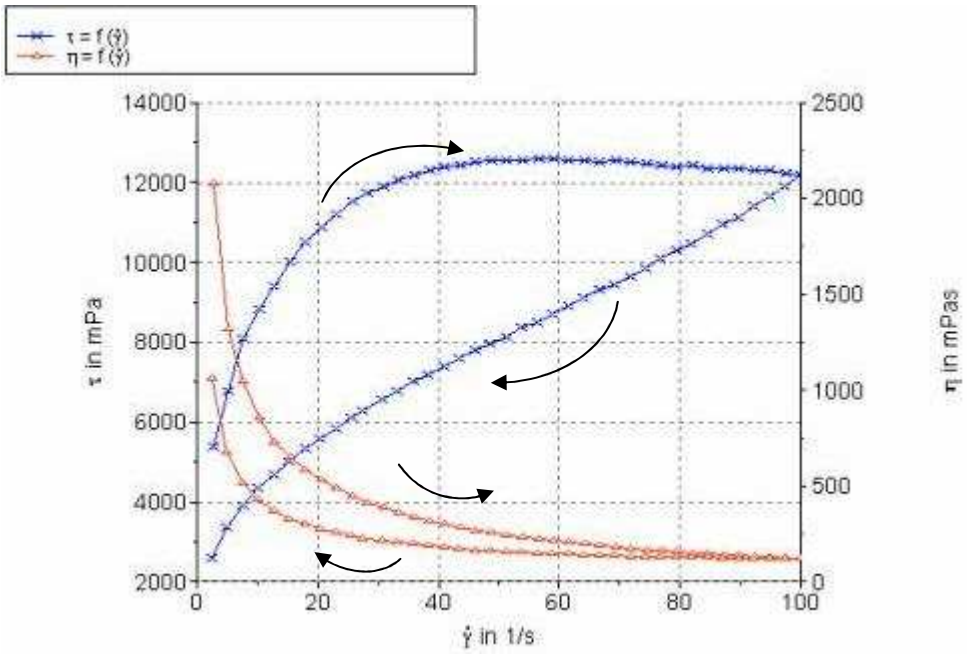


Figura 33: Curvas de fluxo e de viscosidade da amostra ICSE (Iogurte de café sem espessante).

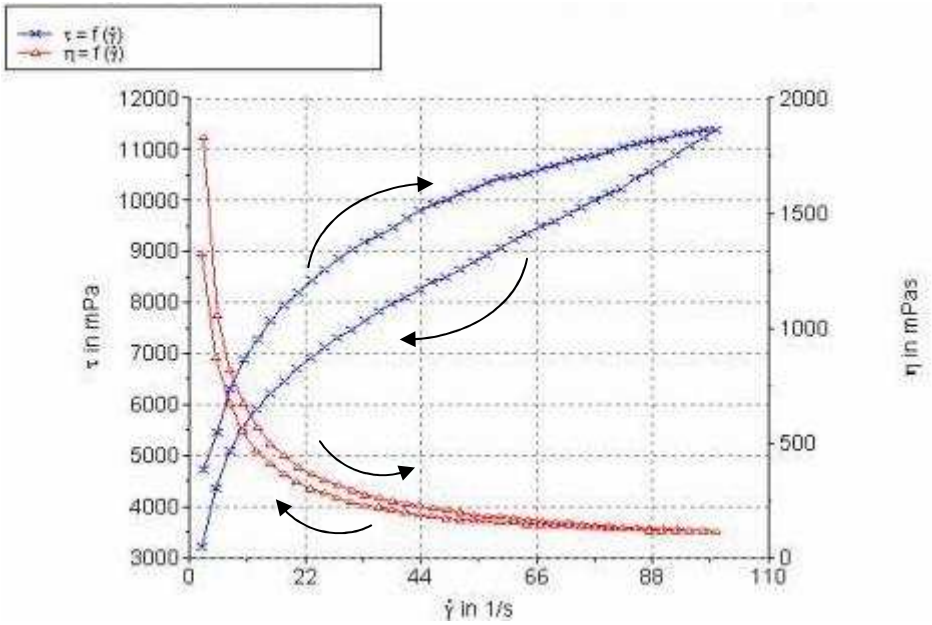


Figura 34: Curvas de fluxo e de viscosidade da amostra IC1 (Goma alfarroba como espessante).

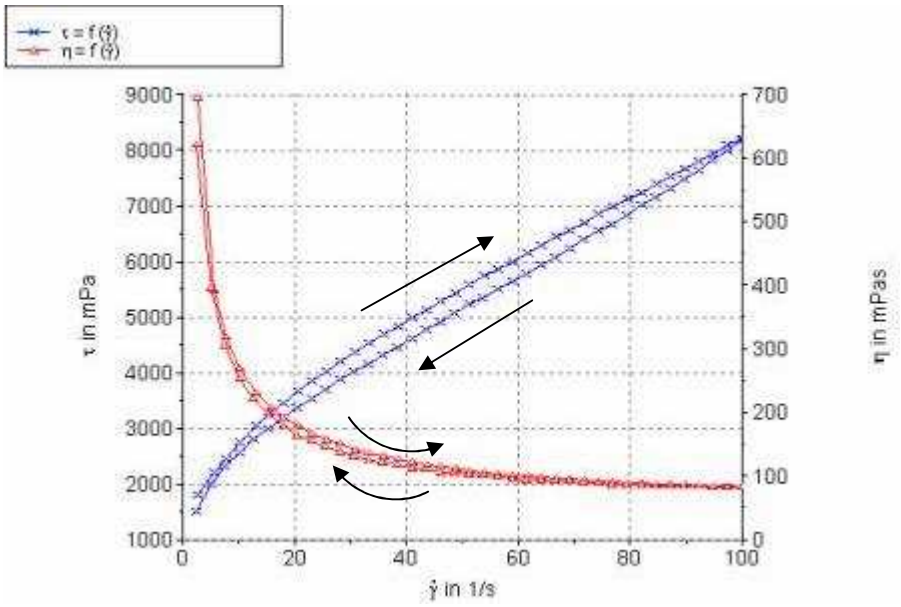


Figura 35: Curvas de fluxo e de viscosidade da amostra IC2 (Goma xantana e goma guar como espessantes).

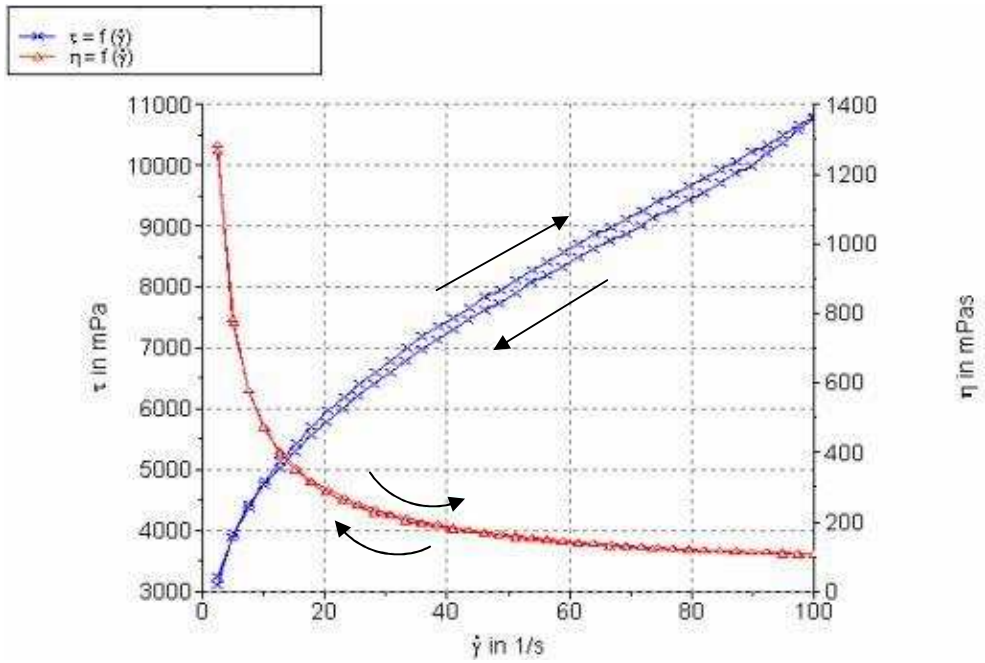


Figura 36: Curvas de fluxo e de viscosidade da amostra IC3 (Carboximetilcelulose, goma carragena e goma xantana).

Comparativamente, ambas as amostras de iogurte de café, com e sem gelatina, apresentaram os maiores valores de viscosidade em toda a faixa de taxa de cisalhamento analisada. A amostra ICCE foi a mais viscosa, com viscosidade média de 381,1 mPas, valor cerca de 25% maior que o obtido para a amostra ICSE (viscosidade média 307,3 mPas).

Supavititpatana et al. (2008), avaliando o efeito da concentração de gelatina em iogurte de leite de milho (*corn milk yogurt*), também observou que o aumento da concentração de gelatina promoveu a formação de uma estrutura mais firme e consistente para o produto. A adição de espessantes também foi avaliada por Teles e Flores (2007), que observaram elevação da viscosidade do iogurte em cerca de 4 vezes devido ao aumento da concentração de gelatina de 4 para 8 g/L.

Dentre os iogurtes de marcas comerciais, a amostra IC1 se apresentou mais viscosa (viscosidade média 286,3 mPas), seguida da amostra IC3 (viscosidade média 236,3 mPas) e por último a amostra IC2 (viscosidade média 144,7 mPas).

Segundo Teles e Flores (2007), a adição do espessante goma xantana teve maior efeito sobre a viscosidade do que a goma guar. A goma carragena apresenta alto poder espessante, devido ao seu alto grau de reatividade com certas proteínas, e em particular, com a caseína, sendo um dos agentes espessantes mais utilizados para produtos lácteos fermentados (NIKAEDO, AMARAL & PENNA, 2004), enquanto a goma guar pode ser utilizada para aumentar o poder geleificante de outros espessantes (Food Ingredients Brasil, 2010). Dessa maneira, a despeito das concentrações utilizadas, a amostra IC3 (Carboximetilcelulose, goma carragena e goma xantana) apresentou maiores valores de viscosidade que a amostra IC2 (Goma xantana e goma guar).

Note-se que, independente da concentração ou do tipo de espessantes utilizados, todas as amostras de iogurte analisadas apresentaram comportamento de fluido não-newtoniano e pseudoplástico, uma vez que houve diminuição da viscosidade em função do aumento da taxa de cisalhamento aplicada (SCHRAMM, 2006). Segundo Horne (1998) e Lucey (2002), isso pode ocorrer devido à destruição das fracas ligações físicas existentes entre as moléculas do produto e à diminuição da energia de interação entre elas. Diversos autores confirmam o iogurte como fluido pseudoplástico (GOMES e PENNA, 2009; PASEEPHOL, SMALL e SHERKAT,

2008; TELES e FLORES, 2007; GONÇALVEZ et al., 2005; WALSTRA et al., 1999).

Conforme observado nas Figuras 32 – 36, todas as amostras apresentaram características tixotrópicas, devido às diferenças de tensão e viscosidade entre as curvas de taxa ascendente e descendente. Este fenômeno, conhecido por histerese, é resultado da quebra do gel e pode ser quantificado como a área entre as curvas de fluxo. Quanto maior a área compreendida entre as curvas, maior o efeito tixotrópico (SMIT, 2003; HOLDSWORTH, 1993). Os valores são apresentados na Tabela 20.

Tabela 20: Histerese das amostras de iogurte.

Amostra	Histerese (Pa/s)
ICCE	232,4
ICSE	355,5
IC1	112,0
IC2	27,2
IC3	16,0

A análise da tabela permite constatar que os maiores valores de histerese foram calculados para as amostras de iogurte sabor café, sendo observada na ausência de espessante a maior característica tixotrópica, representada pela maior área calculada (cerca de 50% maior) entre as curvas ascendente e descendente de taxa cisalhante.

A amostra ICCE, bem como as três amostras de iogurte comercial, apresentaram menores valores de histerese, comparativamente à amostra ICSE, indicando o efeito protetor dos agentes espessantes sobre o gel do iogurte, reduzindo danos estruturais durante o processamento.

Dentre as amostras comerciais, IC1 (com espessante goma alfarroba) foi a que apresentou característica tixotrópica mais evidente. As demais, IC2 (Goma xantana e goma guar como espessantes) e IC3 (Carboximetilcelulose, goma carragena e goma xantana), apresentaram valores de histerese uma ordem de grandeza menor. Este fato pode ser explicado pelos maiores valores de viscosidade obtidos para a amostra IC1, o que permite uma redução relativa mais significativa deste parâmetro durante o cisalhamento.

Os 4 modelos reológicos (Tabela 11) foram ajustados às curvas ascendentes e descendentes de fluxo e de viscosidade das amostras de iogurte, cujos valores dos coeficientes de regressão *r* são apresentados nas Tabelas 21 e 22, respectivamente.

Tabela 21: Valores de *r* para os modelos ajustados às curvas de fluxo

Modelo	Curva	*r*				
		ICCE	ICSE	IC1	IC2	IC3
Bingham	Ascendente	0,9341	0,7016	0,9263	0,9944	0,9844
	Descendente	0,9916	0,9931	0,9744	0,9971	0,9867
Ostwald Weale	Ascendente	0,9935	0,8959	0,9962	0,9965	0,9972
	Descendente	0,9980	0,9935	0,9959	0,9932	0,9953
Casson	Ascendente	0,9698	0,8006	0,9937	0,9997	0,9978
	Descendente	0,9989	0,9983	0,9922	0,9989	0,9981
Herschel Bulkley	Ascendente	0,9979	0,9256	0,9993	0,9997	0,9995
	Descendente	0,9995	0,9979	0,9998	0,9989	0,9988

Tabela 22: Valores de *r* para os modelos ajustados às curvas de viscosidade

Modelo	Curva	*r*				
		ICCE	ICSE	IC1	IC2	IC3
Bingham	Ascendente	0,9777	0,9745	0,9898	0,9927	0,9911
	Descendente	0,9820	0,9853	0,9773	0,9879	0,9900
Ostwald Weale	Ascendente	0,9988	0,9965	0,9997	0,9960	0,9976
	Descendente	0,9988	0,9992	0,9987	0,9972	0,9997
Casson	Ascendente	0,9921	0,9873	0,9988	0,9996	0,9982
	Descendente	0,9965	0,9967	0,9906	0,9981	0,9976
Herschel-Bulkley	Ascendente	0,9988	0,9990	0,9997	0,9999	0,9999
	Descendente	0,9998	0,9996	0,9965	0,9993	0,9998

Verifica-se que as curvas de fluxo com taxa ascendente, em geral, apresentaram ajuste menos adequado que as curvas descendentes, indicando mais uma vez a presença da característica tixotrópica, responsável pela alteração do comportamento reológico do iogurte durante o cisalhamento.

Observa-se que nenhum dos 4 modelos testados descreveu adequadamente (baixos valores de *r*) o comportamento reológico das curvas de fluxo ascendente para a amostra ICSE, que apresentou perfil bastante distinto das demais, como notado na Figura 33. Entretanto, após certo tempo de cisalhamento, os conseqüentes danos estruturais levaram a amostra a se caracterizar de maneira semelhante às demais, com boa adequação dos modelos para as curvas de fluxo descendente. Este fato observado é coerente com os cálculos de histerese, cujos maiores valores foram determinados para a

amostra ICSE, sugerindo uma maior susceptibilidade à danificação da estrutura durante o processamento.

Realizando uma Análise de Variância ao nível de 5% de significância, avaliando os valores de *r* para as curvas de fluxo e de viscosidade separadamente (Tabelas 23 e 24, respectivamente), verifica-se que, para as curvas de fluxo, os coeficientes apresentam diferenças significativas ($p < 0,05$). Isto indica que o tipo e a concentração de espessante utilizados acarretam alterações nas características reológicas do iogurte, havendo diferentes adequações dos modelos para as diferentes amostras. Já as curvas de viscosidade são bem ajustadas por todos os modelos sem diferenças significativas ($p > 0,05$).

Tabela 23: ANOVA dos coeficientes de regressão para as curvas de fluxo.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Amostras	0,079	4	0,019	7,94	0,001	3,06
Total	0,12	19				

SQ – soma dos quadrados; gl – grau de liberdade

Tabela 24: ANOVA dos coeficientes de regressão para as curvas de viscosidade.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Amostras	0,0002	4	5,13E-05	0,945	0,465	3,056
Total	0,001	19				

SQ – soma dos quadrados; gl – grau de liberdade

Em praticamente todos os iogurtes analisados, os resultados foram melhores ajustados ao modelo de Herschel-Bulkley ($r > 0,99$). Em

contrapartida, o modelo de Bingham apresentou a pior adequação às curvas de fluxo e viscosidade (fato bem notável para as curvas ascendentes), o que confirma a relação não linear entre a tensão e a taxa de cisalhamento, corroborando para a classificação dos iogurtes analisados como fluidos não-newtonianos (SCHRAMM, 2006; STEFFE, 1996).

O modelo de Ostwald-de-Waele, assim como o de Herschel-Bulkley, considera a relação não linear entre a tensão e a taxa de cisalhamento. Porém, o primeiro modelo não leva em consideração a tensão limite de escoamento (τ_0) (TONELI, MURR e PARK, 2005). Devido à semelhança entre os modelos, com exceção de um coeficiente linear na equação matemática, ambos apresentaram ajustes com valores de r > 0,99. No entanto, a utilização do modelo de Ostwald-de-Waele leva à perda de uma importante informação para o processamento de iogurte (τ_0), que mede a tensão mínima necessária para que haja escoamento (STEFFE, 1996).

A Tabela 25 apresenta os parâmetros da equação de Herschel-Bulkley ajustada às curvas de fluxo das diferentes amostras de iogurte.

Tabela 25: Parâmetros do modelo de Herschel-Bulkley para as amostras de iogurte

Amostra	Curva de fluxo (ascendente)			Curva de fluxo (descendente)		
	τ_0 (Pa)	K (Pa.s^n)	n	τ_0 (Pa)	K (Pa.s^n)	n
ICCE	17,83	19,81	0,13	2,14	0,87	0,63
ICSE	163,80	168,80	0,01	2,31	0,38	0,69
IC1	16,58	19,58	0,08	6,45	8,47	0,15
IC2	1,34	0,28	0,69	1,48	0,15	0,58
IC3	2,07	0,82	0,51	2,34	0,64	0,55

Pode ser observado que todos os valores referentes ao índice de escoamento (n) são menores que 1, em concordância com dados da literatura, evidenciando novamente a classificação dos fluidos analisados como não-newtonianos pseudoplásticos (GONÇALVEZ et al., 2005; TELES e FLORES, 2007).

Note-se que as amostras ICCE, IC1, IC2 e IC3 foram bem ajustadas ao modelo de Herschel-Bulkley, com valores de *r* > 0,99 (Tabela 21). Dentre estas amostras, ICCE e IC1 apresentaram os maiores valores de tensão limite de escoamento (τ_0) (Tabela 25), e também obtiveram maiores valores de viscosidade (Figuras 32 e 34). Também coerente com estes resultados, bem como com os resultados de viscosidade, o maior índice de consistência (K) foi obtido para a amostra ICCE, seguida da amostra IC1, em comparação com as amostras IC2 e IC3.

Os resultados para a amostra ICSE não são confiáveis, para o modelo de Herschel-Bulkley, pois o valor de *r* (0,92) foi baixo, indicando a má adequação do modelo à curva. Tal fato pode justificar os resultados desconexos para o cálculo de τ_0 e K, que para esta amostra foi uma ordem de grandeza maior em relação às demais.

Devido ao comportamento tixotrópico foram observadas mudanças nos parâmetros reológicos das amostras entre a faixa de taxa cisalhante ascendente e descendente, evidenciadas pela considerável redução dos valores de tensão limite de escoamento (τ_0) e índice de consistência (K), bem como o aumento do índice de escoamento (n) para as amostras ICCE, ICSE e IC1 (Tabela 25). As amostras IC2 e IC3 sofreram poucos danos estruturais,

como visto pelos cálculos de histerese (Tabela 20) e, por isso, os valores de τ_0, K e n permaneceram praticamente inalterados.

Diversos trabalhos na literatura estudaram o comportamento reológico de diferentes formulações de iogurte, obtendo como resultados para a tensão limite de escoamento (τ_0) valores entre 1,1 e 10,1 Pa, dependente do teor de sólidos, tipo de espessante, tipo de cultura *starter* (produtora ou não de exopolissacarídeos) e presença de prebióticos (PASEEPHOL, SMALL e SHERKAT, 2008; TELES e FLORES, 2007; SODINI, JOHN e TONG, 2005; GONÇALVEZ et al., 2005). Os resultados aqui obtidos indicam que a gelatina atua como um agente espessante de forte impacto restringindo o escoamento do produto final, aumentando o valor da tensão limite de escoamento (τ_0).

A análise da variação da viscosidade em função do tempo à uma taxa de cisalhamento constante também permitiu confirmar as características tixotrópicas das diferentes amostras de iogurte (Figura 37). Em conformidade com os dados apresentados na literatura, todas as amostras de iogurte apresentaram redução de viscosidade em função do tempo (MULLINEUX e SIMMONS, 2007; NETO et al., 2005; GONÇALVEZ et al., 2005).

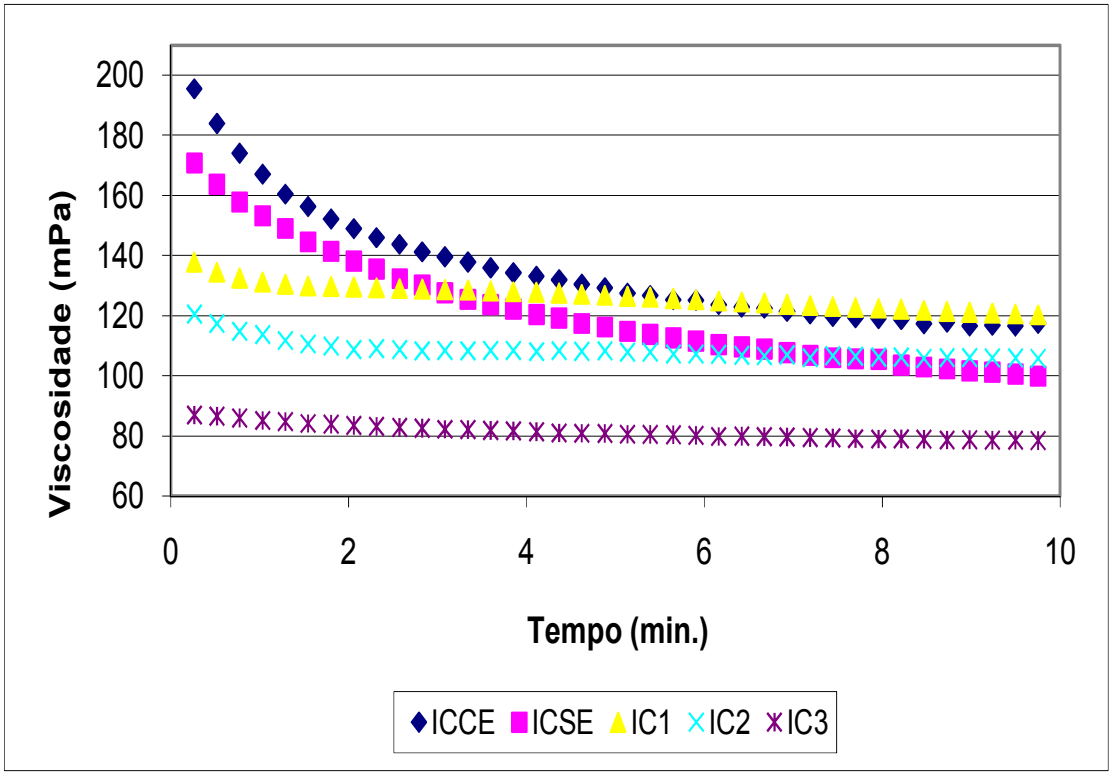


Figura 37: Curva de viscosidade *versus* tempo dos testes de tixotropia das amostras de iogurte.

Pelas curvas é possível confirmar os maiores valores de viscosidade para a amostra ICCE, seguidos das amostras ICSE, IC1, IC2 e IC3, nesta seqüência, até em torno de 3 minutos, corroborando com os dados obtidos nas curvas de viscosidade anteriormente apresentadas (Figuras 32 a 36). Ao longo do tempo se observa uma considerável redução na viscosidade das amostras ICCE e ICSE (Figura 37), em coerência com os valores calculados para histerese (Tabela 20), que foram maiores para estas amostras, indicando uma maior susceptibilidade à danos estruturais. No entanto, as amostras IC2 e IC3, para as quais foram calculados baixos valores de histerese, sofreram pequena redução na viscosidade em função do tempo.

A Tabela 26 apresenta os resultados dos testes de tixotropia ajustados ao modelo de Weltman.

Tabela 26: Parâmetros do modelo de Weltman para os testes de tixotropia

Amostras	Parâmetros		Coeficiente
	A	B	r^2
ICCE	16,61	-5,24	0,9946
ICSE	15,13	-5,09	0,9870
IC1	13,27	-1,06	0,9226
IC2	8,51	-0,64	0,9743
IC3	11,34	-0,83	0,9319

O parâmetro A indica a resistência ao escoamento, tendo forte correlação com o limite de escoamento (τ_0). Exceto para a amostra ICSE, os valores do parâmetro A são coerentes com os valores de τ_0 (Tabelas 25 e 26), confirmando mais uma vez que o modelo de Herschel-Bulkley não se ajustou adequadamente à esta amostra (ICSE), levando ao cálculo de parâmetros com valores inconsistentes. Já para as amostras ICCE, IC1, IC2 e IC3, os resultados são coerentes entre si, embora o modelo de Weltman não tenha descrito adequadamente a tixotropia das amostras IC1 e IC3 (r^2 = 0,92 e 0,93, respectivamente).

O parâmetro B mede a velocidade em que ocorre o dano estrutural quando o fluido é submetido à alguma taxa de cisalhamento. Os valores negativos indicam a diminuição da tensão em função do aumento da taxa cisalhante. Verifica-se que as amostras de iogurte de café apresentaram as maiores taxas de quebra estrutural em valor absoluto. Dessa forma, fica claro que os espessantes utilizados nas amostras comerciais promovem uma maior diminuição da velocidade de quebra do gel que a gelatina.

Gonçalvez et al. (2005) avaliaram o comportamento reológico de iogurtes com diferentes concentrações de amido e gelatina, como espessantes, bem como de iogurte sem espessante. Os iogurtes com concentrações de gelatina de 3 e 6 g/L apresentaram valores discrepantes entre τ_0 e A (A com ordem de grandeza 2 e 1 vez maiores que τ_0, respectivamente). Porém, vale observar que, em seu estudo, os valores de *r* foram baixos para o modelo de Weltman para ambas as amostras (r < 0,9).

Ainda segundo Gonçalvez et al. (2005), os valores do parâmetros B calculados para as amostras com gelatina foram 7 vezes maiores que os obtidos neste trabalho; tal diferença pode ser explicada pela má adequação do modelo de Weltman aos resultados por eles obtidos (r < 0,9).

As curvas da viscosidade em função da variação de temperatura estão dispostas na Figura 38. Os resultados foram ajustados à forma linearizada do modelo de Arrhenius, cujo parâmetro de ajuste (η_0) e a energia de ativação para viscosidade (E) foram determinados como o coeficiente linear e o coeficiente angular das curvas, respectivamente. Tais parâmetros e o coeficiente de regressão r^2 referentes às curvas da Figura 38 são apresentados na Tabela 27.

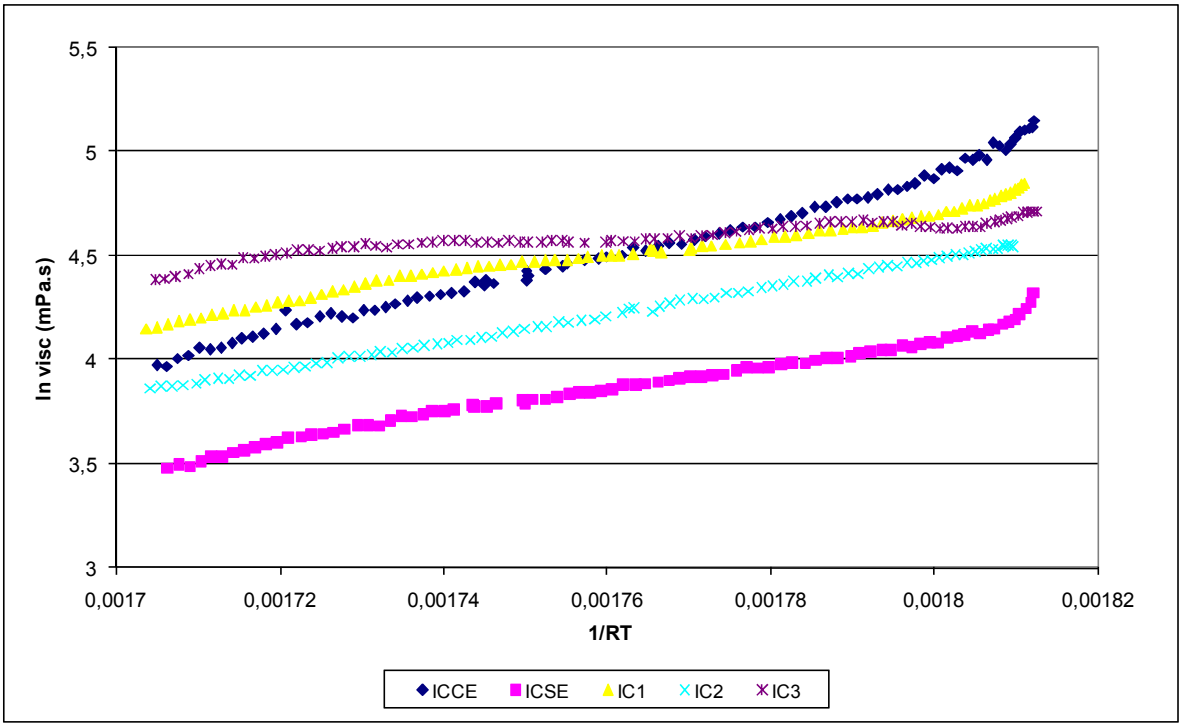


Figura 38: Efeito da temperatura sobre a viscosidade das diferentes amostras de iogurte.

Tabela 27: Parâmetros da equação de Arrhenius calculados para as diferentes amostras de iogurte

Amostras	η_0 (mPa.s)	E (kcal/mol)	r^2
ICCE	12,69	9,78	0,9860
ICSE	7,39	6,39	0,9830
IC1	5,18	5,50	0,9800
IC2	7,47	6,64	0,9990
IC3	0,79	2,15	0,8890

A curva da amostra IC3 não foi bem representada pela equação de Arrhenius, já que o coeficiente r^2 foi menor que 0,9. Por outro lado, as demais curvas se apresentam bem ajustadas pelo modelo (r^2>0,9).

A energia de ativação variou entre 2,15 e 9,78 kcal/mol; os maiores valores foram determinados para os iogurtes de café, com e sem adição de

espessante. Dentre as amostras comerciais, IC2 apresentou o maior valor de E e também o melhor ajuste ao modelo (r^2=0,999).

Os valores da energia de ativação indicam a sensibilidade da viscosidade em função da variação de temperatura; quanto maior o valor de E, mais sensível é o produto a alterações reológicas (STEFF, 2006). Dessa forma, observa-se que a utilização da gelatina como agente espessante, apesar de aumentar a viscosidade do produto, o torna mais susceptível a danos na estrutura devido a oscilações de temperatura.

5.5 Análise sensorial de aceitabilidade

A Figura 39 expressa os resultados do teste de aceitabilidade da amostra de iogurte de café com a formulação definida pela ADQ por consumidores potenciais não treinados.

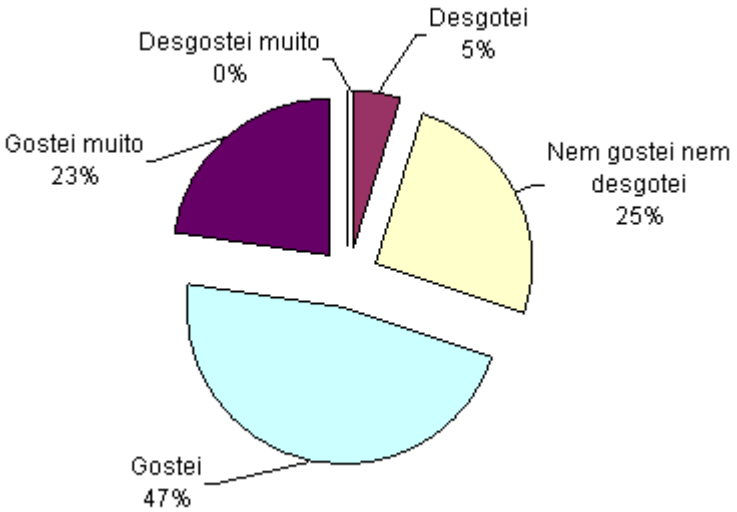


Figura 39: Resultados do Teste de Aceitabilidade com provadores não treinados.

Como se pode observar, 70% dos consumidores aprovou o produto, enquanto que nenhum apresentou desgosto total, embora uma pequena porcentagem tenha desgostado moderadamente. Esses resultados indicam a possível existência de mercado consumidor para o iogurte sabor café, o que viabiliza sua produção e comercialização.

Para atribuir uma nota média ao iogurte, foram utilizados os valores de 1 a 5 atribuídos às expressões faciais da ficha do teste sensorial (Figura 28). Foi calculada a média ponderada de 3,87, que em uma escala de 5 pontos corresponde a 77,4% da nota máxima, um valor bastante satisfatório.

Quando analisados por sexo, os resultados mostram que homens e mulheres apresentaram aceitabilidade semelhante, e quando analisados por idade, os resultados indicam que pessoas com mais de 30 anos apresentaram maiores médias de aceitabilidade, conforme mostra a Tabela 28.

Tabela 28: Resumo estatístico da análise por sexo e idade

RESUMO		Média	Variância
Sexo	Masculino	3,84	0,29
	Feminino	3,80	0,02
Idade	Mais de 30 anos	4,06	0,05
	Menos de 30 anos	3,58	0,03

Foi também feita a análise simultânea por sexo e idade, e os resultados das notas médias estão dispostos na Tabela 29. Esses dados, submetidos à Análise de Variância ao nível de 5% de significância (Tabela 30), mostram não haver diferenças estatisticamente significativas na aceitação do produto por homens ou mulheres com idade maiores ou menos que 30 anos ($p>0,05$), o que pressupõe a criação de um amplo mercado consumidor para o iogurte de café.

Tabela 29: Análise de resultados do teste de aceitabilidade por sexo e idade

Sexo	Médias	
	Mais de 30 anos	Menos de 30 anos
Masculino	4,22	3,46
Feminino	3,90	3,70

Tabela 30: ANOVA do teste de aceitabilidade analisado por sexo e idade

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Sexo	0,002	1	0,002	0,025	0,900	161,446
Idade	0,230	1	0,230	2,980	0,334	161,446
Total	0,310	3				

SQ – soma dos quadrados; gl – grau de liberdade

A Figura 40 apresenta os resultados do teste de intenção de compra.

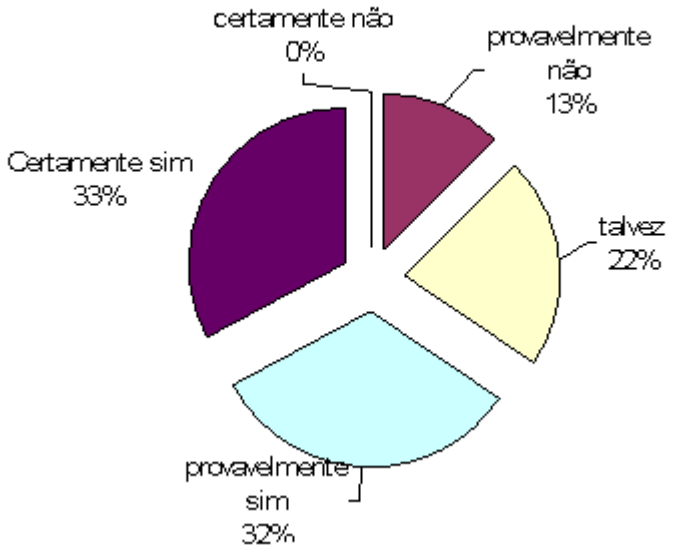


Figura 40: Resultados do teste de intenção de compra.

Pode se observar que, em grande parte, os provadores são potenciais compradores do produto; nenhum deles afirmou que certamente não compraria, enquanto que a maioria (65%) escolheu entre as opções de que

certamente ou provavelmente compraria. A ligeira redução percentual de aprovação em relação ao teste afetivo (5%) (Figura 39) pode ser devido aos provadores não terem sido previamente selecionados, podendo haver consumidores não habituais de iogurte ou de café, que apesar de terem aprovado o produto não o comprariam com freqüência. Também deve ser levada em consideração a questão da possível fidelidade do consumidor em relação a marcas já presentes no mercado, levando-o a responder que não compraria o produto, apesar de tê-lo aprovado.

Para atribuir uma nota média à intenção de compra do iogurte, foram utilizados os valores de 1 a 5 atribuídos as respostas do teste (Figura 28). Apesar de uma maior e mais distinta distribuição das respostas como visto acima, a média ponderada para a intenção de compra foi de 3,86; valor bastante semelhante ao obtido no teste afetivo.

As Tabelas 31 e 32 apresentam os resultados para as notas médias de intenção de compra conferidas ao iogurte por homens e mulheres, com diferentes faixas de idade. Apesar das ligeiras diferenças, assim como visto no teste afetivo, ao ser realizada a Análise de Variância ao nível de 5% de significância (Tabela 33), verificou-se que nem o sexo e nem a idade são fatores de influência relevante ($p>0,05$) na intenção de compra do produto.

Tabela 31: Resumo estatístico da análise por sexo e idade

RESUMO		Média	Variância
Sexo	Masculino	4,14	0,42
	Feminino	3,83	0,06
Idade	Mais de 30 anos	4,30	0,18
	Menos de 30 anos	3,67	0,00

Tabela 32: Resultados das medias da intenção de compra por sexo e idade

Sexo	Idade	
	Mais de 30 anos	Menos de 30 anos
Masculino	4,60	3,68
Feminino	4,00	3,66

Tabela 33: ANOVA do teste de intenção de compra quando analisado por sexo e idade

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Sexo	0,0961	1	0,0961	1,14	0,48	161,45
Idade	0,3969	1	0,3969	4,72	0,28	161,45
Total	0,5771	3				

SQ – soma dos quadrados; gl – grau de liberdade

Tais resultados confirmam a possibilidade de que o iogurte sabor café possua um extenso mercado consumidor, atendendo à justificativa do presente trabalho.

6. CONCLUSÕES

Através das análises realizadas e resultados obtidos, é possível concluir que:

- O processo fermentativo foi eficiente, produzindo iogurte com características físico-químicas dentro dos padrões legais brasileiros.
- O iogurte sabor café teve boa aceitabilidade nos testes de laboratório, viabilizando os estudos subseqüentes de caracterização e controle de qualidade do produto.
- A concentração de espessante não interfere na aceitação do produto final, possivelmente por ser uma característica dependente da preferência de cada consumidor.
- Dentre os atributos avaliados na análise sensorial descritiva, a aparência apresentou destaque, sendo um dos fatores de forte influência na aceitação do produto pelo consumidor.
- A amostra do ponto central do planejamento experimental realizado (6 g/L de gelatina e 3 g/L de café) recebeu as melhores qualificações na Análise Descritiva Quantitativa.
- Foi observada a pós-acidificação do produto ao longo de 30 dias de armazenamento sob refrigeração, entretanto, o produto permaneceu dentro dos padrões da legislação vigente.
- Todas as amostras de iogurte de café e comerciais apresentaram comportamento não-newtoniano pseudoplástico e tixotrópico.

- A amostra ICCE (iogurte de café com gelatina) apresentou os maiores valores de viscosidade.
- A amostra ICSE (iogurte de café sem gelatina) apresentou os maiores valores de histerese, indicando maiores danos estruturais sob processamento.
- A utilização de gelatina como espessante apresentou efeito protetor sobre o gel do iogurte durante o escoamento.
- No teste afetivo, nenhum dos consumidores desgostou totalmente do produto, enquanto 70% gostaram muito ou moderadamente.
- Análises estatísticas indicaram não ser o sexo e nem a idade fatores influentes na aceitação do produto.
- Em torno de 65% dos consumidores apresentaram intenção de compra do produto.

7. SUGESTÕES

- Avaliar a influência da adição de outros tipos e concentrações de espessantes nas características reológicas do iogurte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIC, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CAFÉ. **O Café Brasileiro na Atualidade**, Disponível em http://www.abic.com.br/gar_qcafe.html. Acesso em 04 jun. de 2009.

ABICS, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CAFÉ SOLÚVEL. Disponível em http://www.abics.com.br. Acesso em 06 jan. de 2010.

ABREU, L.R.de. **Tecnologia e aproveitamento do leite**. Lavras: FAEPE, p.149, 1997.

ABU-JDAYIL, B**. Characterization of the thixotropic behavior of semi-solid foodstuffs**. Jordan University of Science and Technology, S/D.

ALVES R.; BORDIN M. **Estimativa da vida útil de café solúvel por modelo matemático,** Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.18, nº1, Campinas 1998.

ALVES, R.C.; CASAL, S.; ALVES, M.R.; OLIVEIRA, M.B. **Discrimination between arabica and robusta coffee species on the basis of their tocopherol profiles.** Food Chemistry, v. 114, p. 295-299, 2009.

ANÔNIMO. **Chemical and Sensory Technologies for Studying Flavors and Off-Flavors in Dairy Products**. DMI, Dairy Management Inc. Innovation in Dairy**,** 2003.

ANÔNIMO. **Sensory Evaluation of Dairy Products**. DMI, Dairy Management Inc. Innovation in Dairy, 2005.

ARAUJO, F.A. **Café (*Coffea arabica*, L.) submetido a diferentes condições de torrefação: caracterização química e avaliação da atividade antioxidante e sensorial.** Tese de Doutorado. USP, SP, 2007.

ARUNACHALAM, K.D. **Role of bifidobacteria in nutrition, medicine and technology**. Nutr. Res., v. 19, nº10, p. 1559-1597, 1999.

AZEVEDO, I. C. **Análise sensorial e composição centesimal de carne de jacaré-do-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) em conserva.** Dissertação de mestrado em Medicina Veterinária, Universidade Federal Fluminense, Niterói/RJ, 2007.

AZEVEDO. **Sensory evaluation guide for testing and beverage products**, 1981.

BEAL, C.; SKOKANOVA, J.; LATRILLE, E.; MARTIN, N.; CORRIEU, G. **Combined effetcs of culture conditions and storage time on acidification and viscosity of stirred yogurt**. Journal of Dairy Science, v. 82, n. 4, p. 673-681, 1999.

BEHMER, M.L.A. **Tecnologia do Leite** - Produção, industrialização e análise, São Paulo, Ed. Nobel, 322p, 1984.

BEHMER, M.L.A. **Tecnologia do Leite**, 13ª ed., São Paulo, Ed. Nobel, p.285, 1999.

BLAIR, G.W.S. **Rheology in food research**. Advances in Food Research. V.8, p. 1-61, 1958.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Manual de laboratório de química dos alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 129 p, 1995.

BOLINI, H. M. A.; MORAES. P. Tese mostra que análise sensorial incrementaria produção de iogurte. **Jornal da Unicamp**, nº253, p.11, 2004.

BONATO, E. P; HELENO, G. J. B.; HOSHINO, N. A. **Leites Fermentados e Queijos.** Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

BONITA, J. S.; MANDARANO, M.; SHUTA, D.; VINSON, J. **Coffee and cardiovascular disease: *In vitro*, cellular, animal, and human studies**. Pharmacological Research. Vol. 55, nº3, p. 187-198, 2007.

BOOR, K. J. Fluid **Dairy Product Quality and Safety: Looking to the Future**. American Dairy Science Association, nº84, p1–11, 2001.

BORTOLOSO, E.Q.; Quadros, M.H.R. **Aplicação de inulina e sucralose em iogurte**. Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial. V.01, nº1, p. 37-47. 2007.

BOUDIER, J. F. Leites Fermentados. In: LUGUET, F. M. **O Leite**. São Paulo, 1985.

BRAHAM, J.E.; BRESSANI, R. Coffee Pulp: Composition, Technology and Utilization. Ed. Canada. 1979.

BRANDÃO, S. C. C. **Novas Gerações de Produtos Lácteos Funcionais**. Revista Indústria de Laticínios, v. 6, n. 37, p. 64-66, São Paulo, 2002.

BRANDÃO, W.A.P.L.N.T.M. **Elaboração de bebida fermentada simbiótica de soro lácteo**. Dissertação de Mestrado. UFSC, 2007.

BRANDÃO, S. C. C. **Tecnologia da fabricação de iogurte**. Revista do Instituto de Laticínios Candido Tostes, v. 42, nº250, p. 3-8, 1995.

BRASIL. **Padrões de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados**. Resolução nº5 de 13 de novembro de 2000, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, MAPA, 2000.

BRASIL. **Instrução Normativa nº. 22. Métodos analíticos oficiais físico-químicos para controle de leite e produtos lácteos**. Ministério da

Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Diário Oficial da União, Brasília, 14 abril de 2003.

BRITZ, T.J.; ROBINSON, R.K. **Advanced Dairy Science and Technology**. Blackwell Publishing Ltd, UK, 2008.

CAFÉ DAMASCO. **Tipos de café**, Rio de Janeiro. Disponível em: www.cafedamasco.com.br, Acesso em: 12 jun. de 2009.

CAFÉ E SAÚDE. **Manual de Farmacologia Clínica, Terapêutica e Toxicologia, MEDSI**, Ed. (03 volumes), RJ, p. 141-149, 2003.

CAÑELLAS, E. L. **Evaluación Hedónica de Pan de Molde por Consumidores de Distinto Origen Cultural: Estudio Comparativo de dos Escalas**. Trabajo Fin de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, Espanha, 2006.

CHANDAN, R. C.; WHITE, C. H.; KILARA, A.; HUI, Y.H. **Manufacturing Yogurt and Fermented Milks**. 1ª ed., Blackwell Publishing Ltd, UK, 2006.

CHOU, T.M.; BENOWITZ, N.L. **Caffeine and coffee:effects on health and cardiovascular disease**. Comparative Biochemestry and Physiology Part C: Pharmacology, Toxicology and Endocrinology, v. 109,p. 173-189, 1994.

CHAPMAN, K. W.; LAWLESS, H. T.; BOOR, K. J. **Quantitative Descriptive Analysis and Principal Component Analysis for Sensory Characterization of Ultrapasteurized Milk**. American Dairy Science Association. Journal Dairy Science nº84, p.12–20, 2001.

COLLET, L.S.F.C.A.; TADINI, C.C**. Sodium caseinate addition effect on the thixotropy of stirred yogurt**. International Conference on Engineering and Food, 2004.

CUNHA, T. M., CASTRO, F.P., BARRETO, P.L.M., BENEDET, H.D., PRUDÊNCIO, E.S. **Avaliação físico-química, microbiológica e reológica de bebida láctea eleite fermentado adicionados de probióticos.** Semina: Ciências Agrárias. V.29, nº1, p.103-116. Londrina, 2008.

CURI, W. F. **Análise de Variância – ANOVA.** Notas de aula. Universidade Federal de Campina Grande, 2008.

DAMIN, M.R.; ALCÂNTARA, M. R.; NUNES, A. P.; OLIVEIRA, M. N. **Effects of milk supplementation with skim milk powder, whey protein concentrate and sodium caseinate on acidification kinetics, rheological properties and structure of nonfat stirred yogurt.** Food Science and Technology, v.42,p.1744-1750, 2009.

DAVIES, J.O. **Efeito da fonte e concentração de nitrogênio na produção de biopolímero por *Aureobasidium pullulans***. Dissertação de mestrado. Escola de Química/UFRJ, Brasil, 2010.

DEETH, C. L. I. F.; TAMIME, A. Y. **Yogurt: Nutritive and therapeutic aspect**. Journal of Food Protection, v. 44, nº1, p. 78, 1981.

DELLO STAFFOLO, M.; BERTOLA, N.; MARTINO, M.; BEVILACQUA, Y.A. **Influence of dietary fiber addition on sensory and rheological properties of yogurt**. International Dairy Journal. nº 14, p. 263-268, 2004.

DEMING, S.N.; MORGAN, S.L. **Simplex Optimization of Variables in Analytical Chemistry**. Analytical Chemistry, nº45, p.278 A-283 A, 1973.

DRAKE, M. A. **Defining Dairy Flavors**. American Dairy Science Association. Journal Dairy Science, nº87, p.777–784, 2004.

DRAKE, M. A. **Sensory Analysis of Dairy Foods**. American Dairy Science Association. Journal Dairy Science, nº90, p.4925–4937, 2007.

DUARTE, G.S.; PEREIRA, A.A.; FARAH, A. **Chlorogenic acids and other relevant compounds in Brazilian coffees processed by semi-dry and wet post-harvesting methods**. Food Chemistry, v. 118, p. 851-855, 2010.

EIRAS, S. DE P.; COSCIONE, A. R.; ANDRADE, J. C. de; CUSTODIO R. **Métodos de otimização em química**. Disponível em http://chemkeys.com/br/2000/03/18/metodos-de-otimizacao-em-quimica/. Acesso em 16 fev. de 2009.

EIRAS, S. DE P.; CUELBAS, C. J.; ANDRADE, J. C. **Um Estudo Comparativo sobre a Eficiência de Estratégias Quimiométricas de Otimização**. Química Nova On-Line, v.17, nº3, p.216 – 219, 1994.

EMBRAPA AGROBIOLOGIA. **Sistemas de Produção**, v.2, 2ª ed., Brasil, 2006. FARMÁCIA RAÍZES, Disponível em http://www.farmaciaraizes.com.br/. Acesso em 05 jan. de 2010.

FARAH, A.; MONTEIRO, M.C.; CALADO, V.; FRANCA, A.S.; TRUGO, L.C. **Correlation between cup quality and chemical attributes of brazilian coffee**. Food Chemistry, v. 98, p. 373-380, 2006.

FARNWORTH, E.R. **Handbook of Fermented Functional Foods**, 2nd ed. CRC Press, USA, 2008.

FERNANDES, A.M. **Avaliação do iogurte produzido com leite contendo diferentes níveis de células somáticas**. Dissertação de Mestrado. USP, São Paulo, 2003.

FERREIRA, V. L. P. **Análise sensorial – Testes discriminativos e afetivos**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, (Manual Série Qualidade), p. 73-77, 2000.

FERREIRA, C. L. L. F.; MALTA, H. L.; DIAS, A. S.; GUIMARÃES, A.; JACOB, F. E.; CUNHA, R. M.; CARELI, R. T.; PEREIRA, S.; FERREIRA, S. E. R.

Verificação da qualidade físico-química e microbiológica de alguns iogurtes vendidos na região de Viçosa. Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, v. 56, n. 321, p. 152-158, 2001.

FISCHER, P.;WINDHAB, E.J. **Rheology of food materials**. Current Opnion in Colloid & Interface Science. V.16, p.36-40, 2011.

FOEGEDING, E. A. **Rheology and sensory texture of biopolymer gels**. Current Opinion in Colloid and Interface Science. V. 12, p. 242-250, 2007.

FRYE, C. P. **Regulations for Product Standards and Labeling**. Em: Manufacturing Yogurt and Fermented Milks (Ed. Chandan, R. C.) Blackwell Publishing Ltd, cap. 4. 2006.

GALLEGOS, C.; FRANCO, J.M. **Rheology of food, cosmetics and pharmaceuticals**. Current Opnion in Colloid & Interface Science. V. 4, p. 288-293, 1999.

GARRIGA, A. M. **Reología de espessantes celulósicos para pinturas al água: Modelización y mecanismo de espesamiento asociativo.** Tese de doutorado. Universitat de Barcelona, Espanha, 2002.

GIBSON, G.R. **Fibre and effects on probiotics (the prebiotics concept)**. Clin. Nutr. Suppl., v. 1, p. 25-31,2004.

GODFREY, J. C. **Steady shear measurement of thixotropic fluid properties.** Rheol. Acta. Vol. 12, p. 540-545, Inglaterra, 1973.

GOMES, L. **Café: Pontos Críticos de Controle da Pós-Colheita**. Cap. 13, 2009.

GOMES, R. G.; PENNA, A. L. B**. Características reológicas e sensoriais de bebidas lácteas funcionais**. Semina: Ciências Agrárias. V.30, nº3, p.629-646. Londrina, 2009.

GONÇALVES & EBERLE, **Frozen Yogurt Com Bactérias Probióticas**. Alimentos e Nutrição Araraquara. v.19, nº3, p. 291-297, 2008.

GONÇALVEZ, D.; PÉREZ, C.; REOLON, G.; SEGURA, N.; LEMA, P.; GÁMBARO, A.; ARES, G.; VARELA, P. **Effect of thickeners on the texture of stirred yogurt**. Alimentos e Nutrição Araraquara. V.16, nº3, p. 207-211. 2005.

GOUVEIA, F. **Indústria de Alimentos: No Caminho da Inovação e de Novos Produtos**. Revista Inovação Uniemp, v.2, nº5. Campinas, 2006.

GREMBECKA, M.; MALINOWSKA, E.; SZEFER, P. **Differentiation of market coffee and its infusions in view of their mineral composition**. Science of the total environment, v. 383, p. 59-69, 2007.

HAMINIUK, C. W. I. **Comportamento reológico e fracionamento péctico das polpas integrais de araçá (*Psidium catlleianum sabine*) e amora-preta (*Rubus spp*).** Dissertação de Mestrado. UFP, Paraná, 2005.

HERTZLER, S. R.; CLANCY, S. M. **Kefir improves lactose digestion and tolerance in adults with lactose maldigestion**. Journal of the American Dietetic Association, Vol. 103, nº5, p. 582-587, 2003.

HOLDSWORTH, S. D. **Rheological models used for the prediction of the flow properties of food products: a literature review**. Transactions of the Institution of Chemical Enginners, London, v. 71, part C, p. 139-179, 1993.

HORNE, D. S. **Casein interactions: casting light on the *Black Boxes*, the structure in dairy products.** International Dairy Journal, Barking, v. 8, n. 3, p. 171-177, 1998.

HOUGH, G.; Wakeling, I.; Mucci, A.; Chambers IV, E.; Gallardo, I. M.; Alves, L. R. **Number of consumers necessary for sensory acceptability tests**. Food Quality and Preference, nº17, p.522–526, 2006.

HUMPHREYS, E.L. & PLUNKETT, M. **Yogurt; review of its manufacture**. Dairy Science Abstracts, Farnham Royal, 1969.

HURST, W.F. **Methods of Analysis of Functional Foods and Nutraceuticals**, 2nd ed. CRC Press, USA, 2008.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos **Físico-Químicos para Análise de Alimentos.** 4ª ed., Brasília, 2005.

KARDEL, G.; ANTUNES, L. A. F. **Culturas lácticas e probióticas empregadas na fabricação de leites fermentados: leites fermentados**. (Em: LERAYER, A. L. S.; SALVA, T. J. G. **Leites fermentados e bebidas lácteas**: tecnologia e mercado). Campinas, ITAL, cap. 2, p. 26-33, 1997.

KOTLER, P. **Administração de Marketing**. 10ª Edição, Editora Prentice Hall, São Paulo, 2000.

LAROUSSE. **Grande Enciclopédia Larousse Cultural**, 1995.

LEAL, A.B. **Estudo do escoamento de fluidos não-newtonianos em dutos**. Dissertação de mestrado, UFRuralRJ, Brasil, 2005.

LEE, W.J.; LUCEY, J.A. **Formation and physical properties of yogurt**. Asian-Aust Journal of Animal Sciences. V.23, nº9, p. 1127-1136. 2010.

LEPELLEY, M.; CHEMINADE, G.; TREMILLON, N.; SIMKIN, A.; CAILET, V.; McCARTHY, J. **Chlorogenic acid synthesis in coffee: An analysis of CGA content and real-time RT-PCR expression of HCT, HQT, C3H1 and CCoAOMT1 genes during grain development in *C. canephora***. Plant Science, v.172, p. 978-996, 2007.

LERAYER, A.L.S.; SALVA, T.J.G. **Leites fermentados e bebidas lácticas: tecnologia e mercado**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1997.

LESSCHAEVE, I.; ISSANCHOU, S. **Could selection tests detect the future performance of descriptive panelists?** Food Quality and Preference. V.7, nº 3, p. 177-183. 2006.

LIMA, D. R. **Manual de Farmacologia Clínica, Terapêutica e Toxicologia**. RJ, Ed. Medsi, 3 volumes, p.141-149, 2003.

LONGO, G. **Influência da adição de lactase na produção de iogurte**. Dissertação de Mestrado, UFP, 2006.

LUCEY, J. A. **Formation and physical properties of milk protein gels.** Journal of Dairy Science, Champaign, v. 85, n. 2, p. 281-294, 2002.

MALTA, M.R.; NOGUEIRA, F.D.; GUIMARÃES, P.T.G. **Composição química, produção e qualidade do café fertilizado com diferentes fontes e doses de nitrogênio**. Ciência e Agrotecnologia,v. 27,nº 6, 2003.

MARSHALL, R. T. **Laboratory Analysis of Fermented Milks**. Em: Manufacturing Yogurt and Fermented Milks (Ed. Chandan, R. C.) Blackwell Publishing Ltd, cap. 7, 2006.

MARTIN, A.F. **Armazenamento do iogurte comercial e o efeito na proporção das bactérias lácticas**. Dissertação de Mestrado, USP, SP, 2002.

MASON, R.; NOTTINGHAM, S. **Sensory Evaluation Manual**. University of Queensland, 2002.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory Evaluation Techniques**. 3 ª Ed. CRC Press LLC, 1999.

MONTEIRO, M. A.; MINIM, V. P. R.; SILVA, A. F.; CHAVES, J. B. P.; CARDELLO, H. M. A. B. **Perfil sensorial da bebida café (Coffea arábica) determinado por análise Tempo-Intensidade**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 25, nº 4, p. 772-780, Campinas, 2005.

MORAES, P. C. B. T. **Avaliação de iogurtes liquidos comerciais sabor morango : estudo de consumidor e perfil sensorial**. Dissertação de Mestrado, UNICAMP, 2004.

MORGAN, S. L.; DEMING, S. N. **Simplex optimization of analytical chemical methods.** Analytical Chemistry, v. 46, nº 9, p.1170-1181,1974.

MULLINEUX, G.; SIMMONS, M.J.H. **Effects of processing on shear rate of yoghurt**. Journal of Food Engineering. V.79, p. 850-857. 2007.

MURIEL, P.; ARAUZ, J. **Coffee and liver diseases**. Fitoterapia, v. 81, p. 297-305, 2010.

MURRAY, J.M.; DELAHUNTY, C.M.; BAXTER, I.A. **Descriptive sensory analysis: past, present and future**. Food Research International, nº34, p.461–471, 2001.

NEIROTTI, E.; OLIVEIRA, A. J. **Produção de iogurte pelo emprego de culturas lácticas mistas**. Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 22, nº1/2, p. 1-16, 1988.

NETO, O. C. C.; OLIVEIRA, C.A.F.; HOTTA, R.M.; SOBRAL, P.J.A**. Avaliação físico-química e sensorial do iogurte natural produzido com leite de búfala contendo diferentes níveis de gordura**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, V. 25, nº 3, p. 448-453. Campinas, 2005.

NEVES, C. **A história do café**. Instituto Brasileiro do Café. 52 p. Rio de janeiro, 1974.

NICOD, HUGUETTE. **La evaluación sensorial. Objetivos y métodos del análisis sensorial**. Associación Catalana de Enólogos. XI Congreso Anual Perpiñán (Francia), 2000.

NIKAEDO, P. H. L.; AMARAL, F. F.; PENNA, A. L. B. **Caracterização tecnológica de sobremesas lácteas achocolatadas cremosas elaboradas com concentrado protéico de soro e misturas de gomas carragena e guar**. Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas, v. 40, nº3, 2004.

NORONHA, J. F. **Apontamentos de Análise Sensorial**. Escola Superior Agrária de Coimbra, 2003.

O'DONNELL, H.J.; BUTLER, F**. Time-dependent viscosity os stirred yogurt. Part I: couette flow**. Journal of Food Engineering. nº51, p.249-254, 2002.

OLIVEIRA, K.H.; SOUZA, J.A.R.; MONTEIRO, A.R**. Caracterização reológica de sorvetes**. Ciência e Tecnologia de Alimentos. V.28, nº3, p. 592-598. Campinas, 2008.

ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos**, v.2, Ed. Artimed, 2005.

PASEEPHOL, T.; SMALL, D.M.; SHERKAT, F**. Rheology and texture of set yogurt as affected by inulin addition**. Journal of Texture Studies. V.39, p. 617-634. 2008.

PATIL, S.S. Rheology and Methods of Analysis. Disponível em http://www.pharmainfo.net/reviews/rheology-and-methods-analysis (acesso em 14/12/2010).

PENNA, A.L.B.; OLIVEIRA, M.N.; BARUFFALDI, R. **Avaliação da qualidade de iogurtes**. Leites & Derivados, v.1, nº16, p.13-18, 1994.

PIGGOTT, J.R. **Dynamism in flavour science and sensory methodology**. Food Research International, 33 p.191-197, 2000.

PINHO, F.M.C.T. **Cálculo de escoamento de fluidos não newtonianos em regime laminar**. Universidade do Porto, 2003.

POPPER, R.; KROLL, D. R. **Just-About-Right Scales in Consumer Research**. Chemo Sense, v.7, nº 3, 2005.

POPPER, R.; ROSENSTOCK, W.; SCHRAIDT, M.; KROLL, B.J. **The effect of attribute questions on overall liking ratings**. Food Quality and Preference, nº 15, p.853–858, 2004.

PROJETO PROEXCEL – FIOCRUZ. **Introdução ao Planejamento de Experimentos**. Responsável Sandra Suzana Prade, Capítulo 14 – Disponível em www.proexcel.fiocruz.br, (Textos Inalteráveis, Estatística). Acesso em 16 fev. de 2009.

PROTIL R.; COSTA L.; DA SILVA W.; SOUZA A. - **Avaliação da estabilidade de um processo produtivo autocorrelacionado: estudo de caso em uma empresa fabricante de café solúvel**. Curitiba, 2006.

RASIC, J. L.; KURMANN, J. A. **Yoghurt: Scientific grounds technology, manufacture & preparation.** Copenhagen: Technical Dairy Publishing House, 427 p., 1978.

REVISTA CAFEICULTURA – **Características sensoriais do café**. Rio de Janeiro. Disponível em: http://www.revistacafeicultura.com.br/. Acesso em 12 jun. de 2009.

REVISTA FOOD INGREDIENTS BRASIL – **Estabilizantes**. Nº14, 2010.

ROBINSON, R. K.; ITSARANUWAT, P. **Properties of Yoghurt and their Appraisal**. Em: Fermented Milks (Ed. Tamime, A. Y.). Blackwell Science Ltd. Cap. 4. 2006.

ROBINSON, R. K.; LUCEY, J. A.; TAMIME, A. Y. **Manufacture of Yoghurt**. Em: Fermented Milks (Ed. Tamime, A. Y.). Blackwell Science Ltd. Cap. 3. 2006.

RODAS, M. A. B.; RODRIGUES, R. M. M. S.; SAKUMA, H.; TAVARES, L. Z.; SGARBI, C. R.; LOPES, W. C. C. **Physico chemical, histological and viability of lactic bacteria in yogurts containing fruit**. Ciênc. Tecnol. Aliment., v. 21, n. 3, p. 304-309. 2001.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos: uma estratégia seqüencial de planejamentos**. 1ª ed. Editora: Casa do Pão, Campinas, São Paulo, 2005.

ROUTH, M. W.; SWARTZ, P. A.; DENTON, M. B. **Performance of the Super Modified Simplex**. Analytical Chemistry, v.49, nº9, p.1422–1428, 1977.

SAKAMOTO, W. NISHIHIRA, J.; FUJIE, K.; IIZUKA, T.; HANDA, H.; OZAKI, M.; YUKAWA, S. **Effect of coffee consumption on boné metabolism.** Bone, v. 28, nº 3, p. 332-336, 2001.

SALADO, G. A.; ANDRADE, M. O. **Processamento e qualidade nutricional do iogurte**. Boletim Cultura, v. 7, p. 1-35, 1989.

SALMINEN, S.; WRIGHT, A.; OUWEHAND, A. **Lactic Acid Bacteria: Microbiological and Functional Aspects**. 3rd ed. Marcel Dekker, Inc. New York, 2004).

SCHRAMM, G. **Reologia e Reometria – Fundamentos teóricos e práticos**. 1st Ed. Editora Artliber Ltda. São Paulo, 2006.

SHARMA, S. K., MULVANEY, S. J., RIZVI, S. S. H. **Food processing engineering: theory and laboratory experiments**. Wiley-Interscience. USA. 348p. 2000.

SHERLOCK, M.; LABUZA, T. P. Consumer **Perceptions of Consumer Time-Temperature indicators for Use on Refrigerated Dairy Foods**. American Dairy Science Association. . Journal Dairy Science, nº75, p.3167-3176, 1992.

SILVA, R.C.F. **Iogurte.Piracicaba**: ESALQ, Depto. Tecnologia Rural, 23p. 1985.

SILVA, S.V. **Desenvolvimento de iogurte probiótico com prebiótico**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, RS. 2007.

SILVEIRA, T.M.L.; TAVARES, E.; GLÓRIA, M.B.A. **Profile and levels of bioactive amines in instant coffee**. Journal of Food Composition and Analysis. V.20, p. 451-457, 2007.

SMIT, G. **Dairy Processing: Improving quality**. Woodhead Publishing Limited, England, 2003.

SOCIEDADE DE ESTUDOS DE ANÁLISE SENSORIAL E PRODUTOS ALIMENTARES. Disponível em: http://www.sensetest.pt/analise_sensorial. Acesso em: 9 fev. de 2009.

SODINI, I.; JOHN, M.; TONG, P.S**. Physical properties of yogurt fortified with various commercial whey protein concentrates**. Journal of the Science of Food and agriculture. V.85, p. 853-859. 2005.

STEFFE, J.F. **Rheological methods in food process engineering**. 2nd Ed. Freeman Press, USA, 418p. 1996.

STONE, H.; SIDEL, J.L. **Sensory evaluation: practices**. 2nd ed. London: Academic Press, 337 p., 1993.

STORGARDS, F. **Fermented Milk's**. In: IDF Annual Bulletin. Bruxeles, pt.3, p.65-75, 1964.

SUPAVITITPATANA, P.; WIRJANTORO, T.I.; APICHARTSRANGKOON, P.R. **Addition of gelatin enhanced gelation of corn–milk yogurt**. Food Chemistry. V. 106, p. 211- 216, 2008.

TABILO-MINIZAGA, G.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. **Rheology for the food industry**. Journal of Food Engineering. V.67, p. 147-156, 2005.

TAMIME, A. Y. **Fermented Milks**. Blackwell Science Ltd, 2006.

TAMIME, A. Y.; DEETH, H. C. **Yogurt: techonology and biochemistry**. Journal of Food Protection, v. 43, nº12, p. 939-977, 1980.

TAMIME, A. Y.; ROBINSON, R. K. **Yogurt: ciencia y tecnologia**. Zaragoza: Acribia, 368 p., 1991.

TAMIME, A. Y.; ROBINSON, R. K. **Yoghurt Science and Technology**. Woodhead Publishing LTDA, 2000.

TAPIA, D. **Tecnologia de Produtos de Origem Animal**. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Disponível em www.uesb.br/professor/danieltapia/.../**leite**%20TPOA%202006.ppt. Acesso em 05 jan. de 2010.

TEIXEIRA, A. C. P.; MOURTHÉ, K.; ALEXANDRE, D. P.; SOUZA, M. R.; PENNA, C. F. A. M. **Qualidade do iogurte comercializado em Belo Horizonte**. Leite & Derivados,v. 9, n. 51, p. 32-37, 2000.

TELES, C. D.; FLÔRES, S. H. **Influência da adição de espessantes e leite em pó nas características reológicas do iogurte desnatado**. B. CEPPA. V.25, nº2, p. 247-256. 2007.

TONELI, J.T.C.L.; MURR, F.E.X.; PARK, K.J. **Review: Estudo da reologia de polissacarídeos utilizados na indústria de alimentos**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais. V.7, nº2, p. 181-204. Campina Grande, 2005.

TRIOLA, M. F. **Introdução à Estatística**. 5ª ed. LTC Editora, Rio de Janeiro, 1999.

VARNAM, A.H.; SUTHERLAND,J.P. **Leche y productos lácteos. Tecnología, Química y Microbiología**, Zaragoza, 1994.

WALSTRA, P.; WOUTERS, J. T. M.; GEURTS, T. J. **Dairy Science and Technology**. 2nd edition, CRC Press, USA, 2006.

ZHONG, Q.; DAUBERT, C.R. **Food Rheology**. Handbook of Farm, Dairy and Food Machinery. P. 391-414, 2007.

ANEXO I

Tabela: Informação nutricional, por porção, de cada fabricante

	Leite Porção: 200mL	Leite em pó Porção: 26 g	Açúcar Porção: 5g	Café	Gelatina Porção: 2,4 g
Valor energético (Kcal)	120	130	20	*	8
Proteínas (g)	6,0	6,8	-	*	2
Carboidratos (g)	10,0	6,8	5	*	-
Gorduras totais (g)	6,0	7,1	-	*	-
Gorduras saturadas (g)	4,0	4,6	-	*	-
Colesterol (mg)	20,0	-	-	*	-
Cálcio (mg)	240,0	263	-	*	-
Sódio (mg)	100,0	92	-	*	12
Potássio (mg)		316	-	*	-

Fontes: Sites das Marcas dos Alimentos (acessados em 24/06/2010).

*As informações nutricionais do Nescafé não estão disponíveis no site ou no rótulo do produto.

ANEXO II

Tabela de Qui-quadrado

Graus de liberdade	α				
	10%	5%	2,5%	1%	0,5%
1	2,7	3,8	5,0	6,6	7,9
2	4,6	6,0	7,4	9,2	10,6
3	6,3	7,8	9,3	11,3	12,8
4	7,8	9,5	11,1	13,3	14,9
5	9,2	11,1	12,8	15,1	16,7
6	10,6	12,6	14,4	16,8	18,5
7	12,0	14,1	16,0	18,5	20,3
8	13,4	15,5	17,5	20,1	22,0
9	14,7	16,9	19,0	21,7	23,6
10	16,0	18,3	20,5	23,2	25,2

Fonte: NORONHA, 2003.